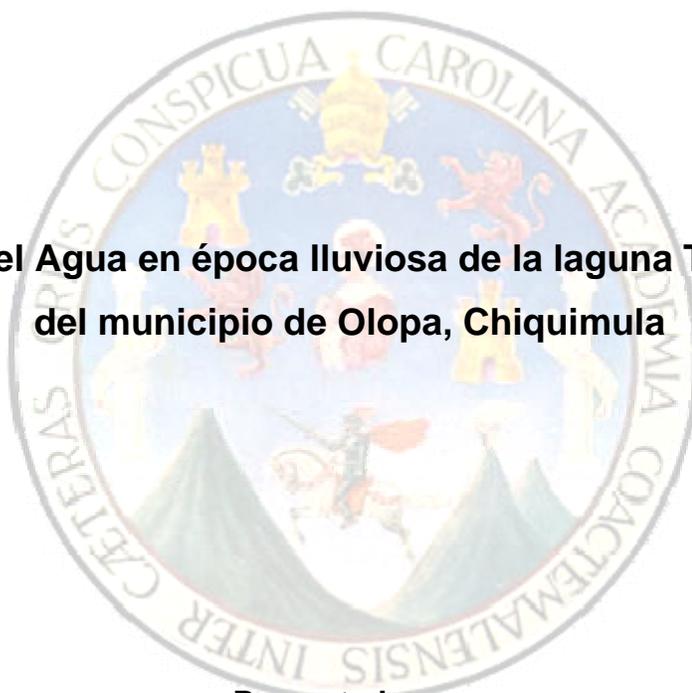


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Calidad del Agua en época lluviosa de la laguna Tuticopote
del municipio de Olopa, Chiquimula**



Presentado por

T.A. José Eduardo Sandoval Girón

Para otorgarle el título de:

LICENCIADO EN ACUICULTURA

Guatemala, Agosto 2011

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente

M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón

Coordinadora Académica

M.Sc. Norma Edith Gil Rodas de Castillo

Secretario

Ing. Agr. Gustavo Adolfo Elías Ogaldez

**Representante del Colegio
de Médicos Veterinarios
y Zootecnistas**

M.Sc. Aldo Vinicio Leiva Cerezo

Representante Docente

M.A. Allan Franco

Representante Estudiantil

T.A. Jesús Alfredo Guzmán Cáceres

Representante Estudiantil

T.A. Sofía del Carmen Morales Navarro



El M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón, Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- después de conocer el dictamen favorable de la M.Sc. Norma Gil de Castillo, Coordinadora Académica, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario T.A. **JOSÉ EDUARDO SANDOVAL GIRÓN** titulado “**Calidad del Agua en época lluviosa de la laguna Tuticopote del municipio de Olopa, Chiquimula**”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo. **IMPRIMASE.**

Guatemala, Agosto del 2011

ID Y ENSEÑAD A TODOS

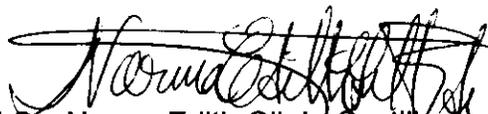
M.Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
DIRECTOR





La Coordinadora Académica del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura - CEMA-, después de conocer el dictamen de la asesora M.Sc. Norma Edith Gil de Castillo; de la revisora Sra. Adela Pérez Cruz, y la aprobación de la Coordinadora de EPS Licda. Olga Marina Sánchez al trabajo de graduación del estudiante universitario **José Eduardo Sandoval Girón** , titulado “Calidad del Agua en época lluviosa de la laguna Tuticopote del municipio de Olopa, Chiquimula”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo y autoriza su impresión.

“Id y Enseñad a Todos”


M.Sc. Norma Edith Gil de Castillo



Guatemala, agosto del 2,011

AGRADECIMIENTOS

A Fundación Solar por brindarme su apoyo durante la investigación.

A la Municipalidad de Olopa, Chiquimula por darme las facilidades necesarias para la ejecución de la investigación.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por abrirme las puertas para la realización de mis estudios.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA- por haberme dado la oportunidad de prepararme como profesional.

A la Licda. Norma Gil de Castillo por sus consejos y ayuda durante mi preparación académica e investigación.

Al Lic. Freddy Damián por su colaboración durante la ejecución de la investigación.

DEDICATORIA

A DIOS, por su amor y ser mi guía durante cada momento de mi vida.

A MI ABUELITA (+), María Elsa Méndez-Ruíz Windelberg, por su amor, y ser mi consuelo ante las dificultades que se han presentando durante mi vida.

A MI MADRE, Ana Isabel Girón Méndez Ruíz, por su amor y ser mi ejemplo de vida.

A MI HERMANO, Rafael Roberto Sandoval Girón, por su cariño y su apoyo incondicional.

A MIS AMIGOS, por todos los momentos buenos y malos que hemos vivido.

ABSTRACT

The Tuticopote lagoon located at the Olopa, Chiquimula town, is a body of water that supplies about a 70% of the water for the bordering communities, which is why is important the quality of water for the people of these communities.

In this research the lagoon water quality was tested during the rainy season, monitoring the physical and chemical parameters (temperature, pH, oxygen saturation percentage, alkalinity, hardness, nitrite, nitrate, sulphate and total phosphorus) and microbiological analysis (fecal and total coliforms, and quantitative analysis for phytoplankton species).

Most of the analyzed nutrients showed lower values like the nitrites, sulphates and total phosphorus, except for the nitrate, which was reported with a value of (68.35mg/l), that is considered high for eutrophic bodies of water, this happen due to the farming activities that take place around the lagoon, primary caused by the use of nitrogenated fertilizers.

Regarding the physical parameters *in situ*, the following were analyzed: oxygen saturation percentage, temperature, pH, alkalinity and hardness. The oxygen saturation percentage showed an average value of 70%, during the months from June to August, showing a decrease in May (65%), which happened due to the constant raining which contributed to oxygenate water and lower temperature, reflecting in the average temperature during those months (22.38°C-24.86°C) that were lower than in May.

The pH, alkalinity and hardness, values showed that is the lagoon a body of water with a neutral acidity (6.60-8.20), with alkalinity tendencies. Because of its water hardness, the water of the lagoon is classified as “Hard” (>120mg/l) the high rates of alkalinity show that the lagoon has a good system absorbing acidity.

For the microbiological analysis, the colony forming units for feces and total coliforms were analyzed and the result showed that there is no fecal contamination.

The phytoplankton species from the lagoon were identified. Finding oligotrophic body of water species found in the lagoon were (*Cyclotella*, *Melosira*, *tabellaría*, *Oocystis* and *Peridinium*) which are related to oligotrophic conditions. Others species were (*Fragilaria* and *Oscillatoria*), which are related to eutrophic water bodies.

The Tuticopote lagoon is currently found at an oligotrophic state, nevertheless if mitigation and prevention measures are not taken; it could become eutropized due to the amount of fertilizers that enter the water through run-off, changing its chemical composition.

RESUMEN

La laguna Tuticopote ubicada en el municipio de Olopa, Chiquimula, es un cuerpo de agua que suministra un 70% a las comunidades aledañas, por lo que la calidad de agua es de suma importancia para la sobrevivencia de los pobladores de dichas comunidades.

La presente investigación evaluó la calidad de agua de la laguna, durante la época lluviosa, monitoreando parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, porcentaje de saturación de oxígeno, alcalinidad, dureza, nitritos, nitratos, sulfatos y fósforo total) y análisis microbiológicos (coliformes fecales y totales así como análisis cualitativos de las especies fitoplanctónicas).

La mayoría de los nutrientes analizados presentaron valores bajos como los nitritos, sulfatos y fosforo total, excepto el nitrato, el cual reportó un valor promedio de (68.35mg/l), un valor sumamente alto para cuerpos de agua naturales, clasificando a esta laguna dentro de los cuerpos de agua que están en proceso de eutrofización, esto se debe a que los nitratos se alteran debido a las actividades agrícolas que se desarrollan en los alrededores de la laguna, principalmente al de fertilizantes nitrogenados.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos in situ, se investigaron los siguientes: Porcentaje de saturación de oxígeno, temperatura, pH, alcalinidad y dureza; el porcentaje de saturación de oxígeno presentó un valor promedio del 70% durante los meses de junio a agosto, observándose una disminución en el mes de mayo (65%) lo cual se debió a la influencia de las lluvias, las que contribuyeron a oxigenar el agua y a bajar la temperatura, reflejándose en el promedio de la misma durante esos meses (22.38°C-24.86°C) los que fueron en promedio más bajos que en mayo; teniendo relación con los porcentajes de saturación ya que a menor temperatura hay mayor porcentaje de saturación.

En cuanto al pH, alcalinidad y la dureza, demuestran que es un cuerpo de agua con una acidez neutra (6.60-8.20) con tendencia a alcalinizarse, lo cual se debió a la dureza del agua, categorizando a la laguna como “Dura” y a los valores altos de alcalinidad indicando que la laguna tiene un buen sistema de amortiguación de cambios de acidez.

En cuanto a los análisis microbiológicos se analizaron las unidades formadoras de colonias para coliformes fecales y totales, en ambos análisis no hubo crecimiento, lo cual indica que el agua no tiene contaminación fecal.

Se identificó las especies fitoplanctónicas de la laguna encontrando las relacionadas para cuerpos de agua oligotrófico (*Cyclotella*, *Melosira*, *tabellaria*, *Oocystis* y el *Peridinium*), y para cuerpos de agua en proceso de eutrofización (*Fragilaria* y *Oscillatoria*) lo cual se debe a las altas concentraciones de nitratos encontrados en el cuerpo de agua.

La laguna Tuticopote se encuentra en estado oligotrófico, sin embargo si no se toman medidas de mitigación y prevención necesarias se podría eutrofizar debido a la aportación de fertilizantes que llegan a este cuerpo de agua por escorrentía, alterando la composición química.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Ecosistemas acuáticos continentales	4
3.1.1 Lagunas	4
3.2 Calidad de Agua	5
3.3 Características de calidad de agua continentales	6
3.3.1 Características físicas	6
3.3.2 Características químicas	7
3.3.3 Características biológicas	8
3.3.3.1 Fitoplancton	8
3.3.3.2 Importancia del fitoplancton	9
3.3.3.3 Clasificación del fitoplancton	10
3.3.3.4 Análisis bacteriológico	10
3.4 Contaminación de agua	11
3.5 Proceso de eutrofización	11
3.5.1 Agua oligotrófica y eutrófica	12
IV. OBJETIVOS	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos	13
VI. METODOLOGÍA	14
6.1 Ubicación geográfica	14
6.2 Variables	14
6.3 Ubicación de puntos de muestreo	15
6.4 Selección de la muestra	16
6.5 Análisis de la información	20
VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	21
7.1 Parámetros fisicoquímicos	21
7.1.1 Nitratos, Nitritos, Fosforo total y Sulfatos en el agua	21

7.1.2 Porcentaje de Saturación del Oxígeno.	23
7.1.3 Temperatura	23
7.1.4 pH	24
7.1.5 Dureza	25
7.1.6 Alcalinidad	26
7.2 Parámetros microbiológicos	26
7.2.1 Coliformes fecales y totales	26
7.2.2 Fitoplancton	27
VIII. CONCLUSIONES	29
IX. RECOMENDACIONES	30
X. BIBLIOGRAFÍA	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	Principales representantes del fitoplancton en la columna de agua	9
Figura No. 2	Ubicación geográfica de la laguna de Tuticopote del municipio de Olopa, Chiquimula	14
Figura No. 3	Puntos de muestreo, Laguna Tuticopote	16
Figura No. 4	Análisis de calidad de agua <i>in situ</i> , laguna Tuticopote	16
Figura No. 5	Conservación de muestras de nutrientes.	17
Figura No. 6	Equipo para análisis de nutrientes	17
Figura No. 7	Medios de cultivo para análisis de coliformes fecales y totales	18
Figura No. 8	Red de fitoplancton	19
Figura No. 9	Identificación de las comunidades fitoplanctónicas de la laguna Tuticopote	19
Figura No. 10	Nitratos, nitritos, sulfatos y fósforo total de la laguna Tuticopote	22
Figura No. 11	Porcentaje de oxígeno (%), mayo - agosto	23
Figura No. 12	Temperatura (°C), mayo – agosto	24
Figura No. 13	pH, mayo – agosto	25
Figura No. 14	Dureza (mg/l), mayo – agosto	25
Figura No. 15	Alcalinidad (mg/l) mayo – agosto	26
Figura No. 16	<i>Melosira</i> , representante del grupo de las diatomeas	28
Figura No. 17	<i>Fragilaria</i> , representante al grupo de las diatomeas	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Utilización del agua dentro de una comunidad	5
Cuadro No. 2	Características físicas	6
Cuadro No. 3	Características químicas	7
Cuadro No. 4	Valores permisibles para unidades formadoras de colonias UFC/100ml	11
Cuadro No. 5	Concentraciones de nutrientes en la laguna Tuticopote	21
Cuadro No. 6	Coliformes fecales y totales	27
Cuadro No. 7	Especies fitoplanctónicas de la laguna Tuticopote	27

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un término utilizado para describir las características químicas, físicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida acuática.

El manejo inadecuado de los recursos hídricos es uno de los principales problemas que se presentan en Guatemala, debido a las acciones antropogénicas que afectan el equilibrio ecológico y a las comunidades ya que en su mayoría dependen del cuerpo de agua para supervivencia y seguridad alimentaria.

El deterioro de la calidad del agua de los sistemas lacustres en Guatemala se debe prioritariamente a la intervención humana (deforestación, manejo inadecuado de sólidos, falta de cumplimiento de leyes de agua, entre otros).

La laguna Tuticopote es un cuerpo de agua de origen natural, siendo fuente de suministro de agua (70%) a las comunidades aledañas, por lo que se realizó un estudio de calidad de agua al ecosistema con la finalidad de conocer el grado de eutrofización de la laguna.

El objetivo principal del estudio fue evaluar la calidad del agua de la laguna Tuticopote, con la finalidad de proporcionar información del estado trófico de la laguna, a las instituciones responsables del manejo sostenible y desarrollo social de los pobladores que se benefician de este cuerpo de agua.

II. ANTECEDENTES

Se evaluaron varios componentes ambientales de la laguna de Calderas, ubicada entre los municipios de Amatitlán, departamento de Guatemala, y el municipio de San Vicente Pacaya, departamento de Escuintla. Se determinó mayor concentración de nitritos y mayores lecturas de pH en áreas cercanas a los poblados, lo que evidencia intervención antrópica negativa en la calidad ambiental del agua del ecosistema, debido a que recibe aguas residuales de la población que se encuentra en la ribera. En la laguna los peces predominantes y de importancia económica son la lobina (*Micropterus salmoides*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*), ambas especies exóticas. La capacidad de carga del ecosistema se estima en 12.8 Tm/Km², actualmente se encuentra en 2.68 Tm/Km² lo que demuestra que la biomasa actual es baja (Marroquín, 2008).

Se realizó una investigación en la zona occidental del Lago de Izabal, río Polochic y sus afluentes. Los resultados encontrados reportan que la mayor cantidad de nutrientes ingresan al lago de Izabal por el refugio de vida silvestre Bocas de Polochic. El nitrato es el nutriente que más aumentó con un promedio de 2.2 mg/l. No se observaron variaciones de los niveles de fosfatos, aunque se apreció aumento en las poblaciones de macrofitas y fitoplancton, lo que puede reflejar un incremento de este nutriente en el ecosistema (Pacas, 2004).

Se realizó un monitoreo continuo en época seca y lluviosa de la calidad y cantidad del agua del río Villalobos, en el cual se estableció una estación previo a unirse al lago de Amatitlán. Se pudo establecer que existió muy buena correlación entre las variables N/P (0,84), N/DQO (0,65), N/DBO (0,65), P/DQO (0,76), P/DBO (0,74) en época seca y lluviosa. En época seca el caudal es una variable inversamente proporcional hacia los contaminantes químicos a excepción del nitrógeno y fósforo, en la lluviosa el caudal actúa directamente sobre los parámetros físicos y químicos (García, 2002).

Se realizó una investigación de calidad del agua del lago de Amatitlán, utilizando la aireación artificial, como herramienta de tratamiento del lago. Los resultados de los parámetros medidos fueron comparados con datos anteriores a la aireación proporcionados por AMSA (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del lago de Amatitlán), demostrándose que existe diferencia significativa con la aplicación de este proceso. Los resultados también fueron analizados y comparados con parámetros y valores de referencia de calidad de aguas naturales según la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y las normas sobre requisitos de calidad del agua de los cuerpos receptores de aguas negras y residuos industriales según sus usos (Pérez, 2007).

III. MARCO TEORICO

3.1 Ecosistemas acuáticos continentales

Los ecosistemas acuáticos continentales son cuerpos de agua que se encuentran en tierra firme y están integrados así:

- Lénticos. Formados por aguas tranquilas, tales como lagos, charcas, estanques, entre otros (Vallentyne, 1978).
- Lóticos. Formados por corrientes de agua, tales como arroyos y ríos etc. (Vallentyne, 1978).

Los ecosistemas lénticos se diferencian de los lóticos por la fuerza de la corriente, el intercambio entre la tierra, el agua y la cantidad de oxígeno contenida en el agua (Vallentyne, 1978).

3.1.1 Lagunas

Son medios dinámicos, que siempre tienden al equilibrio. Cuando se produce algún cambio en alguno de sus elementos, van buscando nuevas aproximaciones a un nuevo equilibrio, como respuesta a los nuevos factores que la modificaron. Todo esto ocurre gradualmente, acelerándose en verano y desacelerándose en invierno (Vallentyne, 1978).

La natural tendencia de estos medios es ser colonizados y colmados por vegetación (desarrollo de plantas sumergidas, juncos, entre otros), lo que provoca la acumulación de sedimentos que los van transformando en llanuras. El hombre, por su parte, también afecta en forma directa esta estabilidad, construyendo en su entorno casas que, al aumentar la densidad de la población circundante, elevan los niveles de nutrientes que llegan al agua por erosión, lavado de fertilizantes, etc. (Vallentyne, 1978).

3.2 Calidad de Agua

La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes (Quiroz, 2005).

Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y de contaminantes que no están presentes de forma natural (Quiroz, 2005).

La calidad de un cuerpo de agua depende de la forma en que las comunidades le den un uso adecuado para actividades como beber, nadar o propósitos comerciales. A continuación se describe la utilización de la misma dentro de una comunidad (Quiroz, 2005) (Cuadro No. 1.).

Cuadro No. 1. Utilización del agua dentro de una comunidad.

Abastecimiento de agua potable
Recreación
Riego de cultivos
Procesos industriales
Producción de pescado y crustáceos comestibles
Protección de los ecosistemas acuáticos
Hábitat de vida

Fuente: CORANTOQUIA, 2002.

Para determinar si el agua es de buena calidad o no, es necesario identificar una serie de cualidades asociadas a contaminantes o procesos que sirvan como indicadores (Sánchez, 2003).

El objetivo es cuantificar parámetros físicos, químicos y biológicos con el fin de establecer los valores máximos permisibles que no pongan en peligro la vida acuática y permitan utilizar el agua para cualquier propósito (Sánchez, 2003).

3.3 Características de calidad de agua continentales.

3.3.1 Características Físicas

Cuadro No. 2. Características físicas de la calidad de agua

Parámetro	Definición	Efecto
Turbiedad	Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos e incluso microorganismos, que se presentan principalmente en aguas superficiales.	El aporte al agua de vertimientos con altas concentraciones de sólidos en suspensión, coloidales o finos, aumenta la turbiedad, se disminuye la transparencia, impidiendo la penetración de la luz, disminuyendo la incorporación del oxígeno disuelto por la fotosíntesis, afectando la calidad y productividad de los ecosistemas.
Conductividad	Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la presencia de iones. Proviene de una base, un ácido o una sal, disociadas en iones.	La conductividad y la dureza son dos parámetros cuyos valores están relacionados y reflejan el grado de mineralización de las aguas y su productividad potencial. Un aumento en la conductividad de las aguas naturales afecta la productividad de los ecosistemas.
pH	El pH expresa la intensidad de la condición ácida o alcalina de un solución. El pH del agua natural depende de la concentración de CO ₂ . El pH de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos, el pH alcalino indica que los suelos son calizos y el pH ácido que son silíceos.	Vertimientos ácidos, pH<6 en corrientes de agua con baja alcalinidad ocasionan disminuciones del pH del agua natural por debajo de los valores de tolerancia de las especies acuáticas (pH entre 5 y 9), lo mismo sucede con vertimientos alcalinos pH > 9. Los vertidos de pH ácido, disuelve los metales pesados y el pH alcalino los precipitan.
Temperatura	La temperatura determina la evolución o tendencia de las propiedades físicas, químicas o biológicas.	El aumento de la temperatura, aumenta la solubilidad de las sales, ocasionando cambios de la conductividad y el pH.
Sólidos	Se refieren al material remanente luego de la evaporación y secado a 103°C – 105°C.	Altas concentraciones impiden la penetración de la luz, disminuyen el oxígeno disuelto, limitan el desarrollo de la vida acuática. Los SD afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano, altas concentraciones pueden ocasionar reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores.

Fuente: CORANTOQUIA, 2002.

3.3.2 Características químicas

Cuadro No. 3. Características químicas de la calidad de agua

Parámetro	Origen	Productos	Efectos
Compuestos de Azufre	<p>El azufre presenta un ciclo bioquímico (ciclo del azufre). A partir de materia orgánica descompuesta, oxidándose el azufre se producen sulfatos, que a su vez son usados por la vida vegetal, de la cual depende, la vida animal.</p> <p>Los productos de desecho y muerte de los seres vivos son degradados, produciéndose hidrógeno sulfurado y azufre, a partir de los cuales se vuelve a formar sulfato, iniciándose otra vez el ciclo.</p>	<p>Sulfuros: el H₂S es un gas muy insoluble en el agua, produce olor a huevos podridos y es muy venenoso.</p> <p>Sulfatos: El ión SO₄ contribuye a la salinidad de las aguas, se encuentra en la mayoría de las aguas naturales.</p> <p>Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm y la de mar cerca de 3000 ppm.</p>	<p>Se produce en aguas superficiales que reciben vertimientos con altos contenidos de materia orgánica. Las aguas que contengan este contaminante son tóxicas a pH ácido, incluso para las bacterias.</p> <p>Altas concentraciones de sulfatos limitan su uso para consumo humano, concentraciones mayores de 200 ppm ocasionan molestias en la salud.</p> <p>Los vertimientos de aguas residuales ocasionan el incremento de la concentración de sulfatos en las aguas naturales.</p>
Compuestos de nitrógeno	<p>El nitrógeno se encuentra en el agua como gas disuelto, combinaciones orgánicas y combinaciones inorgánicas.</p> <p>El Nitrógeno inorgánico no gaseoso se halla en forma de nitratos, nitritos y amonio.</p>	<p>Nitrógeno amoniacal: aguas superficiales bien aireadas no deben contener amoníaco.</p> <p>Aguas abajo de conglomerados urbanos, donde se descargan aguas negras, tienen siempre amoníaco.</p> <p>Nitritos: aparecen en el agua tanto por la oxidación del amoníaco, como por la reducción de los nitratos.</p> <p>Su presencia se debe a contaminación reciente, aun que haya desaparecido el amoníaco.</p> <p>Nitratos: Pueden provenir de las rocas que los contengan (poco común), o bien por oxidación bacteriana de la materia orgánica,.</p> <p>La concentración</p>	<p>La presencia de amoníaco libre o ion amonio (NH₄⁺) se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa.</p> <p>A pH altos el amonio pasa a amoníaco afectando la producción piscícola.</p> <p>Si el medio es aerobio el amoníaco se transforma en nitritos.</p> <p>La presencia de nitritos limita el uso del agua para consumo humano, su presencia indica polución, con la consecuente aparición de organismos patógenos.</p> <p>El aumento en la concentración de nitratos limita el uso del agua para consumo humano. Desde el punto de vista de potabilidad las</p>

		aumenta en las aguas superficiales por el uso de fertilizantes y el aumento de la población (vertimientos de aguas)	normas actuales admiten hasta 50 mg/l de nitratos, concentraciones superiores son perjudiciales para la salud.
Compuestos de Fosforo	El fósforo disuelto en el agua puede proceder o bien de ciertas rocas, o del lavado en los suelos, en cuyo caso puede tener su origen en pozos sépticos o estercoleros, dependiendo la concentración de fósforo de un agua superficial.	El fósforo se encuentra en el agua como fósforo orgánico o inorgánico, disuelto o en suspensión.	Los fosfatos favorecen la eutrofización, lo cual trae como consecuencia el aumento en el medio de materias orgánicas, bacterias heterotrófas.

Fuente: CORANTOQUIA, 2002.

3.3.3 Características biológicas

3.3.3.1 Fitoplancton

El fitoplancton (phyto = planta, Planktos = moverse) son plantas unicelulares que viven en la superficie de las aguas de todos o al menos la mayoría de los cuerpos de agua (Roldan, 1992, Chow, 2008).

“El fitoplancton consiste en un conjunto de organismos microscópicos vegetales no vasculares que contienen clorofila y poseen estructuras reproductoras simples” (Roldan, 1992, Chow, 2008), (Figura No. 1).



Figura No. 1. Principales representantes del fitoplancton en la columna de agua (Chow, 2008)

3.3.3.2 Importancia del Fitoplancton

Los representantes del fitoplancton constituyen el primer eslabón de la cadena alimenticia y es la unidad básica de producción de materia orgánica en los ecosistemas acuáticos, las cuales en presencia de los nutrientes adecuados (nitrógeno y fósforo) captan y transforman la energía proveniente del sol (proceso fotosintético) en energía asimilable para el resto de los organismos que constituyen la biota del ecosistema acuático (Chow, 2008).

3.3.3.3 Clasificación del Fitoplancton

Los grupos fitoplanctónicos principales presentes en el agua dulce en dos reinos: El *procariótico* (carecen de núcleo definido), y el *eucariótico* (contienen núcleo definido). En el primero de ellos figura la división Cyanophyta, en el segundo se incluyen las siguientes divisiones: Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Bacillariophyta, Dinophyta. Es importante mencionar que dichos representantes también se encuentran en agua salobre y salada cambiando su variedad y distribución (Roldan, 1992).

3.3.3.4 Análisis Bacteriológico

Existe un grupo de enfermedades conocidas como enfermedades hídricas, pues su vía de transmisión se debe a la ingestión de agua contaminada. Es conveniente determinar la pureza desde el punto de vista bacteriológico (Vásquez, 1975).

Buscar gérmenes como *Salmonella*, *Shigella*, trae inconvenientes, pues normalmente aparecen en escasa cantidad. Por otra parte su supervivencia en este medio desfavorable y la carencia de métodos sencillos y rápidos, llevan a que su investigación no sea satisfactoria, máxime cuando se encuentren en número reducido (Vásquez, 1975).

En vista de estos inconvenientes se ha buscado un método más seguro para establecer la calidad higiénica de las aguas, método que se basa en la investigación de bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal (Vásquez, 1975).

El agua que contenga bacterias de ese grupo se considera potencialmente peligrosa, pues en cualquier momento puede llegar a vehiculizar bacterias patógenas, provenientes de portadores sanos, individuos enfermos o animales. (Vásquez, 1975).

Cuadro No. 4 Valores permisibles para unidades formadoras de colonias UFC/100ml.

Coliformes fecales	< 2.2
Coliformes Totales	< 2.2

Fuente: (CEPIS, 2001).

3.4 Contaminación del agua

La contaminación del agua es cualquier cambio químico, biológico o físico en la calidad del agua que tenga un efecto nocivo sobre los organismos vivos o que el agua resulte imposible de usar para los fines deseados (Sánchez, 2003).

Los principales contaminantes del agua son la materia sedimentable, los nutrientes, las sustancias químicas, como las orgánicas persistentes, los metales y los microorganismos indicadores de contaminación humana, como lo son los coliformes totales y fecales (Sánchez, 2003).

3.5 Proceso de Eutrofización

Entre los procesos que alteran la calidad del agua y que amenazan la conservación y estabilidad de la misma, el proceso de eutrofización, es uno de los más sobresalientes y objeto actual de amplias investigaciones (Sánchez, 2003).

La eutrofización es un proceso por el cual se llega al aumento de nutrientes tales como: nitrógeno y fósforo en un cuerpo de agua. El proceso de eutrofización natural se conoce como el envejecimiento de los lagos inducido por efectos naturales (Sánchez, 2003).

Sin embargo, este término se ha utilizado para definir la eutrofización cultural, que no es otra cosa que una aceleración –provocada por el hombre- del proceso natural, que se observa en diversos cuerpos de agua impuesto por sobrealimentación derivada del entorno. Los desechos generados por las personas en la vida diaria, que no son dispuestos correctamente, son fuente de nutrientes, por lo que son una contribución para que este proceso se presente de manera acelerada (Quiroz, 2005).

3.5.1 Agua eutrófica y oligotrófica

Cuando un cuerpo de agua es pobre en nutrientes (oligotrófico) tiene las aguas claras, la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene a pocos animales. Las plantas y animales que se encuentran son los característicos de aguas bien oxigenadas (Sánchez, 2005).

Al ir cargándose de nutrientes, el cuerpo de agua se convierte en eutrófico. Las algas crecen en gran cantidad con lo que el agua se enturbia. Las algas y otros organismos cuando mueren, son descompuestos por la actividad de las bacterias, con lo cual se consume el oxígeno, y mueren especies de peces que necesitan aguas ricas en oxígeno (Sánchez, 2005).

En un cuerpo de agua eutrófico las concentraciones de oxígeno son escasas en las partes más profundas, haciendo que el nitrógeno y el fósforo ya no se encuentren en el sedimento, sino distribuidos homogéneamente en el agua, convirtiéndose en agentes fertilizadores de la misma (Sánchez, 2005).

Estos compuestos nitrogenados y el fósforo disponible en equilibrio con el sedimentario, en formas simples como amonio, nitritos, nitratos y fosfatos, no son metabolizados por especies superiores pero son aprovechados eficientemente por especies vegetales y algas. El daño causado por el incremento total de las algas se ve aumentado si la o las especies dominantes son tóxicas o dañinas en alguna otra forma (Sánchez, 2005).

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la calidad del agua en la laguna Tuticopote del municipio de Olopa, Chiquimula.

4.2 Objetivos específicos

Determinar las características físicas y químicas del agua en la laguna Tuticopote del municipio de Olopa, Chiquimula.

Establecer el número de unidades formadoras de colonias de coliformes fecales y totales de la laguna Tuticopote.

Identificar las comunidades fitoplanctónicas que predominan en el agua de la laguna y que son indicadores de calidad del agua.

VI. METODOLOGÍA

6.1 Localización geográfica

La laguna de Tuticopote se encuentra ubicada en la aldea Tuticopote en el municipio de Olopa, dicha laguna suministra un 70% de agua a los pobladores del lugar (Mancomunidad Copanch'orti', 2003)

La laguna esta aproximadamente a 10 kilómetros de la cabecera municipal, a sus alrededores posee una zona boscosa con diversidad de flora y fauna característica del municipio (Mancomunidad Copanch'orti', 2003) (Figura No. 2.).



Figura No. 2. Ubicación geográfica de la laguna de Tuticopote del municipio de Olopa, Chiquimula (Mancomunidad Copanch'orti', 2003)

6.2 Variables

- Parámetros Físicoquímicos

pH, temperatura (°C), Oxígeno disuelto (%), Alcalinidad (mg/l), Dureza (mg/l), transparencia (cm), fósforo total (P mg/l), nitritos (NO₂ mg/l), nitratos (NO₃ mg/l) sulfatos (SO₄ mg/l).

- Parámetros Microbiológicos

Fitoplancton.

Coliformes fecales y coliformes totales.

6.3 Ubicación de puntos de muestreo

Se determinaron los puntos de muestreo dentro de la laguna mediante un muestreo a juicio. Se confeccionaron los instrumentos para toma de datos, tanto en campo como en laboratorio.

Para el estudio de los parámetros fisicoquímicos y de fitoplancton de la laguna Tuticopote se establecieron cinco puntos (Figura No. 3) en zonas dispersas para abarcar toda el área de la laguna, considerando la influencia antropogénica. El punto 1, se situó cerca del área donde pobladores cercanos a la laguna sacan agua para su consumo doméstico, el punto 2 es el centro de la laguna, el punto 3, hay descargas por parte del centro de salud y el punto 4 y punto 5 se ubicaron en esa parte de la laguna Tuticopote debido a la actividad agrícola.

Durante la investigación se recolectaron un total de 20 muestras para análisis de calidad de agua, 20 de muestras para fitoplancton y dos muestras para coliformes fecales y totales. Se muestreó una vez al mes durante los cuatro meses que duró la investigación.

Las muestras fueron transportadas en sus respectivos frascos con su etiqueta y en una hielera.

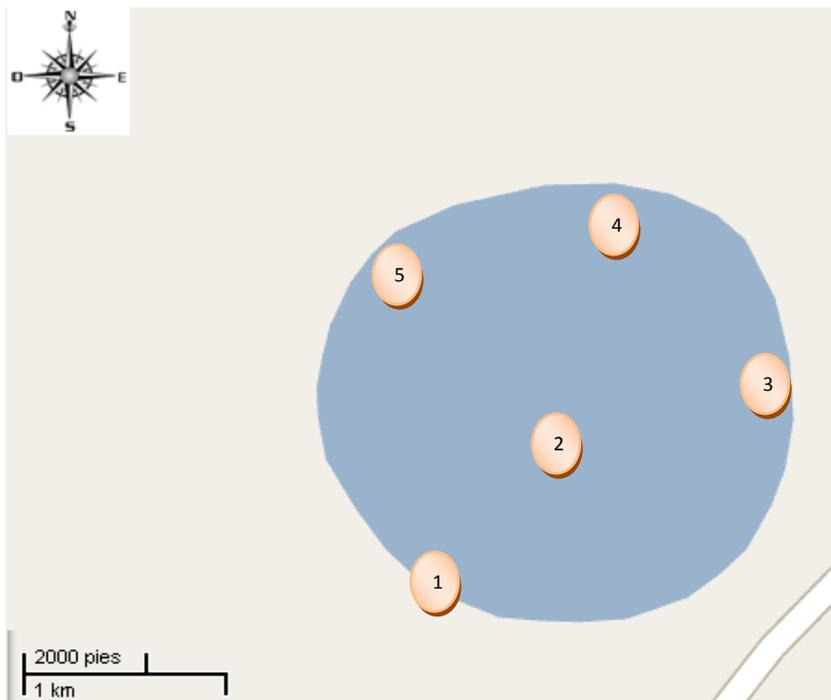


Figura No. 3 Puntos de muestreo, Laguna Tuticopote
(Mancomunidad Copanch'orti', 2003)

6.4 Selección de las muestras

En cada punto de muestreo se analizaron *in situ* los parámetros, oxígeno disuelto (mg/l), temperatura (°C), pH, se tomó una muestra superficial para los análisis de alcalinidad (mg/l) y la dureza (mg/l) del agua (Figura No. 4).



Figura No. 4 Análisis de calidad de agua *in situ*, laguna Tuticopote. (Trabajo de campo, 2010)

Así mismo se recolectó una muestra de agua superficial, para el análisis de los nitritos, nitratos, sulfatos y fósforo total, en frascos plásticos conservados en nevera portátil para su posterior análisis en el laboratorio de calidad de agua del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura y en el laboratorio de calidad de agua de la finca camaronera Esteromar, en los meses de mayo a agosto del 2010 (Figura No. 5).



Figura No. 5 Conservación de muestras de nutrientes (Trabajo de campo, 2010).

Para los análisis de análisis de nitratos (mg/l), nitritos (mg/l), sulfatos (mg/l) y fósforo total (mg/l), se utilizó un colorímetro Hatch, siguiendo las indicaciones de uso según el manual de procedimientos del aparato (Figura No.6).



Figura No. 6 Equipo para análisis de nutrientes (Trabajo de campo, 2010)

Se recolectaron durante los meses de mayo y julio dos muestras del agua con su respectivo frasco plástico etiquetado de la laguna para realizar un análisis bacteriológico, para observar las unidades formadoras de colonia (UFC) para

coliformes fecales y totales. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de calidad del agua del CEMA y el laboratorio de calidad de agua de la finca camaronera Esteromar, las muestras fueron sembradas en el medio enriquecido Infusión Cerebro Corazón (Brain Heart Infusion) siendo un medio utilizado en análisis de aguas, para posteriormente cultivarlas en medios selectivos Agar Sangre de Carnero para visualización de hemólisis con el agregado de sangre. Agar MacConkey para crecimiento de bacterias Gram negativas aerobias y anaerobias facultativas (Figura No. 7).



Figura No. 7 Medios de cultivo para análisis de coliformes fecales y totales
(Trabajo de campo, 2010)

Se tomó tres muestras (2 verticales y 1 horizontal) de fitoplancton de la columna de agua para luego homogenizarla a una muestra en cada uno de los puntos establecidos en la laguna a través de una red de fitoplancton, las muestras fueron recolectadas en frascos plásticos y conservadas en una hielera portátil para su posterior análisis en el laboratorio de calidad de agua de la finca camaronera Esteromar (Figura No. 8).



Figura No. 8 Red de fitoplancton. (Trabajo de campo, 2010)

Para la identificación de las muestras fitoplanctónicas se contó con la ayuda del Lic. Freddy Damián, encargado del laboratorio de calidad del agua de la finca camaronera Esteromar. Las muestras fueron observadas a través del microscopio donde se identificó las especies y se tomó una foto de las mismas (Figura No. 9).



Figura No. 9 Identificación de las comunidades fitoplanctónicas de la laguna Tuticopote. (Trabajo de campo, 2010)

6.5 Análisis de la información

Para el análisis de la información se utilizó el programa Excel, para lo cual se calcularon los valores promedios de los cinco puntos de muestreo de cada una de las variables de los parámetros fisicoquímicos, con la finalidad de compararlas con la bibliografía utilizada para la elaboración del trabajo de investigación y proporcionar herramientas para un mejor manejo del cuerpo de agua.

Con respecto al análisis de las muestras de coliformes fecales y totales se compararon con los valores permisibles que establece la CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) para el agua potable para Guatemala.

En el análisis cualitativo de las comunidades fitoplanctónicas se utilizó la limnología de Wetzel para comparar especies fitoplanctónicas con la calidad de agua, para sistemas naturales.

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 Parámetros fisicoquímicos

7.1.1 Nitratos, nitritos, fósforo total y sulfatos en el agua

Los nutrientes analizados fueron los nitratos, nitritos, sulfatos y fósforo total. Para los nitratos el valor más alto se muestra en el mes de julio siendo de 68.35mg/l, para los nitritos fue durante el mes de junio 0.053mg/l, el fósforo total fue en el mes de mayo 0.954mg/l y los sulfatos fue durante los meses de mayo y junio siendo de 0.005mg/l (Cuadro No.7).

Cuadro No. 5 Concentraciones de nutrientes de la laguna Tuticopote.

Parámetro	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Nitratos (mg/l)	61.84	64.67	68.35	65.71
Nitritos (mg/l)	0.047	0.053	0.037	0.036
Sulfatos (mg/l)	0.954	0.832	0.598	0.616
Fosforo Total (mg/l)	0,005	0,005	0,004	0,004

Fuente: Trabajo de campo, 2010.

Los valores medios de la concentración de nitratos encontrados en los cuatro muestreos en la laguna, se presentan por arriba de los 68mg/l, valores en cuerpos de aguas continentales superiores a 5mg/l se encuentran en proceso de eutrofización (Roldan, 1992); las elevadas concentraciones de nitratos en el agua, se deben a que en los alrededores de la laguna hay influencia agrícola en donde los fertilizantes son llevados al cuerpo de agua por escorrentía aumentando los valores de este nutriente y esto tiene como consecuencia la estimulación y

crecimiento de plantas acuáticas, así como la proliferación de algas (Instituto Mineiro de Gestao das aguas, 2001) (Figura No. 3).

En cuanto a los valores medios de la concentración de nitritos en el agua oscilan entre 0.036mg/l – 0.053mg/l, valores inferiores a los 0.5mg/l son cuerpos de agua que se encuentran en estado oligotrófico (Roldan, 1992), manteniendo un equilibrio en el ecosistema ya que es un indicador que indica que no hay contaminación orgánica por procesos biológicos (Dix, 1,999) (Figura No. 3).

Los valores medios de la concentración de sulfatos en el agua oscilan entre 0.598mg/l – 0.954mg/l, indicando que se encuentran por debajo de los 5mg/l, valores para cuerpos de agua en estado oligotrófico (Owent, 1979) (Figura No. 3).

Otro nutriente analizado fue el fósforo total encontrando valores medios que oscilan entre 0.004mg/l – 0.005mg/l, valores inferiores a 0.01mg/l es una laguna oligotrófica (Roldan, 1992), estos valores encontrados ayudan al medio acuático a evitar el crecimiento de algas contaminantes (Instituto Mineiro, 2001 (Figura No.3).

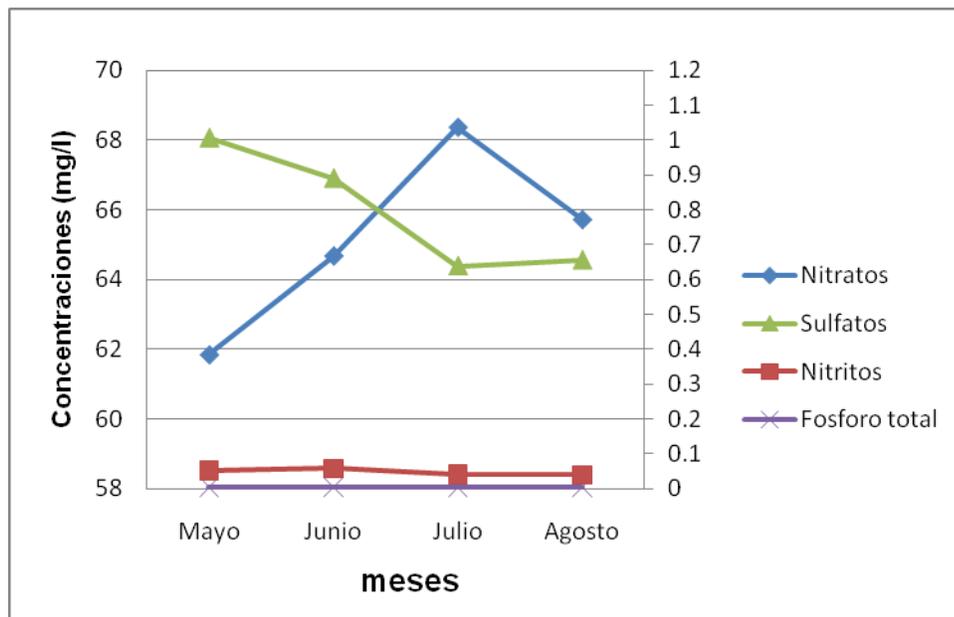


Figura No. 10 Nitratos, nitritos, sulfatos y fósforo total por mes de la laguna Tuticopote (Trabajo de campo, 2010)

7.1.2 Porcentaje de Saturación del Oxígeno.

Los porcentajes de saturación de oxígeno disuelto en la laguna durante los meses de junio a agosto se muestran constantes siendo de 70% de saturación y en el mes de mayo de 65% (Figura No. 4).

Según los porcentajes de saturación obtenidos se encuentran por arriba del 60% indicando que la laguna es un cuerpo de agua oligotrófico que cuenta con buena oxigenación conservando sus niveles más o menos constantes a lo largo del día. (Roldan, 1992).

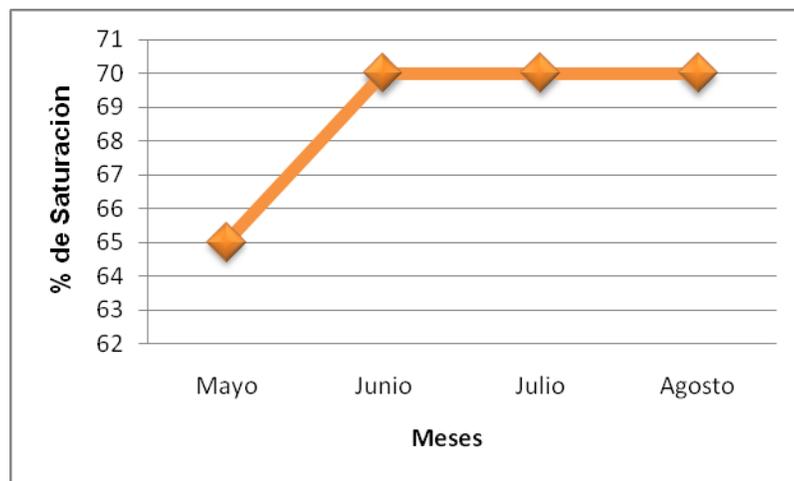


Figura No. 11 Porcentaje de saturación del oxígeno, mayo – agosto.

(Trabajo de campo, 2010)

7.1.3 Temperatura

Las temperaturas más baja se encuentran durante los meses de junio a agosto, oscilando entre los 22.38 °C a 23.88 °C teniendo relación con los porcentajes altos de saturación de oxígeno ya que a temperaturas más bajas, hay mayor porcentaje de saturación (Roldan, 1992) (Figura No. 5).

En el mes de mayo se encuentra la temperatura más alta siendo de 24.86 °C teniendo un porcentaje de saturación de oxígeno inferior a los otros meses de muestreo, lo cual no afecta el desarrollo de la vida (Figura No. 5).

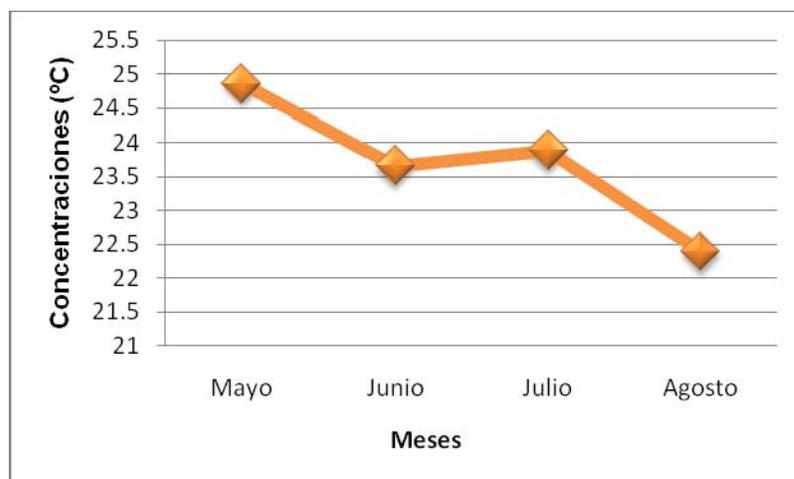


Figura No. 12 Temperatura (°C), mayo - agosto
(Trabajo de Campo, 2010)

7.1.4 pH

Durante el mes de mayo y junio se encontraron valores de pH por debajo de 7, los cuales son valores ácidos y en los meses de julio y agosto se encuentra por arriba de 7 siendo valores alcalinos (Figura No. 6).

Los valores de pH en los cuatro meses se encuentra enmarcados entre los rangos para cuerpos de agua oligotróficos (Roldan, 1992), indicando que son valores de pH aceptables para la vida, ya que valores por debajo de 5 y superiores a 9 alteran la composición del agua y contribuyen a la corrosión del sistema de distribución del agua, dañando el metabolismo de los organismos que se desarrollan en un cuerpo de agua natural (Figura No. 6).

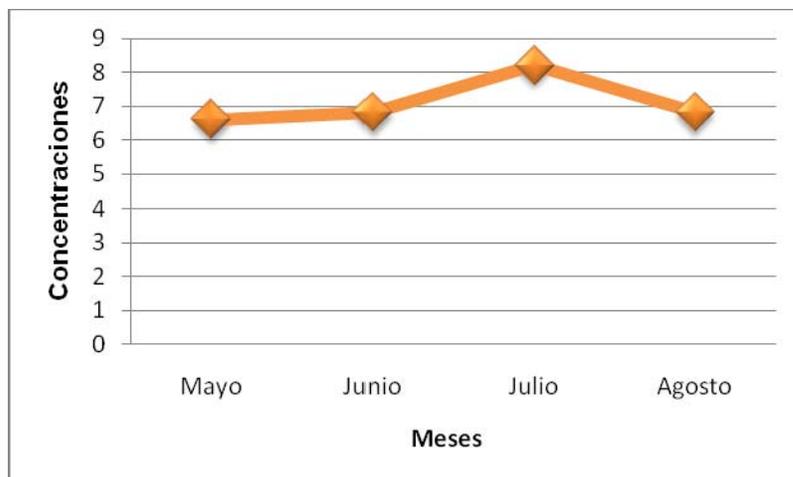


Figura No. 13 pH, mayo - agosto.
(Trabajo de campo, 2010)

7.1.5 Dureza

Los valores de dureza encontrados en el cuerpo de agua oscilan entre los 448.31mg/l a 730.73mg/l, por ser superiores a 120mg/l se denominan agua duras, las cuales poseen cantidades de sales de magnesio y calcio (Roldan, 1992) (Figura No. 7).

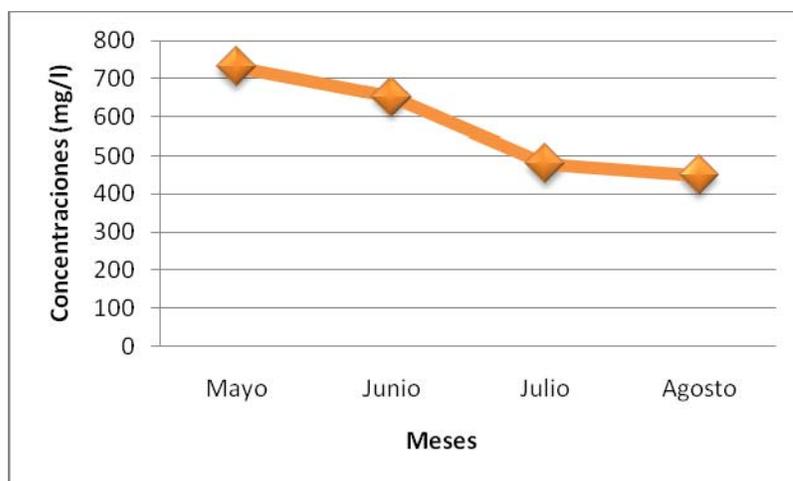


Figura No. 14 Dureza (mg/l), mayo – agosto.
(Trabajo de campo, 2010)

7.1.6 Alcalinidad

Los valores de alcalinidad del mes de mayo 24.77 mg/l y junio 22,94 mg/l tienen relación con el pH correspondiente a los mismos meses estando por debajo de 7 siendo pH ácidos, y los meses de julio 38.18mg/l y agosto 35.45 mg/l presentan valores más altos de alcalinidad los cuales están relacionados con el pH básico; por lo cual se considera que este cuerpo de agua tiene un buen sistema de amortiguación de cambios de acidez del mismo (Roldan, 1992) (Figura No. 8).

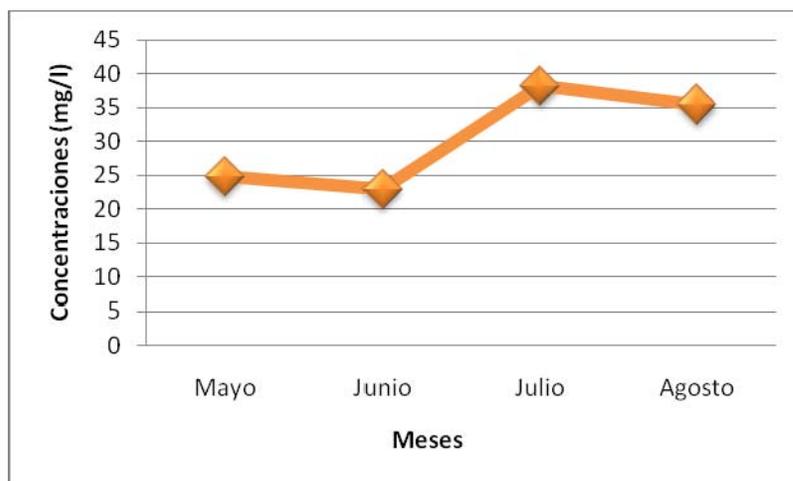


Figura No. 15 Alcalinidad (mg/l), mayo - agosto
(Trabajo de campo, 2010)

7.2 Parámetros Microbiológicos

7.2.1 Coliformes fecales y totales

Para Guatemala los valores de UFC/100ml deben estar por debajo de los 2.2 UFC para coliformes fecales al igual que para coliformes totales (CEPIS, 2001).

Se pudo observar que no hubo crecimiento de UFC de coliformes fecales y totales; con estos resultados se determinó que el cuerpo de agua no presenta unidades formadoras de colonias (Cuadro No. 8).

Cuadro No. 6 Coliformes fecales y totales por punto de muestreo.

Mayo y Julio		
Punto de muestreo	Coliformes fecales	Coliformes totales
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0

Fuente: Trabajo de Campo, 2010.

7.2.2 Fitoplancton

El grupo dominante de microalgas fueron las diatomeas con un 63 % correspondiendo a 4 especies identificadas y 12.33 % para cada una de los otros grupos identificados para cada especie encontrada (Cuadro No. 9).

Cuadro No. 7 Especies fitoplanctónicas de la laguna Tuticopote.

Diatomeas	Cianofitas	Clorofitas	Dinoflagelados
<i>Fragilaria sp</i>			
<i>Melosira sp</i>	<i>Oscillatoria sp</i>	<i>Oocystis sp</i>	<i>Peridinium sp</i>
<i>Tabellaria sp</i>			
<i>Cyclotella sp</i>			

Fuente: Trabajo de campo, 2010.

Las especies fitoplanctónicas, *Cyclotella*, *Melosira*, *tabellaría*, *Oocystis* y el *Peridinium*, pertenecen a cuerpos de agua oligotróficos a consecuencia de las condiciones de calidad de agua, con bajos niveles de nutrientes y ligeramente alcalinas (Wetzel, 1981), (Figura No. 9).



Figura. No 16 *Melosira*, representante del grupo de las diatomeas. (Trabajo de campo, 2010)

Las especies fitoplanctónicas, *Fragilaria* y *Oscillatoria* se encuentran en cuerpos de agua en proceso de eutrofización, estas habitan en cuerpos de agua normalmente alcalinos ricos en nutrientes, presentándose en la laguna debido a los altos niveles de nitratos encontrados ya que la laguna está ubicada en una zona agrícola (Wetzel, 1981) (Figura No. 10).

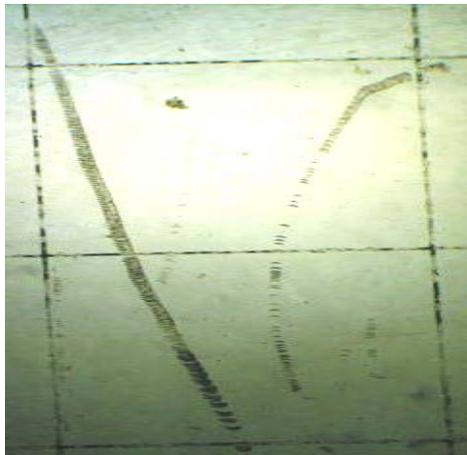


Figura. No 17 *Fragilaria*, representante al grupo de las diatomeas. (Trabajo de campo, 2010)

VIII. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de nitritos, fósforo total y sulfatos oscilan entre los valores óptimos de un cuerpo de agua en estado oligotrófico, siendo los valores de nitratos los que se encuentran en niveles superiores a los 5mg/l, debido a que la laguna se encuentra en una zona agrícola.
- Los valores altos de nitratos (68.35mg/l) debido al empleo de fertilizantes nitrogenados en actividades agrícolas que se realizan alrededor de la laguna Tuticopote, demuestran que este cuerpo de agua se encuentra en proceso de eutrofización.
- No existe contaminación por heces fecales en la laguna Tuticopote.
- Las especies fitoplanctónicas identificadas en la laguna Tuticopote fueron, *Cyclotella sp*, *Melosira sp*, *tabellaría sp* y *Fragilaria sp* (Diatomeas), *oscillatoria sp* (Cianofitas), *Oocystis sp* (Clorofitas), y *Peridinium sp* (Dinoflagelados)

IX. RECOMENDACIONES

- Continuar con los monitoreos de calidad del agua en la laguna Tuticopote, para evaluar el comportamiento del sistema en época seca y poder detectar cambios que podrían afectar el equilibrio del cuerpo de agua.
- Repoblar la laguna Tuticopote con especies acuícolas nativas del lugar ya que los análisis físicoquímicos realizados en el cuerpo de agua muestran que está en condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de la vida acuática.
- Efectuar un análisis bacteriológico para vibrio y estreptococos en la laguna Tuticopote.
- Realizar un estudio cuantitativo de las comunidades fitoplanctónicas de la laguna con la finalidad de aplicar un índice de calidad de agua a través de este indicador biológico, ya que podría proporcionar información más exacta del grado de contaminación del cuerpo de agua.

X. BIBLIOGRAFIA

1. Basterrechea, M. 1991. Evaluación del impacto ambiental de la exploración sísmica en la cuenca del lago de Izabal. Guatemala, Shell. 89 p.
2. Castañeda, C. 1995. Sistemas lacustres de Guatemala. Guatemala, Editorial Universitaria. 196 p.
3. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, PE). 2001. Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales; programa regional CEPIS/HP3/OPS. Perú, CEPIS. 63 p.
4. Chow, N. 2008. Curso sobre organismos acuáticos indicadores de calidad del agua. Managua, NI, CIRA/UNAN; Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua; Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 36 p.
5. CORANTIOQUIA (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CO). 2002. Evaluación de la calidad de agua (diapositivas). Colombia. 25 diapositivas, color.
6. Dix, M. 1999. El impacto de la cuenca del río Polochic y de la integridad biológica del lago de Izabal. Tesis MSc. Guatemala, UVG. 95 p.
7. García, H. 2002. Cuantificación de la calidad del agua del río Villalobos en época seca y lluviosa en un periodo de 24 horas 2 veces al mes en un punto previo a la entrada al lago de Amatitlán. Tesis MSc. Guatemala, USAC. 46 p.
8. Instituto Mineiro de Gestao das Aguas, BR. 2000. Projeto aguas de minas (en línea). Brasil. Consultado 25 ene. 2011. Disponible en <http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aguasminas.htm>.
9. Limsuwan, C. 2001. Camarón de mar: ciertas consideraciones para el manejo de cultivo exitoso de camarón en tierras continentales. Boletín Nicovita 6 (2): 1 – 7
10. Mancomunidad Copanch'orti', NI. 2003. Plan Estratégico de la mancomunidad Copanch'orti'. Nicaragua. 1 disco compacto, 8mm.



11. Marroquín, E. 2008. Determinación de variables físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico de la laguna de Calderas. Tesis M.Sc. Guatemala, USAC. 65 p.
12. Metzel, R. 1981. Limnología. Barcelona, Ediciones Omega. 679 p.
13. Owent, T. 1979. Handbook of common methods in limnology. Estados Unidos, Mosby Company. 199 p.
14. Pacas, R. 2004. Estudio limnológico de la zona occidental del Lago de Izabal, Río Polochic y sus afluentes, durante el 2002. Tesis Lic. Acuicultura. Guatemala, USAC. 69 p.
15. Pérez, D. 2007. Evaluación del efecto de la aireación artificial para mejorar la calidad del agua en el lago de Amatitlán. Tesis Lic. Química. Guatemala, USAC. 71 p.
16. Quiroz Castelán, H. 2005. Caracterización de algunos parámetros fisicoquímicos del agua del lago Zampola, Morelos, México. Tesis Ing. Agr. México, Universidad de la Rioja. 63 p.
17. Roldan, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Colombia, Editorial Universidad de Antioquia. 509 p.
18. Sánchez, A. 2003. Fitoplancton y coliformes como indicadores de la calidad de agua en el parque nacional laguna del Tigre, Petén. Tesis Química Biól. Guatemala, USAC. 58 p.
19. Vallentyne, JR. 1978. Introducción a la limnología: los lagos y el hombre. Barcelona, Ediciones Omega. 170 p.
20. Vásquez, E. 1975. Evaluación del número más probable y porcentajes de coliformes totales y fecales del lago de Amatitlán. Tesis Inga. Química. Guatemala, USAC. 53 p.
21. Vizcaíno, L. 1999. Índices de calidad del agua (ICA). México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 7 p.

