

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**



**EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL LAGO DE COATEPEQUE  
EN EL PERIODO DE JUNIO – AGOSTO DE 2006**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR  
EVELYN MARISOL ALEMAN ALBERTO  
ELSY NOEMI GUERRERO NOLASCO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA**

AGOSTO DE 2007

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA



**©2004, DERECHOS RESERVADOS**  
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,  
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador  
<http://virtual.ues.edu.sv/>  
**SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rectora

Dra. María Isabel Rodríguez

Secretaria General

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recino

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

Decano

Lic. Salvador Castillo Arévalo.

Secretaria

MSc. Miriam del Carmen Ramos de Aguilar.

## COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Coordinadora General

Licda. María concepción Odette Rauda Acevedo

Asesora de Área de Microbiología

MSc. Coralia González de Díaz

Asesora de Área de Gestión Ambiental: Calidad Ambiental

Licda. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

Docentes Directoras:

MSc. Zulma Esperanza Mena

Lic. Amy Elieth Morán

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), Por brindarnos su apoyo técnico y profesional a lo largo del proyecto realizado.

Al Centro de Investigación y Desarrollo en salud (CENSALUD) por el apoyo profesional brindado y a la vez permitirnos realizar los análisis correspondientes en sus instalaciones.

A las personas que colaboraron de diferentes maneras para poder llevar a cabo este proyecto Ing. Rubio, Ing. Ronny Hernández , Wilfredo Moreno.

Evelyn Y Elsy.

## DEDICATORIA

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por brindarme vida, salud y sabiduría a lo largo de toda mi carrera y por estar siempre conmigo y fortalecerme siempre.

**A La Santísima Virgen María:** Por acompañarme fielmente en todos los momentos de mi vida, carrera y guiarme de la mejor manera.

**A Mi Padre:** Andrés por estar siempre conmigo a lo largo de mi carrera por brindarme su amor, apoyo incondicional y guiarme de la manera mas adecuada.

**A MI Madre:** Victoria por que siempre me brindo su amor, empeño, valentía a lo largo de toda mi carrera apoyándome y animándome.

**A Mis Hermanos:** Victoria, Andrés y Fátima por su paciencia colaboración a lo largo de la carrera.

**A Mis Amigas:** Flor Villeda por su amistad sincera siempre, colaboración y apoyo cuando más lo necesite a lo largo de toda mi carrera, Claudia Fuentes por su amistad , ayuda desinteresada y estar siempre animándome.

Evelyn Marisol Alemán

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por darme su inmensa sabiduría, fortaleza y derramar sobre mí muchas bendiciones y permitirme alcanzar este gran éxito en mi vida.

**A mis Padres :** Maria Olinda de Guerrero y Jesús Guerrero, a quienes se las dedico con especial cariño, siempre me dieron su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo el trayecto de mi formación académica.

**A Mis Hermanos:** Walter, Yeimi, Carlitos, Maribel, Dina, Sandra; por estar siempre a mí lado, brindándome su apoyo, colaboración y Comprensión.

**A Mis Primos y amigo(as):** Con especial cariño, a la familia Bautista Fuentes, Henry, Josué, Iliana, willy, Aída, MariaJosé, a todos les doy mil gracias por su valioso apoyo, el cual esta grabado en mi mente y en mi corazón.

**A mi compañera de tesis:** Evelyn por su compañerismo y comprensión.

**A mis asesoras: Licda Amy y Lic Zulma Mena;** por su paciencia, comprensión y sus consejos sabios que fueron de mucha ayuda.

**A todo el staff de Licenciado(as) de la Universidad de El Salvador:** con mucho cariño, por haber participado en mi formación académica.

Elsy Noemí Guerrero

## **ABREVIATURAS**

**CENSALUD:** Centro de investigación y desarrollo en Salud

**ICA:** Índice de Calidad del Agua.

**MSPAS:** Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**SNET:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

**RAS:** Porcentaje de absorción Sodio

**OD :** Oxígeno Disuelto.

## INDICE

### Resumen

### Capitulo I

#### 1.0 Introducción

Pag.

### Capitulo II

#### 2.0 Objetivos

### Capitulo III

#### 3.0 Marco Teórico

3.1 Los Recursos Hídricos en el Salvador	18
3.2 Regiones Hidrográficas en el Salvador	19
3.3 Lagos y Lagunas de El Salvador	21
3.4 Generalidades Características de los Lagos	26
3.5 Importancia de la Calidad del Recurso Hídrico Superficial.	27
3.6 Características del Lago de Coatepeque	28
3.7 Usos del agua en el Lago de Coatepeque	29
3.8 Antecedentes Limnológicos	33
3.9 Proceso de Eutroficación	35
3.10 Causas de la Eutroficación.	36
3.11 Enfermedades causadas por el Agua.	40
3.12 Parámetros de calidad del Agua.	40
3.13 Aplicación de normas y herramientas de valoración de calidad de Agua.	53

## **Capítulo IV**

### **4.0 Diseño Metodológico.**

4.1 Investigación Bibliográfica.	69
4.2 Investigación de campo.	69
4.3 Análisis de Parámetro en campo.	71
4.4 Parte Experimental.	73
4.5 Parte Experimental Procedimiento físico – químico.	77
4.6 Procedimiento Microbiológico.	113

## **Capítulo V**

<b>5.0 Resultados</b>	116
-----------------------	-----

## **Capítulo VI**

### **6.0 Conclusiones**

## **Capítulo VII**

### **7.0 Recomendaciones**

**Bibliografía**

**Glosario**

**Anexos**

## RESUMEN

La presente evaluación tiene como finalidad dar a conocer la calidad de las aguas del Lago de Coatepeque, ya que esta es utilizada para las diferentes aptitudes de uso como son: Riego, Potabilización, Contacto Humano, Calidad Ambiental. Entre los objetivos principales que se llevaron a cabo en la investigación fueron conocer la calidad físico – química y bacteriología de las aguas de dicho lago y poder así realizar comparaciones con las normativas correspondientes: Organización mundial para la salud (OMS), el Decreto No. 51 con fecha 16 de Noviembre de 1987 e Índice de Calidad de Agua (ICA). La investigación se realizó de acuerdo a dos enfoques metodológicos experimental y transversal; el tipo de muestreo realizado fue estratificado dirigido, ya que se tomaron muestras en diferentes puntos y profundidades, se realizaron tres muestreos consecutivos en época lluviosa en el período de Junio – Agosto de 2006. El equipo utilizado para la medición de parámetros en campo fue TROLL 9000 y Disco Sechi para conocer la transparencia del lago.

Los parámetros medidos en campo fueron: Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez, Conductividad, Temperatura.

Parámetros físico químico realizados en laboratorio fueron: Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días, Oxígeno Disuelto, Sulfatos, Fosfatos, Nitratos, Fenoles, Porcentaje de Absorción de Sodio, pH, Conductividad, Porcentaje de Sodio, Cloruros, Boro, Cinc, Cobre.

Parámetros bacteriológicos: coliformes totales, coliformes fecales. Los resultados obtenidos en los tres muestreos, fueron valores superiores de Oxígeno Disuelto de 8.16 a 7.27 mg/L, turbidez 30.08 – 4.0 UNT según las normativas aplicadas; la Demanda Bioquímica de Oxígeno presento valores constantes de 1mg/L en los tres muestreos realizados, los valores de coliformes fecales se mantuvieron dentro de la norma de 1000NMP/100 mL. En general las características físicas y químicas de las aguas del Coatepeque, en su estado natural no son aptas para ninguno de los usos mencionados anteriormente, ya que en los tres muestreos realizados los parámetros no cumplen con los criterios que se especifican según las norma aplicadas como OMS, el decreto N°51 del Diario Oficial del país y el Índice de calidad de agua (ICA). El grado de contaminación fecal obtenido cumple con los valores permisibles indicando esto, que se encuentran valores inferiores de contaminantes de origen humano, al evaluar los resultados de calidad de agua para calidad ambiental según Índice de Calidad de agua (ICA) las aguas son predominante Regular dando como resultados aguas con una menor diversidad de vida acuática, por lo tanto se recomienda controlar las diversas actividades recreativas y deportivas para disminuir las descargas de origen humano, industrial y domésticas , así como también mantener un monitoreo periódico por las autoridades gubernamentales para conservar y mantener este recurso.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente en El Salvador, todos los recursos naturales están sufriendo gran deterioro. Generalmente los problemas de calidad de agua en los lagos se incrementan debido al desarrollo de actividades agrícolas, deforestación, explotación forestal, cría de animales y basura.

Para proteger este recurso es preciso contar con apoyo tanto profesional como económico para que mediante proyectos y tecnologías innovadoras se tomen las medidas necesarias que ayuden a protegerlos y así contar con aguas superficiales de calidad y apta para su utilización.

Es por eso que en El Salvador actualmente el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) está elaborando un Diagnóstico Nacional de la Calidad de las Aguas, para poder determinar sus diferentes aptitudes de uso.

Debido a lo antes mencionado la presente investigación está enfocada a la evaluación de la calidad de las aguas, mediante parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, del Lago de Coatepeque que se encuentra ubicado en el departamento de Santa Ana, y que tiene un perímetro de 34kms y con una profundidad de 115 metros; además presenta la característica particular de no tener drenaje superficial, y de origen volcánico. El análisis se realizó tomando muestras en 6 puntos y a diferentes profundidades de dicho lago, y así determinar el cumplimiento de las normas correspondientes, ya que este recurso es utilizado por los pobladores de esa región, alrededores de la cuenca y turistas, es considerado como uno de los reservorios de agua

más importante de la zona occidental del país. Los resultados obtenidos en los tres muestreos realizados en esta investigación, fueron valores superiores de Oxígeno Disuelto de 8.16 a 7.27 mg/L, turbidez 30.08 – 4.0 UNT según las normativas aplicadas; la Demanda Bioquímica de Oxígeno presento valores constantes de 1mg/L en los tres muestreos realizados, los valores de coliformes fecales se mantuvieron dentro de la norma de 1000NMP/100 mL.

Capitulo II

Objetivos

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la Calidad del Agua del Lago de Coatepeque en el período de junio - agosto de 2006

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

2.2.1 Determinar la calidad físico- química del agua recolectada en el Lago de Coatepeque

2.2.2 Determinar la calidad bacteriológica (Coliformes totales y fecales) del agua en el Lago Coatepeque.

2.2.3 Comparar los resultados obtenidos con el decreto No.51 con fecha 16 de noviembre de 1987 del Diario Oficial del país, para poder evaluar las aptitudes de uso de: Potabilización, Riego, y según la Organización Mundial de la Salud (OMS) para Contacto Humano y Calida Ambiental según ICA.

2.2.4 Determinar el perfil del agua del Lago de Coatepeque mediante análisis de campo.

2.2.5 Proporcionar la información obtenida al Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), interesada en dicha problemática.

## Capitulo III

### Marco Teórico

## 3.0 MARCO TEORICO

### 3.1 LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL SALVADOR <sup>(14)</sup>

En El Salvador, existen tres fuentes de agua: aguas meteóricas, aguas superficiales y aguas subterráneas.

**3.1.1 AGUAS METEÓRICAS:** La oferta hídrica a través de la lluvia, es de un promedio de 1,823mm anuales que representan un volumen de 38,283 millones de metros cúbicos de agua al año. <sup>(14)</sup>

Considerando una evapotranspiración potencial del 67%, se tiene un 33% como oferta hídrica restante, que equivale a 12,633 millones de metros cúbicos de agua al año como aguas superficiales y subterráneas.

El agua necesaria para el abastecimiento poblacional total del país, considerando 6.5 millones de habitantes y una dotación diaria de 250 litros por persona, es de 593 millones de metros cúbicos anuales, lo cual representa un 4.8% de la disponibilidad hídrica potencial. <sup>(14)</sup>

Sin embargo, a pesar que El Salvador cuenta con una abundante oferta hídrica a través de la lluvia, el agua es escasa en el ámbito de disponibilidad, principalmente para consumo humano y en mayor medida en el área rural.

**3.1.2 AGUAS SUBTERRANEAS:** Las aguas subterráneas se localizan en una zona con cavidades conectadas entre sí. Están constituidas por el agua precipitada como lluvia, que se filtra a través de la tierra. <sup>(14)</sup>

**3.1.3 AGUAS SUPERFICIALES:** El volumen de agua superficial existente en El Salvador es de 533.42 millones de metros cúbicos distribuidos en lagos y lagunas en toda la república. Las aguas embalsadas artificialmente se encuentran en presas construidas principalmente sobre el Río Lempa, con un volumen de 715 millones de metros cúbicos, los cuales sirven para la generación de energía eléctrica, sin contar algunas pequeñas cantidades para riego, y abastecimiento de agua potable e industrial. El país cuenta con unos 360 ríos, cuyas áreas de recogimiento han sido agrupadas en 10 regiones hidrográficas.<sup>(14)</sup>

**3.2 REGIONES HIDROGRÁFICAS EN EL SALVADOR:**<sup>(17)</sup>

El Salvador se encuentra dividido en 10 regiones hidrográficas con características geomorfológicas similares de acuerdo a lo establecido en la década de los 70 por el proyecto Hidrometeorológico Centroamericano, y posteriormente por el Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH) las cuales se presentan a continuación.

**Tabla Nº 1 Regiones Hidrográficas de El Salvador**

Región Hidrográfica	Área Km <sub>2</sub>
A- Río Lempa	10.167,56
B- Río Paz	919,93
C- Cara Sucia – San Pedro	768,85
D- Río Grande de Sonsonete	778,43
E- Mandinga – Comalapa	1.294,55
F- Río Jiboa	1.638,62
G- Bahía de Jiquilisco	779,01
H- Río Grande de San Miguel	2.389,27
I- Sirama	1.294,55
J- Río Goascoràn	1.044,44

**Balance Hídrico, Integrado y Dinámico SNET (servicio Nacional de Estudios Territoriales)2005**

La mayor región hidrográfica es la del Río Lempa que dentro del territorio nacional tiene 10.167,56 km<sub>2</sub> lo que equivale del flujo de agua en la superficie de todo el país. Esta cuenca también es compartida con Guatemala y Honduras; es seguida también por el Río Grande de San Miguel, Paz y Goascoràn. Estas regiones hidrográficas están siendo afectadas por problema de deforestación, uso inadecuado de los suelos contaminación hídrica, sobre explotación de acuíferos, entre otros que ocasionan una disminución de la disponibilidad hídrica por interacción de factores sociales ambientales y climáticos. <sup>(20)</sup>



### **3.3 LAGOS Y LAGUNAS DE EL SALVADOR <sup>(22)</sup>**

Los Ríos, Lagos y Lagunas constituyen la mayor fuente de agua superficial en el país, la cual sufre el efecto estacional, es decir que hay aumento sustancial de los caudales en época de invierno y esta se ve reducida en estación seca.

El Salvador cuenta con unos 360 ríos cuyas áreas de recogimiento han sido agrupadas en diez regiones hidrográficas las cuales han sido mencionadas anteriormente.

Entre los lagos principales están: lago de Ilopango, Guija, y Coatepeque entre las principales lagunas están: Olomega, Jocotal y otras.



**Figura N° 1 Fotografía del lago de Ilopango.**

Su ubicación en departamento: San Salvador, Cuscatlán, La paz

Municipios: Ilopango, San Martín, San Pedro Perulapan, Cojutepeque, Candelaria, San Emigdio, San Miguel Tepezontes, San Francisco Chinameca, Santiago Texacuangos.

Superficie: 70.4 Km<sup>2</sup>.

Descripción general del humedal: Situado en una caldera volcánica se trata del lago natural más grande de El Salvador. De su masa de agua emergen las islas El Portillo, Cerro Los Patos, El Cerro, Chachagaste, Cerro Cutenama y Los Cerritos. El lago drena sus aguas al río Jiboa. La vegetación de la cuenca es de bosque subcaducifolio de carácter secundario. Existe vegetación acuática y una buena representación de algas. Actualmente la cobertura vegetal en sus riberas se encuentra severamente alterada debido a la gran actividad humana que ejerce presión sobre el recurso pétreo, como también una intensa actividad agrícola, cuyos insumos (fertilizantes, herbicidas y pesticidas) son arrastrados por las corrientes de aguas lluvias alterando la población de algas en el cuerpo de agua. Otro elemento que ha dañado la cobertura vegetal es el desarrollo de complejos turísticos y habitacionales en las riberas de dicho lago. (fig. N° 1)



**Figura N° 2 Fotografía del lago de Guija**

Departamento: Lago Binacional. Santa Ana en El Salvador

Municipios: Metapán (65.000 habitantes) y San Antonio Pajonal (5.490 habitantes) en El Salvador.

Superficie: 44.1Km<sup>2</sup>

Descripción general del humedal: Lago binacional compartido con Guatemala, ubicado en el extremo noroeste del país, formado por las erupciones de lava de los volcanes San Diego, Vega de la Caña y Masatepeque, que obstruyeron los cursos naturales de los ríos Ostúa y Angue. El nivel del agua experimenta fluctuaciones de carácter estacional. Forman parte del lago de Güija el río Desagüe que termina en la represa del Guajoyo, de formación volcánica y de paredes verticales y muy juntas y las lagunetas de Teconalá, estacionales y situadas en una antigua cantera sobre una colada volcánica. No existe casi vegetación hidrófila a excepción de una zona con pastizales inundables. El resto de las orillas esta formados por rocas volcánicas y bosques secos tropicales. Es un humedal de importancia nacional e internacional especialmente por las aves acuáticas presentes en él y por su producción hidroeléctrica. (fig.Nº2)

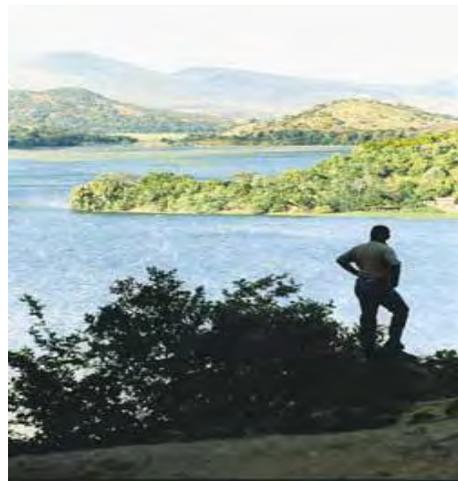


**Figura Nº 3 Fotografía del lago de Coatepeque**

Ubicado en departamento: Santa Ana, Sonsonate

Municipios: Santa Ana (248.964 habitantes), El Congo (26.000 habitantes) e Izalco (66.899).

Descripción general del humedal: Lago de origen volcánico ubicado en la parte sur del departamento de Santa Ana y considera el segundo en tamaño en El Salvador, después del de Ilopango. Cuenta con una isla denominada, Isla del Cerro. Se encuentra dentro de una importante cuenca de captación rodeada de cobertura arbórea compuesta por cafetal de sombra, bosque o plantaciones forestales. Toda la orilla del lago esta construida con residencias privadas y hoteles. En los últimos años se ha apreciado un descenso del nivel del agua debido a su captación para utilización en las residencias y posiblemente a fracturas creadas naturalmente en la base del cráter. (fig N°3)



**Figura N° 4 Fotografía de la Laguna de Olomega**

La laguna de Olomega es el mayor cuerpo de agua dulce de toda la zona oriental. Su extensión es de 24,2 km<sup>2</sup>. Está ubicada a 15 kilómetros al sur este de San Miguel. Es alimentada y drenada por el Río Grande de San Miguel y su estado actual es de eutrofización. Su jurisdicción es compartida con los municipios de Chirilagua (San Miguel) y El Carmen (La Unión) de El Salvador. Esta laguna es alimentada y drenada por el río Grande de San Miguel, es un importante cuerpo de agua superficial en avanzado estado de eutrofización, proceso natural de envejecimiento de lagos y lagunas mediante el cual se adquiere mayor contenido orgánico y vida biológica. Se sitúa a 15 kilómetros al sudeste del departamento de San Miguel, en la jurisdicción de Chirilagua, a una altitud de 30 metros sobre el nivel del mar. Además de peces de diferentes especies, en las riberas de la laguna se pueden encontrar diversos tipos de aves entre las que sobresalen las garzas blancas, pichiches, pato chancho y otros (fig. N°4)



**Figura N°5 Fotografía de la laguna El Jocotal**

La laguna del Jocotal a 12 kilómetros al sur de San Miguel y al sur de la carretera del litoral fue en parte sepultada por la lava que expulsaba el Chaparrastique en 1787 y constituye un paraje de extraordinaria belleza natural y tropical. Es considerada aeropuerto de aves migratorias y ha sido declarada sitio "Ramsar" por Las Naciones Unidas. (fig. N°5)

### **3.4 GENERALIDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS LAGOS** <sup>(10)</sup>

La Limnología es la ciencia orientada al estudio de los lagos, incluyendo su aspecto físico-químico y biológico. Los lagos son masas de agua dulce o salada más o menos extensa, embalsada en tierra firme; éstos presentan dos características bien definidas; zonificación y estratificación. En la zonificación es posible distinguir una zona litoral que contiene a lo largo de la rivera raíces de vegetación, una zona limnética de agua abierta dominada por plantación y una zona profunda que solo contiene organismos heterótrofos. De acuerdo a la estratificación la parte superior del lago (epilimnos) es más caliente y queda temporalmente aislada del agua inferior (hipolimnos) es más fría, por una zona de termoclina que es una capa horizontal de discontinuidad térmica en la que la temperatura cae al menos 1°C por metro de profundidad y que actúa como barrera al intercambio de materia, lo cuál conlleva a que el suministro de oxígeno en el hipolimnos (parte inferior del agua) y de nutrientes en el epilimnos (parte superior del agua) puede agotarse.

Las cuencas de los lagos pueden formarse debido a procesos geológicos como son la deformación o la fractura (fallas) de rocas estratificadas por la formación de una represa natural en un río debida a la vegetación, un deslizamiento de tierras, acumulación de hielo o lava volcánica (lagos de barrera). Muchos lagos tienen importancia comercial como fuente de minerales o pesca, como arterias de transporte o como lugares de recreo.

### **3.5 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO**

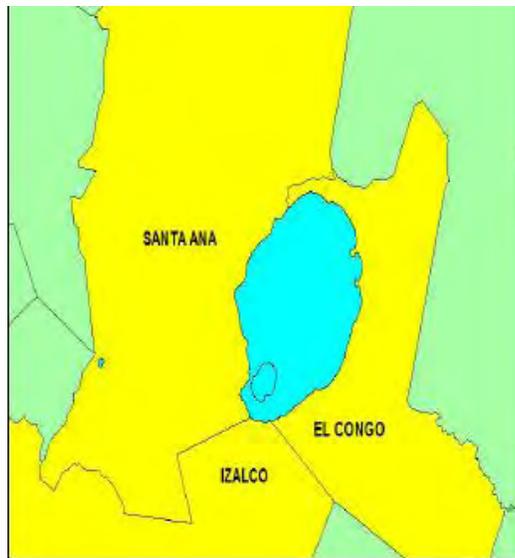
#### **SUPERFICIAL.** <sup>(10)</sup>

Diversas actividades humanas producen degradación en la calidad de las aguas superficiales, por ejemplo la actividad agrícola aporta al ambiente sustancias, productos en la fertilización agrícola y residuos fitosanitarios provenientes de los plaguicidas, aguas de desechos, establecimientos ganaderos o agroindustriales, vertidos de origen humano como aguas domésticas, alteraciones por causas naturales, como derrumbes, erosión, infiltración de aguas subterráneas, deslizamientos entre otros.

La importancia de conservar los recursos hídricos superficiales es estrategia para el desarrollo de un país, por lo que es una tarea impostergable el manejo sustentable de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos.

### 3.6 CARACTERÍSTICAS DEL LAGO DE COATEPEQUE <sup>(5)</sup>

El nombre oficial de este cuerpo de agua es lago de coatepeque que en lengua “Nahuat” significa cerro culebra alrededor del lago se encuentran ubicados los cantones la Laguna, Flor Amarilla, el Guineo, Potrerios, San José las flores, los Pinos, Montebello, las Lajas, San Marcelino y los Planes. Este se ubica a 54 Km al Sur Oeste de San Salvador.



**Figura Nº 6 Ubicación del Lago de Coatepeque municipios aledaños**

La cuenca abarca área de los municipios del Congo, Santa Ana e Izalco y se encuentra ubicado en la parte Sur de Santa Ana y al Norte del Departamento de Sonsonate y está puede definirse como una cuenca cerrada, es decir que su salida es a través de infiltración subterránea, carece de un drenaje evidente, el área del lago es de 24.8 Km<sup>2</sup> con una elevación 2,340msnm, el nivel del lago tiene una elevación de más o menos

740msnm, se clasifica como un lago tipo caldera ya que son formados por depresiones volcánicas tectónicas, por su ubicación geográfica, el Lago de Coatepeque se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Húmedo sub-tropical (fresco), el cual constituye el 85.6% de la superficie del territorio.

### **3.7 USOS DEL AGUA EN EL LAGO DE COATEPEQUE.** <sup>(15)</sup>

El Lago de Coatepeque es uno de los lugares más atractivos para el turismo nacional y extranjero, donde se realizan diversos deportes acuáticos (buceo deportivo, náutica deportiva). Existen dentro de la cuenca Quintas de verano de propiedad privada utilizada durante la época de verano, también existen hoteles y zonas de recreo de acceso público. En la cuenca se ha desarrollado la pesca artesanal y pesca deportiva, de acuerdo con el trabajo de limnología realizada por el Centro Israelita de Investigación Oceanográfica y Limnológica Kinneret Limnological Laboratory, el lago de Coatepeque tiene una densidad del orden 300-500 peces/ hectárea. Las especies introducidas de peces de mayor importancia dentro del lago la constituyen las tilapias y el guapote tigre. El lago de Coatepeque por otra parte es utilizado como abastecimiento de agua para riego para los diversos cultivos permanentes, entre los cuales se puede mencionar el café, frutales y árboles forestales; además cultivos de estación como maíz, frijol y pastos, por otra parte tienen gran importancia para usos domésticos de los habitantes; Quintas, hoteles y fincas dentro de la cuenca, de igual forma sirve de abastecimiento de agua para cantones y

caseríos ubicados al borde de la caldera quienes extraen agua directamente por medio de equipos de bombeo.

Generalmente esta agua es utilizada para:



a. Agua cruda para potabilizar



b. Agua para riego



c. Agua con calidad ambiental



d. Agua apta para contacto humano

### **3.7.1 Agua cruda para potabilizar:** <sup>(16)</sup>

El agua apta para consumo humano es difícil de encontrarla en forma natural debido a que normalmente se encuentran contaminadas por el suelo y las actividades del hombre mismo, las impurezas o contaminantes pueden ser de distintos tipos. Los parámetros que se analizarán para conocer la calidad de las aguas serán Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días, Cloruros, Turbidez, Color Aparente, Fenoles, Oxígeno Disuelto, pH, Coliformes fecales.

### **3.7.2 Agua para riego:** <sup>(16)</sup>

La agricultura es otro de los usuarios de los recursos de agua en el país y al mismo tiempo una de las fuentes de contaminación de los mismos, la descarga de contaminantes y sedimentos es lo que en general hace reducir la disponibilidad de agua de calidad aceptable para la actividad agrícola en base a las normativas disponibles. Por otro lado, es importante hacer notar que el alto uso de fertilizantes y plaguicidas para aumentar o mantener el rendimiento de los productos agrícolas, incide directamente en la calidad de los recursos hídricos.

### **3.7.3 Agua con calidad ambiental:** <sup>(16)</sup>

Una manera practica de valorar la calidad del agua en un sitio determinado para un momento determinado, es haciendo uso de una escala numérica simple relacionada con el grado de contaminación, este valor es determinado Índice de Calidad de Agua (ICA) y engloba las características más importantes asociadas al uso del agua priorizado, resumiendo el valor

de los parámetros respectivos y pudiendo ser usado para definir mejor el estado que indica el término calidad de agua”. El Índice de calidad de Agua propuesto por Brown es una versión modificada del Water Quality Index (WQI) que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF) que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar lagos y Ríos en varios lugares del país, creó y diseñó un índice estándar llamado (ICA), con el objetivo para determinar si un tramo particular de dicho río o lago es saludable o no este índice para condiciones óptimas adopta un valor máximo determinado de 100 valores que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en el curso de agua en estudio hasta un valor de cero. En el país para valorar la calidad ambiental de las aguas superficiales, se aplica el ICA recomendado por el Programa Ambiental de El Salvador, proyecto ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Para calificar la calidad de agua se aplica el Índice de Calidad de Agua (ICA), el cual evalúa la aptitud de la calidad de agua para el desarrollo de vida acuática. Para la determinación del ICA intervienen 9 parámetros los cuales son: porcentaje de saturación de Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días, Nitratos, Fosfatos, Incremento de la Temperatura, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos.

#### **3.7.4 Agua apta para el contacto humano:** <sup>(16)</sup>

Las aguas naturales para ser adecuadas al contacto humano deben de presentar ciertas características como baja cantidad de recuentos

microbiológicos y alto porcentaje de saturación de oxígeno principalmente; por otro lado, es deseable en menor medida la ausencia de aceites y grasas y otros caracteres organolépticos (olor, sabor etc.). Los parámetros para evaluar la calidad de agua superficial y su aptitud de uso para el contacto humano son: Coliformes fecales, Oxígeno Disuelto, Turbidez

### **3.8 ANTECEDENTES LIMNOLOGICOS.** <sup>(10)</sup>

Existen lagos naturales que exhiben muy variadas características limnológicas. Si bien es difícil o inapropiado dividir a los lagos en claras categorías, las distinciones generales ayudan a dirigir el entendimiento y el manejo de la eutroficación. Los factores físicos importantes son el tamaño y la profundidad, el tiempo de residencia, los patrones de estratificación y mezcla.

Los lagos poco profundos poseen un conjunto de condiciones que favorecen el reciclaje de nutrientes, comúnmente denominados carga interna de nutrientes. Grandes áreas de sedimentos depositados en el fondo de lagos pueden intercambiar nutrientes con otras regiones del lago donde crecen las plantas. Las actividades de los microbios y de los animales y la resuspensión de los sedimentos aumenta aun más la liberación de nutrientes en el lago. Además, los niveles de luz tienden hacer mayores en la columna de lagos de agua en los lagos menos profundos. Adecuados niveles de nutrientes y de luz, típico de los lagos poco profundos, pueden producir altos niveles de fitoplacton o biomasa de macrófitas.

### **3.8.1 ESTADOS TRÓFICOS DE LOS CUERPOS DE AGUA <sup>(11)</sup>**

Las concentraciones de nutrientes en los cuerpos de agua constituyen el principal criterio utilizado para esta clasificación de los lagos en cuatro tipos:

- a) Oligotróficos
- b) Mesotróficos
- c) Eutrófico
- d) Distrófico

### **3.8.2 LAGOS OLIGOTRÓFICOS**

Los lagos oligotróficos, son típicamente muy profundos, presentan concentraciones bajas de fósforo, nitrógeno y calcio; con un escaso contenido de electrolitos y materia orgánica; el oxígeno disuelto se halla en concentraciones altas y uniformes en cualquier profundidad. (fig.Nº7)

### **3.8.3 LAGOS MESOTRÓFICOS**

Son lagos que presentan concentración media de nutrientes con poca proliferación de algas, transpiración media, oxígeno disuelto disminuido, de color azul verde.

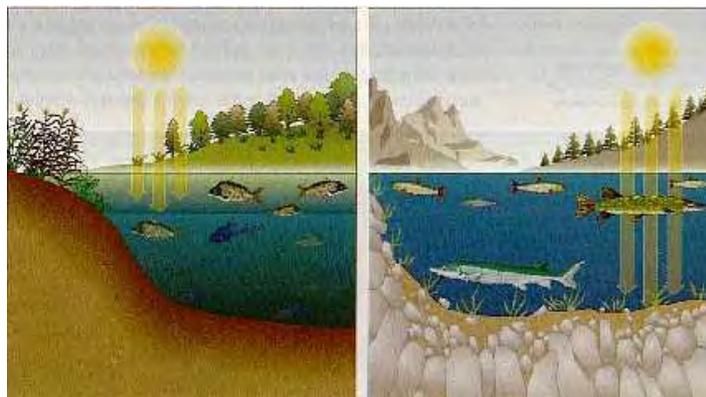
### **3.8.4 LAGOS EUTRÓFICOS**

Son relativamente poco profundos y muy ricos en sustancias nutritivas para las plantas y en materia orgánica. Los electrolitos se encuentran en concentraciones variables, presentan una gran proliferación de algas en el epilimnio (hasta donde penetra la luz solar y existe la fotosíntesis), crecimiento de plantas y acumulaciones de algas en la orilla. (fig.Nº7)

Puede darse una gran disminución, llegando hasta el completo agotamiento del oxígeno disuelto durante determinadas estaciones. (fig N° 7)

### **3.8.5 LAGOS DISTRÓFICO:**

Este tipo de lagos se halla principalmente en zona pantanosa y tiene abundantes concentración de fósforo, nitrógeno, calcio y materia orgánica, escaso contenido de electrolitos y falta absoluta o parcial de oxígeno.



**Figura N° 7 Comparación entre Lagos Eutróficos y Lagos Oligotróficos**

### **3.9 PROCESO DE EUTROFICACIÓN:** (10)

La Eutroficación, generalmente se describe como el cambio en la productividad biológica o cambio de las especies de plancton y aumento de las concentraciones de nutrientes en un cuerpo de agua.

Las consecuencias de la eutroficación son la proliferación de algas, crecimiento de las plantas y la disminución o agotamiento de oxígeno disuelto.

Los lagos pueden desaparecer por causa del aporte de material exógeno (procedente de la erosión progresiva) y la creciente colonización de vegetales. Este proceso de eutroficación es muy lento, cuando se produce de forma natural; pero puede acelerarse grandemente mediante las descargas de nutrientes del hombre, produciendo del lago oligotrófico a eutrófico en muy corto tiempo.

### **3.10 CAUSAS DE LA EUTROFICACIÓN.** <sup>(10)</sup>

Las principales causas de la eutroficación son:

Los efluentes líquidos de tierra agrícolas y urbanas y los residuos domésticos e industriales ricos en nutrientes (nitrógeno y fósforo). La materia orgánica también contribuye.

Fuentes de nitrógeno: Principales aguas residuales y fertilizantes, algunas algas microscópicas.

Principales fuentes de fósforo: Residuos humanos, detergentes y suelos erosionados de tierras agrícolas.

#### **3.10.1 IMPACTO DE LA EUTROFICACIÓN EN LA CALIDAD DEL AGUA.**

Existen muchos aspectos que degradan la calidad del agua entre ellos tenemos: un aumento en el número de algas y la consiguiente producción de toxinas, proliferación de plantas acuáticas, generación de condiciones anóxicas, cambios en la composición de las especies, mayor reciclaje interno de nutrientes, elevada concentración de nitratos y una mayor incidencia de

enfermedades transmitidas por el agua, aguas turbias, malos olores y mal sabor del agua, agotamiento del oxígeno disuelto en el agua, peces contaminados y muertos. Sin embargo, la eutroficación también puede tener impactos positivos al aumentar la producción de plantas y peces, especialmente en aquellos países donde los peces y otros organismos acuáticos son una importante fuente de alimentos. <sup>(10)</sup>

### **3.10.1 IMPACTO DE LOS CONTAMINANTES EN LAS AGUAS SUPERFICIALES** <sup>(10)</sup>

El origen de la contaminación puede ser puntual o no puntual, lo primero se refiere a la descarga directa de los vertidos industriales y/o domésticos a los lagos y ríos; mientras que la contaminación no puntual se origina por fuentes dispersas a lo largo del curso del río o lago tales como la erosión, fertilizantes movilizados por la lluvia, entre otros. Por su parte los lagos cuentan con una capacidad de auto depuración de sus aguas lo que se define como conjunto de fenómenos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en el curso del agua de modo natural que provoca la destrucción de materias extrañas a un lago.

### **3.10.2 PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN** <sup>(11)</sup>

Las primeras fuentes de contaminación de los recursos hídricos son:

**VERTIDOS DOMÉSTICOS:** Es la combinación de los líquidos y residuos procedentes de casa que son el resultado del uso humano, estos contienen

los residuos colectivos de la vida diaria, su volumen está en constante aumento si estos carecen de tratamiento previo y son potenciales portadores de organismos patológicos (material fecal), fenoles (detergentes aniónicos y desinfectantes) y metales pesados.

En su mayoría son mezcla de sustancias orgánicas disueltas en una solución acuosa (grasas, jabones, proteínas, aceites minerales). Esta contaminación se debe a las personas que lavan y turistas que dejan basuras a las orillas del lago.

**VERTIDOS INDUSTRIALES:** Son aquellos desechos resultantes de cualquier actividad o proceso industrial. Este tipo de vertido demanda del cuerpo acuático receptor altas cantidades de oxígeno; éstas constituyen la principal contaminación de las aguas. Otras fuentes contaminantes de las aguas son los hidrocarburos (gasolina), aceite de motor. Esos desechos proceden de unas 500 lanchas que salen de los embarcaderos de las casas del lago, los cuales originan metales pesados. Los productos de tipo industrial en los lagos causan verdaderos estragos en las comunidades acuáticas. <sup>(13)</sup>

**VERTIDOS AGROPECUARIOS:** provienen principalmente de ciertos productos utilizados en la agricultura como: herbicidas, fungicidas, presencia de residuos de pesticidas y fertilizantes estos en su mayoría provienen de cultivos y fincas de café aledañas a la cuenca.

### **3.11 ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL AGUA** <sup>(9)</sup>

El 80% de las enfermedades y un tercio de las muertes en el mundo están vinculados con el agua contaminada, las enfermedades hídricas se clasifican según su agente transmisor en microbiológicos y químicos

#### **3.11.1 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA CONTAMINADA POR AGENTES MICROBIOLÓGICOS.** <sup>(9)</sup>

Son las enfermedades transmitidas por organismos patógenos presentes en el agua que ingresan al organismo por la boca. Están relacionadas a la contaminación por excretas humanas. Se caracterizan por ser fácilmente transmisibles por otros medios como las manos o los alimentos. En esta categoría se encuentran la fiebre tifoidea, el cólera, enfermedades gastrointestinales agudas como las diarreas bacterianas y virales, disentería amebica, la shigelosis y hepatitis "A".

#### **3.11.2 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL AGUA CONTAMINADA POR AGENTES QUIMICOS.** <sup>(9)</sup>

Son enfermedades asociadas a la ingestión de agua que tiene sustancias tóxicas en concentraciones perjudiciales. Estas sustancias pueden ser de origen natural o artificial, generalmente se localizan específicamente, algunos ejemplos son la metahemoglobina infantil (presencia de metahemoglobina en la sangre) ocasionada por el consumo de agua con un elevado porcentaje de nitratos, la fluorosis endémica crónica, producida por un alto contenido de fluor en el agua y los efectos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos

producidos por altas concentraciones de metales pesados, plaguicidas e hidrocarburos en el agua.

### **3.11.3 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL CONTACTO CON EL AGUA.**<sup>(9)</sup>

Son producidos por microorganismos patógenos que ingresan al cuerpo a través de la piel, el ejemplo más conocido es de la esquistosomiasis; se calcula que en el mundo existen 200 millones de personas afectadas por esta enfermedad epidémica que quizás sea una de las más antiguas del planeta.

Los huevos de anquilostoma eclosionan en el agua, produciendo la penetración en la piel humana y se desarrollan hasta llegar al estado de gusano, alojándose en varios tejidos del cuerpo humano ocasionando daños cuando sus huevos se abren camino hacia el tracto gastrointestinal o el uterino.

### **3.12 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.**

Es una característica o una propiedad que se puede medir para saber si el agua es apta o no para el uso y consumo, a través de los niveles establecidos por las normas técnicas de calidad estos pueden ser:

#### **3.12.1 PARÁMETROS FISICOS:**

##### **1- Potencial de hidrogeno (pH):**<sup>(1)</sup>

Es la expresión numérica que indica el grado en que el agua es ácida o alcalina, el pH en la mayoría de fuentes de agua natural fluctúa entre el 6.5 a 8.5. La medición de pH es una de las más importantes y frecuentes pruebas

utilizadas en la química del agua. Prácticamente cada fase de agua de suministro (neutralizaciones ácido base, suavización del agua, precipitación, coagulación, desinfección, y control de la corrosión) son dependientes del pH. El pH es utilizado en las mediciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en otras muchas de equilibrio ácido base. A una temperatura dada, la intensidad del carácter ácido ó alcalino de una solución es indicada por el pH o por la actividad del ión Hidrógeno. La alcalinidad y la acidez son las capacidades de neutralización ácido-base del agua y usualmente son expresados como mg CaCO<sub>3</sub> por litro. La capacidad buffer es la cantidad de fuerza ácida o alcalina, usualmente expresada en moles por litro, que necesita ser cambiada a valores de pH de un litro de muestra por una unidad. El pH como es definido por Sorensen es  $-\text{Log} [\text{H}^+]$ ; es la intensidad del factor de acidez.

## **2- Conductividad Eléctrica:** <sup>(1)</sup>

La conductividad del agua depende de la cantidad de sales disueltas presentes y es aproximadamente proporcional al contenido de Sólidos Disueltos Totales. El rango general de las aguas superficiales es de 45 a 700 us/cm en los residuos municipales es de 1500 us/cm y más de 10,000 us/cm en los residuos en los industriales.

## **3- Turbidez:** <sup>(6)</sup>

La turbidez del agua se debe a la presencia de sólidos suspendidos, tales como arcilla, limó, materia orgánica finamente dividida, plancton y otros microorganismos microscópicos. Está relacionado con la zona fótica

de los ecosistemas acuáticos. (Zona de penetración eficaz de la luz, donde se lleva a cabo la fotosíntesis). Se extiende horizontalmente de orilla a orilla y verticalmente hasta donde luz pueda penetrar efectivamente. En lagos y reservorios son preferibles visibilidades de más de 200 cm.

#### **4- Oxígeno Disuelto:**<sup>(6)</sup>

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales y de desecho dependen de las actividades físicas, químicas y bioquímicas en el cuerpo de agua. El análisis de OD es una prueba clave para la contaminación del agua y en procesos de control de aguas de plantas de tratamiento. Los niveles bajos de oxígeno afectan las funciones vitales de los organismos, disminuyendo o paralizando la tasa de crecimiento causando parcialmente deficiencias metabólicas hasta la muerte total de los peces. La sobre saturación de oxígeno, también causa problema como la formación de burbujas gaseosas en la sangre y tejido (trauma de burbujas de gas), causando problema agudos y crónicos en los animales.

#### **5- Temperatura:** <sup>(1)</sup>

Las temperaturas extremas evitan la producción de algunas especies típicas. Los desechos que contienen alto grado de calor pueden cambiar el clima del cuerpo de agua, y afectan así la vida de los microorganismos acuáticos. Por lo general, la exactitud de las mediciones de la temperatura del agua no debe exceder de 0.1°C. Sin embargo, en muchas circunstancias, se puede tolerar

una incertidumbre de 0.5 °C y en muchos casos los datos estadísticos de temperatura se redondean al grado centígrado más cercano. De este modo, es importante especificar los requerimientos operacionales para seleccionar el termómetro más adecuado.

#### **6- Sólidos Totales Disueltos:** <sup>(6)</sup>

El total de sólidos en disolución esta constituido fundamentalmente por sustancias inorgánicas, las principales son el calcio, magnesio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Un aspecto importante de los sólidos totales disueltos con respecto a la calidad del agua potable, es su efecto sobre el sabor. Por lo general se considera que el gusto del agua es bueno cuando la concentración de sólidos totales disueltos es inferior a 600 mg/L. Por lo general los sólidos totales disueltos no son eliminados en las plantas convencionales de tratamiento de agua.

#### **7- Color Aparente:** <sup>(6)</sup>

El termino color aparente incluye no sólo el color debido a las sustancias en solución, sino que también el material debido al material suspendido. El color aparente es determinado en la muestra original sin filtrar y sin centrifugar. En Algunos vertidos industriales fuertemente coloreados el color es contribución principalmente por material coloidal y suspendido. En tales casos, ambos el color verdadero y el color aparente pueden ser determinados. El termino color usado aquí como color verdadero, es el color del agua de la cual la turbidez ha sido removida. El color en el agua puede ser el resultado de la presencia

de iones metálicos naturales (como hierro y manganeso), humus, plankton, hierbas y desechos industriales. El color es removido para que el agua pueda ser utilizada para aplicaciones generales e industriales. Los vertidos industriales pueden requerir la remoción del color antes de ser descargadas a los cuerpos receptores.

### **3.12.2 PARÁMETROS QUÍMICOS:**

#### **1- Nitratos:** <sup>(1)</sup>

El Nitrato en fuentes naturales, se le atribuye a la oxidación del nitrógeno del aire y a la descomposición de la materia orgánica por la acción bacteriana. El agua conteniendo grandes cantidades de nitrato es desagradable al gusto y puede causar trastornos fisiológicos. Estos pueden provenir de descargas domésticas o ser de origen animal por la transformación de amoníaco a nitrato y luego a nitritos, o bien derivarse de la escorrentía de aguas lluvias en terrenos tratados con fertilizantes nitrogenados.

#### **2- Cloruros:** <sup>(6)</sup>

El Cloruro se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza por lo general en la forma de sales de calcio y potasio. La mayor cantidad de cloro se encuentra en los océanos. La presencia de cloruros en el agua natural puede atribuirse a: la disolución de depósitos de sales, las descargas de efluentes de las industrias químicas, las descargas de aguas servidas, el

drenaje de irrigaciones; la contaminación por infiltraciones de vaciaderos de desechos y la intrusión de aguas marinas en aguas costeras .Cada una de estas fuentes puede ocasionar contaminación local tanto del agua superficial como subterránea. El ión cloruro es uno de los principales aniones de las aguas naturales o aguas residuales. En concentraciones excesivas, el cloruro puede impartir al agua un sabor salino.

### **3-Sulfatos:**<sup>(6)</sup>

La mayoría de sulfatos son solubles en agua con excepción de los sulfatos de plomo, bario, estroncio. El sulfato disuelto se considera como soluto permanente en el agua. Los sulfatos llegan al medio acuático por los desechos provenientes de una multiplicidad de industrias. Los sulfatos no se eliminan en ninguno de los procesos comunes de tratamientos. Estos compuestos generalmente tienen menos efectos sobre el sabor que los cloruros y carbonatos.

### **4- Cinc:** <sup>(6)</sup>

El Cinc es uno de los metales pesados que van en las descargas de desechos metálicos de las plantas de electrodeposición y de otras industrias metálicas que constituyen un motivo de preocupación por sus posibles propiedades tóxicas u otros efectos, y es conveniente considerarlo porque se pueden encontrar en muestras de aguas contaminadas.

## **5- Demanda Bioquímica de Oxígeno:** <sup>(6)</sup>

Sirve para determinar el grado de contaminación del agua por desechos domésticos e industriales en términos de oxígeno que estos desechos requieren si son descargados en un agua natural en condiciones aeróbicas. Entre más grande sea la carga orgánica desechada de un cuerpo receptor de agua mayor será la necesidad de Oxígeno Disuelto creando condiciones que van en detrimento de la vida acuática.

## **6- Cobre:** <sup>(6)</sup>

Las sales de Cobre son utilizadas en los suministros de agua para controlar el crecimiento biológico en reservorios y en las tuberías de distribución y para catalizar la oxidación del manganeso. La corrosión del Cobre contenido en las aleaciones en las tuberías puede introducir cantidades medibles de cobre en el agua en un sistema de tubería. El Cobre es esencial para los humanos; el requerimiento diario para adultos ha sido estimado como 2.0 mg.

## **7- Boro:** <sup>(1)</sup>

Aunque es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, el Boro en exceso de 2.0 mg/L en agua de riego es nocivo para ciertas plantas y algunas plantas pueden ser afectadas adversamente con concentraciones tan bajas como 1.0 mg/L (o hasta menos en invernaderos). Las aguas para beber raramente contienen más de 1 mg/L de Boro y generalmente menos que 0.1 mg/L, concentraciones consideradas inocuas para el consumo humano.

El boro puede aparecer naturalmente en algunas aguas o puede encontrarse de alguna manera en cursos de agua a través de compuestos de limpieza y en efluentes de desechos industriales. El agua de mar contiene aproximadamente 5 mg/L de boro y este elemento es encontrado en estuarios salinos en asociación con otras sales del agua de mar. La ingestión de grandes cantidades de boro puede afectar el sistema nervioso central. Ingestión prolongada puede dar como resultado un síndrome clínico conocido como Borismo.

### **8- Fenoles:** <sup>(6)</sup>

Los fenoles definidos como hidroxilados derivados del benceno y su núcleo condensado, pueden aparecer en aguas domésticas e industriales, en aguas naturales y proveedores de agua potable. La clorinación de tales aguas puede producir olores y sabores objetables a clorofenoles. Los procesos de remoción de fenol en tratamiento de aguas incluyen superclorinación, dióxido de cloro ó tratamiento con cloraminas, ozonización y adsorción con carbón activado. Las interferencias tales como la descomposición bacteriana de los fenoles, las sustancias oxidantes y reductoras, y los valores alcalinos de pH son tratados con acidificación. Algunas aguas de desecho fuertemente contaminadas pueden requerir técnicas especializadas para eliminar los interferentes y para recuperar cuantitativamente los compuestos fenólicos.

## **9- Fosfatos:** <sup>(6)</sup>

El Fósforo generalmente está presente en las aguas naturales y aguas residuales, se presenta a menudo en cantidades apreciables en períodos de baja actividad biológica. Las huellas de fosfato estimulan la proliferación de las algas en embalses de agua. Las aguas que reciben aguas negras crudas o depuradas, drenajes agrícolas y ciertos desechos industriales contienen normalmente concentraciones apreciables de fosfatos. Además de esto, con frecuencia se agregan diversas formas de fosfatos a las aguas domésticas o industriales, y en ocasiones, se identifican una misma muestra tanto ortofosfatos como poli fosfatos.

Los Fosfatos se encuentran en los fertilizantes y en los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos al igual que los nitritos son nutrientes para las plantas. Cuando entra demasiado fosfato al agua, florece el crecimiento de las plantas.

## **10- Sodio:** <sup>(6)</sup>

El Sodio se encuentra presenta en la mayoría de las aguas naturales y se llega a encontrar, en concentraciones bastantes altas, en aguas ablandadas por procesos en los que el calcio y el magnesio se han permutado por sodio. La relación de sodio a cationes totales es de importancia desde el punto de vista agrícola, pues una alta proporción de sodio es dañina para la permeabilidad de los suelos.

### **11- Calcio:**

El calcio suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Entre las características químicas son sales de moderadamente solubles a muy soluble. Es muy fácil de precipitar como  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

### **12- Potasio:**

El Potasio se clasifica en el séptimo lugar de los elementos en orden de abundancia, su concentración en la mayoría de las aguas para beber rara vez alcanza 20 mg/L. Ocasionalmente las aguas saladas pueden contener más de 100 mg/L de Potasio.

El Potasio en la muestra se combina con Tetrafenilborato de Sodio para formar Tetrafenilborato de Potasio, un sólido insoluble de color blanco. La cantidad de turbidez producida es proporcional a la concentración de Potasio.

### **13- Magnesio:**

El magnesio es menos abundante que el ion calcio en las aguas naturales, procede de la disolución de rocas carbonatadas, tiene propiedades similares a las del ion calcio pero más soluble y algo más difícil de precipitar. Este contiene propiedades laxantes y da sabor amargo al agua de bebida, contribuye a la dureza del agua. Se determina como dureza menos calcio

## 11- Porcentaje de adsorción de sodio (RAS) <sup>(17)</sup>

.Entre los sistemas desarrollados para alertar el peligro de salinización o sodificación del suelo a partir de algunos parámetros medidos en el agua de riego, uno de los más utilizados en nuestro país es el propuesto por Richard (1954) para el laboratorio de salinidad de (EE.UU.) California.

Este sistema se basa en la medida de la conductividad eléctrica del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo y en el cálculo de la relación de absorción de sodio (RAS) en inglés SAR. Este índice se refiere a la proporción relativa en que se encuentra el ion sodio y los iones calcio y magnesio expresando su concentración en Meq/L, este pretende ser una medida del poder de degradación de la estructura del suelo por su contenido de sodio.

El RAS se ha establecido para determinar el riesgo de sodificación o alcalinización, del suelo así como para evaluar los problemas de infiltración para ello se ha establecido la siguiente fórmula y se calcula de esta manera tomando en cuenta los parámetros de calcio, sodio y magnesio:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\frac{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}{2}}$$

## **12- Porcentaje de sodio** <sup>(17)</sup>

Para valorar la calidad de un agua destinada a riego es importante tener en cuenta el incremento del porcentaje de sodio del suelo, debido a los fenómenos de absorción de sodio desde el agua por intercambio cationico.

Altos contenidos de iones de sodio en las aguas utilizadas para regadío o cultivo, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración.

Esto es porque el sodio cuando esta presente en el suelo es intercambiable por otros iones. El calcio y el magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura granular apropiada para cultivos.

El exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) Y magnesio (Mg) y provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo. <sup>(19)</sup> El porcentaje de sodio es el parámetro que mejor puede correlacionarse con la posible alteración del estado estructural del suelo (disminuyendo su permeabilidad) y con los efectos tóxicos en los cultivos debido al sodio. Por ello una evaluación racional del riesgo sodicidad potencial de un agua debe realizarse en base a un parámetro que se correlacione de forma satisfactoria con el porcentaje de sodio del suelo que resulta del riego con esa agua. A mayor porcentaje de Sodio más inadecuada es el agua para riego. El uso de aguas de riego salinas supone el riesgo de salinizar el suelo, provocando en numerosos casos disminución en la producción del cultivo (la capacidad de la

planta para absorber el agua disminuye a medida que aumenta el contenido de sales, teniendo la planta que realizar un mayor esfuerzo).Ocasionando además, otros problemas como puede ser toxicidad (algunas sales cuando se acumulan en cantidad suficiente resultan tóxicas para los cultivos, u ocasionan desequilibrios en la absorción de los nutrientes), problemas de infiltración del agua en el suelo (un alto contenido de sodio y bajo de calcio en el suelo hace que sus partículas tiendan a disgregarse, lo que ocasiona disminución de la velocidad de infiltración del agua) y obstrucciones en los sistemas de riego localizado. El sodio se expresa en miliequivalentes por litro y en porcentaje se calcula así:

$$\% \text{ de Na. Presente} = \frac{\text{Na} \times 100}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{k}}$$

### **3.12.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:** <sup>(1)</sup>

#### **Coliformes:**

Los organismos coliformes son bacterias gram ( - ), en forma de bastoncillos, no esporulados como aeróbicos y anaerobios facultativas y oxidasa negativa capaces de crecer en presencia de sales biliares u otros compuestos tenso activos. Fermenta la lactosa a temperatura de 35 a 37°C con producción de ácidos, gas y aldehídos entre 24- 48 horas. Pertenecen a este grupo los géneros Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, y Klebsiella.

### **Coliformes fecales:**

Son aquellos Coliformes propias del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5°

### **3.13 APLICACIÓN DE NORMAS Y HERRAMIENTAS DE VALORACION DE LA CALIDAD DE AGUA.**

La evaluación de la calidad de agua se realizo a través de la aplicación de las normativas existentes y/o propuestas de normativas para determinar las diferentes aptitudes de uso de las aguas del Lago de Coatepeque y así conocer si estas cumplen con los rangos establecidos para calidad ambiental, riego , potabilizar y contacto humano.

**Tabla No. 2 Aptitudes de uso con respecto a cada norma**

<b>Aptitud de uso</b>	<b>Decreto N° 51 del Diario Oficial del país</b>	<b>OMS</b>	<b>ICA</b>
<b>Potabilizar</b>	X		
<b>Riego</b>	X		
<b>Contacto Humano</b>		X	
<b>Calidad Ambiental</b>			X

**Tabla No. 3 Rangos para parámetros de calidad de agua recomendable para potabilizar.**

<b>Agua para Potabilizar Parámetros</b>	<b>Decreto N° 51 del Diario Oficial del País</b>
<b>pH</b>	<b>6.5 a 9.2</b>
<b>Turbidez</b>	<b>10 a 250 UNT</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	<b>4 a 6.5 mg/L</b>
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	<b>300 a 600 mg/L</b>
<b>Cloruros</b>	<b>50 a 250 mg/L</b>
<b>Nitratos</b>	<b>45 mg/L</b>
<b>Cinc</b>	<b>5 mg/L</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	<b>3 a 4 mg/L</b>
<b>Cobre</b>	<b>0.1 a 1 mg/L</b>
<b>Fenoles</b>	<b>0.005 mg/L</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	<b>NMP 1000/100 mL</b>
<b>Color Aparente</b>	<b>20 a 150 de Co-pt</b>

**Tabla No. 4 Rangos para parámetros de calidad de agua para Riego**

<b>Agua para Riego Parámetros</b>	<b>Decreto N° 51 del Diario Oficial del País</b>
<b>pH</b>	<b>6.5 a 8.4</b>
<b>Conductividad</b>	<b>250 a 750 us/cm</b>
<b>Cloruros</b>	<b>195 mg/L</b>
<b>Sulfatos</b>	<b>200 mg/L</b>
<b>Boro</b>	<b>0.50 a 2.0 mg/L</b>
<b>Fosfatos</b>	<b>30 a 60 mg/L</b>
<b>% Sodio</b>	<b>30- 60 meq/L</b>
<b>RAS</b>	<b>0- 10 meq/L</b>

**Tabla No.5 Límites permisibles de calidad de agua para Contacto Humano**

<b>Agua para Contacto Humano Parámetro</b>	<b>Rango Según OMS</b>
<b>Turbidez</b>	<b>Menor o igual a 10 UNT</b>
<b>Oxigeno Disueltos</b>	<b>Mayor o igual a 7 mg/L</b>
<b>Coliformes Fecales</b>	<b>Menor o igual a 1000 NMP/100mL</b>

## **ESTIMACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA**

El aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Para ello se ha creado El Índice de Calidad del Agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros, indicadores de un deterioro en la calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo para que dicho índice sea práctico debe reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple.

Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias.

Para la determinación del valor del "ICA" en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados los cuales son: Coliformes fecales, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días, Nitratos, Fosfatos, Incremento de la Temperatura, Turbidez, Sólidos Totales Disueltos y Oxígeno Disuelto. La evaluación numérica del "ICA", se obtiene con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos propuestas por Brown. Para calcular el ICA se puede usar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAa).

Estas agregaciones se expresan matemáticamente así:

$$ICAa = \sum_{I=1}^9 (Sub_i * W_i) \text{ Ec. \# 1}$$

Donde:

Wi: pesos relativos asignados a cada parámetro y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Subi: valor obtenido de la interpolación en cada una de las gráficas.

Para determinar el valor del "ICA" es necesario sustituir los datos en la ecuación No. 1 obteniendo los Subi de cada una de las graficas, de los diferentes parámetros como se explicara a continuación, dicho valor se multiplica por sus respectivos Wi (ver tabla N°.7) y se suman los 9 resultados de esta manera se obtiene el valor del "ICA" y luego se clasifican de acuerdo al valor obtenido de cada ICA (Ver tabla N° 6)

**Tabla N°6 CLASIFICACION DEL "ICA" PROPUESTO POR BROWN.**

CALIDAD DE AGUA	VALOR
Excelente	91 a 100
Buena	71 a 90
Regular	51 a 70
Mala	26 a 50
Pésima	0 a 25

Las aguas con "ICA" mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Las aguas con un "ICA" de categoría "Regular" tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas. Las aguas con un "ICA" de categoría "Mala" pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.

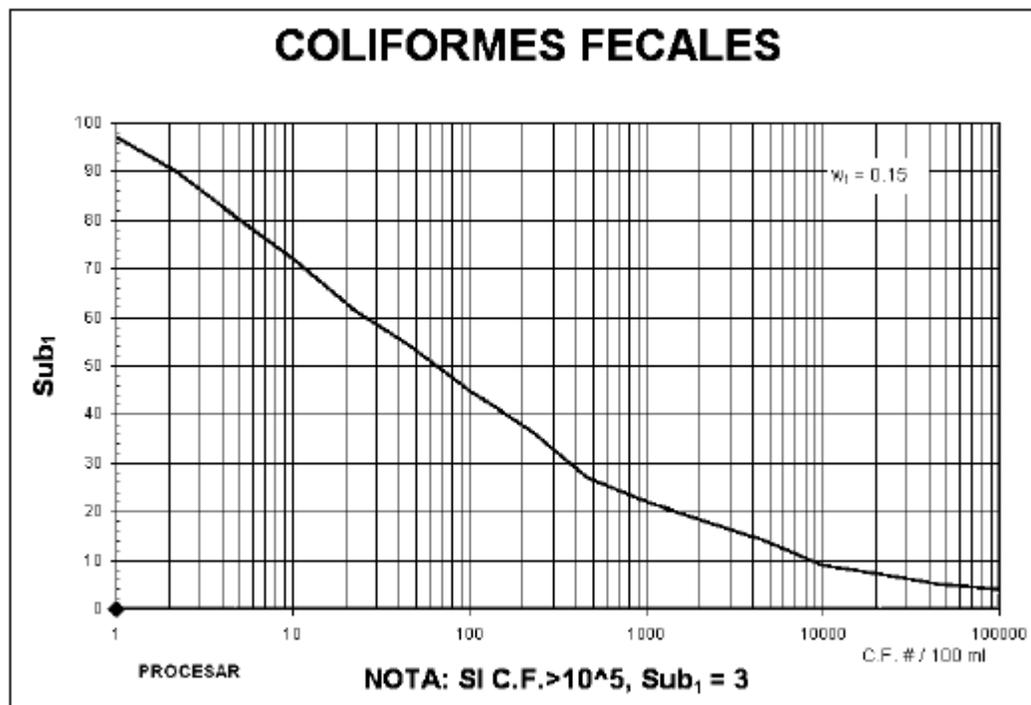
Las aguas con un "ICA" que caen en categoría "Pésima" pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, como natación.

**Tabla N° 7 Pesos relativos para cada parámetro del ICA.**

<b>Subi</b>	<b>Peso Relativo Según ICA <sub>(wi)</sub></b>
<b>Coliformes fecales</b>	<b>0.15</b>
<b>pH</b>	<b>0.12</b>
<b>Turbidez</b>	<b>0.08</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	<b>0.17</b>
<b>Temperatura</b>	<b>0.10</b>
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	<b>0.08</b>
<b>Nitratos</b>	<b>0.10</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	<b>0.10</b>
<b>Fosfatos</b>	<b>0.10</b>

Los pasos a seguir para calcular los ( $Sub_i$ ) del Índice de Calidad de Agua son: (6)

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el ( $Sub_1$ ) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la figura N° 1 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el ( $Sub_1$ ) de Coliformes fecales, se procede a multiplicar al peso  $w_1$ .



**Figura N°1 Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales**

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub<sub>2</sub>) es igual a 2, sí el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub<sub>2</sub>) es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 buscar el valor en el eje de (X) en la figura N° 2 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>2</sub>) de pH y se procede a multiplicar al peso w<sub>2</sub>.

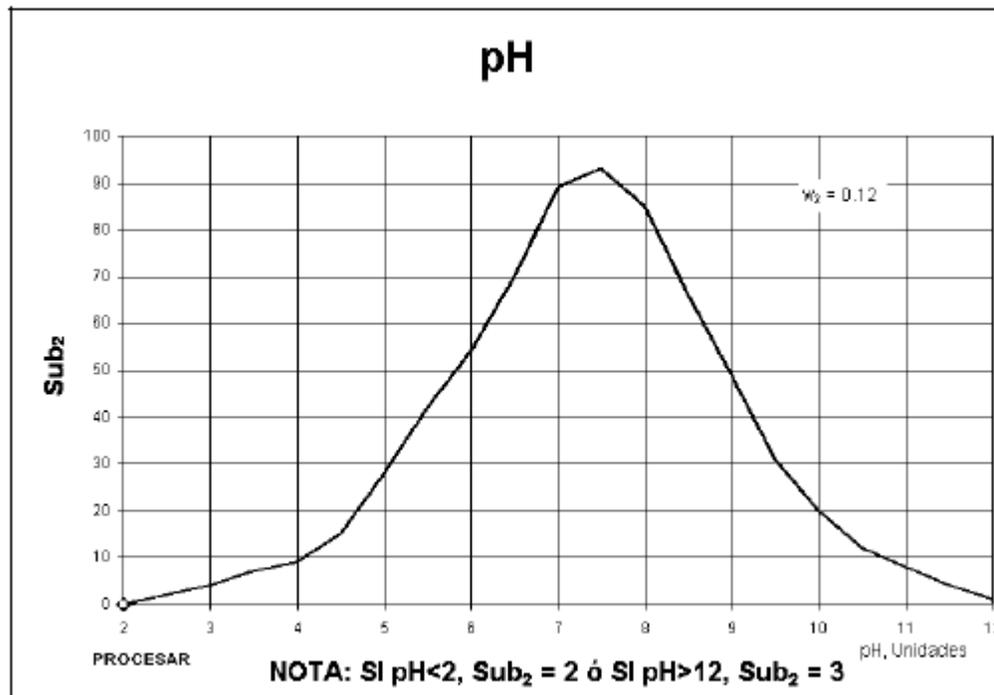


Figura N° 2 Valoración de la calidad de agua en función de pH.

Si la  $DBO_5$  es mayor de 30 mg/L el ( $Sub_3$ ) es igual a 2. Si la  $DBO_5$  es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura N° 3 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el ( $Sub_3$ ) de  $DBO_5$  y se procede a multiplicar al peso  $w_3$ .

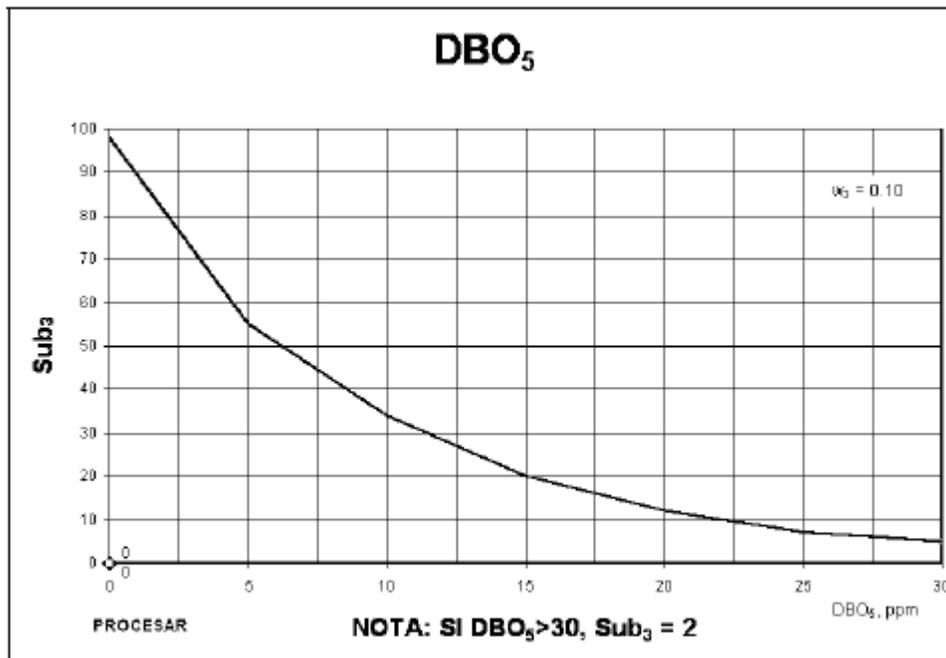


Figura N° 3 Valoración de la calidad de agua en función de  $DBO_5$ .

Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub<sub>4</sub>) es igual a 2. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura N° 4 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>4</sub>) de Nitratos y se procede a multiplicar al peso w<sub>4</sub>.

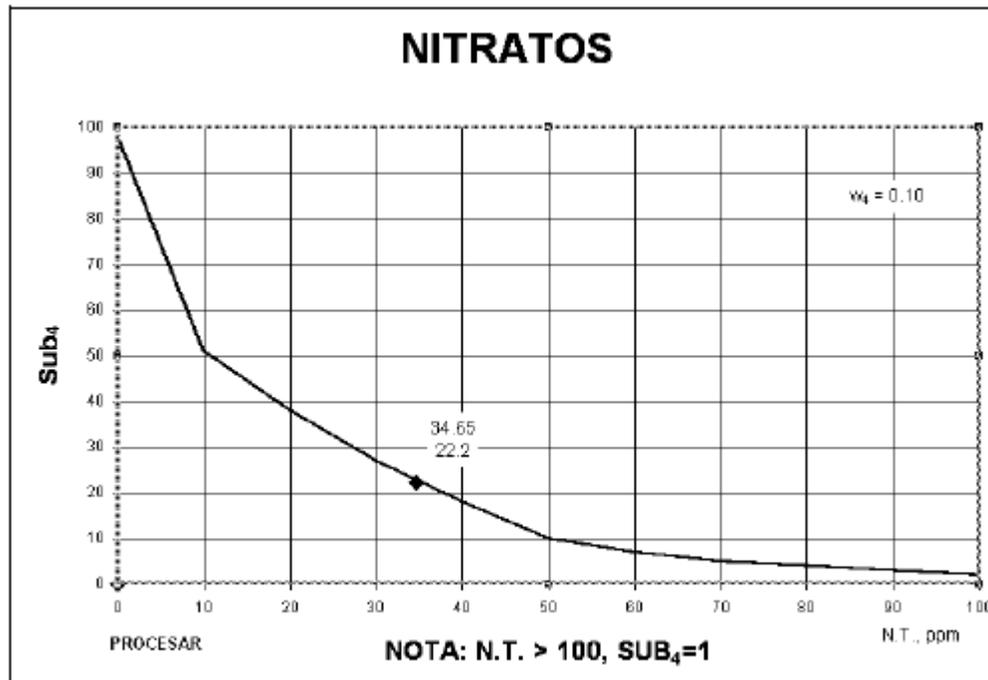


Figura N° 4 Valoración de la calidad de agua en función de Nitratos.

Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el ( $Sub_5$ ) es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la figura N° 5 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el  $Sub_5$  y se procede a multiplicar al peso  $w_5$ .

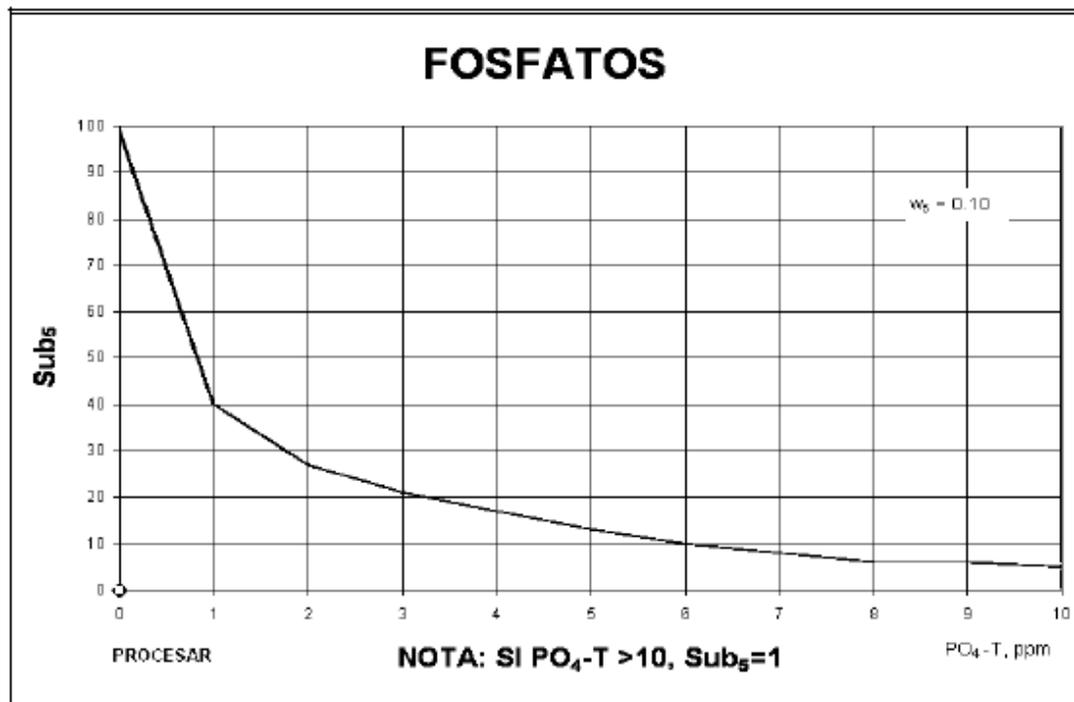
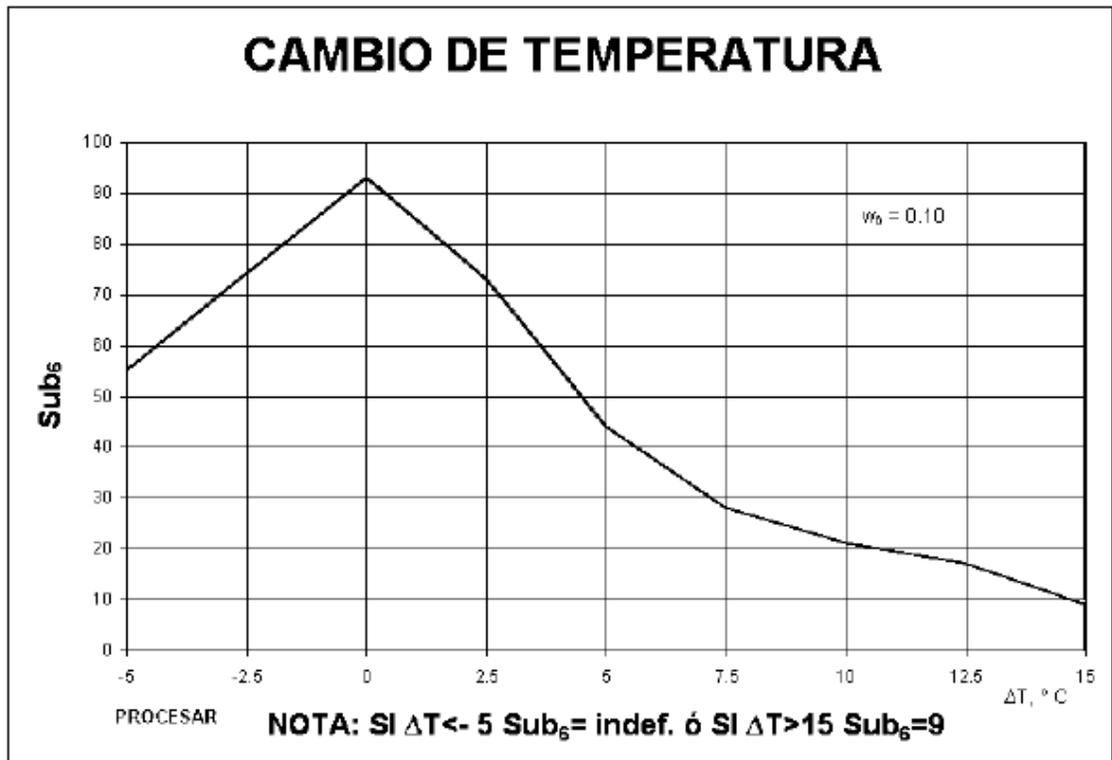


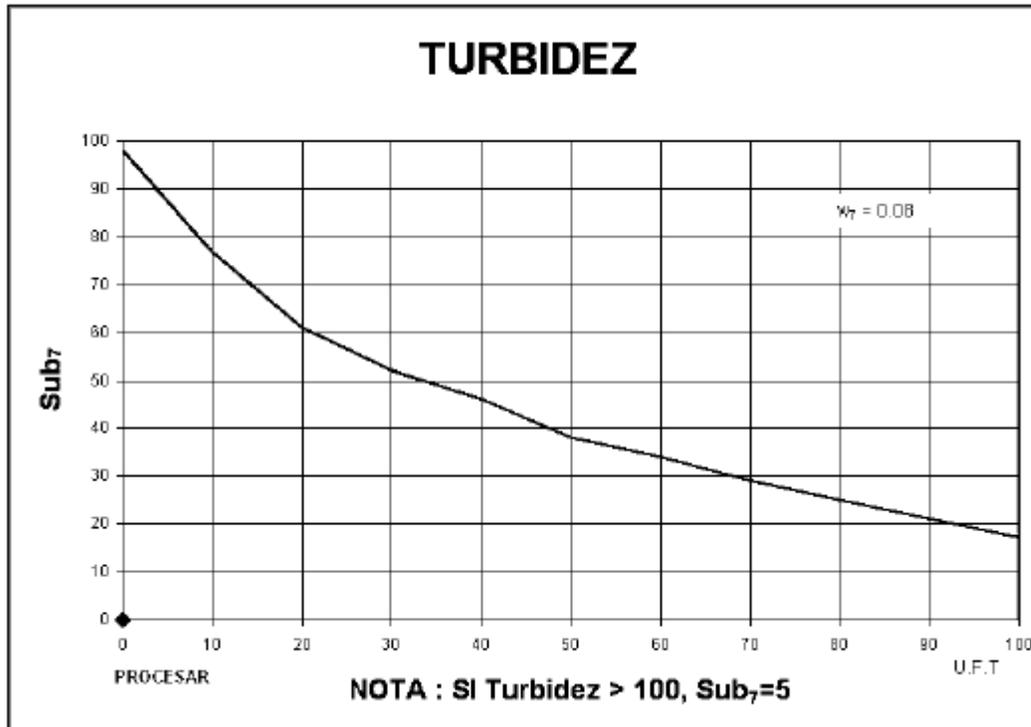
Figura N°5 Valoración de la calidad de agua en función de Fosfatos.

Para el parámetro de Temperatura (Sub<sub>5</sub>) primero hay que calcular la diferencia entre la T°ambiente y la T°Muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15°C el (Sub<sub>5</sub>) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, buscar el valor en el eje de (X) en la figura N°6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>6</sub>) de Temperatura y se procede a multiplicar al peso w<sub>6</sub>.



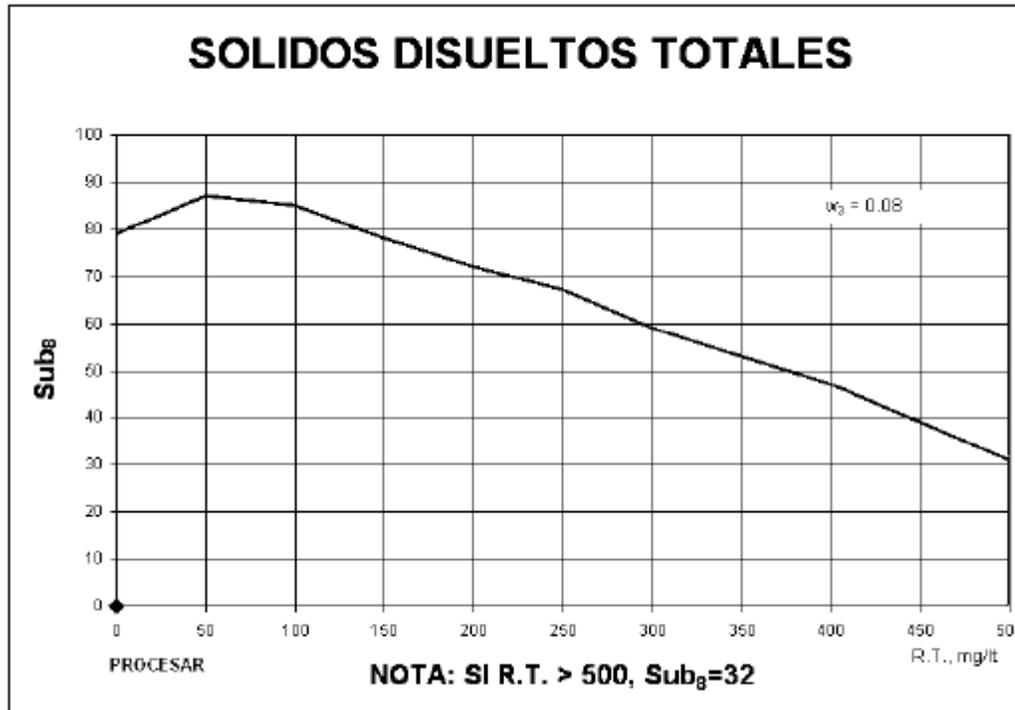
**Figura N° 6 Valoración de la calidad de agua en función de Temperatura.**

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub<sub>7</sub>) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub<sub>7</sub>) de Turbidez y se procede a multiplicar al peso  $w_7$ .



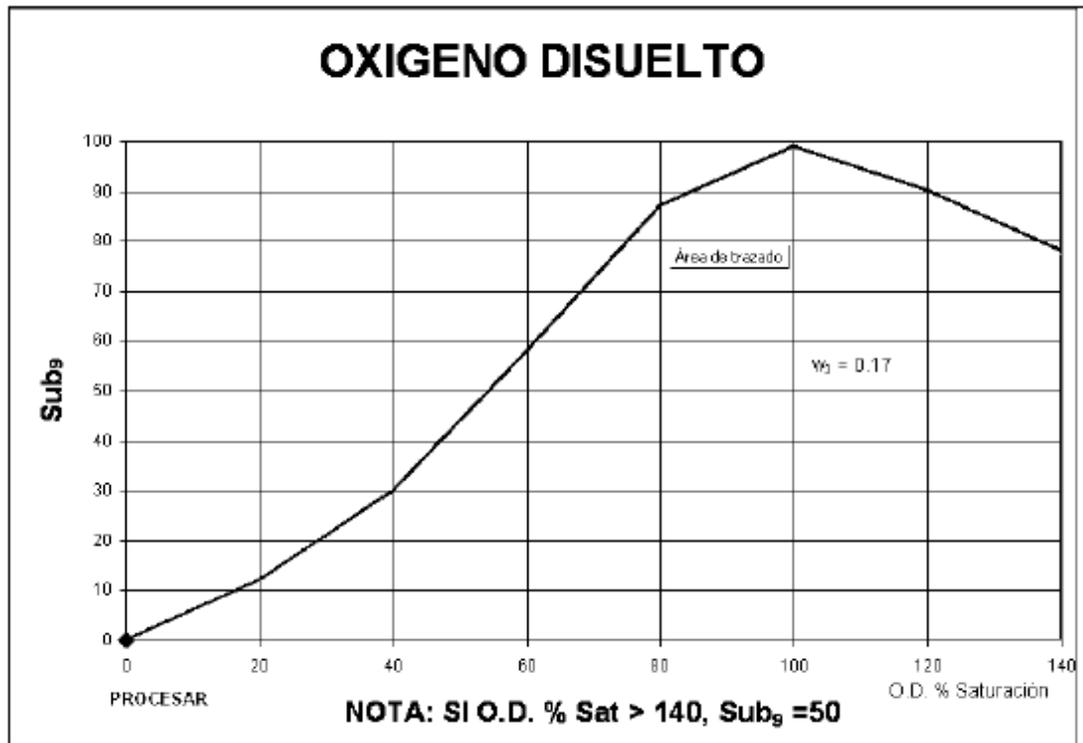
**Figura Nº 7 Valoración de la calidad de agua en función de Turbidez.**

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el ( $Sub_8$ ) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la figura N° 8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el ( $Sub_8$ ) de Residuo Total y se procede a multiplicar al peso  $w_8$ .



**Figura N° 8 Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Disueltos Totales.**

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto hay que identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua (Tabla 3).



**Figura N° 9. Valoración de la calidad de agua en función de Oxígeno Disuelto.**

**Tabla No.8 Solubilidad del Oxigeno en Agua Dulce.**

Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L	Temp. °C	OD mg/L
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.12	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

## **4.0 METODOLOGIA**

El desarrollo de la investigación se realizó tomando en cuenta dos enfoques metodológicos: experimental, porque está dirigido a determinar la calidad físico química y bacteriológico del agua; transversal porque solamente se hicieron mediciones en un sólo período.

### **4.1. INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA**

La investigación bibliográfica se llevo a cabo en las Bibliotecas de

- Facultad de Química y Farmacia de la Universidad del El Salvador. (UES)
- Facultad de Química y Farmacia y Biología de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. (USAM).
- Instituto de Ciencias del Mar y Limnología ICMARES (ubicado en el edificio de CENSALUD).
- Biblioteca del Servicio de Estudios Territoriales (SNET).

### **4.2. INVESTIGACION DE CAMPO:**

#### **4.2.1 Localización y descripción del área de estudio <sup>(5)</sup>**

La cuenca del lago de Coatepeque en El Salvador está ubicada en la zona centro-occidental del país, en el departamento de Santa Ana en el municipio de El Congo. Éste se asienta en el fondo de un antiguo cráter, su origen volcánico hace que posea una forma casi circular, y una profundidad que llega a los 115mts, paredones que lo circundan tienen alturas que varían desde 250 a 300mts.

El tipo de muestreo que se realizó en la investigación es estratificado dirigido porque la toma de muestra se hizo a diferentes puntos y a diferentes profundidades.

La elección de los puntos para la toma de muestras se realizó dependiendo de la aptitud de uso del agua como son: Potabilización, Riego, Contacto humano, Calidad ambiental. Se tomaron los siguientes criterios para la toma de muestra: circulación de corrientes de agua, cercanía a las comunidades, fácil acceso, lugares protegidos, poca influencia del viento.

#### **4.2.2 PUNTOS DE MUESTREO:** (Ver anexo 1)

Los lugares de la toma de muestra fueron representativos. El número de muestras totales fueron de 145 las cuales se tomaron a diferentes profundidades, para reflejar la situación actual de la calidad de aguas, los criterios para la toma de las muestras fueron de acuerdo a las fuentes contaminantes como: turismo, asentamiento poblacional, áreas cercanas a siembras y cultivos.

##### **Punto # 1**

Lo representa el área de turismo, que está localizado frente al turicentro Casa Blanca aproximadamente a 1Km de éste.

##### **Punto #2:**

En este punto se considera el área de asentamiento poblacional .El punto es conocido como Pedrero Hondo a 1Km de distancia agua adentro.

PUNTO # 3:

En este punto se considera el área de Entrada de Aguas termales al cuerpo de agua.

El punto se sitúa cerca de cerro pacho.

PUNTO # 4:

En este punto se considera el área para evaluar la mezcla de todo el lago. El punto se sitúa en el centro del lago.

PUNTO # 5:

En este punto se considera el área de turismo. El punto se sitúa cerca del “Hotel Torre Molinos.

PUNTO # 6:

En este punto se considera el área que predomina el cultivo de maíz y maicillo. El punto se sitúa en el Mirador.

#### **4.3 ANÁLISIS DE PARÁMETROS EN CAMPO.**

En cada uno de los sitios de toma de muestras se midieron parámetros de calidad de agua “in situ”, para caracterizar su composición física, química que indica la aptitud de uso.

Se realizaron mediciones de calidad de agua en campo con el equipo TROLL 9000 y mediciones de transparencia con el Disco Sechi.

Los parámetros de calidad de agua medidos en campo fueron: Temperatura de la muestra, Temperatura ambiente, pH, Conductividad, Oxígeno disuelto, Turbidez.

#### 4.3.1 CONTROL DE CALIDAD DEL MUESTREO. <sup>(16)</sup>

Para mantener un control de calidad en todo el programa de muestreo, además de cumplir con los procedimientos estándar, se requiere tomar y presentar lo que se llama “blancos de muestras”, los cuales son envase con agua destilada llenado en el campo en las mismas condiciones del muestreo al que se le realizó los mismos análisis del laboratorio que a las muestras y se utilizó para determinar interferencias por el muestreo.

Adicionalmente se encuentran los “blancos de temperatura”, que consisten en un frasco con agua destilada que se coloca en las hieleras de transporte de muestras para verificar la temperatura de las mismas a su llegada al Laboratorio



FIGURA N°8 Aparato IN-SITU TROLL 9000 para análisis de parámetros en campo.



FIGURA N°9 Sonda del aparato IN-SITU TROLL 9000 que se introduce dentro del lago para determinar parámetros en campo.

#### **4.4 PARTE EXPERIMENTAL**

##### **4.4.1 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRA**

Muchos lagos presentan el fenómeno de estratificación, por lo que las muestras se extrajeron del lago en forma vertical de acuerdo con la posición del medidor y esto se realizó desde una lancha. Se trazó un perfil vertical de la estratificación a partir de una serie de mediciones verticales; en la cual las profundidades en cada punto se definieron de acuerdo a cambios significativos de temperatura, pH, conductividad, Oxígeno disuelto. Para la obtención de las muestras, primero se ambiente el recipiente con el agua de la muestra, haciendo 2 lavados consecutivos; luego se introduce en el agua el aparato recolector de muestra (este cierra cuando aún se tiene sumergido en el agua) a la profundidad definida por el equipo TROLL 9000, luego se agrega a los frascos de plástico por las paredes y se llena completamente para evitar burbujas de aire. Todos los recipientes se cierran

completamente para que no haya derrame y no se contaminen las muestras. Estas se rotularon de acuerdo a cada punto y profundidad, se preservaron (Dureza se preservó con 1 mL de ácido nítrico y Demanda Química de Oxígeno (DQO) con 1 mL de ácido sulfúrico) y se transportaron en hielera a temperatura de 4°C al laboratorio de aguas del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Tabla N° 9 Muestras recolectas en el primer y tercer muestreo a 5mts y segundo a diferentes profundidades.

MUESTREOS	NUMERO DE MUESTRAS TOTALES	FECHA DE MUESTREO
Primer muestreo	30	11 y 12 de Julio del 2006
Segundo muestreo	85	8,9 y 10 de Agosto del 2006
Tercer muestreo	30	22 y 23 de Agosto del 2006



FIGURA N°10 Equipo utilizado para la toma de muestras

#### **4.4.2 MUESTREO PARA ANALISIS FISICO-QUIMICO**

Con el objetivo de obtener resultados representativos, se efectuaron 3 muestreos en el periodo de junio – agosto, en cada uno de los muestreos se realizaron las determinaciones por duplicado a todos los parámetros a evaluar, se tomaron muestras a 5 mts para conocer la calidad de las aguas y a diferentes profundidades de 2,12,15,18,20,23,30,35 y 88 mts, para conocer la bioquímica del lago y conocer el estado actual . En la recolección de muestras para análisis físico-químico se tomaron 5 muestras por cada profundidad; 2 muestras sólidos suspendidos y 1 de DBO (en esta se tiene especial cuidado para evitar burbujas de aire), se utilizaron frascos plásticos de polietileno de boca ancha y tapón de rosca con capacidad de 1 litro, para la muestra de DQO y Dureza se envasaron en frasco

plásticos de 500mL de boca angosta. Para tener un mejor control de calidad, se tomaron blancos de muestras (estos se llenaron con agua destilada) y se utilizaron para determinar interferencias en el muestreo. Adicionalmente se tienen los blancos de temperatura (frasco con agua destilada) estos se colocaron en las hieleras de transporte de muestra para verificar la temperatura de las mismas a su llegada al laboratorio, esto permitió constatar la posibilidad de existencia de contaminación durante el proceso de muestreo.



FIGURA N°11 toma de muestra para análisis físico-químico

#### **4.4.3 Muestreo para Análisis Bacteriológico.**

Se realizaron 3 muestreos en el período de junio - agosto, en cada uno de los puntos analizados se obtuvieron al final 1 resultado por punto de muestreo. Para este análisis se tomaron muestras a 5mts ya que es necesario conocer únicamente las bacterias aeróbicas. Para la toma de las muestra se utilizaron bolsas plásticas de 100mL pre- esterilizadas y se sellaron completamente para evitar algún derrame. Se transportaron en hielera a temperatura de 4°C al

Laboratorio de Análisis de Agua del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD) – UES; este análisis se realizó antes de 24 horas.



FIGURA N° 12 toma de muestra para análisis bacteriológico

#### **4.5 PARTE EXPERIMENTAL PROCEDIMIENTOS FISICO QUIMICOS.**

Los parámetros del laboratorio, son aquellos que se le realizaron a las muestras tomadas en campo y que fueron trasladadas al Laboratorio de Aguas de Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

##### **4.5.1 COLOR APARENTE: Método platino-cobalto.** <sup>(7)</sup>

El color aparente puede ser determinado por medición sin filtración de la muestra de agua. Para medidas bajas en el color, se recomienda la celda de Verter.

El programa será calibrado para color 455 nm, el APHA recomienda los estándares de un color igual a 1 mg/L de platino como ion cloroplatinato.

Este método es aplicable para aguas potables y superficiales y para aguas de desecho incluyendo domésticas y vertidos industriales.

## **PROCEDIMIENTO**

### **Medición de color aparente**

1. Llenar la celda de muestra con 25 mL de agua desionizada sin filtrar y descartar el exceso.
2. Entrar / seleccionar el programa almacenado de color aparente Verdadero presionando (120) y luego ENTER la pantalla mostrará DIA 455 nm.
3. Rotar el dial de Longitud de onda hasta 455 nm, cuando se encuentre colocada correctamente la Longitud de onda la pantalla mostrara ZERO SAMPLE y posteriormente: UNITS PT-Co APHA.
4. Colocar el blanco en la porta celda y cerrar la tapa para evitar el paso de luz.
5. Presionar ZERO aparecerá en pantalla 0 UNITS Pt-Co .
6. Colocar la muestra preparada en el porta celda y cerrar la tapa para evitar el Paso de luz.
7. Presionar READ aparecerá en la pantalla Reading... (leyendo) y entonces dará el resultado en unidades de platino- Cobalto.

### **4.5.2 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS: Método Gravimétrico.** <sup>(7)</sup>

Aguas altamente mineralizadas con un considerable contenido de calcio, magnesio, cloruros y/o sulfatos pueden ser higroscópicas y requerir un prolongado secado, las muestras deben ir en una cápsula para una correcta desecación y un rápido pesado.

un secado prolongado a 180°C para asegurar una completa conversión de bicarbonatos a carbonatos.

### **Procedimiento**

1. Preparación del filtro de disco de fibra de vidrio: inserte el disco con doblez a un lado en el aparato de filtración. Aplicar vacío y lavar con tres porciones de 20 mL de volumen de agua desionizada. Continúe la succión y remueva traza con agua. Descarte lavado.
2. Preparación y evaporación de fuente: si los sólidos volátiles serán medidos, incinerar la cápsula a 550°C por 1 hora en un horno mufla. Si solamente los sólidos totales disueltos serán medidos, calentar el recipiente limpio a 180 + 2°C por 1 hora en un horno calentador. Después poner en desecador hasta enfriamiento. Pesar inmediatamente antes de usar.
3. Análisis de la muestra: Agitar la muestra con un agitador magnético y pipetear un volumen medido y agregarlo sobre un filtro de fibra de vidrio con la aplicación de vacío. Lavar con tres porciones sucesivas de 10 mL de agua grado reactivo, permitiendo el completo drenaje entre los lavados y continuar la succión por cerca de tres minutos a completar la filtración. Transferir el filtrado total (con lavado) a una cápsula y evaporar a sequedad sobre un baño de vapor o en un horno secador. Si es necesario, agregar sucesivamente porciones al mismo disco después de la evaporación.

Secar la muestra evaporada por lo menos durante de 1 hora en un horno  $180 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , enfriar en un desecador hasta balancear la temperatura y pesar. Repetir el ciclo de secado, enfriamiento secado y pesado hasta obtener un peso constante o un cambio menor del 4% del peso anterior ó 0.5 mg, o cualquier otro menor. Determinaciones de duplicado deberían de coincidir dentro del 5 % de los promedios.

#### Cálculos.

$$\text{mg Sólidos Totales Disueltos/L} = \frac{(A-B) \times 1000000}{\text{mL de muestra}}$$

A = peso del residuo seco + plato, g

B = peso del plato.

#### **4.5.3 CLORUROS: Método argentométrico.** <sup>(7)</sup>

El cloruro se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza por lo general en la forma de sales de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) y potasio (KCL). La mayor cantidad de cloro existente en el ambiente se encuentra en los océanos.

La presencia de cloruros en el agua natural puede atribuirse a: la disolución de depósitos de sales, las descargas de efluentes de las industrias químicas, las descargas de aguas servidas, el drenaje de irrigaciones, la contaminación por infiltraciones de vaciaderos de desechos. Cada una de estas fuentes puede ocasionar contaminación local tanto del agua superficial como subterránea.

### Procedimiento:

- a) Preparación de la muestra: Utilizar 100 mL de muestra o una porción conveniente diluida a 100 mL. Si la muestra es altamente coloreada adicionar 3 mL de suspensión de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , mezclar y filtrar. Si están presentes sulfuros, sulfitos o tiosulfatos añadir 1 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30% y agitar por 1 minuto.
- b) Titulación: Titular directamente las muestras en un rango de pH entre 7 y 10. Si no se encuentran entre ese rango, ajustar el pH con ácido sulfúrico o hidróxido de sodio. Para ajustar es preferible utilizar un medidor de pH con electrodo de referencia tipo no-cloruro (si solo de cloruro está disponible, determinar la cantidad de álcali o ácido para ajustar y descartar esa porción de muestra. Tratar una porción por separado con el ácido o álcali necesario y continuar con el análisis). Adicionar 1 mL de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  como indicador. Titular con solución estándar  $\text{AgNO}_3$  hasta un punto final color amarillo rosáceo. Se recomienda ser consistente en el reconocimiento del punto final. Estandarizar el Nitrato de Plata y establecer un valor del blanco mediante la titulación descrita anteriormente. Un blanco de 0.2 a 0.3 mL es usual.

Cálculos:

$$\text{Mg de Cloruros/L} = \frac{(A-B) \times N \times 35450}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A: mL de  $\text{AgNO}_3$  gastados con la muestra.

B: mL de  $\text{AgNO}_3$  gastados con el blanco.

N: Concentración de  $\text{AgNO}_3$  como normalidad.

35450: Miliequivalentes de los iones cloruros

#### **4.5.4 POTENCIAL DE HIDROGENO (pH): Método Electrométrico.** <sup>(7)</sup>

##### **Aparatos:**

Medidor de pH

Consiste de un potenciómetro, un electrodo de vidrio, un electrodo de referencia y un dispositivo compensador de temperatura. Un circuito es completado a través del potenciómetro cuando los electrodos son inmersos en la solución de prueba. Muchos medidores de pH son capaces de leer pH o milivoltios y algunos tienen una escala de expansión que permite lecturas de 0.001 unidades de pH, pero la mayoría de instrumentos no tienen esa precisión.

Para trabajo rutinario usar un medidor de pH preciso y reproducible a 0.1 unidades de pH con un rango de 0 a 14 y equipado con un ajuste compensador de temperatura.

##### **Electrodo de referencia**

Consiste en una mitad de celda que provee un potencial de electrodo constante. Comúnmente los usados son de calomel y plata: electrodos de cloruro de plata. También están disponibles con muchos tipos de líquidos de empalme.

Estos líquidos de empalme del electrodo de referencia son críticos debido a que en ese punto el electrodo forma un puente salino con la muestra o buffer y un líquido de empalme es generado que afecta el potencial producido por el electrodo de referencia. Rellenar la parte del electrodo que no está sellada con un electrolito correcto hasta el nivel apropiado y asegurarse de que el líquido de empalme está apropiadamente húmedo.

### **Electrodo de vidrio**

El electrodo sensor es un bulbo de vidrio especial conteniendo una concentración fija de HCl o una solución bufferada de cloruro en contacto interno con un electrodo de referencia. Seguido de la inmersión de un nuevo electrodo en la solución la superficie externa del bulbo se vuelve hidratada e intercambia iones sodio por iones hidrógeno para acumular una capa superficial de iones hidrógeno.

### **Procedimiento**

#### **Calibración del instrumento**

En cada caso seguir las instrucciones del fabricante para el medidor de pH y para el almacenamiento y preparación de los electrodos para su uso. Antes de usar, remover el electrodo de la solución de almacenamiento, lavar y secar con un paño suave, poner en su lugar una solución buffer y seleccionar el punto de pH 7.0. Seleccionar una segunda solución buffer dentro de 2 unidades de pH de la muestra y hacer llegar la muestra y esta solución a la misma temperatura, la cual puede ser la temperatura ambiental, una temperatura fija como 25°C la temperatura de la muestra fresca.

Remover el electrodo de la primera solución buffer, lavar abundantemente con agua destilada, secar y sumergir en la segunda solución buffer. Anotar la temperatura de la medida y ajustarla con el dial del medidor, esta medida indica el valor del pH o del buffer a la temperatura de la prueba. (Este es un ajuste de la pendiente). Remover el electrodo del segundo buffer, lavar abundantemente con agua y secar el electrodo. Sumergir el electrodo en una tercera solución buffer. El propósito de la estandarización es ajustar la respuesta del electrodo de vidrio del instrumento. Cuando solo ocasionalmente se hacen mediciones de pH, estandarizar el medidor de pH antes de cada medición. Cuando las mediciones son hechas con mayor frecuencia y el instrumento es estable, la estandarización es menos frecuente.

### **Análisis de la muestra**

Establecer un equilibrio entre los electrodos y la muestra mediante la agitación para asegurar la homogeneidad; agitar suavemente para minimizar la absorción de dióxido de carbono. Para muestras bufferadas o con una alta fuerza iónica, acondicionar los electrodos después de la limpieza mediante la inmersión en la muestra durante 1 minuto. Secar y sumergir en una fracción fresca de la misma muestra, y leer el pH.

#### **4.5.5 NITRATOS: Método de Reducción de Cadmio.** <sup>(7)</sup>

La determinación de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es difícil debido a los relativamente complejos procedimientos requeridos, la alta probabilidad de que haya constituyentes interfiriendo.

##### **Procedimiento:**

1. Ingresar el programa almacenado para alto rango de nitratos presionando (355) ENTER. Deberá aparecer en la pantalla 500 nm. Nota: Las celdas que se utilicen deben ser bien enjuagadas con agua desionizadas antes y después de utilizarlas. Evitar contaminar cualquier partícula de cadmio dentro de la celda del espectrofotómetro.
2. Girar la perilla hasta llegar a los 500 nm. Cuando se ha puesto la longitud de onda correcta aparecerá inmediatamente en la pantalla "ZERO SAMPLE" posteriormente "mg/L N de  $\text{NO}_3^-$  HR .
3. Llenar la celda con 25 mL de muestra. Deberá determinarse un reactivo blanco para cada lote de NitraVer 5 (reactivo). Desarrollar desde el paso 3 al 11 utilizando agua desionizada como muestra. Restar este valor de cada resultado obtenido con este lote de reactivo. Añadir el contenido de un envoltorio de reactivo NitraVer 5 a la celda preparada con muestra. Taparlo.

4. Presionar "SHIFT TIMER". Agite la celda vigorosamente hasta que suene la alarma en un minuto. *Nota:* El tiempo de agitación y la técnica influye en el desarrollo del color para resultados más exactos, haga pruebas sucesivas con una solución estándar. Ajustar el tiempo de agitación para obtener el resultado correcto.
5. Cuando suene la alarma presione nuevamente "SHIFT TIMER". Iniciará un período de reacción de 5 minutos. *Nota:* Un color amarillo pálido se desarrollara si el nitrato esta presente.
6. Llene otra celda con 25 mL de muestra (el blanco es la misma muestra)
7. Cuando suene la alarma, la pantalla mostrara mg/L de  $\text{NO}_3^- \text{N}$  HR. Colocar el blanco en el espectrofotómetro y cerrarlo.
8. Presionar la tecla ZERO y esperar a que aparezca en la pantalla: 0.000 mg/ L de  $\text{NO}_3^- \text{HR}$ .
9. Sacar el blanco y colocar la muestra preparada y cerrar el espectrofotómetro *Nota:* Un depósito de cadmio permanecerá después que se disuelva el reactivo Nitra ver 5 el cual no afectará los resultados.
10. La celda de vertido puede usarse en este procedimiento, si se enjuaga con agua desionizada poco después de cada análisis. Evite verter partículas de cadmio en la celda.

11. Presionar READ hasta que la pantalla del espectrofotómetro muestre el resultado de la muestra en mg/L N de  $\text{NO}_3^-$ . Nota: Los resultados se pueden expresar como mg/L de Nitrato  $\text{NO}_3^-$  multiplicando los mg/L de Nitrógeno Nítrico (N de  $\text{NO}_3^-$  por 4.4. mg de nitrógeno Nítrico/L). Enjuagar la celda de muestra inmediatamente después de cada uso, para retirar todas las partículas de cadmio.

### **Cálculos**

Reportar el resultado leído directamente del espectrofotómetro si no se ha aplicado dilución, pero si esta se ha aplicado multiplicar el valor leído por el factor de dilución.

#### **4.5.6 OXIGENO DISUELTO (OD): Método Yodométrico <sup>(7)</sup>**

Selección del método

Existen dos métodos para el análisis de OD el de Winkler o método Yodométrico y sus modificaciones; y el método electrométrico, utilizando electrodo de membrana. El Método yodométrico es un método titulométrico basado en la propiedad de oxidación del OD mientras que el procedimiento de electrodo de membrana está basado en el índice de difusión del oxígeno molecular a través de una membrana. La elección del procedimiento depende de las interferencias presentes, de la exactitud deseada y en algunos casos de la conveniencia o antecedentes.

### **Método Yodométrico.**

Es el Método más preciso y confiable de los análisis titulométricos para la determinación de OD. Está basado en la adición de una solución de manganeso divalente, seguida de la adición de un álcali fuerte a la muestra en una botella de vidrio tapada. El oxígeno disuelto oxida rápidamente una cantidad equivalente del precipitado de hidróxido manganeso divalente disperso a un hidróxido con estado de valencia mayor. En presencia de iones yoduro en una solución ácida, el manganeso oxidado se revierte al estado divalente, con liberación de yoduro equivalente al contenido original de OD. El yoduro es titulado con una solución estándar de tiosulfato. El punto final de la titulación puede ser detectado visualmente, con un indicador de almidón. Los análisis experimentales pueden mantener una precisión de  $\pm 50 \mu\text{g/L}$  con una detección visual del punto final y una precisión de  $\pm 5 \mu\text{g/L}$  con la detección electrométrica del punto final. El yoduro liberado también puede ser también determinado directamente por espectrofotometría. Este método puede ser utilizado rutinariamente con un estimado muy exacto de OD en el rango de microgramos por litro, en donde no hay interferencias por presencia de partículas, color ó interferencias químicas.

### **Recolección de muestra**

Colectar las muestras muy cuidadosamente. No permitir que la muestra permanezca en contacto con el aire o que sea agitada, porque cualquiera de estas dos situaciones causa un cambio en su contenido gaseoso.

Colectar las muestras de agua superficial en frascos con boca estrecha, con tapones de vidrio para DBO de 300 mL de capacidad con tapones selladores de vidrio y boca acampanada. Evitar la entrada de oxígeno atmosférico disuelto.

En muestras procedentes de una línea bajo presión, fijar un tubo de vidrio o de hule a la tapadera y extenderlo hasta el fondo del frasco.

Dejar que la botella rebalse dos ó tres veces su volumen y reemplazar el tapón, de esta manera no entrarán burbujas de aire.

### **Procedimiento.**

A la muestra colectada en un frasco de 250 a 300 mL, añada 1 mL de  $\text{MnSO}_4$ , seguido por 1 mL de reactivo de azida. Si la pipeta es sumergida dentro de la muestra enjuagarla antes de regresarla al frasco del reactivo. Alternativamente mantenga la punta de la pipeta justo arriba de la superficie del líquido cuando se estén añadiendo los reactivos. Tapar cuidadosamente para evitar burbuja de aire y mezclar invirtiendo el frasco varias veces. Cuando el precipitado haya sedimentado lo suficiente (aproximadamente la mitad del volumen del frasco) dejar que el sobrenadante aclare arriba del floculó de  $\text{MnSO}_4$ , añadir 1 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado. Tapar nuevamente y mezclar por inversión hasta que la disolución esté completa. Titular un volumen correspondiente a 200 mL de la muestra original después de la corrección por pérdida de muestra por desplazamiento de los reactivos. Así para un total de 2 mL (1 mL de cada reactivo) *en un frasco de 300 mL*, Titular con solución de tiosulfato 0.025 M hasta la aparición de un color amarillo pálido.

Añadir unas pocas gotas de solución de almidón y continuar la titulación hasta la primera desaparición del color azul. Si el punto final es sobrepasado titule de retroceso con solución de biyodato 0.0021 M añadido gota a gota ó por la adición de un volumen medido de muestra tratada. Corregir la cantidad de solución de biyodato o de muestra. No tomar en cuenta las recoloraciones siguientes que aparecen por efecto catalítico de nitritos o trazas de sales férricas que no fueron complejadas con el fluoruro.

**Cálculo:**

Para 200 mL de muestra, 1 mL de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.025 M es = 1 mg de OD/L.

**4.5.7 FOSFATOS: MÉTODO COLORIMÉTRICO**.<sup>(7)</sup>

**Procedimiento**

1. Introducir el número del programa almacenado para el método del Acido Ascórbico el Fósforo Reactivo. Presionar (490) ENTER la pantalla mostrará: Dial nm to 890. *Nota: La celda puede ser usada solamente con reactivos para 25 mL.*
2. Rotar el dial de Longitud de onda hasta que la pantalla muestre 890 nm. Cuando la Longitud de onda correcta ha sido seleccionada la pantalla rápidamente mostrara: ZERO SAMPLE, posteriormente: mg/L de  $\text{PO}_4^{3-}$  PV.
3. Insertar la base para la celda de 10 mL dentro de la porta celda.
4. Llenar una celda de 10 mL, con 10 mL de muestra.
5. Agregar el contenido de una almohadilla de polvo para Fosfato Phos Ver 3 (reactivo) para 10 mL de muestra en la celda (la muestra preparada). Agitar

inmediatamente para mezclar. *Nota:* Un color azul se formará si hay fosfatos presentes.

6. Presionar SHIFT TIMER. Un período de reacción de 2 minutos comenzará a contarse. *Nota:* Usar un período de 10 minutos de reacción, si se está determinando fósforo total después de haber hecho la digestión del ácido persulfato.
7. Llenar una segunda celda de 10 mL con 10 mL de muestra (esté será el blanco)
8. Cuando suene la alarma de tiempo, la pantalla mostrará: mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  PV. Coloca el blanco dentro de la porta celda. Cerrar el portacelda.
9. Presionar ZERO la pantalla mostrara Zeroing..., Posteriormente: 0.00 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  PV.
10. Colocar la muestra preparada dentro del portacelda. Cerrar el portacelda. *Nota:* Hacer un blanco de reactivos para esta prueba. Usar agua desionizada en lugar de la muestra en los pasos 4 y 7. Sustraer este resultado de todos los resultados de la prueba corrida con este lote de reactivo Phos Ver3.
11. Presionar READ, la pantalla mostrara Reading... A continuación el resultado en mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  será mostrado. Utilizar las flechas para obtener las formas: P,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , mg  $\text{PO}_4^{3-}$ /L.

#### 4.5.8 SULFATOS: Método Turbidimétrico. (7)

##### Procedimiento

El programa 680nm puede ser usado directamente para procesos de control o aplicaciones donde un alto grado de exactitud no es necesario.

1. Introducir el número del programa apropiado para el Método de sulfatos utilizando el reactivo de almohadillas de polvo. Presionar 680 ENTER ó 9 ENTER. La pantalla mostrará: Dial 450nm. *Nota: La celda de vertido no puede ser usada para este procedimiento.*
2. Girar la perilla de longitud de onda hasta que la pantalla muestre: 450 nm. Cuando la longitud de onda correcta ha sido colocada la pantalla mostrará rápidamente: Zero sample, posteriormente: mg/L SO<sub>4</sub>.  
Llenar una celda limpia con 25 mL de muestra.
3. Añadir el contenido de una almohadilla de reactivo Sulfa Ver 4 a la celda con la muestra. Agitar para disolver. Una turbidez blanca se desarrollará si el sulfato está presente. La exactitud no es afectada por polvo sin disolver. Presionar SHIFT TIMER, un período de reacción de 5 minutos comenzará a contarse. Dejar la muestra en reposo.
4. Cuando suene la alarma del tiempo aparecerá en la pantalla mg/L SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.  
Llenar la segunda celda con 25 mL de muestra (el blanco).
5. Colocar el blanco dentro de la porta celda. Cerrar la entrada de luz. Presionar Zero. La pantalla mostrará Zeroing... posteriormente: mg de SO<sub>4</sub>.

6. Durante los cinco minutos después que haya sonado la alarma colocar la muestra preparada dentro del portacelda y cierre el paso de luz.
7. Presionar: READ. La pantalla mostrará Reading... posteriormente los resultados en  $\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$  serán mostrados.

#### **4.5.9 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO). <sup>(7)</sup>**

##### **Muestreo y Almacenamiento**

Las muestras para el análisis de DBO pueden degradarse significativamente durante el almacenamiento entre la colecta y el análisis, resultando en bajos valores de DBO. Minimizar la reducción de DBO analizando la muestra lo más pronto posible o por medio de enfriamiento a la temperatura cercana al congelamiento durante el almacenamiento. Sin embargo, aún a temperaturas bajas, mantener el tiempo de almacenamiento al mínimo. Calentar las muestras enfriadas a 20°C antes de realizar el análisis.

1. Muestras colectadas. Si el análisis es comenzado dentro de 2 horas de la colecta, el almacenamiento en frío es innecesario. Si el análisis no se realizará dentro de las 2 horas después de que la muestra ha sido colectada, mantener la muestra a 4°C o menos desde el tiempo de colección. Comenzar el análisis dentro de 6 horas de colección; cuando esto no es posible debido a que el lugar de muestreo es distante del laboratorio, almacenar a 4°C ó menos y reportar la duración y la temperatura de almacenamiento con lo del resultados.

2. Muestras compuestas. Mantener las muestras a 4°C ó menos durante la composición. Limitar el período de composición a 24 horas. Usar el mismo criterio para el almacenamiento de las muestras colectadas, comenzando la medida de almacenamiento desde el final del período de composición.

### **Procedimiento**

- a. Preparación del agua de dilución. Colocar un volumen deseado de agua en un frasco apropiado y agregar 1 mL de cada una de las soluciones de Buffer de Fosfatos,  $MgSO_4$ ,  $CaCl_2$  y  $FeCl_3$  por litro de agua. Sembrar el agua de dilución si se desea. Antes de utilizar el agua de dilución debe llevarse a 20 °C. Saturar con Oxígeno Disuelto por agitación en un frasco parcialmente lleno o por medio de aireación con aire filtrado y libre de orgánicos. Alternativamente, almacenar en frascos tapados con algodón y que sean lo suficientemente grandes como para saturarse con OD. Proteger la calidad del agua utilizando cristalería limpia, pipetas y botellas.
- b. Chequeo del agua de dilución. Si el agotamiento del oxígeno de un agua excede de 0.2 mg/L, se obtiene un agua satisfactoria por mejoramiento de la purificación a partir de otra fuente. Alternativamente si la inhibición de la nitrificación es usada, almacenar el agua de dilución, inocular y en un lugar oscuro a temperatura ambiental hasta que el consumo de oxígeno está suficientemente reducido para cumplir con el criterio de chequeo del agua de dilución. Chequear la calidad del agua de dilución almacenada en uso pero no agregarle el inóculo al agua almacenada para mejoramiento de la calidad.

El almacenamiento no es recomendable cuando las DBO no serán determinadas sin inhibición de la nitrificación debido a que los organismos nitrificantes pueden desarrollarse durante el almacenamiento. Chequear el agua de dilución almacenada para determinar si existen remanentes suficientes de amonio después del almacenamiento. Si no lo posee agregar solución de Cloruro de Amonio para proveer un total de 0.45 mg de amonio por litro como Nitrógeno. Si el agua de dilución no ha sido almacenada por el mejoramiento de la calidad ,agregara suficiente material de siembra para producir un consumo de OD de 0.05 a 0.1 mg/L en 5 días a 20°C. Incubar botellas de DBO llenas de agua de dilución durante 5 días a 20°C. Determinar el Oxígeno Disuelto inicial y final. El Oxígeno Disuelto consumido durante los 5 días a 20°C no debería de ser más de 0.2 mg/L y preferiblemente no más de 0.1 mg/L.

c. Chequeo con Glucosa-Acido Glutámico. Debido a que la prueba de DBO es un bio-ensayo sus resultados pueden estar influenciados grandemente por la presencia de tóxico o por el uso de un material de siembra muy pobre. Las aguas destiladas con frecuencia están contaminadas con cobre; algunos inóculos de aguas residuales son relativamente inactivos. Bajos resultados siempre son obtenidos con tales inóculos y aguas. Periódicamente chequear la calidad del agua de dilución, la efectividad de la siembra, y la técnica analítica haciendo mediciones de DBO en compuestos orgánicos puros y en muestras con adiciones conocidas. En general, para las determinaciones de DBO no se requiere de un inóculo adaptado, usar 150 mg de glucosa por litro y 150 mg de

ácido glutámico por litro como una solución estándar de chequeo. La glucosa tiene excepcionalmente un alto y variable rango de oxidación, pero cuando es usada con ácido glutámico, el rango de oxidación es estabilizado y es similar al que se obtiene con muchos desechos municipales. Alternativamente, si un agua residual contiene un constituyente mayor que contribuya al DBO, usar este compuesto en lugar de glucosa-ácido glutámico. Determinar el DBO a los 5 días a 20°C de una dilución al 2% de solución estándar de chequeo de glucosa-ácido glutámico

d. Inoculación.

1. Fuente de inóculo. Es necesario tener presente una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable en la muestra.
2. Las aguas residuales domésticas, no cloradas u otro tipo de efluentes no desinfectados procedentes de plantas de tratamiento de desechos biológicos, y aguas superficiales recibiendo descargas de aguas de desecho conteniendo satisfactorias poblaciones microbianas. Algunas muestras no contienen suficiente población microbiana (por ejemplo, algunos desechos industriales no tratados, aguas desinfectadas, desechos a altas temperaturas, o desechos con valores extremos de pH).
3. Para estos desechos sembrar el agua de dilución por medio de la adición de poblaciones de microorganismos. El inóculo preferido es el efluente procedente de los sistemas de tratamiento biológico para

desechos. En donde no es posible, usar el sobrenadante procedente de las aguas residuales domésticas después de sedimentarlas a temperatura ambiental por lo menos durante 1 hora pero no más de 36 horas. Cuando el efluente procedente de tratamiento biológico es usado, se recomienda la inhibición de la nitrificación.

4. Control del Inóculo. Determinar el DBO del material inoculado como para cualquier otra muestra. Del valor del control del inóculo y del conocimiento de la dilución del material de siembra (en el agua de dilución) determinar el consumo de Oxígeno Disuelto. Idénticamente hacer diluciones del inóculo tal como la mayor cantidad de resultados en por lo menos 50% del consumo de Oxígeno.
5. Un ploteo del consumo de Oxígeno Disuelto, en mg/L, versus mL de inóculo deberían de presentar una línea recta, para la cual la pendiente indica el consumo de Oxígeno Disuelto por mL de inóculo.
6. El intercepto de eje del Oxígeno Disuelto, es el consumo de Oxígeno causado por el agua de dilución y debe ser menor que 0.1 mg/L. Para determinar el consumo de Oxígeno Disuelto de una muestra restar el consumo de Oxígeno Disuelto del inóculo del total de Oxígeno Disuelto consumido. El Oxígeno Disuelto consumido por el agua de dilución inoculada debería estar entre 0.6 y 1.0 mg/L.

e. Pre-tratamiento de las muestras.

1. Las muestras conteniendo alcalinidad cáustica o acidez, neutralizar las muestras a pH de 6.5 a 7.5 con solución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) ó de Hidróxido de Sodio (NaOH), de tal fuerza que la cantidad de reactivo no diluya la muestra por más de 0.5%. El pH del agua de dilución inoculada no debe de ser afectada por las diluciones mas bajas de la muestra conteniendo compuestos de cloro residual. Si es posible evitar las muestras conteniendo cloro residual por muestreo adelante del proceso de cloración. Si la muestra ha sido clorada pero la presencia de cloro residual es no detectable, sembrar el agua de dilución. No analizar muestras cloradas y no cloradas sin inocular el agua de dilución. En algunas muestras el cloro se disipará dentro de 1 a 2 horas de recibir la luz. Esto a menudo ocurre durante el transporte y manipulación de las muestras.
2. Para muestras en las cuales el cloro residual no se disipa en un tiempo razonable, destruir el cloro residual por medio de la adición de solución de tiosulfato de sodio  $Na_2S_2O_3$ .
3. Muestras supersaturadas con Oxígeno Disuelto. Muestras conteniendo más de 9 mg/L de Oxígeno Disuelto a 20 °C pueden ser encontradas en las aguas frías o en aguas donde ocurre la fotosíntesis.
4. Para prevenir la pérdida de oxígeno durante la incubación de tales muestras, reducir el Oxígeno Disuelto a la saturación a 20°C poniendo la muestra a una temperatura cercana a 20°C en un frasco parcialmente lleno y

agitando vigorosamente o por medio de aireación con aire comprimido limpio y filtrado.

5. Ajuste de la temperatura de la muestra. Llevar las muestras a  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$  antes de hacer las diluciones.
6. Inhibición de la Nitrificación. Si la inhibición de la nitrificación es deseada, agregar 3mg de 2 cloro-6-(triclorometil) piridina (TCMP) a cada botella de 300 mL antes de taponarlas o de agregar suficiente cantidad de agua de dilución para hacer su concentración final de 10 mg/L. (Nota: El TCMP puro puede disolverse lentamente y puede flotar en la parte superior de la muestra. Algunas formulaciones comerciales se disuelven más fácilmente, pero no en un 100%, ajustar las dosis).
7. Las muestras pueden requerir inhibición de la nitrificación (incluyen pero no están limitadas a eso) efluentes biológicamente tratados, muestras inoculadas con efluentes tratados biológicamente, y aguas de ríos. Anotar el uso de inhibidor de nitrógeno en los resultados.
- f. *Técnica de dilución.* Las diluciones que resultan con un Oxígeno Disuelto residual de por lo menos 1 mg/L y un consumo de Oxígeno Disuelto de por lo menos 2 mg/L después de los 5 días de incubación produce los resultados más confiables.
- g. Hacer varias diluciones de muestra preparada para obtener un consumo de Oxígeno dentro de este rango. La experiencia con muestras particulares permitirá el uso de un menor número de diluciones. Un análisis más rápido,

tal como el DQO, puede correlacionarse aproximadamente con el DBO servir como guía en la selección de las diluciones.

Preparar cada dilución en probetas y luego transferirlas a las botellas de DBO, ó prepararlas directamente en las botellas de DBO.

Cada método de dilución puede ser combinado con cualquier técnica de medición de Oxígeno Disuelto. El número de botellas preparadas para cada dilución depende de la técnica de oxígeno disuelto y el número de duplicados deseados. Cuando se utilizan probetas para preparar las diluciones, y cuando la inoculación es necesaria, agregar el inóculo directamente al agua de dilución ó a cada probeta individualmente antes de la dilución.

#### **Preparación de la dilución directamente en las botellas de DBO**

Utilizando una pipeta volumétrica, agregar el volumen deseado de muestra individualmente a las botellas de DBO de capacidad conocida. Agregar cantidades adecuadas de material de inoculación a las botellas individuales de DBO ó al agua de dilución. Llenar las botellas con suficiente agua de dilución, inoculada si es necesario de tal manera que el tapón sellador desplace todo el aire sin dejar burbujas. Para diluciones mayores a 1:100 hacer una dilución primaria en una probeta antes de hacer la dilución final en la botella. Cuando se utiliza el método de titulación para mediciones de oxígeno disuelto, preparar dos botellas de cada dilución Determinar el oxígeno disuelto inicial en una botella. Tapar fuertemente la segunda botella, hacer sello de agua, e incubar por 5 días a 20°C. Si el electrodo de membrana es utilizado para la medición del oxígeno disuelto inicial, preparar solamente una botella para cada dilución.

Determinar el oxígeno disuelto inicial y reemplazar el contenido desplazado con agua de dilución para llenar la botella. Tapar fuertemente, hacer sello de agua, e incubar por 5 días a 20°C. Lavar el electrodo de oxígeno disuelto entre cada determinación para prevenir la contaminación cruzada de cada una de las muestra.

- h. Determinación del Oxígeno Disuelto Inicial: Si las muestras contienen material que reacciona rápidamente con el oxígeno disuelto, determinar el oxígeno disuelto inicial inmediatamente después de llenar la botella con la muestra diluida.
- i. Si el consumo rápido de oxígeno disuelto inicial es insignificante, el período de tiempo entre la preparación de la dilución y la medición del oxígeno disuelto inicial no es crítico. Utilizar el método Yodométrico de la modificación de azida ó el método del electrodo de membrana para determinar el oxígeno disuelto inicial en todas las diluciones de las muestras, blanco del agua de dilución, y donde sea apropiado, controles de la inoculación.
- j. Blanco del agua de dilución: Usar un blanco del agua de dilución como un control de calidad aproximado en el agua de dilución no inoculada.

- k. El consumo de oxígeno disuelto no debe de ser mayor de 0.2 mg/L y preferiblemente no más de 0.1 mg/L.
- l. Incubación. Incubar a  $20^{\circ}\text{C} \pm 33.80^{\circ}\text{C}$  las botellas de DBO conteniendo las diluciones deseadas, controles de inoculación, blancos del agua de dilución, y chequeos con glucosa-ácido glutámico. Hacerles sello de agua a las botellas.
- m. Determinación del Oxígeno Disuelto final: Después de 5 días de incubación determinar el oxígeno disuelto en las diluciones de las muestras, blancos y chequeos.
- n. Reportar los resultados como  $\text{DBO}_5$  Carbonáceo si se ha inhibido la nitrificación. Si más de una dilución de la muestra cumple con el criterio de un oxígeno disuelto residual de por lo menos 1 mg/L y el consumo de oxígeno disuelto es de por lo menos 2 mg/L y no hay evidencia de toxicidad a concentraciones mayores de muestra ó la existencia de una anomalía obvia, promediar los resultados en un rango aceptable.
- o. En esos cálculos, no hacer correcciones para el consumo de oxígeno disuelto por la dilución del blanco del agua de dilución durante la incubación. Está corrección es innecesaria si el agua de dilución cumple con el criterio del blanco estipulado arriba. Si el agua de dilución no cumple con ese criterio, las correcciones apropiadas son difíciles y los resultados pueden volverse dudosos.

#### 4.5.10 FENOLES: Método Colorimétrico. (7)

##### Procedimiento.

Análisis de Fenoles, 0 – 1 mg/L, 0 – 5 mg/L

1. Ensamblar el comparador de color usando el adaptador visual y el disco de color de 0 – 1 mg/L de Fenol.

**Advertencia:** Los químicos de este kit pueden ser peligrosos para la salud y la seguridad del usuario si son utilizados de forma inapropiada. Si la muestra es turbia, sería necesario filtrar la muestra como se describe a continuación, para igualar la determinación del color en el comparador.

- a. Instalar el filtro de 0.45 micras en el sostenedor de filtros. Asegurarse que está apretado después de su instalación.
  - b. Llenar una jeringa de 30 cm<sup>3</sup> con la muestra turbia y fijar el sostenedor de filtro a la jeringa con movimientos giratorios. Filtrar la muestra de la jeringa directamente en los tubos comparadores. Usar muestra filtrada para continuar con el análisis.
2. Llenar los dos tubos plásticos comparadores con la muestra filtrada hasta la línea cercana a la boquilla.
  3. Añadir el contenido de una almohadilla de Reactivo en polvo de EDTA a cada tubo. Tapar cada tubo y mezclar hasta que el polvo se haya disuelto.
  4. Agregar 15 gotas de Solución Buffer para Dureza a cada uno de los tubos comparadores. Tapar los tubos y mezclar.

5. Colocar uno de los tubos en la abertura izquierda en la parte superior del comparador de color.
6. Para el otro tubo, agregar el contenido de una almohadilla de Reactivo en polvo de fenol para el método sin extracción. Tapar el tubo y mezclar hasta que el polvo se haya disuelto.
7. Posteriormente agregar el contenido de una almohadilla de polvo de Persulfato de Potasio para fosfonatos. Tapar el tubo y mezclar hasta que se haya disuelto el polvo.
8. Colocar el tubo de muestra tratado en el paso 6 en la abertura derecha de la parte superior del comparador. Remover las tapaderas de ambos tubos.
9. Sostener el comparador y dejar que la luz atraviese desde la parte superior. Rotar el disco de comparación para comparar el color con el color de ventana de comparación, Leer los mg/L de fenol de la escala de la ventana.
10. Si el color de la muestra es demasiado intenso al hacer la comparación con el Adaptador instalado, remover cuidadosamente el adaptador, permitiendo que los tubos comparadores se encuentren a la altura para la visión normal.
11. Instalar el disco de 0 –5 mg/L en el lugar del disco de 0 –1 mg/L. Sosteniendo el comparador de tal manera que la luz brille a través de los tubos por la parte de atrás. Leer la concentración de la escala de la ventana.

## **Cálculos**

Reportar directamente el valor de mg/L de fenol obtenido de la comparación, si se ha realizado dilución de la muestra multiplicar el valor de la lectura por el factor de dilución.

### **4.5.11 Boro: Método de carmín.** <sup>(7)</sup>

El método del carmín es apropiado para la determinación de Boro en concentraciones dentro del rango de 1 a 10 mg/L. El rango del método puede no ser ampliado mediante la dilución.

## **Procedimiento**

1. Ingresar el número del programa almacenado para Boro. Presionar 40 ENTER la pantalla mostrará: Dial nm to 605.
2. Girar la perilla de la longitud de onda hasta que la pantalla muestre: 605 nm. cuando la longitud de onda correcta ha sido colocada, la pantalla mostrará rápidamente: ZERO SAMPLE, posteriormente: mg/L B.
3. Medir 75 mL de Acido Sulfúrico concentrado utilizando una probeta de 100 mL, agregarlo en un erlenmeyer de 300 mL.
4. Agregar el contenido de una almohadilla de reactivo en polvo Boro Ver al frasco de 300 mL.
5. Pipetear exactamente 2 mL de agua desionizada en un erlenmeyer de 125 mL (el blanco)

6. Pipetear exactamente 2 mL de muestra en otro frasco erlenmeyer de 125 mL (la muestra preparada).
7. Agregar 35 mL de reactivo Borover3/Ácido Sulfúrico a cada uno de los Erlenmeyer utilizando una probeta graduada. Agitar para mezclar completamente.
8. Presionar: SHIFT TIMER. Un período de reacción de 25 minutos comenzará a contarse.
9. Cuando la alarma del tiempo suene la pantalla mostrará: mg/L B. Poner 25 mL de cada uno de los frascos erlenmeyer en dos celdas para muestras (el blanco y la muestra preparada
10. Colocar el blanco en el portacelda. Cerrar la entrada de luz.
11. Presionar: ZERO. La pantalla mostrará: Zeroing..., posteriormente: 0.0 mg/L.
12. Colocar la muestra preparada en el portacelda. Cerrar el paso de luz.
13. Presionar: READ. La pantalla mostrará: Reading..., posteriormente el resultado en mg/L de Boro será mostrado.

#### 4.5.12 CINC: Método Zincon <sup>(7)</sup>

Procedimiento:

1. Ingresar el número del programa almacenado para Zinc. Presionar: 780 ENTER. La pantalla mostrará: Dial nm to 620.
2. Girar la perilla de la longitud de onda hasta que la pantalla muestre: 620 nm. cuando la longitud de onda correcta es colocada, la pantalla mostrará rápidamente: Zero sample, posteriormente: mg/L Zn.
3. Insertar el adaptador para las celdas de 10 mL en el portacelda.
4. Llenar una probeta graduada con 20 mL de muestra. Nota: Usar solamente probetas con tapadera. Enjuagar con Acido Clorhídrico 1 +1 y con agua desionizada antes de usar.
5. Agregar el contenido de una almohadilla de reactivo en polvo ZincoVer 5. Invertir varias veces para disolver completamente el polvo. Nota: El polvo debe de ser completamente disuelto. La muestra debe de ser anaranjada. Si es café ó azul, diluir la muestra y repetir la prueba.
6. Medir 10 mL de la solución y colocarla en una celda de 10 mL. (El blanco).
7. Agregar 0.5 mL de Ciclohexanona a la solución remanente de la probeta  
Nota: Usar un gotero plástico. Las perillas de hule pueden contaminar la Ciclohexanona
8. Tapar la probeta. Agitar vigorosamente durante 30 segundos (La muestra preparada).

1. Presionar: SHIFT TIMER. Un período de 3 minutos de reacción comenzará a contarse.
2. Durante el período de reacción, colocar la solución de la probeta en una celda
3. Cuando la alarma del tiempo suene, colocar el blanco en el portacelda. Cerrar el paso de la luz.
4. Presionar: ZERO. La pantalla mostrará: Zeroing..., posteriormente aparecerá: 0.00mg/L Zn.
5. Colocar la muestra preparada en el portacelda. Cerrar el paso de la luz.
6. Presionar: READ. La pantalla mostrará: Reading..., posteriormente el resultado en mg/L de Zinc será mostrado.

#### **4.5.13 Cobre:** (7)

El Cobre presente en la muestra reacciona con la sal del Acido Bicinconinico contenido en el reactivo para Cobre CuVer 1 ó 2 para formar un complejo de color púrpura en proporción a la concentración de Cobre.

#### **Procedimiento**

1. Ingresar el número del programa almacenado para Cobre con el método de la almohadilla de Bicinconinato. Presionar: 135 ENTER. La pantalla mostrará: Dial nm to 560.
2. Girar la perilla de la longitud de onda hasta que la pantalla muestre: 560 nm. cuando la longitud de onda correcta haya sido colocada, la pantalla rápidamente mostrará: ZERO SAMPLE, posteriormente: mg/L Cu Bicn.

3. Colocar el adaptador para las celdas de 10 mL en el portacelda.
4. Llenar la celda de 10 mL con muestra.
5. Agregar el contenido de una almohadilla de Reactivo en polvo CuVer 1 a la muestra contenida en la celda de 10 mL. (La muestra preparada).
6. Presionar: SHIFT TIMER. Un período de 2 minutos de reacción comenzará a medirse.
7. Cuando la alarma del tiempo suena, la pantalla mostrará: mg/L Cu Bicn. Llenar una segunda celda con 10 mL de muestra (El blanco).
8. Colocar el blanco en el portacelda. Cerrar el paso de la luz.
9. Presionar: ZERO. La pantalla mostrará: Zeroing..., posteriormente: 0.00 mg/L CuBicn.
10. Dentro de los siguientes 30 minutos después de que suene la alarma del tiempo, colocar la muestra preparada en la portacelda. Cerrar el paso de la luz.
11. Presionar: READ. La pantalla mostrará: Reading..., posteriormente el resultado en mg/L de Cobre será mostrado.

#### **4.5.14 CALCIO: Método titulación con EDTA.** <sup>(7)</sup>

##### **Procedimiento**

1. Tomar una alícuota de 25mL de muestra transferirlos a un erlenmeyer de 125mL
2. Adicionar a la muestra 2mL de Hidróxido de Sodio 1.0 N ó un volumen suficiente para producir un pH de 12 ó 13 agitar.

3. Agregar 0.1 o 0.2g de mezcla del indicador Murexida, agitar.
4. Adicionar lentamente el titulante (EDTA) con movimientos continuos hasta llegar al verdadero punto final (de rosado a violeta).

#### **4.5.15 POTASIO: Método Tetrafenilborato.** <sup>(7)</sup>

##### **Procedimiento**

1. Ingresar el programa almacenado para Potasio (K). Presionar: 9 ENTER. La pantalla mostrará: Dial to 650 nm.
2. Girar la perilla de la longitud de onda hasta que la pantalla muestre: 650 nm. cuando la longitud de onda correcta ha sido seleccionada, la pantalla rápidamente mostrará: Zero sample, posteriormente: mg/L K.
3. Llenar una probeta graduada con 25 mL de muestra.
4. Añadir el contenido de una almohadilla de Reactivo 1 para Potasio. Añadir el contenido de una almohadilla de Reactivo 2 para Potasio.
5. Tapar la probeta. Invertir varias veces para mezclar.
6. Añadir el contenido de una almohadilla de Reactivo 3 para Potasio después de que la solución se aclare. Agitar por 30 segundos.
7. Presionar SHIFT TIMER. Un periodo de reacción de 3 minutos comenzara a medirse. Poner la solución de la probeta en una celda de muestra. (la muestra preparada). Cuando la alarma suena, la pantalla mostrara: mg/LK. Llenar una segunda celda con 25mL de muestra.

## Cálculos

$$\text{mg Ca / L} = \frac{A*B*400.8}{\text{mL muestra}}$$

### **4.5.16 Porcentaje de adsorción de sodio (RAS)** <sup>(17)</sup>

.Entre los sistemas desarrollados para alertar el peligro de salinización o sodificación del suelo a partir de algunos parámetros medidos en el agua de riego, uno de los más utilizados en nuestro país es el propuesto por Richard (1954) para el laboratorio de salinidad de (EE.UU.) California. Este sistema se basa en la medida de la conductividad eléctrica del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo y en el cálculo de la relación de absorción de sodio (RAS) en inglés SAR. Este índice se refiere a la proporción relativa en que se encuentra el ion sodio y los iones calcio y magnesio expresando su concentración en Meq/L, este pretende ser una medida del poder de degradación de la estructura del suelo por su contenido de sodio. El RAS se ha establecido para determinar el riesgo de sodificación o alcalinización, del suelo así como para evaluar los problemas de infiltración para ello se ha establecido la siguiente fórmula y se calcula de esta manera tomando en cuenta los parámetros de calcio, sodio y magnesio.

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\frac{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}{2}}$$

#### 4.5.17 Porcentaje de sodio <sup>(17)</sup>

Para valorar la calidad de un agua destinada a riego es importante tener en cuenta el incremento del porcentaje de sodio del suelo, debido a los fenómenos de adsorción de sodio desde el agua por intercambio cationico.

Altos contenidos de iones de sodio en las aguas utilizadas para regadío o cultivo, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Esto es porque el sodio cuando esta presente en el suelo es intercambiable por otros iones. El calcio y el magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura granular apropiada para cultivos. El exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) Y magnesio (Mg) y provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo <sup>(19)</sup>.

El sodio se expresa en miliequivalentes por litro y en porcentaje se calcula así:

$$\% \text{ de Na. Presente} : \frac{\text{Na} \times 100}{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{k}}$$

## **4.6 PROCEDIMIENTO MICROBIOLÓGICO:** <sup>(1)</sup>

### **4.6.1 PRUEBA PRESUNTIVA PARA COLIFORMES TOTALES.**

1. Inocular con pipeta estéril 10 mL de muestra original en cada uno de tubos que contiene 10mL de caldo laurisulfato a doble concentración y un tubo Durham invertido
2. . Inocular con pipeta estéril 1.0mL de muestra a cada uno de 5 tubos de cultivo que contienen 10 mL de caldo laurilsulfato de simple concentración y un tubo de Durham invertido.
3. Inocular con pipeta estéril 0.1mL de muestra a cada uno de 5 tubos de cultivo que contienen 10 mL de caldo laurilsulfato de simple concentración y un tubo de Durham invertido.
4. Agitar suavemente cada uno de los tubos para mezclar el inóculo, y verificar que no haya presencia de burbujas dentro del tubo Durham.
5. Incubar la gradilla con los 15 tubos a 35 °C durante 24 horas.
6. Al finalizar el período de incubación de 24 horas observar cada tubo para detectar la presencia de gas. Si hay gas podrá verse en el tubo Durham; si èste no fuera visible, agite suavemente el tubo y si observa cualquier tipo de efervescencia (corrientes de burbujas diminutas), el tubo debe ser considerado como positivo y anotar resultados.

7. Volver a inocular los tubos negativos por un período adicional de 24 horas.
8. Volver a observar los tubos para detectar la producción de gas, se presume que la producción de gas al final de la incubación de 24 y 48 horas sea causada por la presencia de bacterias coliformes en la muestra y anotar resultados.

#### **4.6.2 PRUEBA CONFIRMATIVA PARA COLIFORMES TOTALES.**

1. Utilizando un asa estéril, transferir dos o tres azadas de cada tubo presuntivamente positivo de caldo laurilsulfato, a un tubo estéril conteniendo un tubo Durham invertido y 10mL de caldo Bilis Verde Brillante.  
  
Y antes de cada transferencia, esterilice el asa sometiéndola al calor de una llama y luego dejarla enfriar.
2. Incubar los tubos durante 24- 48 horas a 35 °C.
3. Revisar los tubos al final del período de incubación, la presencia de gas confirma la presencia de Coliformes totales en la muestra.
4. Anotar el número de tubos positivos y comparar con tablas de NMP para reportar resultados.

#### **4.6.3 PRUEBA CONFIRMATIVA DE COLIFORMES FECALES.**

1. Utilizando un asa estéril, transferir una o dos asadas de cada tubo presuntamente positivo de Caldo laurisulfato, a un tubo estéril conteniendo 10mL de caldo EC y un tubo de Durham invertido. Esterilizar el asa en cada transferencia.
2. Incubar los tubos durante 24 a 48 horas a  $44 \pm 0.5$  C, en baño maría.
3. Revisar los tubos al final del período de incubación, la presencia de gas confirma la presencia de Coliformes Fecales en la muestra.
4. 4) Anotar el número de tubos positivos y comparar con tablas de NMP para reportar resultados.

## 5.0 RESULTADOS

Para la presente evaluación se cuenta con información de 6 puntos de muestreo con resultados de calidad de agua de los tres muestreos realizados de Junio a Agosto de 2006 por lo que se presentan los análisis físico- químico y bacteriológico en las siguientes tablas.

Tabla N° 1 Cantidad de muestras tomadas por punto de muestreo para análisis físico – químico y bacteriológico en el primer muestreo a 5mts.

Puntos de muestreos	Muestras Físico-Químico 1 litro	Muestras Bacteriológicos 100mL , 5mts
Hotel Casa Blanca	5	1
Pedrero Hondo	5	1
Centro del Lago	5	1
Entrada de Aguas Termales	5	1
Hotel Torremolinos	5	1
Mirador	5	1

Tabla N°2 Resultados físico - químicos de los 6 sitios muestreados en el primer muestreo

Parámetros	Unidades	Casa Blanca (1)	Pedrero Hondo (2)	Entrada de Aguas Termales (3)	Centro del Lago (4)	Hotel Torremolinos (5)	Mirador (6)
% Sodio	mg/L	72.99	75.28	67.82	70.26	75.57	74.73
Magnesio	mg/L	76.74	73.83	85.49	85.49	76.74	77.71
Potasio	mg/L	30.80	29.40	37.30	33.90	30.50	30.50
Calcio	mg/L	30.44	30.44	30.44	30.44	28.83	28.83
Ras	Meq/L	8.17	9.08	6.79	7.43	9.30	8.94
pH	Unidades de pH	8.75	8.71	8.78	8.77	8.72	8.76
Turbidez	UNT	3.00	3.00	ND	2.00	4.00	6.00
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.31	7.35	NR	NR	7.23	7.44
Cloruros	mg/L	311.22	309.12	296.50	296.50	311.22	309.12
Fenoles	mg/L	5.00	7.00	4.00	7.00	5.00	6.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	3.85	3.25	3.95	4.50	3.25	4.20
Cinc	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01
Conductividad	µSiemens/cm	1640	1660	1670	1710	1720	1690
Boro	mg/L	2.05	2.25	2.65	2.35	2.20	2.25
Sulfato	mg/L	280.00	275.00	270.00	275.00	275.00	280.00

Tabla N°3 Cantidad de muestras tomadas por punto de muestreo para Análisis físico químico y bacteriológico a diferentes profundidades en el segundo muestreo.

Puntos de muestreo	Profundidad (es)	Muestras Físico-Químico 1 litro	Muestras Bacteriológicas 100mL , 5mts
Hotel Casa Blanca	5mts-12, 18mt	15	1
Pedrero Hondo	5mts- 20, 35mt	15	1
Entrada de aguas termales	2mts, 5mt	10	1
Mezcla de todo el lago	5mts-17, 23 88mt	20	1
Hotel Torremolinos	5mts - 15,30mt	15	1
Mirador	5mts, 23mt	10	1

Tabla N° 4 Resultados de los análisis físico químico del sitio N°1 “Hotel Casa Blanca” para el 2do muestreo.

Parámetros	unidades	Profundidad a 5mts	Profundidad a 12 mts	Profundidad a 18 mts
pH	Unidades de pH	7.06	7.08	7.00
Turbidez	UNT	4.00	1.00	2.00
Oxigeno D.	mg/L	7.32	7.39	6.67
Cloruros	mg/L	309.12	309.12	317.53
Fenoles	mg/L	7.00	9.00	10.00
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.00	1.00	4.0
Cobre	mg/L	ND	0.01	0.00
Nitratos	mg/L	3.95	4.35	4.55
Cinc	mg/L	0.08	0.21	0.11
Conductividad	μ siemens/cm	1920	1900	1950
Ras	Meq/L	10.27	10.27	10.62
% Sodio	mg/L	76.75	76.33	76.61
Boro	mg/L	1.35	1.10	1.20
Sulfato	mg/L	260.00	255.00	265.00
Calcio	mg/L	25.63	25.63	28.83
Magnesio	mg/L	80.63	80.63	80.63
Potasio	mg/L	36.10	39.50	39.50

Tabla N° 5 Resultados del análisis físico químico del sitio N° 2 “Pedrero Hondo” para el segundo muestreo.

Parámetros	Unidades	Profundidad 5mts	Profundidad 20 mts	Profundidad 35mts
pH	Unidades de pH	5.88	5.30	5.36
Turbidez	UNT	2.00	6.0	7.00
Oxígeno D.	mg/L	7.68	5.71	3.36
Cloruros	mg/L	309.12	313.32	315.42
Fenoles	mg/L	6.00	9.00	9.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	4.40	3.70	4.30
Cinc	mg/L	0.26	0.01	0.08
Conductividad	µsiemens/cm	1920	1.95	1.98
Ras	Meq/L	10.27	9.33	9.51
% Sodio	mg/L	75.61	74.14	74.13
Boro	mg/L	1.50	1.70	1.40
Sulfato	mg/L	265.00	275.00	275.00
Calcio	mg/L	25.63	27.23	27.23
Magnesio	mg/L	81.60	82.57	85.49
Potasio	mg/L	38.90	39.80	39.80

Tabla N° 6 Resultados de los análisis físico químico del sitio N° 3 “Entrada de aguas Termales” para el 2do muestreo.

<b>Parámetros</b>	<b>unidades</b>	<b>Profundidad a 2mts</b>	<b>Profundidad a 5 mts</b>
pH	Unidades de pH	7.02	7.00
Turbidez	UNT	1.00	ND
Oxígeno D.	mg/L	7.02	NR
Cloruros	mg/L	307.01	309.12
Fenoles	mg/L	4.0	10.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	4.0	4.65
Cinc	mg/L	0.22	0.55
Conductividad	μ siemens/cm	1750	1770
Ras	Meq/L	8.48	10.76
% Sodio	mg/L	72.69	77.05
Boro	mg/L	1.20	1.10
Sulfato	mg/L	270	265
Calcio	mg/L	28.83	28.83
Magnesio	mg/L	77.71	77.71
Potasio	mg/L	37.7	39.40

NR= No se Realizaron debido a fallas del aparato.

ND= No se Detectaron

Tabla N° 7 Resultados del análisis físico químico del sitio N° 4 “Mezcla de todo el Lago para el segundo muestreo.

Parámetros	Unidades	Profundidad 5 mts	Profundidad 17 mts	Profundidad 23 mts	Profundidad 88mts
pH	Unidades de pH	6.83	6.90	6.22	6.64
Turbidez	UNT	ND	1.00	3.70	1.00
Oxígeno D.	mg/L	7.27	7.28	4.36	2.77
Cloruros	mg/L	307.01	307.01	309.12	313.32
Fenoles	mg/L	5.00	5.00	6.00	6.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	4.95	5.45	5.60	4.35
Cinc	mg/L	0.32	0.01	0.01	0.01
Conductividad	μ siemens/cm	1810	1830	1860	2010
RAS	Meq/L	11.98	11.10	10.99	10.42
% Sodio	mg/L	78.79	77.62	77.16	76.13
Boro	mg/L	2.05	1.95	2.05	2.25
Sulfato	mg/L	270	270	265.00	275.00
Calcio	mg/L	28.83	28.83	28.83	28.83
Magnesio	mg/L	77.71	77.71	80.63	80.63
Potasio	mg/L	40.20	39.10	40.00	40.70

Tabla N° 8 Resultados de los análisis físico –químicos del sitio N° 5 “Hotel Torremolinos” para el segundo muestreo.

Parámetros	Unidades	Profundidad a 5mts	Profundidad a 15 mts	Profundidad a 30mts
pH	Unidades de pH	7.00	6.30	8.20
Turbidez	UNT	4.00	2.00	2.05
Oxígeno Disuelto	mg/L	7.27	6.30	4.05
Cloruros	mg/L	309.12	309.12	319.63
Fenoles	mg/L	6.00	7.00	5.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	4.95	5.800	5.40
Cinc	mg/L	0.01	0.07	0.30
Conductividad	μ siemens/cm	1980	2000	2050
RAS	Meq/L	9.16	9.24	8.85
% Sodio	mg/L	74.34	74.06	73.59
Boro	mg/L	2.05	0.70	1.00
Sulfato	mg/L	270.00	270.00	280.00
Calcio	mg/L	25.63	28.83	23.23
Magnesio	mg/L	81.60	81.60	90.34
Potasio	mg/L	38.10	39.80	37.50

Tabla N° 9 Resultados de los análisis físico - químicos del sitio N° 6 “Mirador” para el segundo muestreo.

Parámetros	Unidades	Profundidad a 5mts	Profundidad a 23 mts
pH	Unidades de pH	8.87	8.54
Turbidez	UNT	7.00	3.00
Oxigeno D.	mg/L	7.70	5.22
Cloruros	mg/L	301.7	304.91
Fenoles	mg/L	5.00	5.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	5.20	5.60
Cinc	mg/L	0.060	0.010
Conductividad	μ siemens/cm	2010	2050
Ras	Meq/L	12.18	11.84
% Sodio	mg/L	79.42	78.88
Boro	mg/L	1.00	0.70
Sulfato	mg/L	280.00	280.00
Calcio	mg/L	27.23	26.43
Magnesio	mg/L	73.83	75.77
Potasio	mg/L	38.9	39.20

Tabla N° 10 Cantidad de muestras tomadas por punto de muestreo para análisis físico – químico y bacteriológico en el tercer muestreo a 5mts.

Puntos de muestreos	Muestras Físico-Químico 1 litro	Muestras Bacteriológico 100mL , 5mts
Hotel Casa Blanca	5	1
Pedrero Hondo	5	1
Centro del Lago	5	1
Entrada de Aguas Termales	5	1
Hotel Torremolinos	5	1
Mirador	5	1

Tabla N° 11 Resultados de los análisis físico- químico de los 6 sitios muestreados en el tercer muestreo.

Parámetros	Unidades	Hotel Casa Blanca	Pedrero Hondo	Entrada de aguas Termales	Centro del Lago	Hotel Torremolino	Mirador
pH	Unidades de pH	8.89	8.9	8.65	8.89	8.91	8.86
Turbidez	UNT	6.00	9.50	1.00	2.00	6.00	7.00
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.16	8.15	8.10	8.10	7.99	8.08
Cloruro	mg/L	290.16	290.16	288.17	290.16	290.16	290.16
Fenoles	mg/L	3.00	3.00	5.00	3.00	3.00	3.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.0	1.0	1.0	1.0
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	5.900	5.600	4.650	6.45	5.800	5.500
Cinc	mg/L	0.01	0.010	0.10	ND	ND	0.010
Conductividad	μSiemens/cm	1910	1940	1970	1960	1950	1990
Ras	Meq/L	9.64	10.9	9.99	10.71	10.9	12.70
% Sodio	mg/L	74.91	77.18	75.82	76.79	77.26	79.86
Boro	mg/L	1.350	1.200	0.900	0.80	0.800	0.800
Sulfato	mg/L	270.00	270.00	270.00	270.00	270.000	270.00
Calcio	mg/L	28.83	30.44	27..23	28.83	28.83	28.83
Magnesio	mg/L	78.69	78.69	80.63	79.66	79.66	79.66
Potasio	mg/L	40.2	39	37.9	39.7	39.0	38.8

Tabla N°12 Resultados de los análisis físico – químico para muestreo a 5 metros de profundidad del sitio N° 1 “Hotel Casa Blanca”

Parámetros	Unidades	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo
pH	Unidades de pH	8.75	7.06	8.89
Turbidez	UNT	3.00	4.00	6.00
Oxígeno disuelto	mg/L	7.31	7.32	8.16
Cloruros	mg/L	311.22	309.12	290.16
Fenoles	mg/L	5.00	7.00	3.00
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.03	ND	0.01
Nitratos	mg/L	3.85	3.95	5.900
Cinc	mg/L	0.01	0.08	0.01
Conductividad	μ Siemens/cm	1640	1920	1910
Ras	Meq/L	8.17	10.27	9.64
%Sodio	mg/L	72.99	76.75	74.91
Boro	mg/L	2.05	1.35	1.35
Sulfato	mg/L	280.00	260.00	270.00
Calcio	mg/L	30.44	25.63	28.83
Magnesio	mg/L	76.74	80.63	78.69
Potasio	mg/L	30.80	36.10	40.20

Tabla N°13 Resultados físico químico para el muestreo a 5 metros de profundidad del sitio N° 2 “Pedrero Hondo”

Parámetros	Unidades	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo
pH	Unidades de pH	8.71	5.88	8.90
Turbidez	UNT	3.00	2.00	9.50
Oxígeno disuelto	mg/L	7.35	7.68	8.15
Cloruros	mg/L	309.12	309.12	290.16
Fenoles	mg/L	7.00	6.00	3.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.02	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	3.25	4.40	5.60
Cinc	mg/L	0.01	0.26	0.01
Conductividad	μ Siemens/cm	1660	1920	1940
Ras	Meq/L	9.08	9.85	10.90
%Sodio	Meq/L	75.28	75.61	77.18
Boro	mg/L	2.25	1.50	1.20
Sulfato	mg/L	275.00	265.00	270.00
Calcio	mg/L	30.44	25.63	30.44
Magnesio	mg/L	73.83	81.60	78.69
Potasio	mg/L	29.40	38.90	39.00

Tabla N°14 Resultados de los análisis físico – químico para muestreo a 5 metros de profundidad del sitio N° 3 “Entrada de Aguas Termales”

Parámetros	Unidades	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo
pH	Unidades de pH	8.78	7.00	8.65
Turbidez	UNT	ND	ND	1.00
Oxígeno disuelto	mg/L	NR	NR	8.10
Cloruros	mg/L	296.50	309.12	288.17
Fenoles	mg/L	4.00	10.00	5.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	3.95	4.65	4.65
Cinc	mg/L	0.01	0.55	0.10
Conductividad	μ Siemens/cm	1670	1770	1970
Ras	Meq/L	6.79	10.76	9.99
%Sodio	Meq/L	67.82	77.05	75.82
Boro	mg/L	2.65	1.20	0.90
Sulfato	mg/L	270.00	270.00	270.00
Calcio	mg/L	30.44	28.83	27.23
Magnesio	mg/L	85.49	77.71	80.63
Potasio	mg/L	37.30	39.40	37.90

Tabla N°15 Resultados de los análisis físico – químico para muestreo a 5 metros de profundidad del sitio N° 4 “Mezcla de todo el Lago”

Parámetros	Unidades	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo
pH	Unidades de pH	8.77	6.83	8.89
Turbidez	UNT	2.0	ND	2.00
Oxígeno disuelto	mg/L	NR	7.27	8.10
Cloruros	mg/L	296.50	307.01	290.16
Fenoles	mg/L	7.00	5.00	3.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	4.50	4.95	6.45
Cinc	mg/L	0.04	0.32	ND
Conductividad	μ Siemens/cm	1710	1810	1960
Ras	Meq/L	7.43	11.98	10.71
%Sodio	mg/L	70.26	78.79	76.79
Boro	mg/L	2.35	2.05	0.80
Sulfato	mg/L	275.00	270.00	270.00
Calcio	mg/L	30.44.	28.83	28.83
Magnesio	mg/L	85.49	77.71	79.66
Potasio	mg/L	33.90	40.2	39.7

Tabla N°16 Resultados de los análisis físico – químico para muestreo a 5 metros de profundidad del sitio N° 5 “ Hotel - Torremolinos”

Parámetros	Unidades	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo
pH	Unidades de pH	8.72	7.00	8.91
Turbidez	UNT	4.00	4.00	6.00
Oxígeno disuelto	mg/L	7.23	7.27	7.99
Cloruros	mg/	311.22.	309.12	290.16
Fenoles	mg/L	5.00	6.00	3.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	32.50	4.95	5.80
Cinc	mg/L	0.01	0.01	ND
Conductividad	μ Siemens/cm	1720	1980	1950
Ras	Meq/L	9.30	9.16	10.90
%Sodio	mg/L	75.57	74.34	77.26
Boro	mg/L	2.20	2.05	0.80
Sulfato	mg/L	275.00	270.00	270.00
Calcio	mg/L	28.83	25.63	28.83
Magnesio	mg/L	76.74	81.60	79.66
Potasio	mg/L	30.50	38.10	39.00

Tabla N°17 Resultados de los análisis físico –químico para muestreo a 5 metros de profundidad del sitio N° 6 “Mirador”

Parámetros	Unidades	1er muestreo	2do muestreo	3er muestreo
pH	Unidades de pH	8.76	8.87	8.86
Turbidez	UNT	6.00	7.00	7.00
Oxígeno disuelto	mg/L	7.44	7.70	8.08
Cloruros	mg/L	309.12	301.70	290.16
Fenoles	mg/L	6.00	5.00	3.00
DBO5	mg/L	1.00	1.00	1.00
Cobre	mg/L	0.01	0.01	0.01
Nitratos	mg/L	4.20	5.20	5.50
Cinc	mg/L	0.01	0.06	0.01
Conductividad	μ Siemens/cm	1690	2010	1990
Ras	Meq/L	8.94	12.18	12.70
%Sodio	mg/L	74.73	79.42	79.86
Boro	mg/L	2.25	1.00	0.80
Sulfato	mg/L	285.00	280.00	270.00
Calcio	mg/L	28.83	27.23	28.83
Magnesio	mg/L	77.71	73.83	79.66
Potasio	mg/L	31.10	38.90	38.80

Tabla N°18 Resultados del análisis bacteriológico en los 6 puntos de muestreo.

Sitios de Muestras	Análisis Realizados					
	1er Muestreo		2do. Muestreo		3er. Muestreo	
	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
	NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL	NMP/100 mL
Casa Blanca	40	80	2	<2	33	14
Pedrero Hondo	50	70	2	2	33	14
Entrada de Aguas termales	80	350	23	2	33	9
Mezcla de todo el lago	70	500	8	6	17	7
Hotel Torremolinos	240	40	70	13	110	30
Mirador	300	30	67	4	21	4

### Comparación con normativas para las diferentes Aptitudes de Uso.

TablaN°19 Resultados de la calidad del agua del Lago de Coatepeque, en el primer muestreo a una profundidad de 5mts comparada con la normativa **para contacto humano** según OMS

N°	Sitio de muestro	Coliformes fecales NMP/ 100 mL	Oxigeno Disuelto mg/L	Turbidez UNT
		Normativa Menor o igual a 1000 NMP/100 mL	Normativa Mayor o igual a 7 mg/L	Normativa Menor o igual a 10 UNT
1	Hotel Casa Blanca	80	7.31	13.4
2	Pedrero Hondo	70	7.35	5.7
3	Entrada de Aguas Termales	350	N R	0
4	Mezcla de todo el Lago	500	N R	0
5	Hotel Torre Molinos	40	7.23	8.7
6	Mirador	30	7.44	8.5

NR= No se Realizaron debido a fallas del aparato.

Los resultados obtenidos en el primer muestreo, reflejan que los 5 puntos cumplen con la aptitud de uso para contacto humano, excepto el punto #1 debido a que el parámetro de la turbidez se encuentra fuera del rango especificado. Esto puede deberse a que este punto se sitúa en el hotel Casa Blanca siendo uno de estos de gran influencia de turistas, por lo que hay una gran cantidad de descargas domésticas y/o material suspendido, o a una gran cantidad sólidos disueltos totales.

Tabla N°20 Resultados de la calidad del agua del Lago de Coatepeque, en el segundo muestreo a una profundidad de 5 mts comparada con la normativa para **contacto humano** según OMS.

Nº	Sitio de muestro	Coliformes fecales NMP/ 100 mL	Oxigeno Disuelto mg/L	Turbidez UNT
		Normativa Menor o igual a 1000 NMP/100 mL	Normativa Mayor o igual a 7 mg/L	Normativa Menor o igual a 10 UNT
1	Hotel Casa Blanca	< 2 NMP/ 100mL	7.34	4.0
2	Pedrero Hondo	2 NMP/ 100mL	7.68	2.0
3	Entrada de Aguas Termales	2 NMP/ 100mL	0	ND
4	Mezcla de todo el Lago	6 NMP/ 100mL	7.27	ND
5	Hotel Torre Molinos	13 NMP/100mL	7.27	4.0
6	Mirador	21NMP/100ml	7.707	7.0

Los resultados obtenidos en el segundo muestreo, reflejan que los 6 puntos cumplen con la normativa para contacto humano, indicando que esta puede ser utilizada para las diferentes actividades que se realizan dentro del lago como pesca deportiva, recreación, etc.

Tabla N° 21 Resultados de la calidad del agua del Lago de Coatepeque, en el tercer muestreo a una profundidad de 5 mts comparada con la normativa para **contacto humano** según OMS.

N°	Sitio de muestro	Coliformes fecales NMP/ 100 mL	Oxigeno Disuelto mg/L	Turbidez UNT
		Normativa Menor o igual a 1000NMP/100 mL	Normativa Mayor o igual a 7 mg/L	Normativa Menor o igual a 10 UNT
1	Hotel Casa Blanca	33	8.16	30
2	Pedrero Hondo	33	8.15	30.8
3	Entrada de Aguas Termales	33	8.10	7.6
4	Mezcla de todo el Lago	17	8.10	ND
5	Hotel Torre Molinos	110	7.99	28.4
6	Mirador	21	8.08	30.5

Los resultados obtenidos en el tercer muestreo, reflejan que los parámetros de coliformes fecales y oxígeno disuelto cumplen con la aptitud de uso para contacto humano en los 6 puntos, exceptuando la turbidez ya que se encuentran en valores mayores a lo que se especifica la norma, y esto puede deberse a que existe una gran cantidad de sólidos disueltos totales, o material orgánico en descomposición.

Tabla N°22 Resultados de la calidad de agua del Lago de Coatepeque, en el primer muestreo comparada con **normativa para riego** según el decreto N° 51

N°	Sitio de muestreo	Conductividad 250 - 750 $\mu$ siemens/cm	Boro mg/L 0.5 - 2.0 mg/L	Cloruros mg/L 195 mg/L	Sulfato mg/L 200 mg/L	pH u de pH 6.5 a 8.4	Parámetros para evaluar RAS Meq/L			RAS 0 - 10 meq/L	Porcentaje de Sodio meq/L 30 - 60 meq/L
							Meq/L Na	Ca Meq/L	Mg Meq/L		
1	Hotel Casa Blanca	1640	2.05	311.22	280	8.75	16.19	1.52	6.29	8.17	72.99
2	Pedrero Hondo	1660	2.25	309.12	275	8.71	17.71	1.52	6.08	9.08	75.28
3	Entrada de Aguas termales	1720	2.65	296.50	270	8.78	14.06	1.52	7.04	6.79	67.82
4	Mezcla de todo el Lago	1720	2.35	311.22	275	8.77	15.40	1.52	7.04	7.43	70.26
5	Hotel Torremolinos	1670	2.20	296.50	275	8.72	18.32	1.44	6.32	9.30	75.57
6	Mirador	1690	2.25	309.12	280	8.75	17.71	1.44	6.40	8.94	74.73

Los resultados obtenidos en el primer muestreo, reflejan que los sitios muestreados no cumplen con la aptitud de uso para riego ya que todos los parámetros no cumplen con la normativa, excepto el RAS. Los bajos valores de conductividad obtenidos reflejan poca cantidad de iones disueltos en el medio acuático, lo cual indica una medida indirecta de la actividad química del lago lo que va a indicar la frecuencia y la velocidad de las reacciones biológicas, entre las que más se encuentran la productividad biológica dentro del lago. El porcentaje de sodio excede un 10% del rango especificado indicando esto que a mayor cantidad de sodio presente en las aguas más inadecuada es el agua para riego, ya que este sirve como barrera del calcio y magnesio siendo esto de gran importancia para el crecimiento de las plantas. El boro es un elemento tóxico para las plantas si se presenta en forma de ion borato, otro parámetro de importancia para poder clasificar el agua para riego son los sulfatos ya que estos pueden estar relacionadas con una alteración del balance catiónico de la planta. Los cloruros se encuentran en cantidades elevadas en todos los puntos y esto puede deberse a que hay una gran cantidad de descargas domésticas agrícolas e industriales en todos los sitios, los compuestos calcio y magnesio disminuyen la dureza en el agua, pero también son una importante fuente de adición de cloruros al agua. El RAS nos indica el peligro de salinidad del agua y la concentración total de sales, el porcentaje de absorción de sodio que pueda tener el suelo.

Tabla N° 23 Resultados de la calidad del agua del Lago de Coatepeque, en el segundo muestreo a una profundidad de 5mts comparada con **la normativa para riego**, según decreto N° 51.

N°	Sitio de muestreo	siemens/cm. 250 – 750 $\mu$ siemens/cm	Boro mg/L 0.5 - 2.0 mg/L	Cloruros mg/L 195 mg/L	Sulfato mg/L 200 mg/L	pH u de pH 6.5 a 8.4	Parámetros para evaluar RAS Meq/ L			RAS 0 - 10 meq/L	Porcentaje de Sodio meq/L 30 - 60 meq/L
							Na	Ca	mg		
1	Hotel Casa Blanca	1920	1.35	309.12	260	8.6	20.45	1.28	6.64	10.27	76.75
2	Pedrero Hondo	1920	1.50	309.12	265.00	8.8	19.71	1.28	6.72	9.85	75.61
3	Entrada de Aguas Termales	1770	1.10	309.12	265	8.61	21.32	1.44	6.40	10.76	77.05
4	Mezcla de todo el Lago	1810	2.05	307.01	270	8.66	23.72	1.44	6.40	11.98	78.79
5	Hotel Torre Molinos	1980	2.05	309.12	270.00	8.82	18.32	1.28	6.72	9.16	74.34
6	Mirador	2010	1.00	301.7	280.00	8.87	23.50	1.36	6.08	12.18	79.42

Los resultados obtenidos en el segundo muestreo, comparados con la normativa para riego, reflejan una similitud con los obtenidos en el muestreo # 1 existiendo únicamente pequeñas variaciones en el parámetro de el boro, que en este muestreo se encuentra dentro de los niveles permisibles para todos los puntos y esta variación puede deberse a la disminución de entrada de aguas termales provenientes del volcán.

Tabla N° 24 Resultados de la calidad del agua del Lago de Coatepeque, en el tercer muestreo a una profundidad de 5mts comparada con la **normativa para riego**, según decreto N° 51.

N°	Sitio de muestreo	Conductividad siemens/cm 250-750 siemens/cm	Boro mg/L 0.5 - 2.0 mg/L	Cloruros mg/L 195 mg/L	Sulfato mg/L 200 mg/L	pH u de pH 6.5 a 8.4	Parámetros para evaluar RAS Meq/L			RAS 0 -10 meq/L	Porcentaje de Sodio meq/L 30 - 60 meq/L
							Na meq/L	Ca meq/L	mg meq/L		
1	Hotel Casa Blanca	1990	1.350	290.16	270.00	8.89	19.19	1.44	6.48	9.64	74.91
2	Pedrero Hondo	1940	1.200	290.16	270.00	8.9	21.80	1.52	6.48	10.9	77.18
3	Entrada de Aguas Termales	1970	0.900	288.17	270.00	8.65	19.89	1.36	6.64	9.99	75.82
4	Mezcla de todo el Lago	1960	0.800	290.16	270.00	8.89	21.32	1.44	6.55	10.71	76.79
5	Hotel Torre Molinos	1950	0.800	290.16	270.00	8.91	21.80	1.44	6.56	10.9	77.26
6	Mirador	1990	0.800	290.16	270.00	8.86	25.41	1.44	6.56	12.70	79.86

Al evaluar los resultados de calidad de agua con la normativa para riego, los datos obtenidos muestran que ninguno de los sitios muestreados cumple con la aptitud para riego. En general la calidad de las aguas del lago de Coatepeque son inadecuadas para poderse utilizar para riego de las siembras que se realizan alrededor de la cuenca.

Tabla N° 25 Resultados de la calidad de agua del Lago de Coatepeque, en el primer muestreo comparada con la normativa **para potabilizar** según el decreto N° 51.

N°	Sitios de muestreo	DBO mg/L 3.0 – 4.0 mg/L	Coliformes Fecales NMP/100mL 1000 NMP/100 mL	Oxigeno Disuelto mg/L 4 – 6.5 mg/L	PH unidades u de pH 6.5 – 9.2	Cloruros mg/L 50 – 250 mg/L	Turbidez UNT 10 – 250 UNT	Fenoles mg/L 0.005 mg/L	Cobre mg/L 0.1 – 1.0 mg/L	Nitratos mg/L 45 mg/L	TDS mg/L 300 – 600 mg/L	Cinc mg/L 5.0 mg/L
1	Hotel Casa Blanca	1	80	7.31	8.75	311.22	473	5.0	0.03	3.85	1048	0.01
2	Pedro Hondo	1	70	7.35	8.71	309.12	-	7.0	0.02	3.25	1049	0.01
3	Entrada de Aguas Termales	1	350	NR	8.78	296.50	ND	4.0	0.01	3.98	1133	0.01
4	Mezcla de todo el Lago	1	500	NR	8.77	396.50	NR	7.0	0.01	4.50	1114	0.04
5	Hotel Torre Molinos	1	40	7.23	8.72	311.22	-	5.0	0.01	3.25	1100	0.01
6	Mirador	1	30	7.44	8.75	309.12	-	6.0	0.01	4.20	1019	0.01

Los resultados obtenidos en el primer muestreo comparados con la normativas para potabilizar, reflejan que los sitios muestreados no cumple con la aptitud de uso para potabilizar, ya que al evaluar cada uno de los resultados entre los que se encuentran el DBO este indica la cantidad de oxígeno consumido por las bacterias aeróbicas para asegurar la descomposición dentro de condiciones especificadas de las materias orgánicas contenidas en el agua, dichos valores de DBO son mínimos, en todos los puntos por lo que esto nos refleja la poca cantidad de materia biodegradable en el agua. Los fenoles se encuentran arriba del rango en todos los puntos transfiriendo un mal olor y sabor al agua, lo cual no permite que esta agua pueda ser de uso para potabilizar, los sólidos disueltos totales varían de un punto a otro y puede deberse a la presencia de sales por el origen volcánico del mismo; biomasa o material orgánico e inorgánico y a la vez parte de las rocas y minerales que se disuelven al entrar en contacto con el agua. El valor de la turbidez en el lago es alto y esto puede deberse al afloramientos de algas; ya que se reporta un color verdoso en las aguas el día del muestreo; y puede ser producto del aumento en la disponibilidad de nutrientes, al flujo de escombros que bajo desde el Volcán Ilimatepec hacia el lago, por consecuencias de las lluvias registradas del Huracán Stan, el flujo arrastró una significativa cantidad de suelos ricos en nutrientes.

Por otra parte los niveles de oxígeno disuelto están relacionado con la pureza del agua, a mayor cantidad de oxígeno disuelto nos evita la formación de malos olores en el agua, los datos obtenidos no se encuentran dentro del rango. Los valores de pH se encuentran dentro del rango especificado, siendo este de gran importancia por la concentración de Ion hidrogeno ya que es un parámetro de la calidad de las aguas, el intervalo de las concentraciones debe ser adecuado para la proliferación y desarrollo de la mayor parte de la vida biológica. El cinc es otro parámetro de importancia que se encuentra muchas veces en las aguas superficiales y esto puede deberse a las diferentes actividades realizadas dentro del lago, este también puede encontrarse a nivel traza y son llamados contaminantes prioritarios ya que este es imprescindible para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de algas. Debido a su toxicidad la presencia en cantidades excesiva, podría limitar el uso del agua para potabilizar ya que pudiera verse afectada la salud de las personas.

Tabla N° 26 Resultados de la calidad de agua del Lago de Coatepeque, en el segundo muestreo a una profundidad de 5mts comparada con la **normativa para potabilizar** según el decreto N° 51.

N°	Sitios de muestreo	DBO mg/L 3.0 – 4.0 mg/L	Coliformes Fecales NMP/100mL 1000 NMP/100 mL	Oxígeno Disuelto mg/L 4 – 6.5 mg/L	PH unidades u de pH 6.5 – 9.2	Cloruros mg/L 50 – 250 mg/L	Color Aparente unidades de co-pt 20 – 750 US/cm	Turbidez UNT 10 – 250 UNT	Fenoles mg/L 0.005 mg/L	Cobre mg/L 0.1 – 1.0 mg/L	Nitratos mg/L 45 mg/L	TDS mg/L 300 – 600 mg/L	Cinc mg/L 5.0 mg/L
1	Hotel Casa Blanca	1	> 2	7.32	8.6	309.12	5.0	48.70	7.00	ND	3.95	1080.0	0.080
2	Pedrero Hondo	1	2	7.68	8.8	309.12	10.0	ND	6.00	0.01	4.400	1022.0	0.260
3	Entrada de Agua Termales	1	2	0	8.61	309.12	10.0	31.50	10.0	0.01	4.65	1076.0	0.555
4	Mezcla de todo el Lago	1	6	7.28	8.66	307.01	14.5	7.50	5.00	0.01	4.95	1083.0	0.320
5	Hotel Torre Molinos	1	13	7.27	8.82	309.12	8.0	16.00	6.00	0.01	4.950	1073.0	0.01
6	Mirador	1	21	7.71	8.87	301.7	14.0	ND	5.00	0.01	5.200	1061.0	0.060

Los resultados obtenidos en el segundo muestreo reflejan que los 6 sitios muestreados no cumplen con la aptitud de uso para potabilizar ya que los parámetros de cloruros, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales y fenoles se salen del rango especificado, presentando así una gran similitud con los resultados obtenidos en el primer muestreo, dando variaciones en los coliformes fecales encontrándose en menor cantidad, y esto puede deberse a que haya una disminución en la contaminación de origen humano y animal en casi todos los puntos, siendo el punto mas alto el del mirador ya que allí se sitúan muchas fuentes contaminantes de origen domésticos e industriales

Tabla N° 27 Resultados de la calidad de agua en el Lago de Coatepeque, en el tercer muestreo a una profundidad de 5mts comparada **para potabilizar según el decreto N° 51**

N°	Sitios de muestreo	DBO mg/L 3.0 – 4.0 mg/L	Coliformes Fecales NMP/100mL 1000 NMP/100 mL	Oxígeno Disuelto mg/L 4 – 6.5 mg/L	PH unidades u de pH 6.5 – 9.2	Cloruros mg/L 50 – 250 mg/L	Color Aparente unidades de co-pt 20 – 750 US/cm	Turbidez UNT 10 – 250 UNT	Fenoles mg/L 0.005 mg/L	Cobre mg/L 0.1 – 1.0 mg/L	Nitratos mg/L 45 mg/L	TDS mg/L 300 – 600 mg/L	Cinc mg/L 5.0 mg/L
1	Hotel Casa Blanca	1	33	8.16	8.89	290.16	8.0	30	3.00	0.01	5.900	1098.0	0.010
2	Pedrero Hondo	1	33	8.15	8.9	290.16	10	30.8	3.00	0.01	5.600	1066.0	0.010
3	Entrada de aguas Termales	1	33	8.10	8.65	288.17	5	7.6	5.00	0.01	4.650	1007.0	0.100
4	Mezcla de todo el Lago	1	17	8.10	8.89	290.16	8.5	ND	3.00	0.01	6.450	1103.0	ND
5	Hotel torre Molinos	1	110	7.99	8.91	290.16	15.5	28.4	3.00	0.01	5.800	1068.0	ND
6	Mirador	1	21	8.08	8.86	290.16	11	30.5	3.00	0.01	5.500	1103.0	0.01

Los resultados obtenidos en este muestreo son muy similares a los 2 anteriores, ya que solo existe la variación de los Coliformes fecales que han aumentado y esto puede deberse a una mayor contaminación de origen humano, como también a las lluvias ocurridas una noche antes. Los parámetros de oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, fenoles, cloruros, se salen del rango que especifica la norma por lo tanto, esta agua se considera no apta para potabilizar, ya necesitan métodos mas convencionales

Tabla N°28 Resultados de la calidad de agua del Lago de Coatepeque, en el primer muestreo a una profundidad de 5mts comparada con la normativa calidad ambiental ICA.

Sitio de muestreo	ICA	clasificación	Significado
Hotel Casa Blanca	64	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Pedrero Hondo	61	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Entrada de Aguas Termales	38	Mala	Puede existir una diversidad de vida acuática baja y se esta experimentando probablemente problemas de contaminación
Mezcla de todo el Lago	54	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Hotel Torre Molinos	67	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Mirador	68	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas

Los resultados obtenidos en el primer muestro, reflejan que los 6 puntos no cumple con la calidad ambiental de las aguas, ya que se clasificaron entre regular y mala por lo tanto se considera no saludable, y no apta para los diferentes usos en los diferentes tramos o puntos del lago, porque en generalmente este tipo de aguas tienen menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas y se experimentan problemas de contaminación.

Tabla N°29 Resultados de la calidad de agua del Lago de Coatepeque, para el segundo muestreo a una profundidad de 5mts comparada con la normativa calidad ambiental ICA

Sitio de muestreo	ICA	Clasificación	Significado
Hotel Casa Blanca	70	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas.
Pedrero Hondo	71	Buena	Alta diversidad de vida acuática, es conveniente para todas las formas de contacto con ella
Entrada de Aguas Termales	71	Buena	Alta diversidad de vida acuática, es conveniente para todas las formas de contacto con ella
Mezcla de todo el Lago	61	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas.
Hotel Torre Molinos	66	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas.
Mirador	65	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas.

En el segundo muestreo la clasificación se encuentra entre Buena y Regular observándose un cambio muy notorio con el muestreo anterior en los puntos 2 y 3 y esto puede deberse que una noche antes de la toma de la muestra se registraron un aproximado de 15mm de lluvia, lo que evidencia que el proceso de contaminación es influenciado por afluentes o escorrentías que se dan en período lluvioso.

Tabla N°30 Resultados de la calidad de agua del Lago de Coatepeque, en el tercer muestreo a una profundidad de 5mts comparada con la normativa calidad ambiental ICA.

Sitio de muestreo	ICA	Clasificación	Significado
Hotel Casa Blanca	64	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Pedrero Hondo	63	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Entrada de Aguas Termales	66	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Mezcla de todo el Lago	66	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Hotel Torre Molinos	63	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Mirador	64	Regular	Menos diversidad de vida acuática, y ha aumentado con frecuencia el crecimiento de algas

Los resultados obtenidos en el tercer muestreo reflejan una gran variación, con respecto a los dos anteriores, ya que la clasificación en los 6 puntos se considera regular indicando una menor diversidad de vida acuática y posibles fuentes de contaminación y esto puede deberse a los diferentes factores como la lluvia, una noche antes, una mayor cantidad de descargas domesticas o indus

### **Mediciones de transparencia Disco Secchi en los tres muestreos.**

Las mediciones de transparencia fueron realizadas en los 6 puntos muestreados y esto fue realizado con el Disco Secchi, con la finalidad de conocer la transparencia del lago y así poder conocer el grado de turbidez que este presentaba. A continuación se presentan los valores obtenidos en los tres muestreos.

Tabla N° 31 transparencias medidas muestreo No 1( Disco Secchi)

Sitios muestreados	Profundidad ( Metros)
Punto 1	7.00
Punto 2	7.00
Punto 3	7.00
Punto 4	8.00
Punto 5	7.00
Punto 6	8.00

Tabla N° 32 transparencias medidas muestreo No 2(Disco Secchi)

Sitios muestreados	Profundidad ( Metros)
Punto 1	7.0
Punto 2	9.0
Punto 3	6.0
Punto 4	7.0
Punto 5	7.0
Punto 6	6.0

Tabla N°33 transparencias medidas muestreo No 3 (Disco Sechi)

Sitios muestreados	Profundidad ( Metros)
Punto 1	6.50
Punto 2	6.70
Punto 3	6.20
Punto 4	6.80
Punto 5	6.80
Punto 6	5.60

En general los datos obtenidos de transparencia se encuentran arriba 7.00 mts en el primer muestreo, por lo anterior se puede decir que las condiciones son adecuadas para actividades acuáticas y desarrollo de vida acuáticas.

En el segundo muestreo se observaron datos de transparencia que se encuentran arriba de 6 mts existiendo una gran variación con el muestreo anterior y esto se puede deberse al aumento de la turbidez.

En el tercer muestreo se obtuvieron valores de transparencia mínimos de 5.60 mts, existiendo una disminución marcada con los 2 muestreos anteriores, los resultados de transparencia se estiman que la turbidez del lago aumenta a medida aumenta la profundidad.

La disminución de la transparencia del agua produce una disminución del ingreso de luz a los estratos más profundos del lago y disminuye la producción de plancton como estrato, base para el desarrollo de vida acuática por lo que puede alterar la cadena alimenticia de los estratos superiores.

## **ANTECEDENTES**

Es importante mencionar que estudios realizados anteriormente en el Diagnostico Preliminar del Lago de Coatepeque reflejan que la transparencia del lago era como mínima de 6.30 metros en el año 2006 en base al resultado, de transparencia se estima que la turbidez del lago aumentaba a medida aumentaba la profundidad.

El aumento de la turbidez en el lago se puede ver a lo que se conoce como "bloom" o afloramiento de algas, debido a que se reportaba un color verdoso en las aguas, esto puede ser un producto por el aumento de los nutrientes en el lago por el arrastre de sedimento del volcán Ilimatepec.

## Perfil del Lago de Coatepeque

A continuación se presenta el perfil del Lago de Coatepeque, el cual fue realizado únicamente en el tercer muestreo con fecha de 23 de agosto de 2006, en el período de época lluviosa, la hora de la toma de las muestras fue de 8:20 a 12 pm, las condiciones climáticas se caracterizaban por vientos poco fuertes, día soleado, con temperatura ambiente de 27°C; el color del agua del lago presentaba una coloración verdosa. Los parámetros medidos en campo fueron: temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez y conductividad. Sirviendo estos para dar a conocer el estado actual del lago.

Fecha: 23-08-06

Hora: 8:20AM

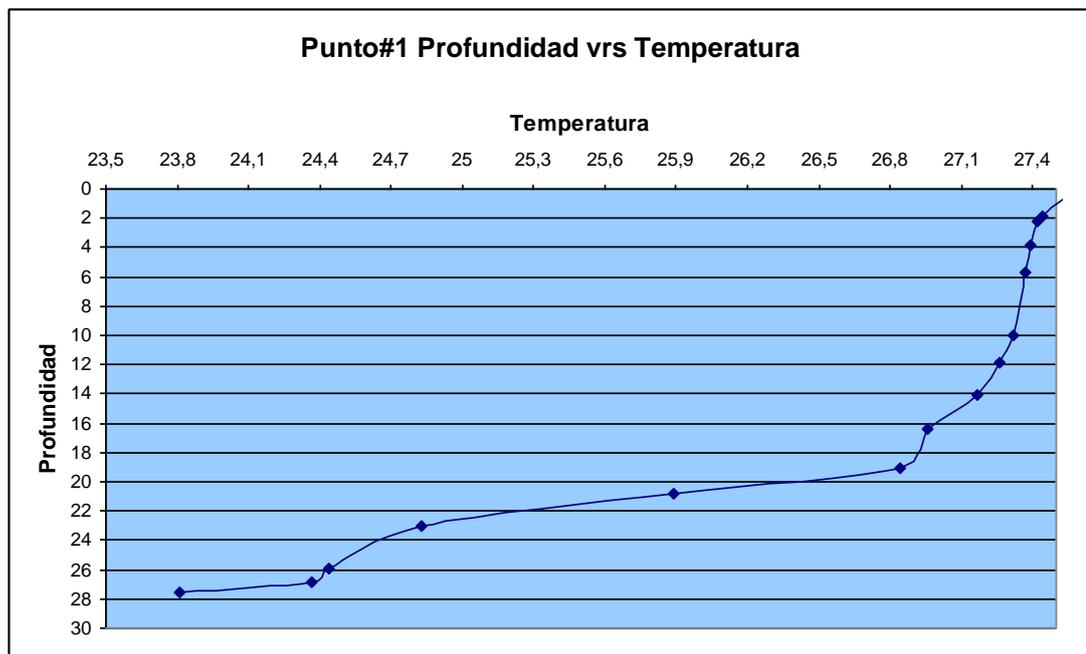


Figura N°1 Profundidad vrs Temperatura

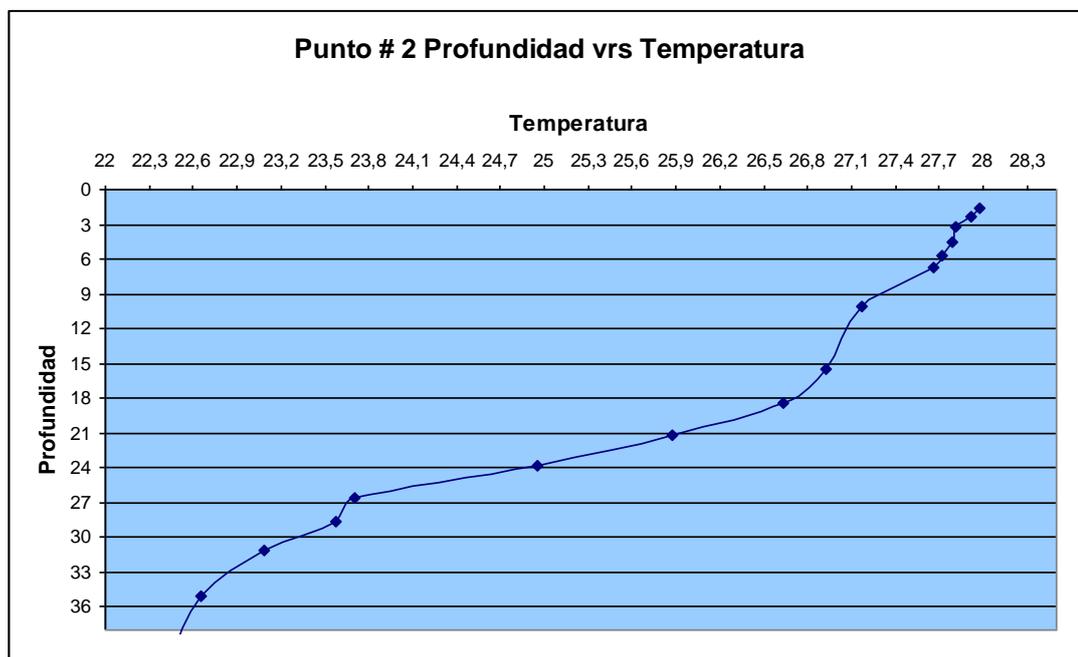


Figura N° 2 Profundidad vrs Temperatura

En los puntos 1 y 2 Casa Blanca y Pedrero hondo los niveles de temperatura muestran una disminución muy leve a medida aumenta la profundidad, la curva muestra limites específicos de la columna de agua donde varían en ambos puntos. Esto puede deberse a la disminución de la radiación solar, ante el incremento de la profundidad.

Las aguas son predominantemente templadas hasta la profundidad medida, se puede observar la presencia de epilimnion en la superficie. En el punto 1 se observa presencia de epilimnion donde se inicia una disminución muy marcada, ya que la temperatura cae al menos de 1°C por metro de profundidad (hipolimnion).

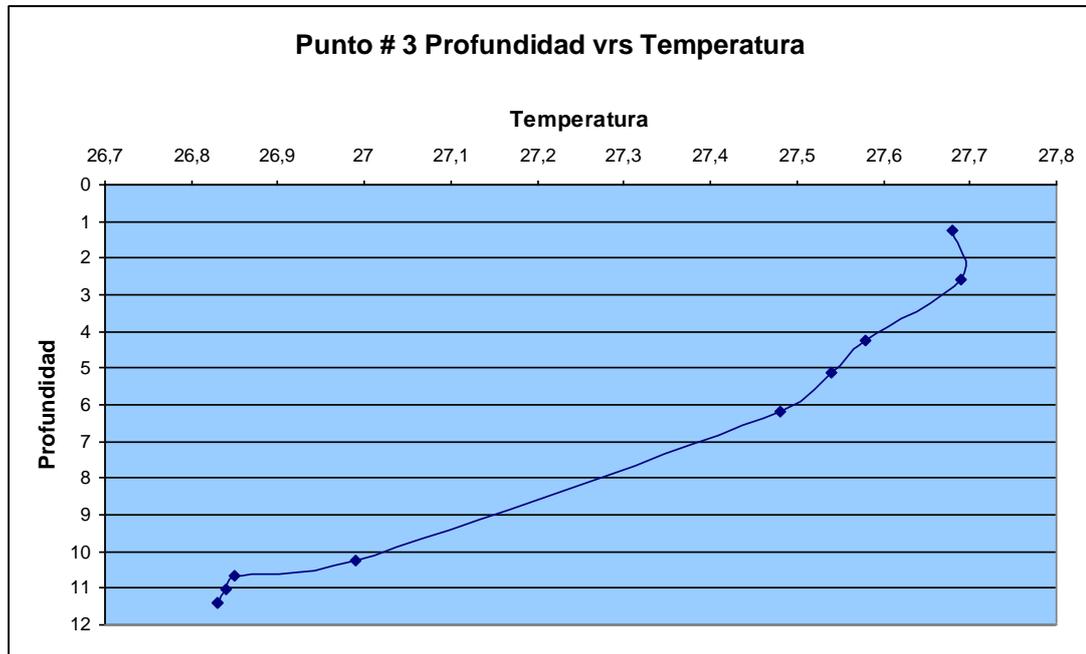


Figura N° 3 Profundidad vrs Temperatura

Punto 3 entrada de aguas termales donde se presenta un comportamiento similar al punto 2, ya que no se observan cambios bruscos de temperaturas, y no se detectaron la entrada de las aguas termales provenientes del volcán, esto puede deberse que la toma de la muestra fue a 1km de distancia del lugar o que el volumen de dilución de agua fresca es mayor.

Hora 10.00am

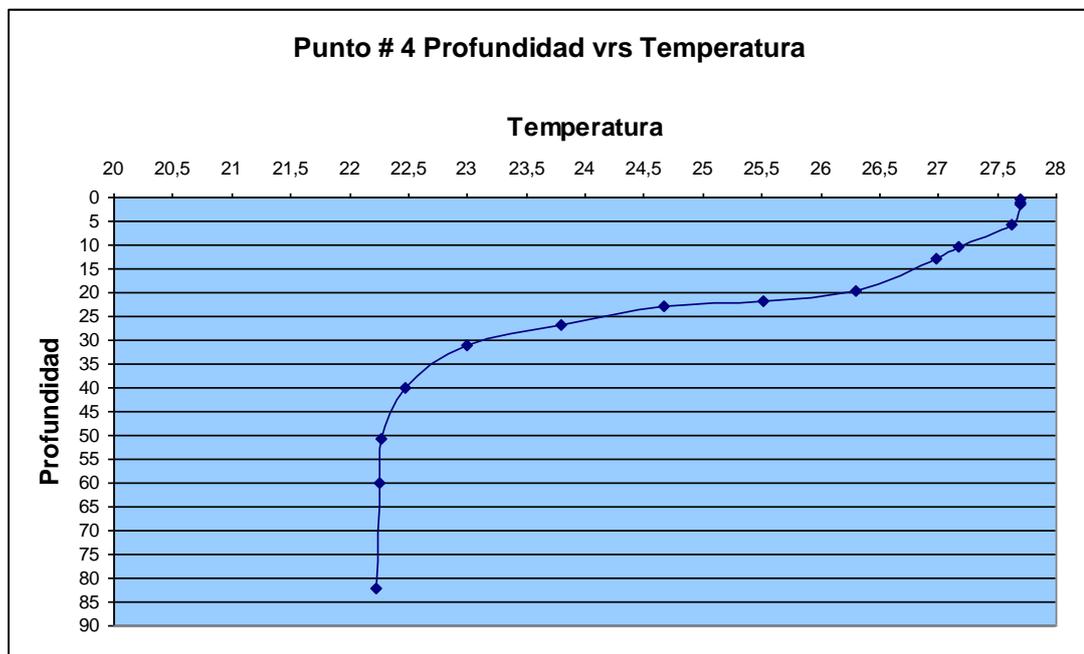


Figura N° 4 Profundidad vrs Temperatura

Punto 4 centro de mezcla de todo el lago, en este punto se observan las temperaturas mas bajas, en donde los rangos de la columna de agua varían 27.7°C en la superficie y 22.23°C a 82.2 mts de profundidad, teniendo el centro del lago una profundidad de 115 – 120mts y esto indica que al ser mas profundo, el efecto del flujo de la radiación solar es menor y la mezcla el intercambio del agua en este punto es menor.

Hora: 10:50 AM

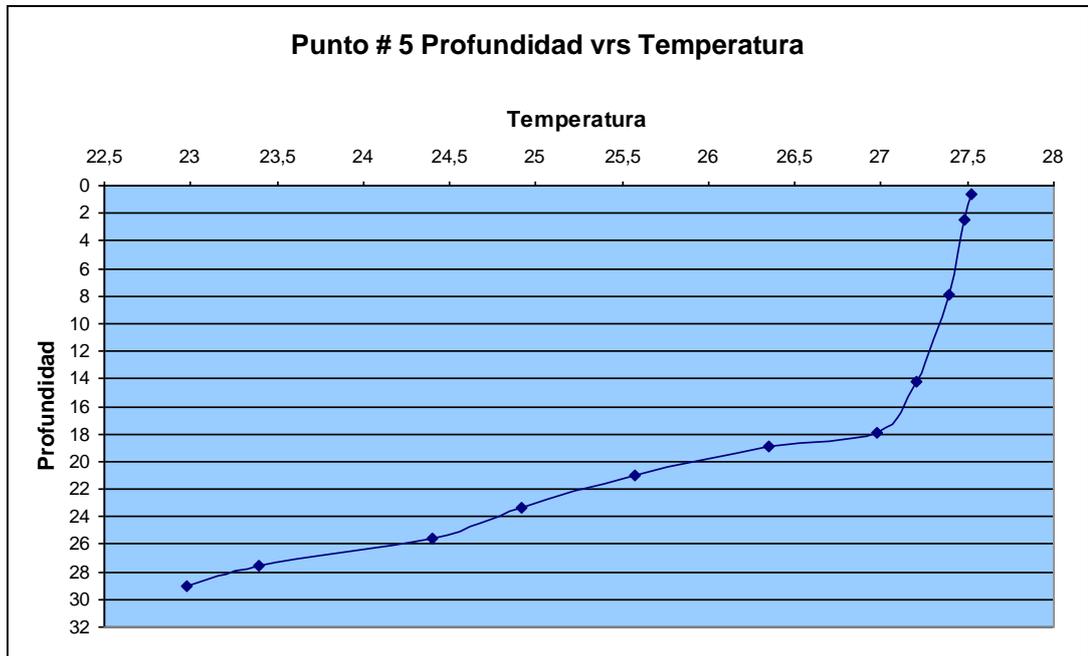


Figura N° 5 Profundidad vrs Temperatura

Hora 11:20am

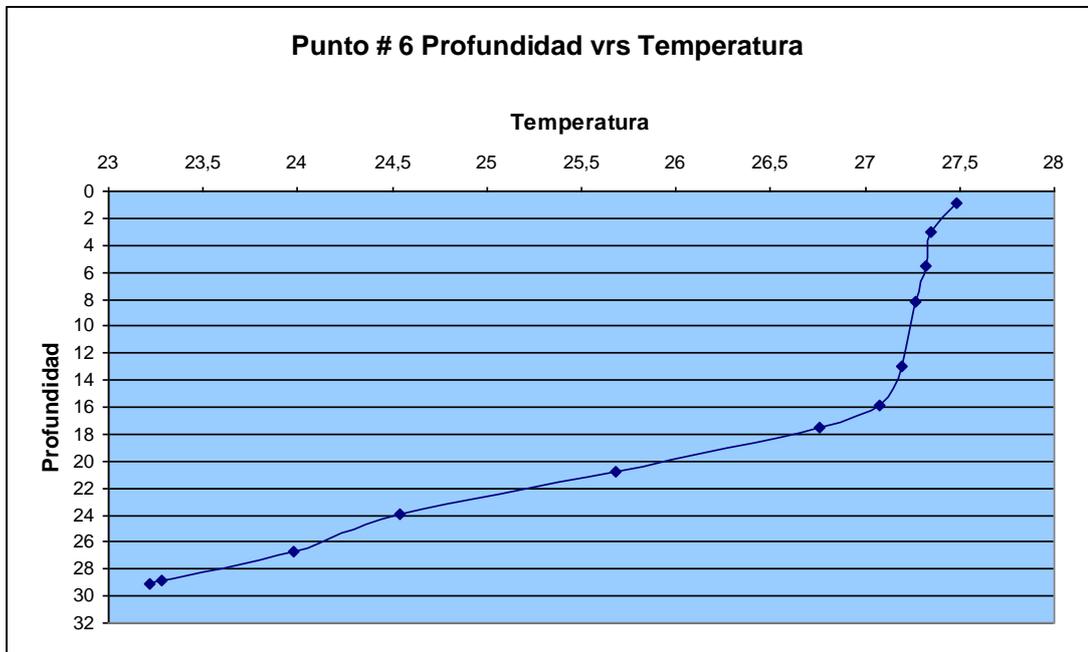


Figura N° 6 Profundidad vrs Temperatura

Punto 5 y 6 los niveles de temperatura en estos puntos cumple con la tendencia que a mayor profundidad menor temperatura, teniendo un comportamiento similar al punto 1 ya que en ambos se observa una estratificación muy marcada.

Fecha: 23-08-06

Hora: 8:20AM

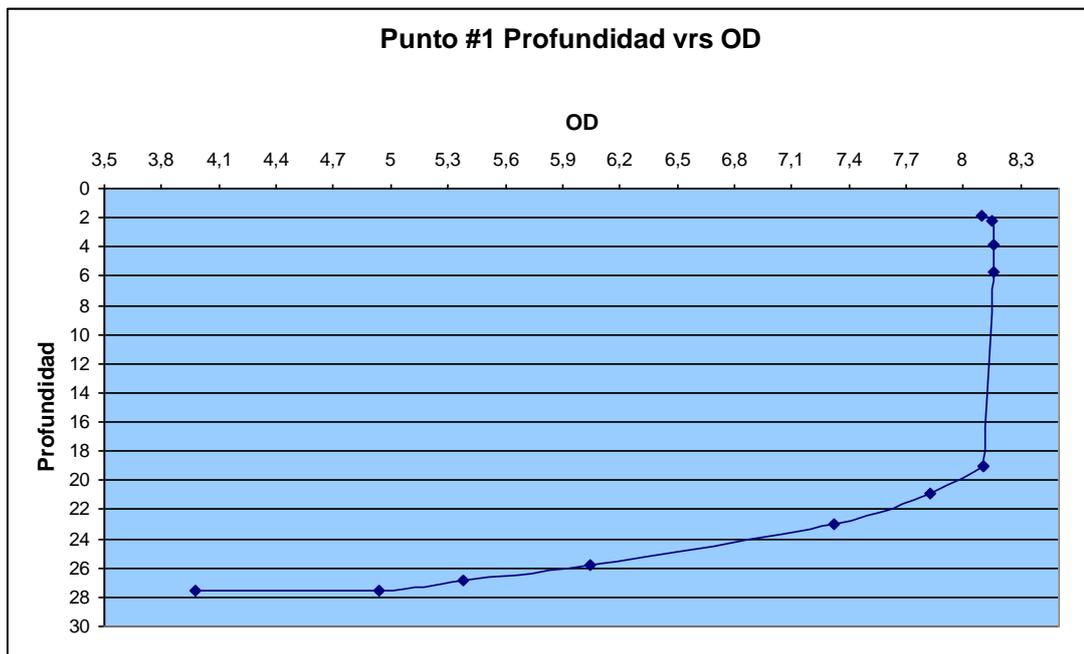


Figura N° 7 Profundidad vrs OD

Punto 1 Casa Blanca se observa una deficiencia oxígeno disuelto al aumentar la profundidad y esto puede deberse a una menor presencia de la temperatura, al contenido de biomasa algal y/o material en descomposición. La columna de agua en este punto nos muestra que a 27mts con 5 mg/L de oxígeno disuelto se considera que un desarrollo de vida acuática normal.

El oxígeno disuelto presente en un cuerpo de agua va a depender de la temperatura, las reacciones oxido reducción que se produzcan la presión atmosférica.

Fecha: 23-08-06

Hora: 9:00AM

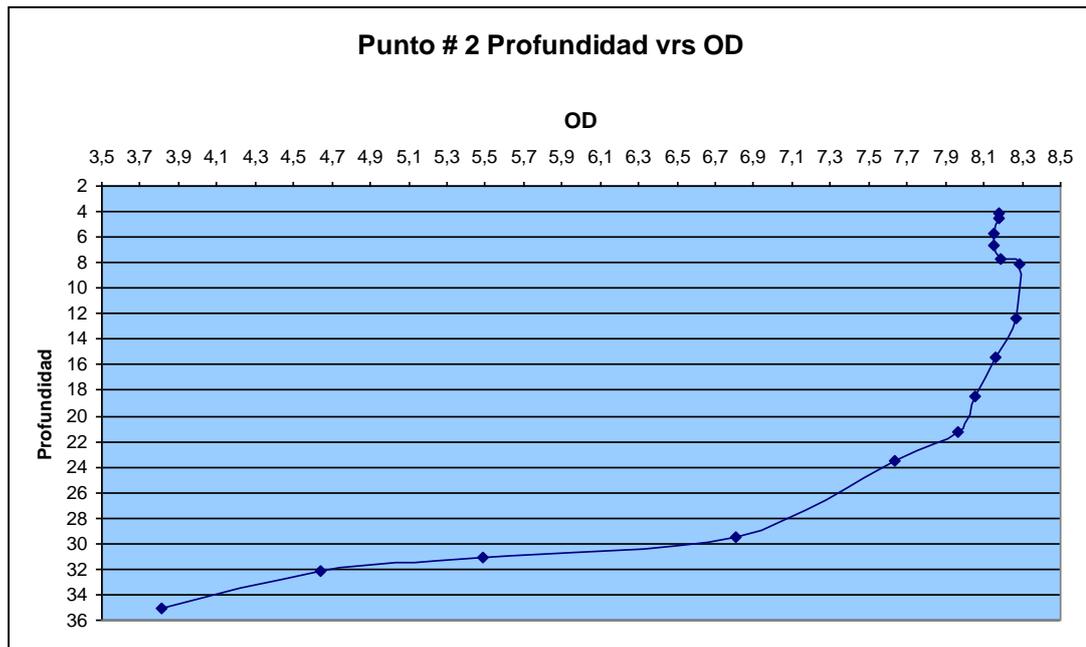


Figura N°8 Profundidad vrs OD

Punto 2 Pedrero hondo, donde a 32 mts con 5 mg/L de oxígeno disuelto, la columna de agua es la mas efectiva para el desarrollo de vida acuática en comparación con los puntos anteriores.

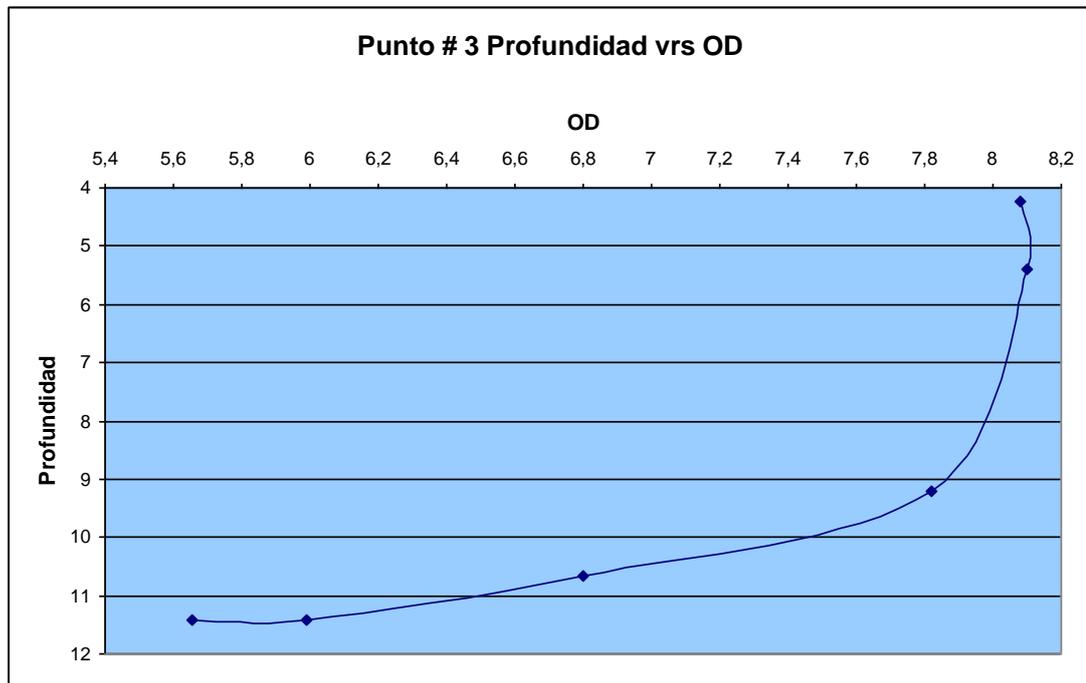


Figura N° 9 Profundidad vrs OD

Punto 3 entrada de aguas termales, la columna de agua nos muestra que es la condición mas critica para el desarrollo normal de vida acuática, ya que los 5mg/L de oxigeno disuelto se encuentra a una profundidad de 11.4 mts y se observa una deficiencia de oxigeno a medida aumenta la profundidad y se debe por el contenido de biomasa, o material orgánico en descomposición.

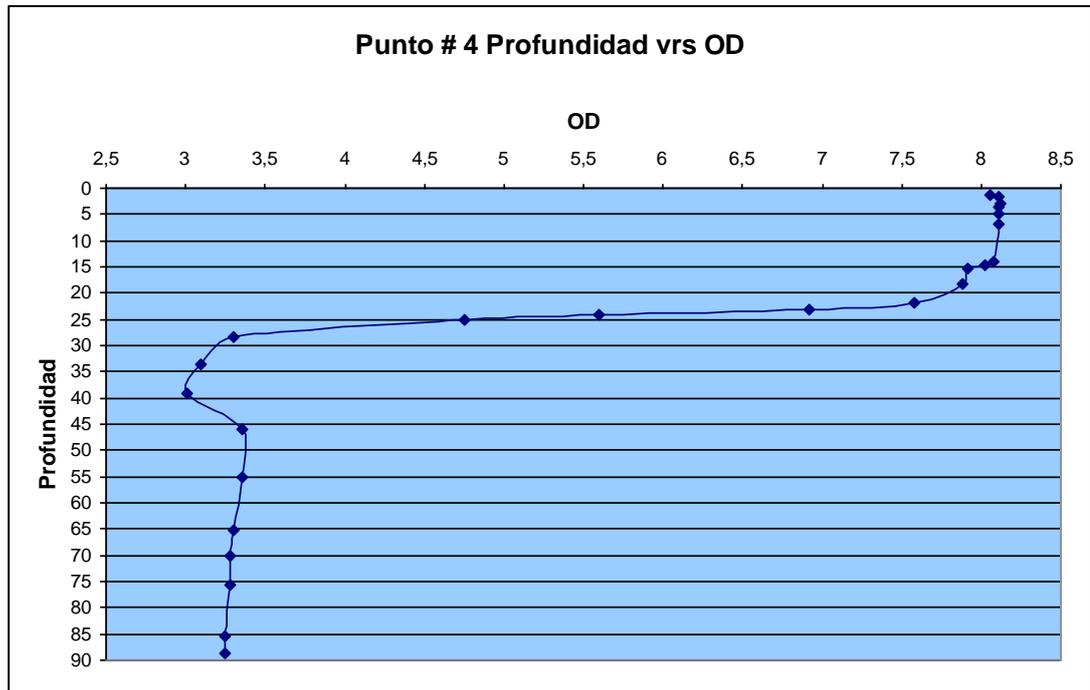


Figura N° 10 Profundidad vrs OD

Punto 4 Centro del lago, se observa los niveles de oxígeno de 5mg/L a 24mts, indicando una deficiencia de oxígeno a medida aumenta la profundidad, esto puede deberse ala presencia de biomasa y/o material orgánico en descomposición.

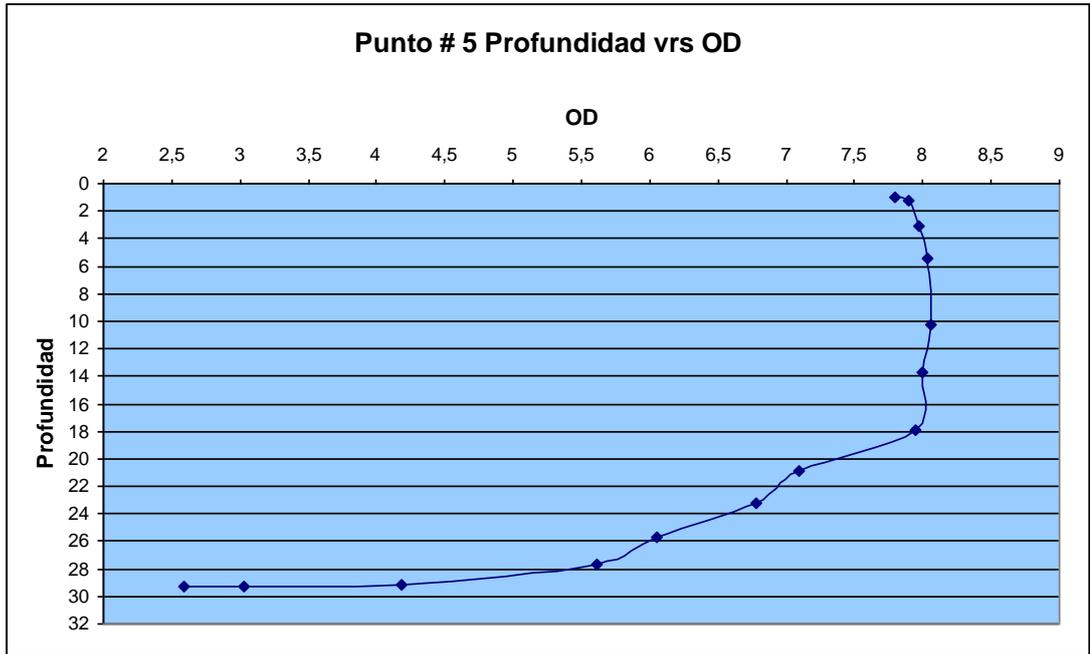


Figura N° 11 Profundidad vrs OD

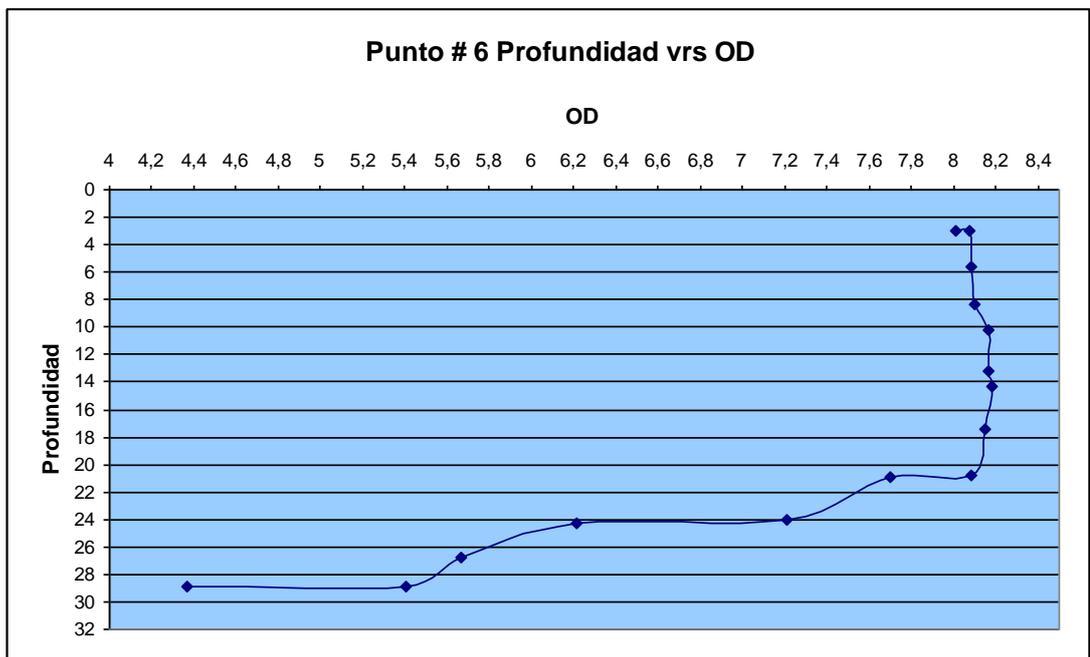


Figura N° 12 Profundidad vrs OD

Puntos 5, 6 presenta un comportamiento similar al punto 3, ya que se observa una disminución del oxígeno al aumentar la profundidad, debido al efecto de las mezclas de las aguas por efecto del viento. por otro lado se puede decir que es la presencia o contenido de biomasa o material orgánico en descomposición.

Fecha: 23-08-06

Hora: 8:20AM

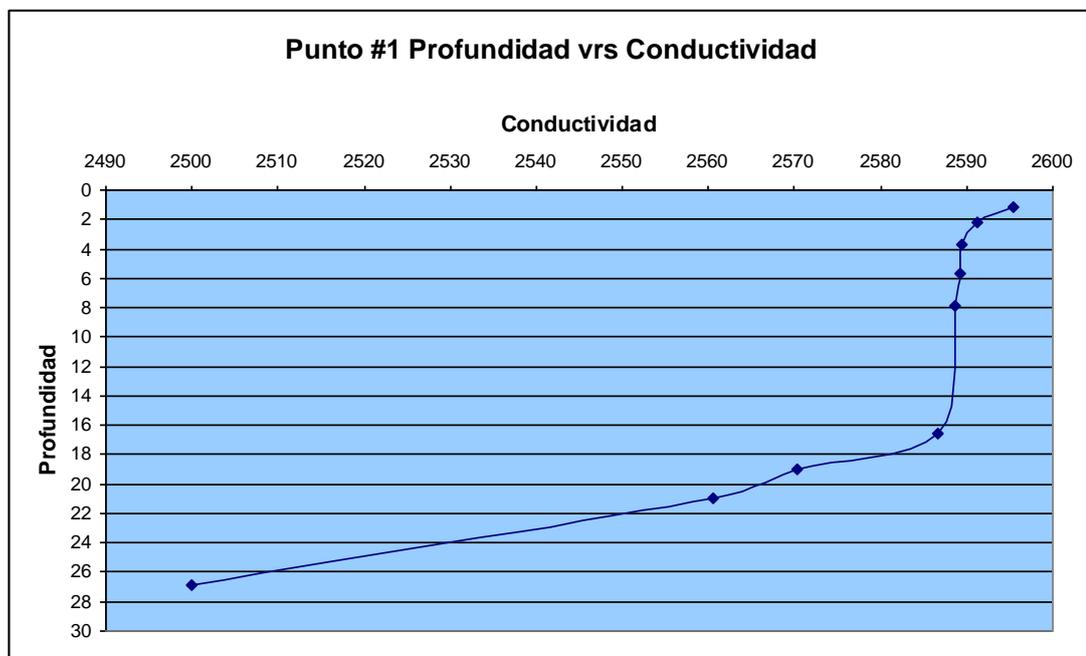


Figura N°13 Profundidad vrs Conductividad

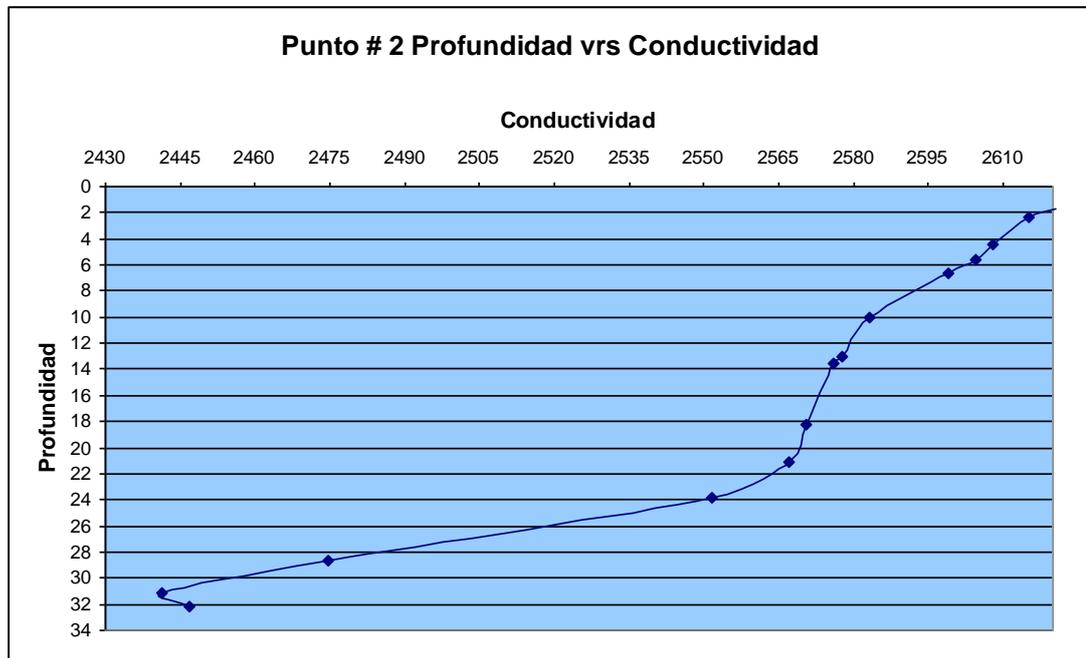


Figura Nº 14 Profundidad vrs Conductividad

Punto 1 y 2 Casa Blanca y Pedrero Hondo, se observa similar comportamiento que a medida aumenta la profundidad hay una deficiencia en la conductividad, los niveles mayores se encuentran en la superficie ya que se encuentra una mayor cantidad de sales o iones disueltos esto indica una mayor actividad química del lago, lo que aumentará la frecuencia y velocidad de las reacciones biológicas en las que se encuentra la productividad primaria.

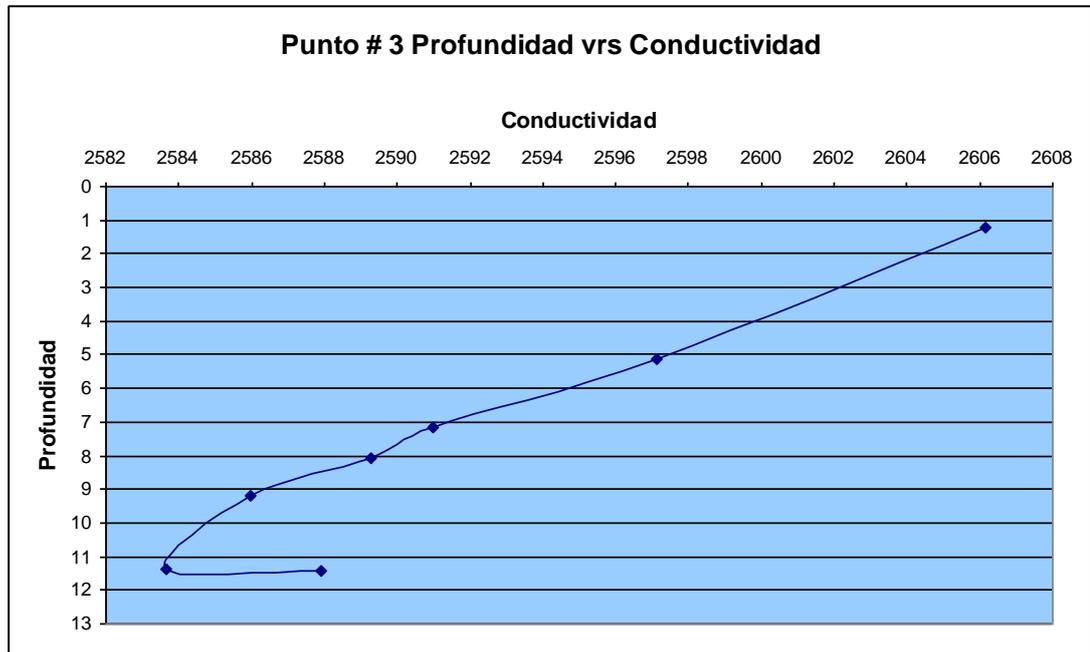


Figura N°15 Profundidad vrs Conductividad

Punto 3 entrada de aguas termales, en este punto se observa un cambio muy significativo ya que la conductividad aumenta al aumentar la profundidad, luego aumenta en un rango de 0,5 unidades esto se debe a que los sólidos o iones disueltos se encuentran más profundos o que existe mayor cantidad de sales de origen volcánico, ya que las aguas termales son consideradas como inyector de sales a la columna de agua.

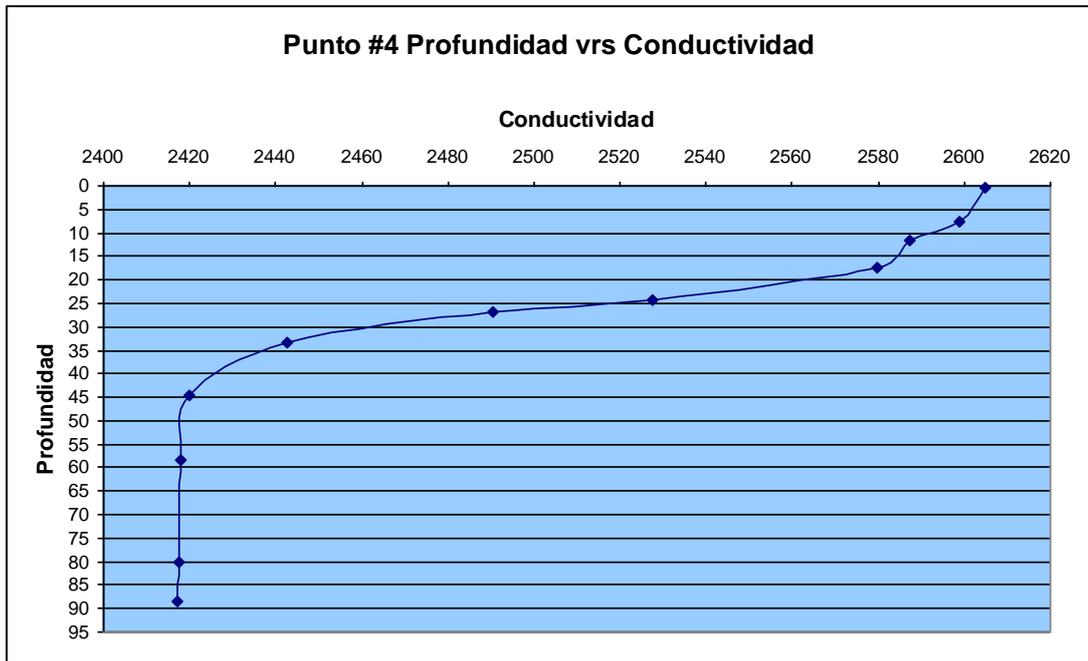


Figura N°16 Profundidad vrs Conductividad

Punto 4 Centro de lago se observa una disminución de la conductividad al aumentar la profundidad, esto se debe a mayor profundidad la cantidad de sales o iones disueltos es menor.

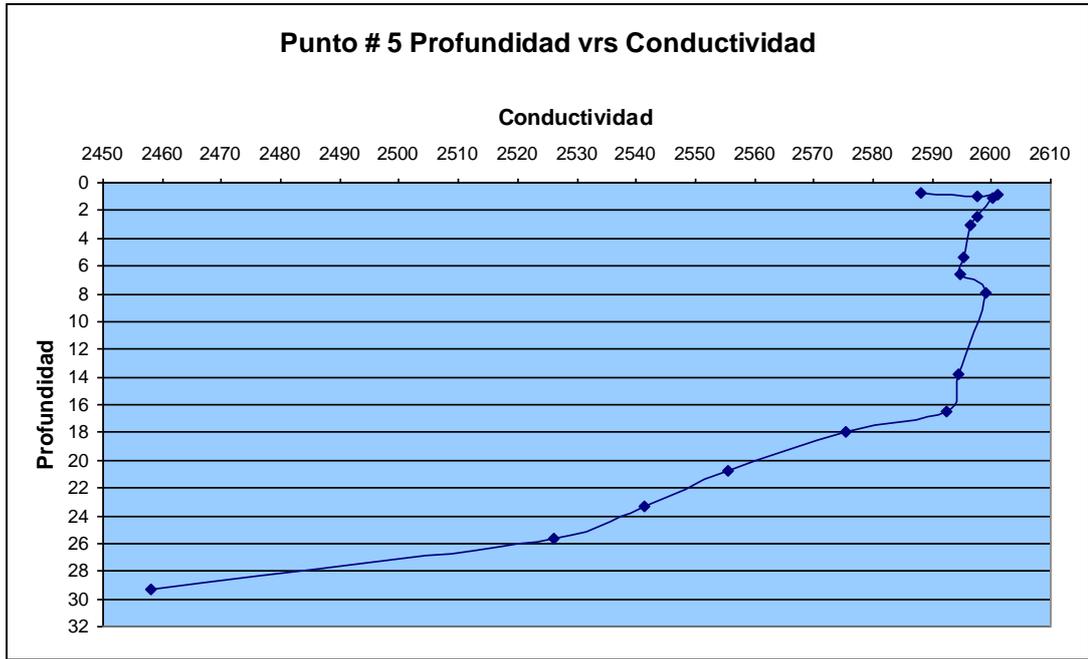


Figura N° 17 Profundidad vrs Conductividad

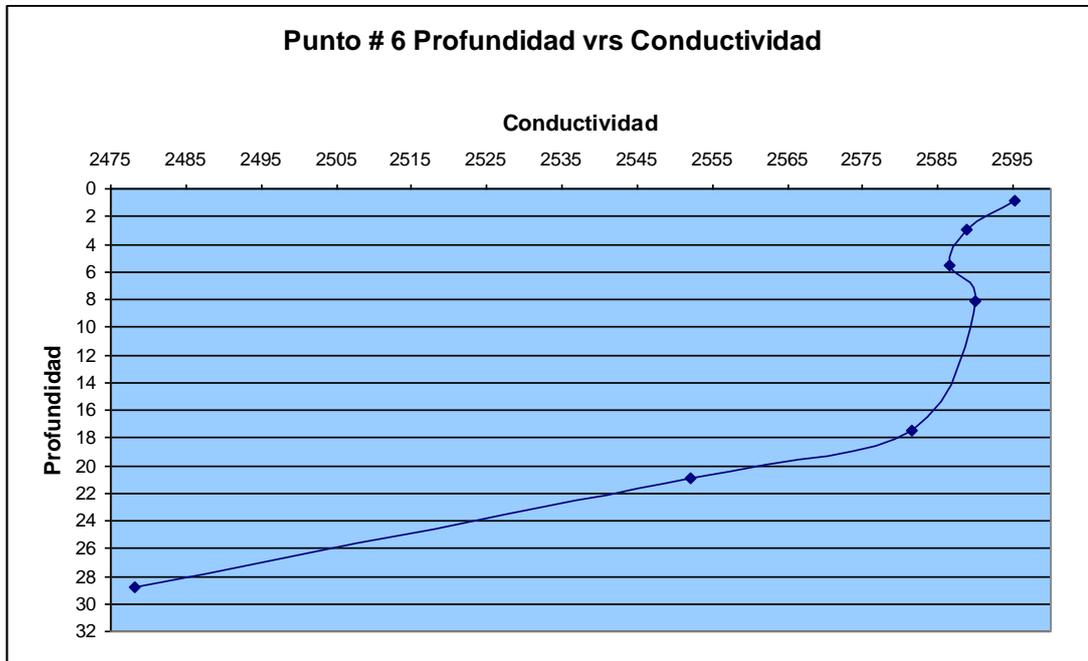


Figura N° 18 Profundidad vrs Conductividad

Punto 5 y 6 Hotel Torre Molinos y Casa Blanca se observa un comportamiento similar en ambos puntos, presentando una disminución muy notable en la conductividad a la profundidad de 20mts

Fecha: 23-08-06

Hora: 8:20AM

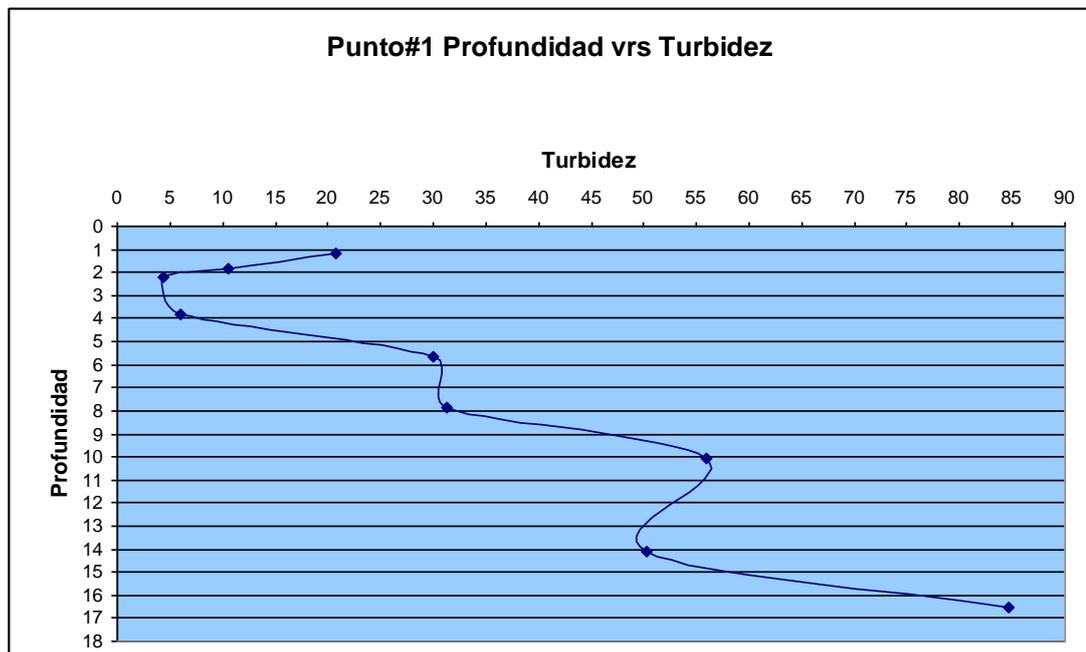


Figura N°19 Profundidad vrs Turbidez

Punto 1 Casa Blanca se observa un cambio muy marcado de la turbidez a la profundidad 6mts, esto puede deberse a la presencia de algas o materia orgánica en descomposición, o una mayor cantidad de sólidos disueltos totales a esa profundidad

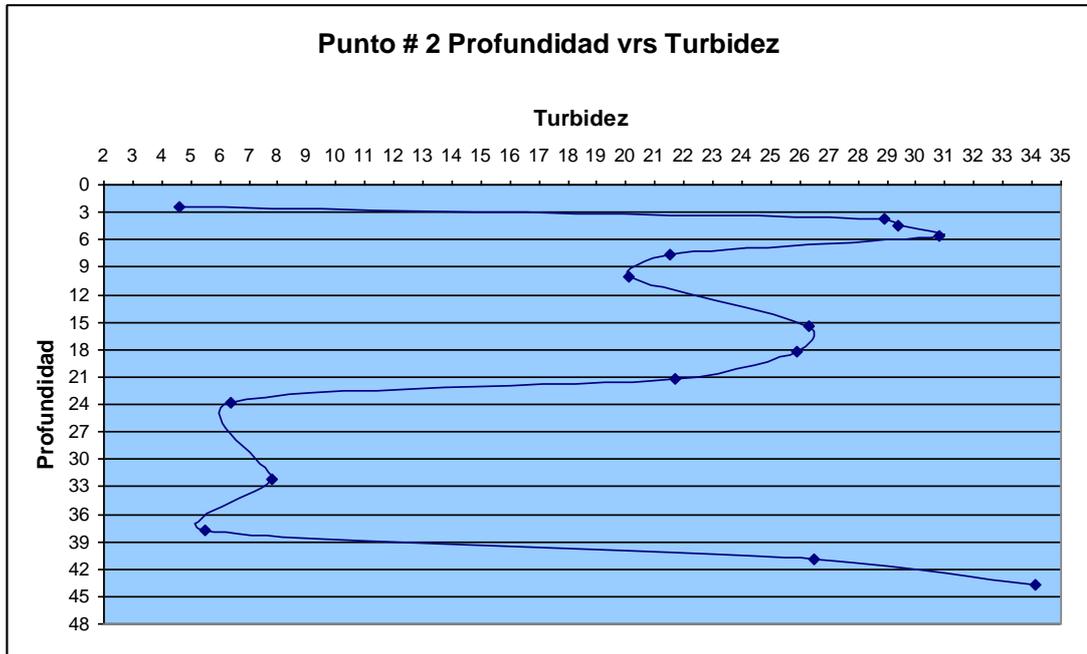


Figura N° 20 Profundidad vrs Turbidez

Punto 2 Pedrero Hondo la turbidez aumenta al aumentar la profundidad, y luego decae a los 6 mts, existiendo una gran variación en todos los puntos esto puede deberse que a la hora de la toma de la muestra se registraron fuertes vientos.

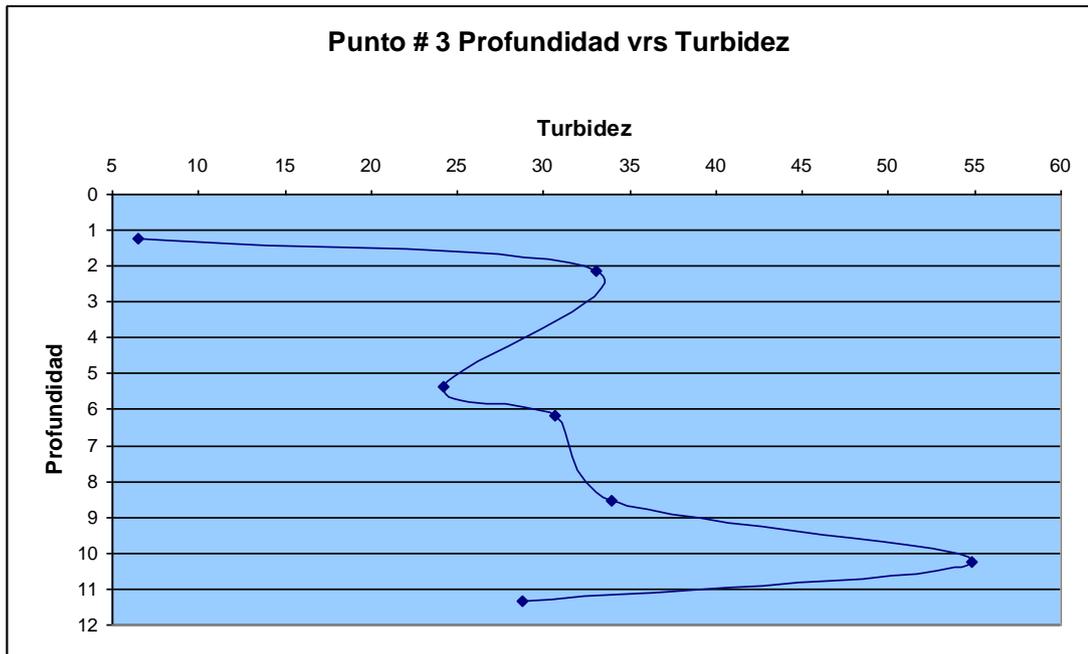


Figura N° 21 Profundidad vrs Turbidez

Punto 3 Entrada de aguas termales se observa un aumento de la turbidez muy notable al aumentar la profundidad, a los 10 mts comienza a decaer y esto indica que a mayor profundidad, los sólidos suspendidos son mayores y una mayor presencia de algas.

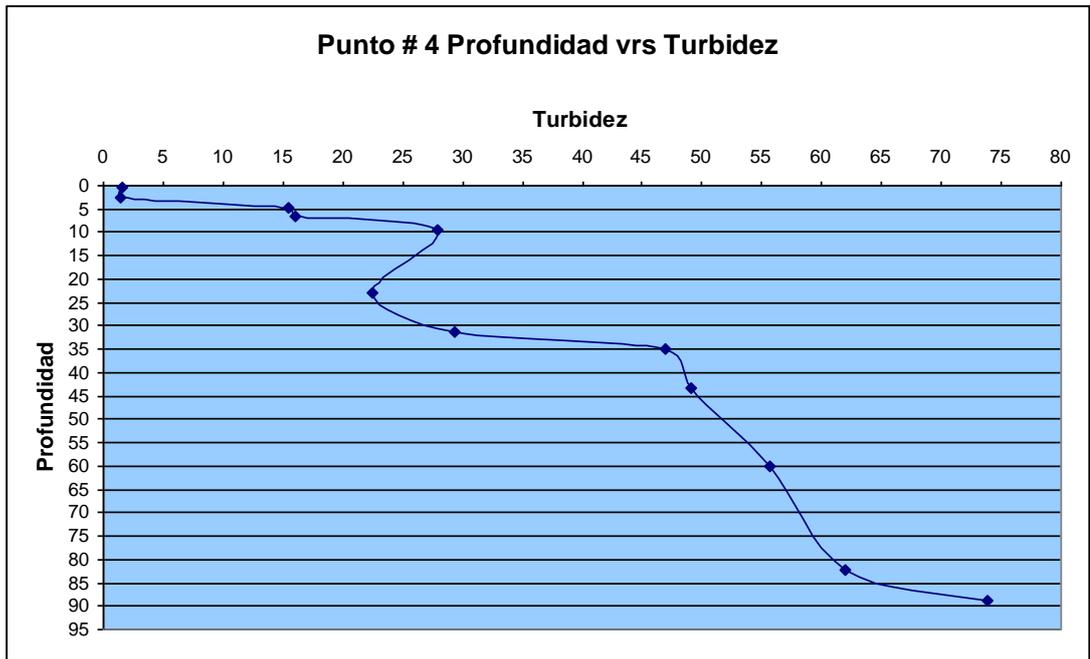


Figura N° 22 Profundidad vrs Turbidez

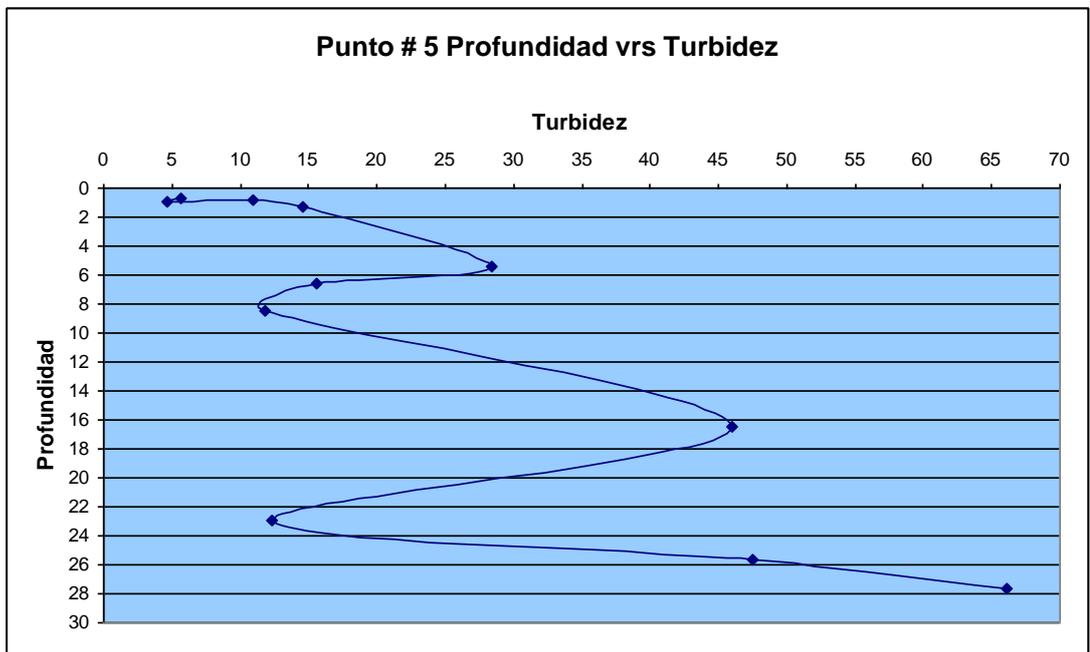


Figura N°23 Profundidad vrs Turbidez

Punto 4 Centro del lago presentan un comportamiento similar ya que hay un aumento en la turbidez a medida aumenta la profundidad, y esto se debe a la presencia de algas o una mayor cantidad de sólidos disueltos totales, o presencia de materia orgánica en descomposición. En el punto 5 Hotel Torremolinos se observa una gran variación de los valores de la turbidez en las diferentes profundidades y esto puede deberse a los fuertes vientos registrados el día del muestreo.

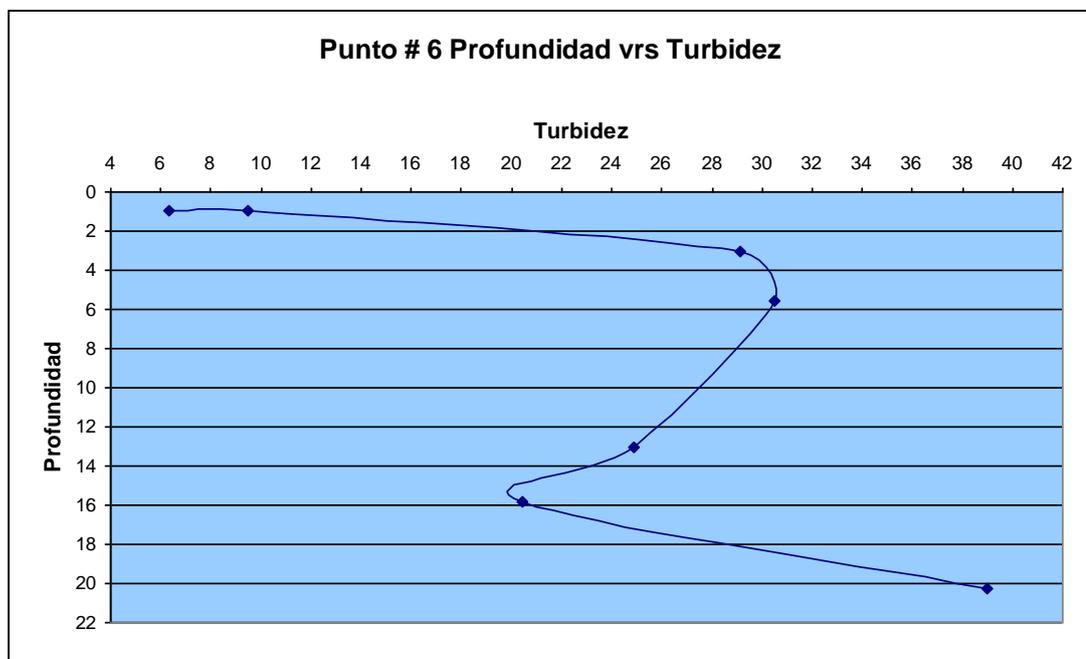


Figura N° 24 Profundidad vrs Turbidez

Punto 6 El Mirador la turbidez presenta un aumento, a medida aumenta la profundidad. El aumento de turbidez en el lago se puede deber a lo que se conoce como “blooms” o afloramientos de algas; debido a que se reporta un color verdoso en las aguas del lago el día del muestreo. Esto puede ser un producto del aumento de los nutrientes en el lago por el arrastre de sedimento del Volcán Ilimatepec.

Capitulo VI

Conclusiones

## CONCLUSIONES

1. En general las características Físicas y Químicas del agua del Lago de Coatepeque, en su estado natural no son aptas para ninguno de los usos (contacto humano, riego, potabilización y calidad ambiental) ya que en los 3 muestreos realizados no cumplen con los criterios que se especifican según las normas de comparación aplicadas.
2. El grado de contaminación fecal, obtenido en los tres muestreos realizados con los valores permisibles de 1000NMP/100mL, indicando esto que el agua se encuentra libre de contaminantes de origen humano y animal.
3. Los resultados obtenidos al comparar con la norma para contacto humano, muestran que el agua del lago de Coatepeque en los tres muestreos realizados presentan los valores de Oxígeno disueltos de 8.16mg/L a 7.27 inferiores al valor permisible y de turbidez de 30.8 a 4.0UNT superiores al valor permisible no cumpliendo con lo que especifica la OMS.
4. Con respecto al uso del agua para riego los resultados obtenidos en los tres muestreos reflejan que los parámetros evaluados están superiores al valor permisible en los 6 puntos muestreados, no cumpliendo con la aptitud de uso según especificaciones del Decreto N° 51 de Diario Oficial del País.

5. En el caso del uso del agua para potabilizar, en los tres muestreos realizados solo se cumplen con la norma los parámetros de: Coliformes fecales que van de 2NMP a 500NMP y el pH que va de 8.61 a 8.91
6. La calidad ambiental según ICA las aguas son predominantemente “Regular” indicando esto que existe menos diversidad de vida acuática y el crecimiento de algas es mayor en los puntos muestreados.
7. La presencia de lluvia, produjo variación en los parámetros evaluados de los 6 puntos, en algunos aumentando lo que evidencia que el proceso de contaminación es influenciado por afluentes o escorrentías que se dan en período lluvioso.
8. En los tres muestreos se reflejan valores altos de sólidos disueltos totales y esto se puede deberse a la presencia de sales o iones disueltos, provenientes de descargas domésticas o industriales.
9. Los valores DBO en los tres muestreos realizados reflejan valores menores según el rango que especifica el decreto N° 51 y esto puede deberse al alto contenido de fenoles que se presentan ya que estos pueden inhibir los compuestos orgánicos presentes.
10. Con el tercer muestreo se realizó el perfil del lago de Coatepeque con fines de conocer todos los cambios que pudieran darse ya sea físicos químicos .y biológicos.

## Capítulo VII

### Recomendaciones

## RECOMENDACIONES

1. Establecer al Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) un monitoreo sistemático y periódico para conocer la calidad físico-química y bacteriológica del lago.
2. Fomentar y concientizar a la población de la cuenca sobre la importancia de evitar la contaminación de origen fecal hacia el lago.
3. Las autoridades o Instituciones gubernamentales (alcaldías) deben controlar actividades recreativas y deportivas en el lago de tal manera que las descargas de origen humano, industrial y domésticas sea cada vez menor.
4. No utilizar el agua de Coatepeque para ningún tipo de consumo humano.
5. Utilizar el uso de pesticidas, insecticidas, abonos fertilizantes permitidos y la vez utilizar insumos agrícolas de origen orgánico, con el objetivo de evitar posibles fuentes contaminantes y evitar el excesivo aporte de nutrientes.

6. Las autoridades correspondientes como el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) debe de realizar un muestreo en la época seca, para poder efectuar una comparación con los de la época de invierno.
  
7. Para investigaciones a futuros la toma de muestra debe realizarse en época seca, ya que la lluvia pueden causar interferencias en los resultados debido al efecto de dilución en el lago.
  
8. Promover e incentivar a las autoridades de la cuenca (municipios, residentes, y propietarios de las quintas de recreación) a definir medidas orientadas a la protección ambiental.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- 1- American Public Health Association. 1963. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho.
- 2- Anaya R. D.G, 1997. Evaluación de la contaminación de la cuenca del río Cuaya, Ilopango. Trabajo de graduación Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.
- 3- Biblioteca Microsoft Corporación Encarta 2005 de consultoría Microsoft.
- 4- Bonilla E. E.L. 2004. Recopilación de los Métodos de Muestreo para Análisis fisicoquímico de aguas. Trabajo de Graduación Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.
- 5- P. F.I Carlos 1999. Estudio Hidrológico- Hidrogeológico de la cuenca del Lago de Coatepeque Dep. Santa Ana Fundación Coatepeque.
- 6- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) 2005. Realización de un Diagnóstico preliminar del Lago de Coatepeque
- 7- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) 2003. Manual de Métodos para Análisis físico-químico de Calidad de aguas

- 8-MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1973. Estudios Hidrológicos del lago de Coatepeque. Dirección General de recursos naturales renovables.
- 9- Metcalf y Eddy, inc. 2000. Ingeniería de aguas residuales tratamiento vertido y reutilización. 3 ed. México, México D.F. volumen I. Interamericana ed. p. 53- 137.
- 10- Molina V. N. E. 2004 Contaminación del Agua y Evaluación Económica en el Lago de Ilopango, El Salvador. Para Optar el Grado de Maestría en Gestión Ambiental Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas y Escuela de Biología. Universidad de El Salvador.
- 11-IETEC (Internacional Environmental Technology Centre) 2001. Planificación y Manejo de Lagos y Embalses; una visión integral de la eutrofización. Edición No. 11 Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- 12- Ramírez C. K.A. 1998. Estudios de la Contaminación de las Aguas del Lago de Coatepeque. Trabajo de Graduación Facultad de Química y Farmacia y Biología, Universidad Alberto Masferrer.
- 13- Valle C. L. (1946-1996) Secretaria Ejecutiva del Medio Ambiente. (SEMA).

14-<http://www.elsalvador.Com/Revista/hablemos/Coatepeque> investigado por Medio Ambiente

15-<http://www.lucn/Org/place/orma/Noticias/articulo-Reuters/uicn.pdf>.  
Revista/Dominical.

16-[http://www.snet.gob.Sv.Balance Hídrico; Calidad del agua del recurso hídrico superficial](http://www.snet.gob.Sv/Balance_Hídrico; Calidad del agua del recurso hídrico superficial).

17-<http://www.snet.gob.Sv/Balance/Hídrico/Integrado/Dinamico/en/El Salvador. 2005>.

18- <http://www.wateryear2003.org/es/>.

19- [http:// www.lenntech.com/espanol/irrigacion/riesgo sodio- en regadios](http://www.lenntech.com/espanol/irrigacion/riesgo_sodio- en_regadios)

20- [http:// www.monografias.com/trabajos36 /el agua /el agua2.shtm](http:// www.monografias.com/trabajos36 /el_agua /el_agua2.shtm)

21- <http:// www.prisma.org.sv/pubs/prisma44 alteración del ciclo hidrológico en el salvador tendencias y desafíos para la gestión territorial>.

22- [http://www.snet.gob.sv/snet\\_lagos\\_y\\_lagunas\\_de\\_el\\_salvador](http://www.snet.gob.sv/snet_lagos_y_lagunas_de_el_salvador)

## GLOSARIO

Aptitud de Uso: Son las diferentes utilidades que puede tener el agua y éstas dependen de su calidad. <sup>(16)</sup>

Eutroficación: Se describe como el cambio en la productividad biológica o cambio de las especies de plantación y aumento de las concentraciones de nutrientes en un cuerpo de agua. <sup>(11)</sup>

Limnología: Es la rama de la ciencia que trata con la productividad biológica, las aguas interiores y todas las causas influyen en ellas. <sup>(11)</sup>

Epilimnos: Parte superior del agua que es más caliente y queda temporalmente aislada del agua inferior. <sup>(11)</sup>

Hipolimnio: Parte inferior del agua es más fría, por una zona de termoclina que es una capa horizontal de discontinuidad térmica en la que la temperatura cae al menos 1°C por metro de profundidad. <sup>(11)</sup>

Contaminación Puntual: Se refiere a las descargas directas de los vertidos industriales ó domésticos. <sup>(11)</sup>

Contaminación No Puntual: Se originan por fuentes dispersas alo largo del lago tales como: erosión, fertilizantes movidos por la lluvia. <sup>(16)</sup>

Zona Fótica: Zona de penetración eficaz de la luz, donde se lleva a cabo la fotosíntesis. <sup>(11)</sup>

# ANEXO N° 1

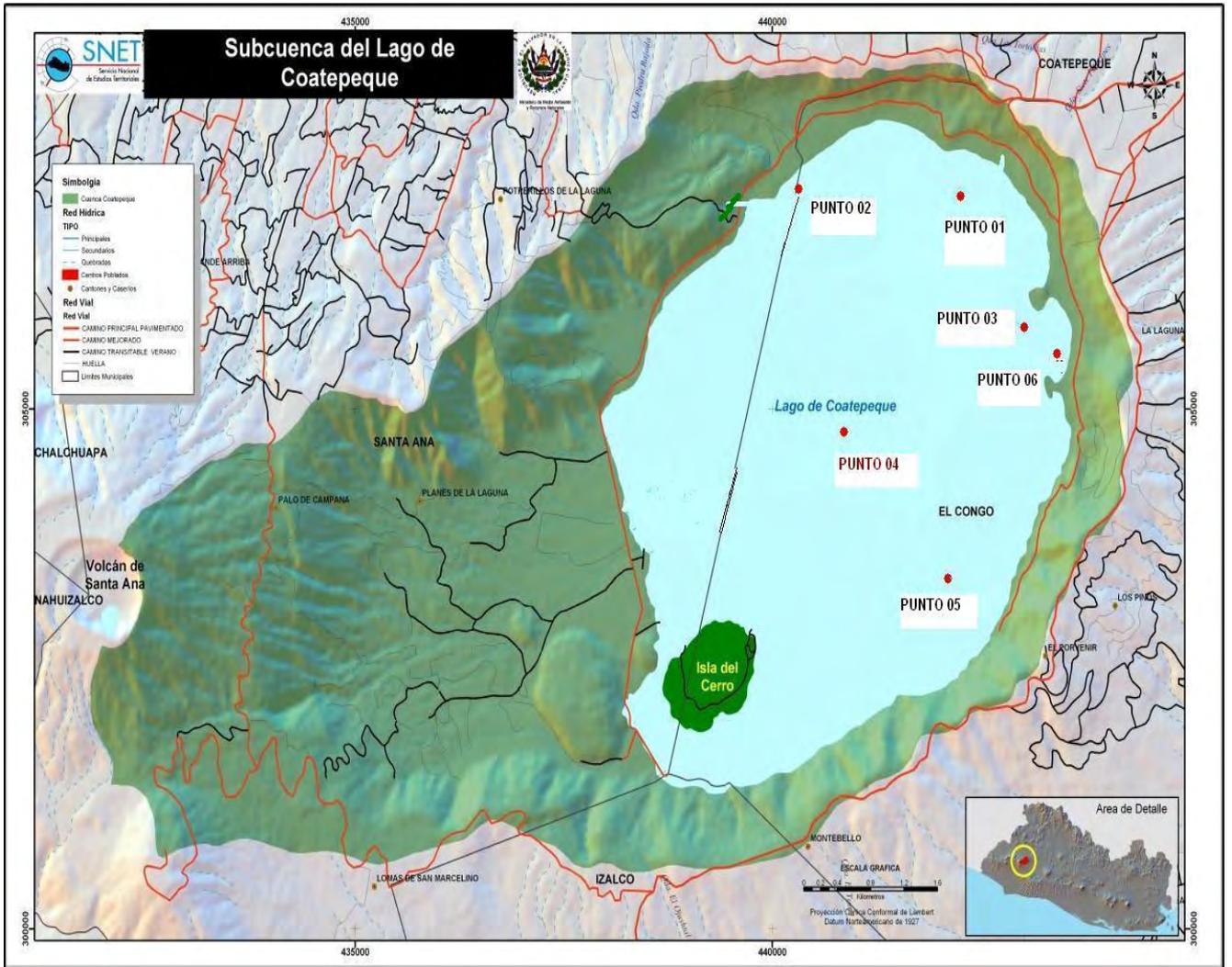
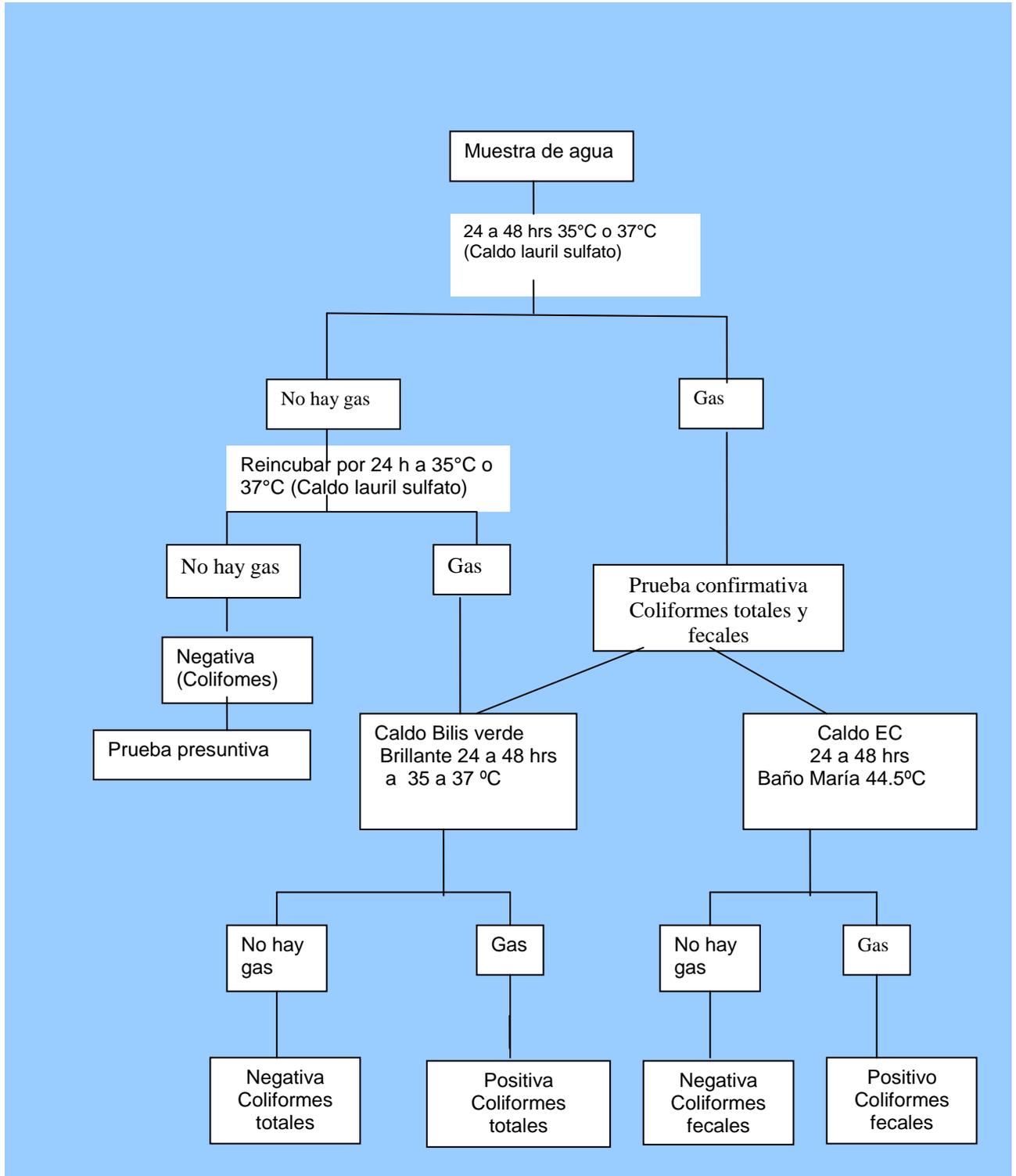


Figura N°1 mapa puntos de muestreos Lago de Coatepeque.

## ANEXO N°2 ESQUEMA DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO



### ANEXO Nº 3 TABLA DE NMP PARA ANALISIS DE AGUAS

Combinación de positivos	Indice de NMP 100 mL	Limite de Confianza 95%		Combinación de positivos	Indice de NMP 100 mL	Limite de Confianza 95%	
		Sup	Inf			Sup	Inf
0-0-0	menor de 2	-	-	4-2-0	22	9,0	56
0-0-1	2	1,0	10	4-2-1	26	12	65
0-1-0	2	1,0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	2	1,0	13	4-3-1	33	15	77
				4-4-0	34	16	80
1-0-0	2	1,0	11				
1-0-1	4	1,0	15	5-0-0	23	9,0	86
1-1-0	4	1,0	15	5-0-1	30	10	110
1-1-1	6	2,0	18	5-0-2	40	20	140
1-2-0	6	2,0	18	5-1-0	30	10	120
				5-1-1	50	20	150
2-0-0	4	1,0	17	5-1-2	60	30	180
2-0-1	7	2,0	20				
2-1-0	7	2,0	21	5-2-0	50	20	170
2-1-1	9	3,0	24	5-2-1	70	30	210
2-2-0	9	3,0	25	5-2-2	90	40	250
2-3-0	12	5,0	29	5-3-0	80	30	250
				5-3-1	110	40	300
3-0-0	8	3,0	24	5-3-2	140	60	360
3-0-1	11	4,0	29				
3-1-0	11	4,0	29	5-3-3	170	80	140
3-1-1	14	6,0	35	5-4-0	130	50	390
3-2-0	14	6,0	35	5-4-1	170	70	480
3-2-1	17	7,0	40	5-4-2	220	100	580
				5-4-3	280	120	690
4-0-0	13	5,0	38	5-4-4	350	160	820
4-0-1	17	7,0	45				
4-1-0	17	7,0	46	5-5-0	240	100	940
4-1-1	21	9,0	55	5-5-1	300	100	1,300
4-1-2	26	12	63	5-5-2	500	200	2,000
				5-5-3	900	300	2,900
				5-5-4	1,600	600	5,300
				5-5-5	mayor o igual 1,600	-----	-----

## ANEXO N° 4

### PREPARACION DE REACTIVOS Y MEDIOS DE CULTIVO <sup>(7)</sup>

\*Solución indicadora de Cromato de Potasio.

Disolver 50 g de Cromato de Potasio ( $K_2CrO_4$ ) en una pequeña cantidad de agua destilada. Adicionar solución de  $AgNO_3$  hasta la formación de un precipitado rojo. Dejar reposar 12 horas, filtrar y diluir a 1 litro con agua destilada.

\*Solución titulante de Nitrato de Plata ( $AgNO_3$ ), 0.0141M (0.0141N)

Disolver 2.395g de  $AgNO_3$  en agua destilada y diluir a 1 litro. Estandarizar con NaCl, 1.00 mL = 0.5 mg Cl. Almacenar en un frasco oscuro.

\*Solución estándar de NaCl 0.0141M (0.0141N).

Disolver 824mg de NaCl (previamente secados a 140°C) en agua destilada y diluir a 1 litro. 1.00mL = 0.5mg de Cl.

\*Solución sulfato manganeso de tetrionato.

Disolver 480g de  $MnSO_4 \cdot 4 H_2O$  g ò 400g de  $MnSO_4 \cdot 2 H_2O$  ò 364 g  $MnSO_4 \cdot H_2O$  en agua destilada, filtrar y diluir a 1 litro.

La solución de sulfato manganeso no deberá dar color con el almidón cuando es adicionada a una solución acidificada de KI.

\*Solución Álcali – Yoduro –Azida

Para muestras saturadas o de menor saturación, disolver 500g de NaOH (ò 700 g de KOH), 135 g de NaI ò 150 g KI en agua destilada y diluir a un litro. Añadir 10g de  $\text{NaN}_3$  disueltos en 40mL de agua destilada. Las sales de sodio y potasio pueden ser utilizadas en forma intercambiada. Este reactivo no debe dar color con el Almidón cuando es diluida y acidificada.

\*Acido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.

Un mililitro es equivalente a aproximadamente 3mL de reactivo álcali - yoduro azida

\*Solución de almidón.

Disolver 2g de almidón soluble y 0.2 g de acido salicílico como preservante en 100mLde agua destilada caliente.

Nota: Se ha comprobado que sin preservantes y guardándola a la refrigeradora da buenos resultados para que no se descomponga tan rápidamente.

\*Solución Estándar de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  0.025 M

Disolver 6.025 de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada. Añadir 1.5 mL de NaOH 6N ò 0.4 g de NaOH sólido y diluir a 1litro. Estandarizar con solución de biyodato.

\*Solución Estándar de Biyodato de potasio 0.021 M  $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$

Disolver 812.4 mg  $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$  en agua destilada y diluir a 1000 mililitros.

Para la estandarización:

Disolver aproximadamente 2g de biyodato libre de yodato en frasco erlenmeyer con 100 a 150 mL de agua destilada, añadir 1 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6N ó unas pocas gotas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y 20 mL de solución estándar de biyodato. Diluir a 200 mL y titular el yodo liberado con la solución estándar de tiosulfato, añadiendo almidón cerca del punto final de la titulación cuando un color amarillo pálido es alcanzado. Cuando las soluciones son de igual fuerza, 20 mL de tiosulfato de sodio 0.025 M deberían de ser requeridos. Si no es así ajustar la solución de tiosulfato a la concentración a 0.025 M.

\*Solución Buffer de Fosfatos

Disolver 8.5 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 21.75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 33.4 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1.7 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en aproximadamente 500 mL de agua y diluir a 1 L. El pH debe ser de 7.2 sin ajustar. Descartar el reactivo (o cualquiera de los siguientes reactivos) si existe alguna señal de crecimiento biológico en la solución de reserva.

\*Solución de Sulfato de Magnesio

Disolver 22.5 g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y diluir a 1 L.

## MEDIOS DE CULTIVO

### \*Caldo Bilis Verde Brillante

Suspender 40g de caldo bilis verde brillante en 1 litro de agua purificada; se calienta ligeramente la mezcla para disolver completamente el polvo.

Se dispensa la solución en tubos que contengan viales de fermentación invertidos luego se coloca en autoclave a 121° C por 15 minutos, el pH final que debe tener la solución es de  $7.2 \pm 0.2$ .

### \*Caldo EC

Suspender 37g de polvo en 1 litro de agua purificada y agitar para disolver completamente, luego se dispensa en tubos que contengan viales de fermentación invertida, se autoclavan a 121°C por 15 minutos el pH final es de  $6.9 \pm 0.2$

### \*Caldo Lauril Sulfato de Sodio

Disolver 35.6g en 1 litro de agua desmineralizada se introducen en tubos de ensayo con viales de fermentación, autoclavar por 15 minutos a 121°C y el pH final debe ser  $6.8 \pm 0.2$

## **ANEXO N° 5 MATERIALES, EQUIPO Y METODOS.**

### **DETERMINACIÓN DEL COLOR APARENTE**

#### **MÉTODO COBALTO- PLATINO**

Material, equipo y reactivos

- Espectrofotómetro visible
- Celdas
- Agua destilada
- Patrón de Cloroplatinato de Potasio de 500 Unidades Pt-Co
- Cloroplatinato de Potasio
- Cloruro de Cobalto
- Ácido Clorhídrico concentrado

### **DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS.**

#### **MÉTODO GRAVIMETRICO.**

Materiales:

a) Recipientes de evaporación.

-Recipientes con una capacidad de 100mL, hechos de los

siguientes materiales:

-Porcelana, 90 mm de diámetro.

-Platino, generalmente satisfactorio para todos los propósitos

-Vidrio de Silica.

- b) Horno tipo mufla para operaciones con temperaturas de 550°C.
- c) Baño de vapor.
- d) Desecador: con un material desecante conteniendo un indicador de color que muestre la medida de contaminación o un instrumento indicador.
- e) Horno secador, para operar entre los 103-105°C.
- f) Balanza analítica, con capacidad de 0.1 mg.
- g) Agitador magnético con su barra TFE.
- h) Soporte de pipeta.
- i) Filtro de fibra de vidrio.
- j) Aparato de filtración

## **DETERMINACION DE CLORUROS.**

### **MÉTODO ARGÉNTOMETRICO.**

Materiales:

- a) Frascos Erlenmeyer de 125 mL
- b) Bureta de 50 mL.

Reactivos

- a) Solución indicadora de Cromato de Potasio.
- b) Solución titulante de Nitrato de Plata ( $\text{AgNO}_3$ ), (0.0141N).
- c) Solución estándar de NaCl (0.0141N).
- d) Reactivos especiales para remover interferencias.
  - 1. Suspensión de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .
  - 2. Solución de indicador de fenolftaleína.

3. Hidróxido de Sodio (NaOH) 1N.
4. Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 1N.
5. Peróxido de Hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30%.

## **DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDROGENO ( pH)**

### **MÉTODO ELECTROMÉTRICO**

Materiales.

Beaker.

Preferiblemente usar beaker de polietileno.

Agitador.

Utilizar agitador magnético, un agitador forrado de teflón o un agitador mecánico cubierto con un plástico inerte.

### **DETERMINACIÓN DE NITRATOS.**

#### **METODO DE REDUCCIÓN DEL CADMIO.**

Reactivos

- a) Reactivo NitraVer 5 (1 envoltorio por muestra)
- b) Agua de Bromo, 30 g/L

Equipo.

- a) Espectrofotómetro visible

## **DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO.**

### **MÉTODO YODOMÉTRICO.**

#### **Reactivos.**

- a) Solución sulfato manganeso tetrahidratado.
- b) Solución Álcali-Yoduro-Azida
- c) Ácido sulfúrico,  $H_2SO_4$ , concentrado
- d) Solución de almidón
- e) Solución Estándar de  $Na_2S_2O_3 \cdot 5 H_2O$  0.025 M
- f) Solución Estándar de Biyodato de potasio 0.0021 M  $(KH ( IO_3 )_2$

## **DETERMINACIÓN DE FOSFATO.**

### **MÉTODO COLORIMÉTRICO.**

#### **Material y Reactivos.**

- a) Celda de vidrio de 10mL
- b) Fosfato Phos Ver 3.

#### **Equipo.**

- a) Espectrofotometro visible.

## **DETERMINACIÓN DE SULFATOS.**

### **MÉTODO TURBIDIMÉTRICO.**

#### **Reactivos.**

- a) Almohadilla de reactivo Sulfa Ver 4.

#### **Equipo .**

- a) Espectrofotometro Visible.

## DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

### MÉTODO ELECTROMÉTRICO.

#### Equipo

- a. Botellas de incubación, de 250 a 300 mL de capacidad. Limpiar las botellas con detergente, enjuagar completamente, y escurrir antes de su uso. Como precaución contra la contaminación de aire en el interior de la botella, usar un sello de agua. Para obtener sellos de agua satisfactorios invertir la botella en un baño de agua o por la adición de agua en la boca de las botellas especiales de DBO. Colocar un tapón de papel o plástico o una capa de papel sobre la boca de la botella para reducir la evaporación del sello de agua durante la incubación.
- b. Incubador de aire o baño de agua, termostáticamente controlado a  $20 \pm 1$  °C. Eliminar toda la luz para prevenir la posibilidad de producción fotosintética de Oxígeno Disuelto.

#### Reactivos.

- a. *Solución Buffer de Fosfatos. Solución de Sulfato de Magnesio*
- b. *Solución de Cloruro de Calcio*

*Solución de Cloruro Férrico/Solución Ácida y Alcalina. 1N, para neutralización de muestras de desecho alcalinas ó ácidas.*

1. Ácido. Lentamente y mientras se mezcla, agregar 28 mL de Ácido Sulfúrico concentrado en agua destilada. Diluir a 1 litro.
2. Álcali. Disolver 40 g de Hidróxido de Sodio en agua destilada. Diluir a 1 litro.

- c. *Solución de Sulfito de Sodio Inhibidor de Nitrógeno, 2-cloro-6(triclorometil) piridina.*
- d. *Solución de Glucosa-Acido Glutámico.*
- e. Solución de Cloruro de Amonio.

## **DETERMINACIÓN DE FENOLES**

### **MÉTODO COLORIMÉTRICO.**

#### **Reactivos**

Reactivo en polvo de EDTA

Solución 1 Buffer para Dureza

Reactivo en polvo de fenol para el método sin extracción

Polvo de Persulfato de Potasio para fosfonatos

## **DETERMINACIÓN DE BORO**

### **MÉTODO DEL CARMÍN.**

#### **Reactivos**

Ácido sulfurico concentrado

Almohadilla de reactivo en polvo BoroVer

Agua desionizada

#### **Materiales**

Probetas de 100mL

Erlenmeyer de 125 mL

Probetas graduadas

Portacelda

## **DETERMINACIÓN DE CINC**

### **MÉTODO ZINCON**

Reactivos:

El Reactivo ZincoVer 5 contiene Cianuro de Potasio. Las soluciones de Cianuro son catalogadas como desechos peligrosos. El Cianuro debe de ser colectado para su disposición como reactivo peligroso. Debe de asegurarse que las soluciones con Cianuro son almacenadas en solución cáustica con  $\text{pH} > 11$  para prevenir la emisión del gas Cianuro de Hidrógeno. En caso de que ocurran salpicaduras o emisiones, limpiar el área utilizando el siguiente procedimiento:

- a. Utilizar un extractor de gases, sopladores.
- b. Mientras se está mezclando, agregar el desecho a un beaker que contenga una solución fuerte de Hidróxido de Sodio e Hipoclorito de Calcio ó Hipoclorito de Sodio (Blanqueador ó lejía).
- c. Mantener un exceso fuerte de Hidróxido y de Hipoclorito. Dejar la solución en reposo durante 24 horas.
- d. Neutralizar y descartar la solución en el drenaje con una gran cantidad de agua.

Materiales

Probeta graduada de 20mL

Porta celda

## **DETERMINACIÓN DE COBRE**

Reactivos

Almohadilla de Reactivo en polvo CUPER 1

### **Materiales**

Celdas

## **ANÁLISIS BACTERIOLOGICO**

### **DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES FECALES**

#### **MÉTODO NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP)**

##### **MATERIAL**

Pipetas

Tubos de cultivo con tubos Durham en su interior

Gradillas para los tubos de ensayo

Lazo de inoculación y sujetador

Matraces redondos

Erlenmeyer

Soportes

Baño de María

##### **EQUIPO:**

Estufa de aire caliente

Autoclave

Incubadora

Balanza