



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POST-GRADO
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL MEDIO AMBIENTE**

**ESTUDIO LIMNOLÓGICO DEL LAGO DE GUIJA,
DETERMINACIÓN DE SU ESTADO DE EUTROFIZACIÓN**

**Informe final de tesis para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias,
con base en el “Normativo de Tesis para Optar al Grado de Maestro
aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.**

Lic. M. Sc. Hayro Oswaldo García García.

Asesor

Lic. Luis Arturo López Paredes

Autor

Guatemala, Octubre del 2008



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

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

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

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

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

Como Coordinador de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente, y revisor del trabajo de tesis titulado **ESTUDIO LIMNOLÓGICO DEL LAGO DE GÜIJA, DETERMINACIÓN DE SU ESTADO DE EUTROFIZACIÓN** presentado por el Licenciado en Acuicultura **Luis Arturo López Paredes**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. César Augusto Akú
Escuela de Estudios de Postgrado

César Akú Castillo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 4,073

Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de tesis titulado **ESTUDIO LIMNOLÓGICO DEL LAGO DE GÜLJA, DETERMINACIÓN DE SU ESTADO DE EUTROFIZACIÓN** presentado por el Licenciado en Acuicultura **Luis Arturo López Paredes** apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



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

Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. D. Postgrado 027.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de tesis de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente titulado: **ESTUDIO LIMNOLÓGICO DEL LAGO DE GÜLJA, DETERMINACIÓN DE SU ESTADO DE EUTROFIZACIÓN** presentado por el Licenciado en Acuicultura **Luis Arturo López Paredes** la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.




Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, Octubre de 2008

/zpcm

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

Como Revisor de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente del trabajo de tesis titulado **ESTUDIO LIMNOLÓGICO DEL LAGO DE GÜIJA, DETERMINACIÓN DE SU ESTADO DE EUTROFIZACIÓN** presentado por el Licenciado en Acuicultura **Luis Arturo López Paredes**, apruebo el presente trabajo de tesis y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



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

Guatemala, Octubre de 2008.

/zc.

Guatemala, 16 de octubre de 2008.

M. Sc. Ingeniero
Carlos Pérez
DIRECTOR
Escuela de Post Grado
FACULTAD DE INGENIERÍA

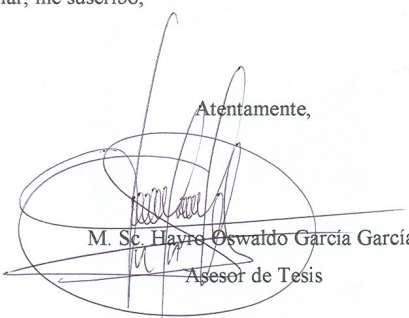
Ingeniero Pérez:

Por medio de la presente me dirijo a usted para informarle que he revisado y aprobado el Informe Final de Tesis: **"ESTUDIO LIMNOLÓGICO DEL LAGO DE GÚJA, DETERMINACIÓN DE SU ESTADO DE EXPLOTACIÓN"**, realizado por el Lic. Luis Arturo López Paredes.

El Informe Final cumple con los requisitos exigidos por el reglamento de la Escuela de Post-grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Sin otro particular, me suscribo,

Atentamente,



M. Sc. Hayre Oswaldo García García.

Asesor de Tesis

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO LIMNOLÓGICO DEL LAGO DE GUIJA, DETERMINACIÓN DE SU
ESTADO DE EUTROFIZACIÓN.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de
Postgrado en Febrero de 2007

Lic. Luis Arturo López Paredes.

AGRADECIMIENTOS

- AI CEMA** Por su apoyo en la participación al proceso de aprendizaje.
- A UNIPESCA-MAGA** Por su apoyo logístico en el desarrollo del programa de monitoreo y análisis.
- A PREPAC-OSPECA** Por facilitar la información recabada en el cuerpo de agua durante la fase de caracterización.

DEDICATORIA

- A JESUS Y MARIA** Por haberme ayudado a sortear todos los inconvenientes que se presentaron durante el proceso.
- A MI FAMILIA** A mí esposa Any, a Vale y Pedro, fuentes de inspiración y deseo de superación.
- A MIS AMIGOS** De UNIPESCA y el CEMA presentes en la lucha.

LIC. LUIS ARTURO LÓPEZ PAREDES.

Guatemala, Noviembre de 2008

Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE CUADROS	IV
GLOSARIO	V
RESUMEN	VI
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	VIII
INTRODUCCIÓN	IX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Descripción del área	3
2.2. Marco Teórico y Conceptual.	7
3. METODOLOGÍA	13
3.1. Variables físico-químicas y biológicas	15
3.2. Variables de contaminación ambiental	16
3.3. Variables para estimación del estado trófico	19
4. RESULTADOS	
4.1 Profundidad y batimetría	19
4.2. Variables físico-químicas y biológicas	21
4.2.1 Temperatura	22
4.2.2 Oxígeno disuelto	26
4.2.3. Concentración de iones hidrogeno	30

4.2.4. Otras variables físico-químicas y biológicas	34
4.2.5. Demanda bioquímica de oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad	34
4.2.6. Fosfato, fósforo total y nitrógeno total	35
4.2.7. Clorofila-a	36
4.2.8. Plancton	37
4.3. Variables de contaminación ambiental	37
4.3.1. Metales pesados	37
4.3.2. Coliformes totales y coliformes fecales	39
4.3.3. Órganofosforados	40
4.3.4. Órganoclorados	41
4.4. Variables para la determinación del estado trófico	42
4.4.1. Transparencia del disco de secchi	43
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
5.1. Profundidad y batimetría	45
5.2. Variables físico-químicas y biológicas	48
5.3. Variables de contaminación ambiental	50
5.4. Variables para la determinación del estado trófico	52
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	63

ÍNDICE DE FIGURAS

No.1. Localización del lago de Güija en Centroamérica	5
No.2. Mapa del lago de Güija, distribución de estaciones de muestreo	13
No.3. Comportamiento del nivel de la columna de agua	20
No.4. Mapa batimétrico del lago de güija	21
No.5. Comportamiento de la temperatura en la columna de agua	23
No.6. Mapas de temperatura superficial durante época de lluvia	24
No.7. Mapas de temperatura superficial durante época seca	25
No.8. Comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua	26
No.9. Mapas de concentración de oxígeno disuelto superficial época de lluvia	28
No.10. Mapas de concentración de oxígeno disuelto superficial época de seca	29
No.11. Comportamiento de la concentración de iones hidrógeno en la columna de agua	30
No.12. Mapas de concentración de iones hidrógeno superficial época de lluvia	32
No.13. Mapas de concentración de iones hidrógeno superficial época de seca	33
No.14. Comportamiento de la transparencia del disco de secchi durante la época de lluvia	43
No.15. Mapas de comportamiento de la transparencia del disco de secchi durante la época de lluvia	44
No.16. Mapa batimétrico del lago de Güija, áreas con potencial acuícola	47

ÍNDICE DE CUADROS

No.1. Registro de variables atmosféricas	4
No.2. Métodos utilizados para análisis de variables químicas	16
No.3. Métodos utilizados para análisis de variables de contaminación ambiental	18
No.4. Otras variables físico-químicas y biológicas	34
No.5. Resultados de demanda bioquímica de oxígeno disuelto, alcalinidad y dureza	34
No.6. Resultados de concentración de fosfato, fósforo total y nitrógeno total	35
No.7. Resultados de concentración de clorofila-a en agua superficial	36
No.8. Resultados de conteo de plancton	37
No.9. Resultados de muestras de metales pesados en músculo de peces	38
No.10. Resultados de muestras de metales pesados en agua superficial	38
No.11. Resultados de muestras de presencia de coliformes totales y coliformes fecales	39
No.12. Resultados de análisis de organofosforados en agua superficial	40
No.13. Resultados de análisis de organoclorados en agua superficial	41
No.14. Resumen clasificación trófica criterios de OCDE	45
No.15. Tabla para registro de variables físico-químicas de agua	62
No.16. Descripción de la filogenia íctica reportada en lago de Güija	63

GLOSARIO

Batimetría: Estudio de las profundidades de grandes lagos mediante el trazado de isóbatas.

Calidad del agua: estado del agua en materia de condiciones para consumo humano y para la vida acuática.

Disco secchi: disco de material resistente al agua (plástico, metal, etc.) que está dividido en cuatro secciones del mismo tamaño (2 blancas y 2 negras), y sostenido por una cinta o una varilla en la parte central, que está graduada en centímetros.

Eutrofización: Incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton.

Lago: Gran masa permanente de agua depositada en depresiones del terreno, con una extensión mayor a 10 kilómetros cuadrados y mayor a 10 metros de profundidad.

Limnología: ciencia que estudia los aspectos físicos, geológicos, químicos y biológicos de las masas de agua continentales o aguas dulces.

Metales pesados: metales que su densidad es mayor a 5 gramos/ centímetro cúbico.

Piscicultura: rama de la acuicultura que realiza el cultivo de peces en sistemas de cultivo controlados.

RESUMEN

El lago de Güija es el único cuerpo de agua continental compartido en Centro América, se comparten con el vecino país de El Salvador recursos como agua y organismos hidrobiológicos, esta ubicado en los municipios de Metapán y San Antonio Pajonal, del departamento de Santa Ana (El Salvador) y el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa (Guatemala), posee un espejo de agua de 42 km², con un perímetro de 56 km y una profundidad máxima de 25 m, el lago de Güija posee tres ríos tributarios importantes: río Angüe, río Cusmapa y río Ostúa.

Alrededor del lago de Güija se encuentran 11 comunidades pesqueras: el Guayabo, el Platanar, Canteada, los Cerritos, San Juan, la Barra, las Conchas, Azacualpa, el Desagüe, el Estero y las Cuevitas, las cuales albergan a un total de 315 pescadores artesanales datos que pueden variar por razones de migración interna o externa, quienes reportan una producción pesquera anual de 474,910 Kg. (PREPAC, 2006).

El lago de Güija fue monitoreado por primera vez en 1973 por personal de la oficina de pesca de El Salvador, se han evaluado principalmente actividades de pesca y limnología del cuerpo de agua, posteriormente en los años 2005 y 2006 PREPAC realizo una caracterización del cuerpo de agua, sin embargo los monitoreos han sido estacionales y en periodos cortos de tiempo por lo que se desconoce su comportamiento en un ciclo anual.

Se determinaron in situ las variables físico-químicas y biológicas de calidad de agua con una MINISONDE 4a múltiparametro marca HYDROLAB® con el que fueron tomadas lecturas de oxígeno disuelto, temperatura, concentración de iones hidrogeno pH, total de sólidos disueltos, conductividad

eléctrica, salinidad y turbidez, se realizaron mediciones en 12 estaciones de muestreo tomándose registros superficialmente y a cada dos metros hasta una profundidad de 10 m, luego cada cinco hasta el fondo del lago.

Variables químicas como dureza, fosfato, fósforo total y nitrógeno total fueron determinadas por un laboratorio de análisis, se tomaron muestras de agua superficial sin filtración en tres estaciones, las muestras de agua para las variables biológicas de análisis de plancton, fueron tomadas superficialmente, en tres puntos de muestreo. Se monitoreo la concentración de metales pesados en músculo de las tres principales especies de importancia económica para la pesca siendo estas guapote tigre *Parachomis managuensis*, tilapia *Oreochromis sp.* y quisque *Cathorops steindachneri*, (González, 1995).

Los resultados indicaron que la mayoría de variables muestreados en la categoría ambiental indican que en el lago no existen altos niveles de contaminación, ya que los valores registrados son bajos y en algunos casos como el de los metales pesados, órganoclorados y órganofosforados, no detectables. La presencia de coliformes totales y fecales se encontró sobre los límites máximos permisibles recomendados por la norma COGUANORM No. NGO 29-001 principalmente en la época de lluvia por lo que no es recomendable para consumo humano.

La determinación del estado trófico del lago de Güija no pudo ser definida claramente en este estudio, los valores de clorofila y los de las lecturas de la transparencia del disco de Secchi y fósforo total los contraponen a los extremos ultraoligotrófico e hipereutrófico respectivamente. Sin embargo, factores como la presencia y dominancia de algas verdeazules y el comportamiento de variables físico-químicos como oxígeno indican inicios de eutrofización.

OBJETIVOS

General

- Definir el comportamiento de variables relacionadas con la calidad del agua para el conocimiento limnológico del lago de Gūija durante un ciclo anual como base para la gestión del manejo de cuerpo de agua continental.

Específicos

- Determinar el comportamiento de las variables físico-químicas y biológicas de la columna de agua del lago durante un ciclo anual.
- Describir variables de contaminación ambiental en el cuerpo de agua continental durante un ciclo anual.
- Identificar variables para la estimación del estado trófico del lago.
- Proponer información básica que permita el mejor desarrollo de programas de acuicultura en el cuerpo de agua continental.

HIPÓTESIS

El cuerpo de agua continental Lago de Gūija presenta un comportamiento homogéneo de sus variables de calidad de agua durante todo el año, no se encuentra en proceso de Eutroficación.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas lacustres de Guatemala tienen su origen geológico en cualquiera de las siguientes causas: a) volcánica o tectónico–volcánica, como los lagos de Atitlán, Amatitlán, Ayarza, Güija y la mayoría de lagunas y lagunetas ubicadas arriba de 1,000 msnm; b) tectónica y levantamiento de la plataforma marina, como los lagos de Izabál, Petén Itzá y la mayoría de sistemas ubicados a menos de 200 msnm; c) cambio del curso de los ríos o inundaciones, como la laguna de San Juan Acúl en Río la Pasión y otras a orillas de los ríos Usumacinta, San Pedro, Chixoy, Motagua, Polochíc y Dulce en el norte y Achiguate y Suchiate en el sur. (Castañeda, 1995).

En términos muy amplios, la limnología es el estudio de las relaciones funcionales y de productividad de las comunidades de agua dulce y la manera como éstas son afectados por el ambiente físico, químico y biológico. (Wetzel, 1983 en Roldan, 1992).

La vida surgió en el agua y ella es esencial para el mantenimiento de todo tipo de vida en nuestro planeta. Ningún proceso metabólico ocurre sin su acción directa o indirecta. El agua disuelve las rocas, erosiona el terreno y arrastra sedimentos a lagos, ríos y al océano. El ecosistema acuático, al igual que el terrestre, es el resultado de la interacción entre el agua, la atmósfera, la tierra y los organismos vivos. (Roldan, 1992).

La calidad del agua está dada por un conjunto de propiedades físicas, químicas y su interacción con los organismos vivos. Los diferentes procesos que intervienen en un cuerpo de agua continental como son las relaciones tróficas, capacidad de reciclaje de los nutrientes, auto producción y auto depuración de los mismos, y los las variables físico-químicas del agua,

determinan la variación, cantidad y calidad de los organismos que viven en él. Toda especie tiene un rango óptimo para desarrollarse normalmente, el cual está básicamente dado por la temperatura, oxígeno, tipo y cantidad de nutrientes, sólidos disueltos, salinidad, pH, dureza y alcalinidad entre otros. (Brenes, 2005 en PREPAC, 2006).

La temperatura influye de una manera directa en el comportamiento de algunas variables físicas, químicas y biológicas, tales como la evaporación y la solubilidad de los gases. También se ven afectados por la temperatura los procesos metabólicos como la respiración, nutrición, actividad de las bacterias en la descomposición de la materia orgánica, etc. Adicionalmente, es importante recordar que los peces no tienen capacidad propia para regular su temperatura corporal y ésta depende del medio acuático en que viven. Como resulta lógico de pensar, en un cuerpo de agua continental, la radiación solar es la principal fuente de energía calórica.

Esta energía es absorbida por el agua y se convierte en calor, de tal forma que cualquier factor que interfiera sobre la penetración de los rayos solares (por ejemplo materia en suspensión), afectará el calentamiento del agua, causando diferencias térmicas en diferentes sitios de un mismo cuerpo de agua, afectando a la vez la composición de plancton, la distribución de los organismos en la columna de agua y la productividad. La temperatura influye sobre la biología de los peces e invertebrados, condicionando la maduración gonadal, el tiempo de incubación de las ovas, el desarrollo larval, la actividad metabólica y el ritmo de crecimiento de las larvas, alevines y adultos. Por lo general las reacciones químicas y biológicas se duplican cada vez que hay un aumento de 10° C de temperatura, por lo tanto, un organismo acuático consume el doble de cantidad de oxígeno a 30° C que a 20° C. (Brenes, 2006).

El conocimiento del ciclo anual de las variables físico-químicas, biológicas y ambientales de un cuerpo de agua permite conocer el desarrollo de actividades ícticas así como de las variables de recambio de agua. Con el presente estudio se pretende conocer el comportamiento de las principales variables físico-químicas, biológicas y ambientales del lago de Güija para estimar su estado trófico como medios para sustentar su mayor protección y el aporte de los lineamientos para su ordenación de uso.

1. ANTECEDENTES

La calidad del agua del lago de Güija fue monitoreada por primera vez en 1973 por biólogos del servicio de recursos pesqueros del ministerio de agricultura y ganadería de El Salvador, y la primera evaluación pesquera se realizó en 1924 por Samuel Hildebrand y Fred Foster de la United States bureau of fisheries. Las principales variables de importancia ecológica temperatura y oxígeno en este estudio mostraron rangos superficiales de 29-31 °C y de 26.3-28 en el fondo a 25 m. a su vez el oxígeno disuelto se comporto entre 6-7.5 miligramos/ litro en la superficie y 0.3-4.8 a una profundidad de 15 m. El resultado de la evaluación pesquera de 1924 reporto la presencia de 12 especies de peces y un cangrejo de agua dulce siendo el único crustáceo, se indica que las principales artes de pesca son trasmallos tendidos o pesca-solos y atarrayas utilizándose eventualmente anzuelos individuales.

A mediados del año 2005 se inició el aprovechamiento de su potencial de acuicultura, mediante un estudio de comprobación del crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas flotantes, realizado por una empresa internacional con el apoyo de la oficina de pesca de El Salvador (CENDEPESCA). Esta práctica ha servido de incentivo para que pescadores individuales inicien procesos similares.

El 30 de marzo del año 2001, se completa la Ficha Informativa de los Humedales RAMSAR para el Complejo Güija, el cual incluye al lago de Güija, la laguna de Metapán, lagunetas Verde, Clara, Teconalá y Cuisisapa, al igual que los ríos San José, Angüe, Ostúa y Desagüe. Además de estos, el complejo presenta áreas pantanosas e inundables estacionalmente, bancos de arena y lodo, playas de roca volcánica y playones. Cabe destacar que en torno al lago

se encuentra el principal bosque seco tropical sobre lava volcánica del pacífico norte en Meso América.

Así mismo, el lago se enmarca en al Área de Conservación Trifinio (Guatemala, El Salvador y Honduras), en cuyo tratado se ha promovido la coordinación interinstitucional entre el gobierno central, gobierno local, sociedad civil, empresa privada y el esfuerzo de la cooperación internacional, a fin de construir sinergias que conlleven al uso, conservación y protección racional de los recursos naturales, la producción sostenible agrícola y pesquera, y el desarrollo de nuevas alternativas económicas que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca.

Durante el mes de octubre del 2005 a marzo del 2006 el plan regional de pesca y acuicultura continental PREPAC realizo una caracterización de dos cuerpos de agua continentales lago de Atitlán y lago de Güija, de este segundo se mencionan algunos resultados a continuación: La distribución espacial de la temperatura se mantuvo bastante similar durante los seis meses de muestreo, las aguas más calidas se localizaron en la zona sur-este del lago y las más bajas al norte. No se reportaron cambios bruscos de temperatura en la columna de agua, durante el mes de octubre del 2005 se observó una termoclina entre los 0 y 10 m de profundidad, este mismo mes presentó las temperaturas más altas; en febrero se observaron las más bajas. Las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron un patrón similar al de la temperatura registrándose en la zona norte del lago las concentraciones más bajas y al sur-este las más altas.

En las pesquerías se extrajeron 12 especies de peces y una de crustáceos (*Pomacea sp*); de estas doce especies, tres son las principales que sostienen la actividad pesquera en el lago, siendo en su orden: *Parachromis*

managuensis, guapote tigre; *Cathorops steindachneri*, quisque; y, *Astyanax aeneus*, pepesca. La captura por unidad de esfuerzo se encontró alrededor de 236.3 gr/h de pesca/m² de arte, registrándose las mayores capturas en el área de pesca cerca de comunidad Canteada. Esta información permitió el cálculo de la producción anual del lago en 206 tm este cálculo contempla todas las especies.

La mayoría de variables muestreados en la categoría ambiental indican que en el lago no existen altos niveles de contaminación, ya que los valores registrados son bajos y en algunos casos como el de los metales pesados, organoclorados y organofosforados, no detectables. La presencia de coliformes totales y fecales no mantuvo resultados fuera de los límites máximos permisibles recomendados por la norma COGUANORM No. NGO 29-001 únicamente durante el primer mes de monitoreo (octubre 2005) excedieron estos límites. La concentración del fósforo total llama la atención, ya que se obtuvo un promedio para todo el lago de 0.0546 mg/l -P, algunos autores (Toledo et al; 1987) establecen para lagos en zonas tropicales valores de 0.052 mg/l-P en adelante para lagos eutróficos. (PREPAC, 2006).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción del área

El nombre oficial de este cuerpo de agua es lago de Gūija, aunque el pueblo pipil lo llamaba “lago huitzia” - de los vocablos “huitzi”= espino, y “a”= abundancia -, que significa: “lugar donde abundan los espinos”, sin embargo, ante la imposibilidad de los colonizadores españoles de pronunciar el vocablo nahuatl, le llamaron lago de Gūija.

Debido a que está ubicado en una zona influenciada por la cultura maya, también cuenta con un nombre en esta etnia: “lago de güijat” que significa “agua rodeada de cerros”. La morfogénesis de este cuerpo de agua fue una corriente de lava lanzada por los volcanes de San Diego, Vega de la Caña y Masatepeque, la cual obstruyó el curso natural de los ríos Ostúa y Angüe cerrando el drenaje de todo el valle, con la consecuente formación del lago. (Castañeda, 1995).

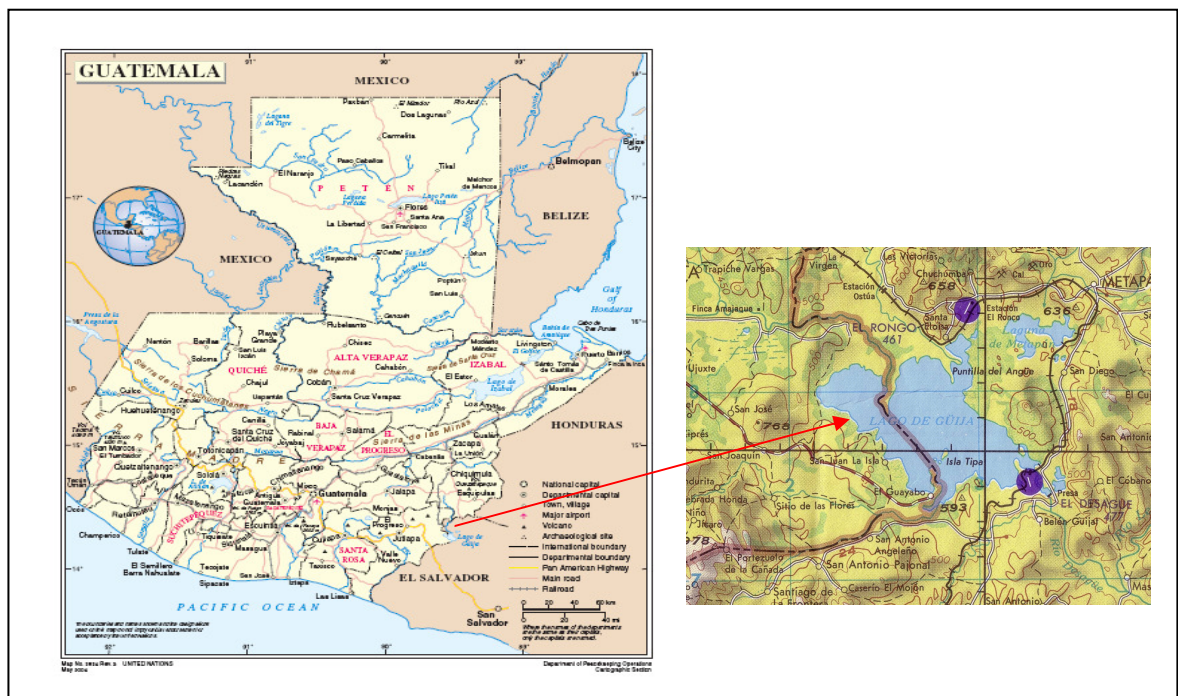
El lago está ubicado en los municipios de metapán y San Antonio Pajonal, del departamento de Santa Ana (El Salvador) y el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa (Guatemala), entre las coordenadas geográficas 14° 16' 50.80" N, 89° 34' 54.95" W en el extremo norte, y 14° 14' 7.93" N, 89° 28' 51.11" W en su extremo sur; a 420 metros sobre el nivel del mar. Posee un espejo de agua de 42 km², con un perímetro de 56 km y una profundidad máxima de 25 m. El nivel del agua experimenta fluctuaciones de carácter estacional, formando unas zonas de tierras fluctuantes que son utilizadas por las comunidades aledañas para la agricultura, pastoreo y turismo. (CONAP, 2001).

Cuadro No.1. Registro de variables ambientales en valores promedio de los años 2001 hasta julio del 2007*. Puede observarse un aumento gradual de la temperatura ambiental con el tiempo, una mayor cantidad de lluvia en milímetros en el año 2005 cuando ocurrió la tormenta tropical Stan y en el 2006. La velocidad del viento en las épocas de estudio no presenta variaciones y debe observarse que la dirección del viento es la misma desde el 2001 al año actual.

Variable	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007 *
Tº C media	27.3	27.6	27.6	27.7	27.4	27.2	28.14
Tº C max. promedio	33.5	33.7	33.5	33.7	33.5	33.2	34.38
Tº C min. promedio	21	20.4	20.3	20.5	19.2	19.4	20.61
Humedad Rel. media	63.5	63	61.58	61.83	65	68.75	62.67
Evapotranspiración	5.92	6.05	5.55	6.17	5.6	5.79	4.42
Precipitación Pluvial (mm.)	1563.9	1250.9	1416.6	1116.4	1464.1	1627.1	97.98
Viento velocidad/dirección	7.9 N	7.39 N	8.65 N	8.5 N	6.5 N	7.725 N	7.4 N

Fuente, INSIVUMEH, 2007. *hasta agosto del 2007.

Figura No.1. Localización del lago de Güija en Centroamérica, siendo el único cuerpo de agua compartido entre Guatemala y El Salvador.



El lago de Güija posee tres ríos tributarios importantes: río Angüe, río Cusmapa y río Ostúa. El agua del lago se vierte al cauce principal del río Lempa a través del río Desagüe, que recorre una distancia de 8 Km, en donde se ubica la central hidroeléctrica de Güajoyo.

Alrededor del lago de Güija se encuentran 11 comunidades pesqueras: el Guayabo, el Platanar, Canteada, los Cerritos, San Juan, la Barra, las Conchas, Azacualpa, el Desagüe, el Estero y las Cuevitas, las cuales albergan a un total de 315 pescadores artesanales datos que pueden variar por razones de migración interna o externa, quienes reportan una producción pesquera anual de 474,910 Kg. (PREPAC, 2006).

El tipo de embarcaciones utilizadas son en su mayoría pangas y botes, ascendiendo a un total de 255 embarcaciones registradas. Las artes de pesca más utilizadas son las redes agalleras con el método de tendido; seguidas por los anzuelos, y método de cimbra. En el área correspondiente a El Salvador está permitida la pesca con chinchorro habiéndose establecido a través de una Resolución Pesquera la luz de malla y la longitud para estas redes. (PREPAC, 2005).

Las especies hidrobiológicas de mayor importancia comercial son: guapote tigre (*Parachromis managuensis*), tilapia (*Oreochromis sp*), quisque (*Cathorops steindachneri*); mojarra negra (*Amphilophus macracanthus*), pepesca (*Astyanax aeneus*), y el caracol (*Pomacea flagellata*).

El lago también posee un atributo cultural muy importante, por tratarse de un sitio arqueológico en donde se observa una gran cantidad de petrograbados tallados por los pueblos precolombinos que habitaron la zona, los cuales

muestran motivos zoomórficos, antropomórficos y mixtos, que datan del período clásico tardío (600 a 1,525 DC). (PREPAC, 2006).

2.2. Marco teórico y conceptual

La Limnología, es la ciencia que estudia los aspectos físicos, geológicos, químicos y biológicos de las masas de agua continentales o aguas dulces. Los factores estudiados en lagos, lagunas, ríos y pantanos incluyen su productividad, las comunidades de agua dulce, las interacciones entre los organismos y su medio ambiente, las características de las aguas y los fondos, y los problemas de contaminación, entre otros. (INSIVUMEH, 2007).

El agua constituye una sustancia esencial para el desarrollo de la vida. Es la sustancia más abundante en el protoplasma de los seres vivos. En todos los continentes existen masas de agua dulce más o menos extensas que forman distintos cuerpos de agua continental. Las aguas dulces constituyen un hábitat donde viven y se desarrollan gran variedad de seres vivos, los cuales dependen del agua para su subsistencia. En cuanto a las masas de aguas continentales podemos distinguir dos tipos:

Aguas Lénticas o estancadas, comprenden todas las aguas interiores que no presentan corriente continua. A este grupo pertenecen los lagos, lagunas, charcas y pantanos. En estos sistemas, según su tamaño, pueden haber movimientos de agua: olas y mareas.

Aguas Lóticas o corrientes, incluyen todas las masas de agua que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe por consiguiente un movimiento definido y de avance irreversible. Este sistema comprende: los manantiales, riachuelos y ríos. (Roldán, L. 1992).

El explosivo crecimiento demográfico en América Latina y el Caribe durante los últimos años, con el consecuente aumento en la demanda de recursos de agua ha acelerado la construcción de embalses artificiales para múltiples usos en abastecimientos de agua potable e industrial, para irrigación y para energía hidroeléctrica. Muchos de estos embalses así como los lagos naturales de la Región han sufrido las consecuencias del proceso de eutrofización, el que ha interferido con los usos designados de estos cuerpos de agua y, por lo tanto, con los propósitos específicos para los que esos embalses fueron creados.

La eutrofización es el proceso de sobreproducción de algas y macrofitas en cuerpos de agua que puede producir problemas en ciertos usos como son, entre otros: suministro de agua potable por alteración de sus propiedades organolépticas (olor, sabor), corrosión del equipo hidroeléctrico y distintos trastornos en los procesos de tratamiento potabilizador por disminución del contenido de oxígeno, acumulación del amoníaco en la columna de agua y resuspensión de ciertos metales (Fe, Mn) del sedimento bajo condiciones anóxicas. Aunque es un proceso que, de forma lenta, puede tener un origen natural, hoy en día es, fundamentalmente, de carácter cultural, acelerado por el aporte continuo de nutrientes de origen antropogénico.

Luego de un estudio de 5 años que abarcó 200 ambientes en 22 países de Europa occidental, EEUU, Japón y Australia el Comité de Eutrofización de la Organización de Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE) propuso una clasificación del grado de eutrofia de lagos y embalses, de acuerdo a los valores que alcanzan las variables clorofila-a, transparencia del disco de Secchi y concentración de fósforo total. En la tabla siguiente se muestra la clasificación “cerrada” llamada así debido a que utiliza límites estrictos entre categorías. (CEPIS, 2001).

Grado de eutrofia	Clorofila (mg/m³)	Prof. Secchi (m)	P (mg/m³)
Ultraoligotrófico	< 1	> 12	< 4
Oligotrófico	1-2,5	12-6	4-10
Mesotrófico	2,5-8	6-3	10-35
Eutrófico	8-25	3-1,5	35-100
Hipereutrófico	> 25	< 1,5	> 100

Las principales variables de calidad del agua que se evalúan durante un estudio Limnológico se describen a continuación.

Temperatura del agua, la principal fuente de temperatura para el agua proviene de la energía lumínica de la luz solar, la temperatura del agua depende directamente de la temperatura del medio ambiente el cual esta determinado por el clima y la velocidad del viento. Un aumento exagerado de temperatura acelera el agotamiento de oxígeno en el agua, por escape físico del gas y por un mayor gasto en los procesos de descomposición de la materia orgánica y respiración.

Concentración de oxígeno disuelto, este gas es uno de los mas importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos. El oxígeno llega al agua por difusión de la atmósfera o por fotosíntesis, su difusión dentro del un ecosistema acuático se lleva a cabo por medio de la circulación y movimientos del agua provocados por diferencia de densidad de las capas de agua o por vientos.

Concentración de iones hidrogeno, pH, es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno [H+] presentes en determinada sustancia. El término significa potencial de hidrógeno. Una acidez creciente produce cambios drásticos y fatales para la vida acuática y disminuye la productividad primaria. (Auró, 2001).

Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, permite conocer los requerimientos relativos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica, como estimado final. Es en si un estimador de la materia orgánica biodegradable que se expresa como oxígeno consumido en miligramos / litro. Representa la reserva orgánica que permite continuar el equilibrio ecológico acercándose o alejándose de la eutrofización.

Fósforo Total, la determinación de su concentración permite conocer el potencial energético-bioquímica del ecosistema para su mantenimiento equilibrado o para sugerir el posible impacto a corto plazo en condiciones de eutrofización. El fósforo esta presente en todos los organismos vivos en los ácidos nucleicos de sus células a parte de una gran gama de compuestos bioquímicos responsables de los procesos energéticos.

Nitrógeno Total, el nitrógeno total es la suma de todos los aportes nitrogenados proteicos y no proteicos, que puedan ser susceptibles de convertirse en una forma común capaz de ser medida. No existen procesos espontáneos de formación de compuestos orgánicos nitrogenados sin la intervención de organismos vivos. El aumento de la carga nitrogenada de un tributario o cuerpo de agua esta directamente relacionado con la densidad de las poblaciones humanas asentadas en sus riveras.

Clorofila-a, los compuestos responsables de la transformación de la energía lumínica en energía química son los pigmentos carotenoides y las clorofilas a y b. La medición de clorofila a es un indicador de la existencia de células vivas de origen fitoplanctónico, así que la cantidad de clorofila medida en el agua es una medición indirecta aunque no necesariamente proporcional y relativa de la abundancia de individuos de poblaciones de fitoplancton.

Plancton, en un estudio Limnológico son de gran importancia debido que la presencia de ciertas especies algales es a veces indicativa de un cierto estado trófico. El fitoplancton es el beneficiario directo de la acumulación de nutrientes en un cuerpo de agua pues constituyen las únicas comunidades que reúnen las características para aprovechar al máximo las condiciones en el ecosistema. (DIGEN, 1992).

Metales Pesados, Todos los metales pueden ser tóxicos para los seres vivos si los niveles de exposición son suficientemente altos. Los metales son especialmente importantes debido a su característica de acumulación en los organismos. Muchos metales se llaman pesados ya que su densidad es mayor a 5 g/cm³. Los principales metales que se monitorean regularmente por su fuerte impacto en el sistema nervioso humano son mercurio, plomo, arsénico, cadmio, níquel, zinc y aluminio.

Órganofosforados, se denominan así a aquellas sustancias orgánicas derivadas de la estructura química del fósforo. Son un grupo de plaguicidas artificiales aplicados para controlar las poblaciones plagas de insectos. Sus efectos por intoxicación con estos productos afectan directamente el sistema nervioso central, sistema simpático-motor y el sistema parasimpático en general.

Órganoclorados, son, en esencia, hidrocarburos con alto contenido de átomos de cloro, conforman un grupo de pesticidas artificiales desarrollados principalmente para controlar las poblaciones de insectos plaga. Su origen se remonta a la fabricación del DDT (diclorodifeniltricloroetano) en 1943. De ahí en adelante y por muchas décadas, dicho clorado fue un arma importante en la lucha química y una casi ineludible en el control del mosquito *Anopheles* transmisor de la malaria. Su acción, como casi todos los insecticidas, es a nivel del sistema nervioso, generando alteraciones de la transmisión del impulso nervioso. (Roldan, 1992)

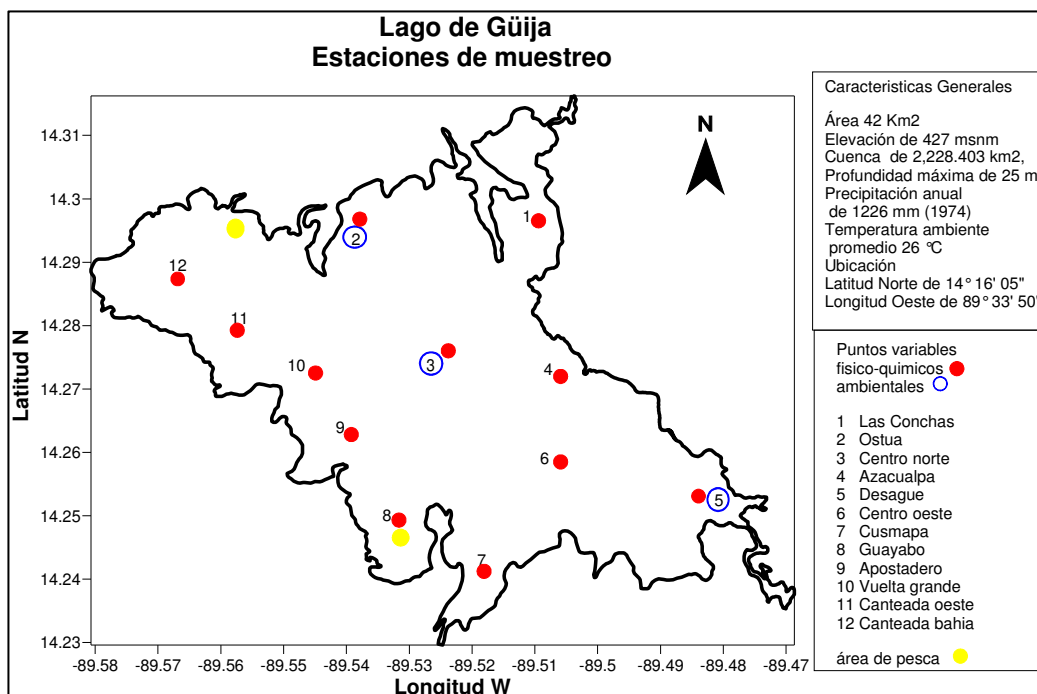
Transparencia del disco de Secchi, esta define el grado de opacidad producido en el agua por la materia particulada suspendida, la cual reduce la transmisión de luz dispersándola o absorbiéndola. La transparencia se mide con el disco de Secchi, el cual es un disco de material resistente al agua (plástico, metal, etc.) que está dividido en cuatro secciones del mismo tamaño (2 blancas y 2 negras), y sostenido por una cinta o una varilla en la parte central del disco, que está graduada en centímetros. (Auró, 2001)

Coliformes totales y fecales, aunque las enterobacterias son definidas como comensales normales del intestino de los mamíferos superiores su origen en un cuerpo de agua puede atender a diferentes causas y solamente *Escherichia coli* tiene una causa definitivamente fecal, ya que tienen como hábitat permanente el tracto digestivo y el agua. Indica su presencia la posibilidad de encontrar elementos patógenos y nocivos para la salud humana, como cepas enteropatógenas que puedan originar enfermedades diarreicas. (DIGEN, 1992)

3. METODOLOGÍA

Para la toma de variables físico-químicas y ambientales se realizó una proyección de las estaciones a muestrear utilizando imágenes del programa GoogleEarth®. Estas estaciones fueron ingresadas en un geoposicionador global portátil (gps) y los mismos fueron corroborados en el lago, de tal manera que al momento del registro de datos se tomo en cuenta la profundidad del lago y la cercanía de la orilla para la corrección de las estaciones pues el lago se encontraba en la época más seca, en el mes de mayo.

Figura No.2. Mapa del lago de Güija con la distribución de las estaciones de muestreo de variables físico-químicas, biológicas, variables de contaminación ambiental y las principales áreas de pesca, se muestran las principales características del lago así como el nombre por lugar de cada uno de las estaciones monitoreadas.



Para la generación de los mapas superficiales con las isolíneas de las distintas variables estudiadas se utilizó el programa SURFER 8.0, para la aplicación de dicho programa fue generada una base de datos en hoja electrónica con información de las variables, numeración de las estaciones de muestreo y localización geográfica longitud-latitud en sexagesimales.

Se generó un mapa batimétrico mediante el uso del programa SURFER 8.0 para el mismo se utilizó un equipo tipo ecosonda marca GARMIN GPS Map® 178C, inicialmente se plotearon las estaciones en el mapa base generado mediante SURFER 8.0 y posteriormente en campo se midió la profundidad anotándola en boletas diseñadas para el caso con la ecosonda.

Para la toma de muestras de variables físico-químicas, biológicas y variables ambientales se utilizó una embarcación de fibra de vidrio tipo lancha tiburonera de 23 pies de eslora, con un motor fuera de borda de 70 caballos de fuerza; esta embarcación pertenece a la Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura UNIPESCA del Ministerio de Agricultura –MAGA- y se contó con apoyo del Apostadero Naval del Lago para efectos de acompañamiento y manejo de la embarcación.

3.1. Variables físico-químicas y biológicas

Se determinaron in situ las variables físico-químicas y biológicas de calidad de agua con una MINISONDE 4^a múltiparametro marca HYDROLAB® con el que fueron tomadas lecturas de oxígeno disuelto en miligramos por litro (mg/l), temperatura en grados Celsius (°C), concentración de iones hidrógeno pH, total de sólidos disueltos en mg/l, conductividad eléctrica en microsimens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad en partes por mil (o/oo) y turbidez en unidades nefelométricas de formacina (NTU's), se realizaron mediciones en 12

estaciones de muestreo tomándose registros superficialmente y a cada dos metros hasta una profundidad de 10 metros, luego cada cinco metros hasta el fondo del lago.

Variabes químicas como dureza, fosfato, fósforo total y nitrógeno total fueron determinadas mediante laboratorio de análisis, se tomaron muestras de agua superficial sin filtración en tres estaciones, fueron transportadas en recipientes de plástico de 1 galón con enfriamiento por hielo y entregadas al laboratorio en periodos no mayores de 24 horas.

Las muestras de agua para las variables biológicas de análisis de plancton, fueron tomadas superficialmente, se tomaron realizando la filtración de 15 litros de agua en una red de plancton de 50 micras estas se almacenaron en recipientes plásticos de color blanco de 50 ml y fueron fijadas "in-situ" con 4 gotas de la solución de lugol al 10 % para su preservación y posterior identificación.

En el caso de muestras para productividad primaria o clorofila-a se tomaron muestras superficiales las cuales no fueron filtradas ni fijadas por ningún producto, las mismas se transportaron al laboratorio bajo las mismas condiciones de todas las muestras, se filtraron al vacío con un filtro de 0.45 µm (micrometros) de poro para ser analizadas por espectrofotometría.

Cuadro No.2. Métodos utilizados para el análisis de las variables químicas monitoreadas en el agua del lago y referencia de la técnica empleada.

Análisis	Método	Observaciones
Nitrógeno	Koroleff	Merck®. Disgregación análoga a DIN EN ISO 11905-1

Fosfato y Fósforo total	Azul de fosfomolibdeno	Merck®. Procedimiento análogo a EPA 365.2+3, US Standard Methods 4500-PE, ISO 6978/1 e EN 1189
Dureza	Valoración complexométrica con EDTA	Merck®
Clorofila-a	Espectrofotometría	Standard Methods 20 th Edition

Fuente: Laboratorio de análisis ECOQUIMSA.

3.2. Variables de contaminación ambiental

Para la toma de muestras de agua para la determinación de las variables de contaminación ambiental, se utilizaron 3 estaciones de muestreo ubicándolas en las zonas más representativas del lago, la primera frente al río Ostúa el cual es el mayor tributario del lago, el segundo al centro del lago y el ultimo frente a comunidad el Desagüe en la desembocadura del lago, en estas estaciones se monitorearon las variables; demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales, metales pesados en agua (mercurio, plomo y arsénico), metales pesados en peces (mercurio, plomo y arsénico), plaguicidas y herbicidas (órganoclorados y órganofosforados) estas muestras fueron recolectadas superficialmente a una profundidad de un metro, para las muestras de peces estos fueron recolectados en las áreas de pesca determinadas frente a Aldea Canteada, tomándose muestras de las tres especies de mayor importancia económica para la pesca siendo estas guapote tigre *Parachomis managuensis*, tilapia *Oreochromis sp.* y quisque *Cathorops steindachneri*, (González, 1995).

Debe mencionarse que estas variables de contaminación fueron monitoreadas bimensualmente sin embargo en los seis meses del presente estudio únicamente pudieron realizarse dos monitoreos, las muestras fueron tomadas durante los meses de julio y octubre del año 2007.

Inicialmente se entregó por parte del laboratorio de análisis un protocolo para la toma de muestras de las variables de contaminación y recomendaciones para la preservación de las muestras, las muestras se preservaron en hielo a temperatura cercana a los 0° C y fueron entregadas al laboratorio en un período menor a 24 horas, contadas a partir de la toma de la muestra.

Para el análisis de las muestras de agua y determinación de las variables de contaminación ambiental monitoreadas se utilizaron las diferentes metodologías de acuerdo a los estándares internacionales recomendados. Las metodologías utilizadas se describen en la tabla a continuación. Para la toma y transporte de estas variables el laboratorio de análisis entregó hieleras para cada jornada de muestreo (una por estación), con los respectivos recipientes para depositar las muestras, debidamente rotulados para almacenamiento y adecuada preservación y manejo de las mismas.

Cuadro No.3. Métodos utilizados para el análisis de las variables de contaminación ambiental monitoreadas en el agua del lago y referencia de la técnica empleada.

Análisis	Método	Observaciones
DBO	SM 5210 B	Standard Methods 20th Edition
Mercurio	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Standard Methods 20th Edition
Plomo	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Standard Methods 20th Edition
Arsénico	Espectrofotometría de Absorción Atómica	Standard Methods 20th Edition
Plaguicidas, Herbicidas	Cromatográfico	U.S. FDA, Pesticide Analytical Manual, 3rd. Ed. 1994
Microbiología	Número más probable	Standard Methods 20 th Edition

Fuente: Laboratorio de análisis ECOQUIMSA.

Para la demanda bioquímica de oxígeno disuelto, las muestras fueron tomadas superficialmente, no se realizó ningún tipo de fijación de la muestra con algún producto químico, la muestra fue mantenida en una botella de vidrio oscuro de un galón y mantenida alejada de la luz solar.

Las muestras de agua para determinación de coliformes totales y fecales, fueron tomadas superficialmente utilizando guantes descartables y colocando la muestra directamente dentro de las bolsas estériles tipo whirl-pak, evitando la contaminación al momento de la toma de la muestra.

Para la toma de muestras de agua para análisis de variables metales pesados, mercurio, plomo y arsénico; plaguicidas y herbicidas; y niveles de compuestos organoclorados y organofosforados se tomaron dos muestras de un galón cada una directamente de la superficie del lago colocándolas respectivamente en hielera acompañadas de hielo.

Para el análisis de metales pesados; mercurio, plomo y arsénico en músculo de pescado, se obtuvieron aproximadamente una libra de organismos de las tres principales especies de importancia económica guapote tigre *Parachomis managuensis*, tilapia *Oreochromis sp.* y quisque *Cathorops steindachneri*, colocando organismos completos en bolsas plásticas esterilizadas e identificadas, las muestras fueron recolectadas en las dos zonas de mayor importancia pesquera, las mismas se identifican en la figura dos (frente a segunda desembocadura de río Ostúa y en aldea el Guayabo).

3.3. Variables para estimación del estado trófico

Para la determinación de la transparencia del disco de secchi se utilizó una forma circular de cemento con cuatro divisiones pintadas de negro y

blanco, sujetado por el centro con cabo de ceda marcado con medidas en centímetros, se colocó en el agua en cada estación de muestreo determinando su mínima visibilidad a simple vista.

Otras variables que fueron tomadas en cuenta para la estimación del estado trófico son la clorofila-a y fósforo total, la metodología para la determinación de estas variables se encuentra descrita en variables físico-químicas y biológicas.

4. RESULTADOS

4.1. Profundidad y Batimetría

Como se menciona en los antecedentes durante los meses de octubre del 2005 a marzo del 2006 época seca se realizó un proyecto de caracterización del lago de Güija, tomándose en cuenta la fase limnológica y de variables de contaminación ambiental. Dentro del presente trabajo de tesis se presentan algunos resultados de dicha caracterización con el objetivo de comparar el comportamiento de variables ya que los mismos fueron realizados en distintas épocas, el primero en la época seca y el presente trabajo en la época de lluvia y de este modo proyectar un comportamiento anual.

En la gráfica siguiente se muestra el nivel de la columna de agua alcanzado durante la época seca del 2005-2006 y la época de lluvia del 2007, para la elaboración de la misma fue tomada la profundidad máxima alcanzada la cual se registró en el centro del lago.

Figura No.3. Comportamiento del nivel en la columna de agua durante los meses la época seca entre el 2005-2006 y la época de lluvia del 2007, puede

notarse el aumento a partir de los meses de junio a septiembre los cuales son los de mayor precipitación. La línea punteada demarca el espacio de tiempo de 13 meses entre un monitoreo y el otro.

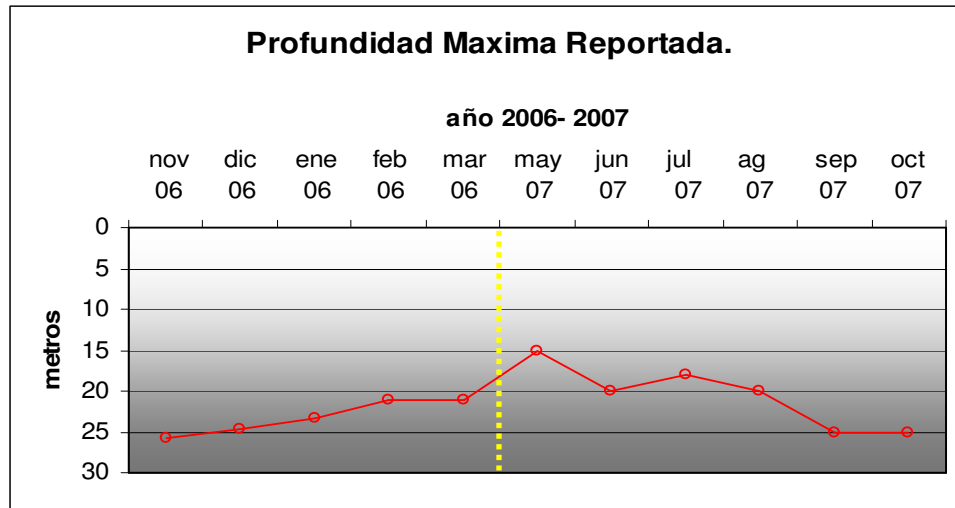
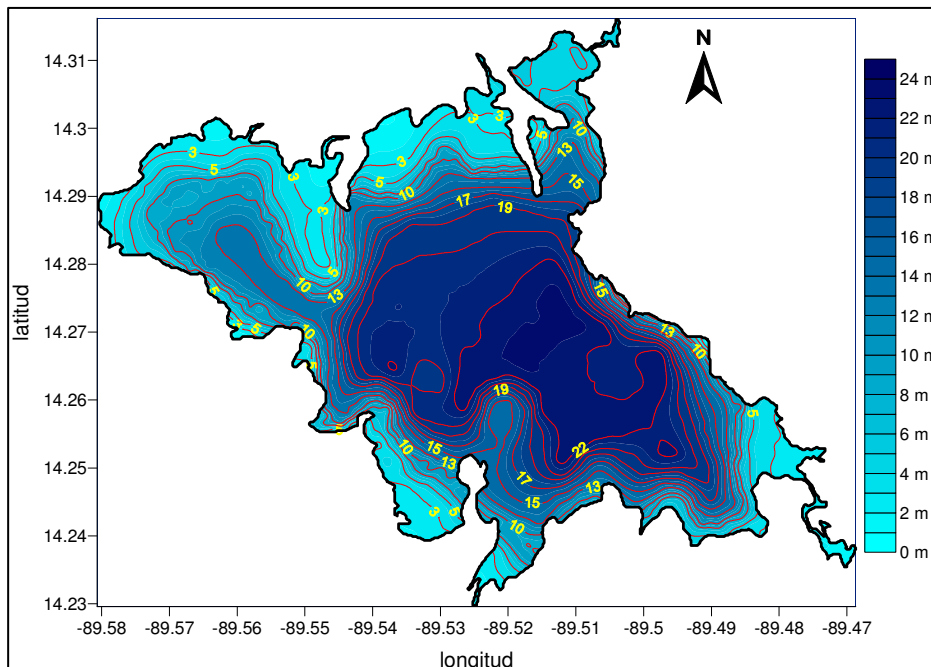


Figura No.4. Mapa batimétrico del lago de Güija, generado con información recabada durante el mes de septiembre del 2007 en la época de lluvia. Puede observarse que la parte mas profunda se localiza al centro del lago.



4.2. Variables físico-químicas y biológicas

Los principales variables físico-químicas de calidad de agua temperatura, oxígeno disuelto y concentración de iones hidrogeno (pH) muestran rangos óptimos para la vida acuática, también son las variables físico-químicas de mayor relevancia tomados en cuenta para la implementación de sistemas de cultivo de peces, en este caso con tilapia.

Para la elaboración de los mapas con isolíneas a través del programa surfer 8.0 de las variables temperatura, oxígeno disuelto y pH de los resultados superficiales fueron utilizados los valores máximos y mínimos de la época del presente estudio es decir la época de lluvia de mayo a octubre del 2007, esto con el objetivo de presentar todos los resultados dentro de un contexto de referencia al actual estudio.

Con el uso del programa SURFER 8.0 se elaboraron mapas de comportamiento superficial de temperatura, oxígeno y pH durante los meses de mayo a octubre del 2007 época de lluvia y fueron proporcionados también los elaborados dentro del proyecto PREPAC en época seca de octubre del 2005 a marzo del 2006. Para homogenizar los resultados y facilitar la interpretación de los mismos se estandarizó los rangos máximo y mínimo obtenidos durante los muestreos del año 2007 de temperatura entre 32.55 - 24.74 °C, concentración de oxígeno 3.3 - 20.00 mg/l y pH 7.24 – 8.81.

4.2.1. Temperatura

La temperatura mostró los rangos mínimo 24.74 °C y máximo 32.55 °C en toda la columna de agua durante el presente estudio en la época de lluvia, no se observa una termoclina o zona con cambio brusco de temperatura mayor

a 1° C entre 0 y 20 m. Las curvas muestran poca variación entre si a diferencia del mes de octubre del 2006 que muestra agua mas fría en la superficie.

La temperatura en la columna de agua muestra un comportamiento bastante homogéneo sin mostrar alguna termoclina definida ni estratificación hasta los 20 m. de profundidad, los rangos de temperatura para el óptimo crecimiento de la tilapia son entre 25-30° C (Auró, 2001.) por lo que esta variable no seria una limitante durante todo el año para la realización de cultivos piscícolas en jaulas con esta especie.

Figura No.5. Comportamiento de la temperatura en la columna de agua durante los seis primeros meses de muestreo en el año 2005-2006 y resultados del presente estudio en el 2007. Puede observarse un enfriamiento gradual entre de octubre a febrero en la primera grafica y un calentamiento en el mes de marzo, en la segunda grafica el calentamiento continua hasta el mes de agosto enfriando nuevamente hasta el mes de octubre del 2007. Entre profundidad de 20 a 25 m. se muestra un gradiente de aproximadamente 1.5 °C los que muestran una estratificación a profundidad en los meses de diciembre y marzo con agua más fría.

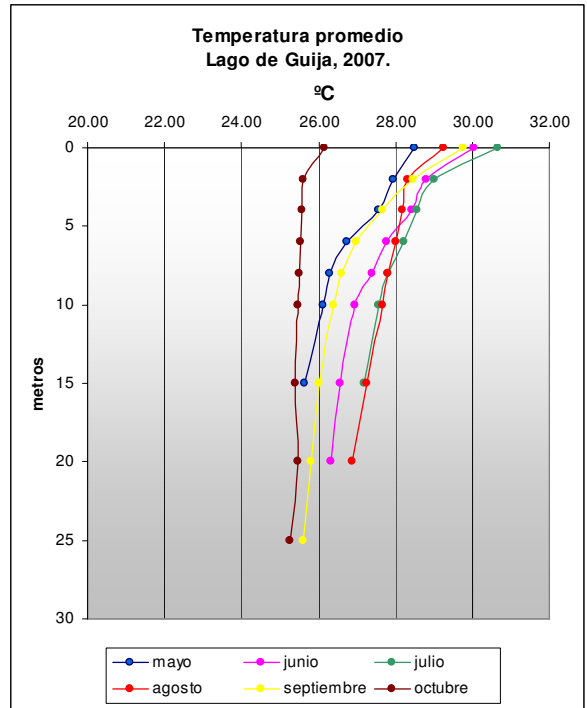
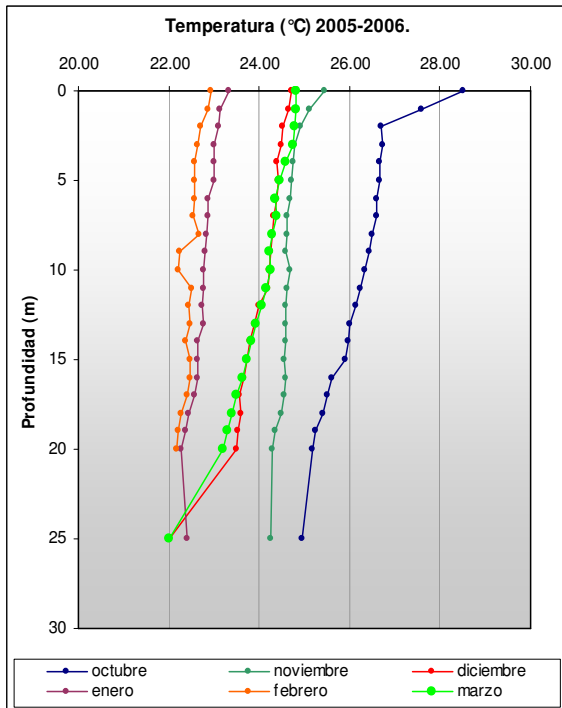


Figura No.6. Se muestran los seis mapas de temperatura superficial con isólinas con información obtenida durante los meses de la época de lluvia. Puede observarse durante mayo temperatura promedio de 28.49 °C con un calentamiento gradual entre junio a septiembre y enfriamiento en el mes de octubre con promedio de 26.14 °C, siendo este mes el más frío.

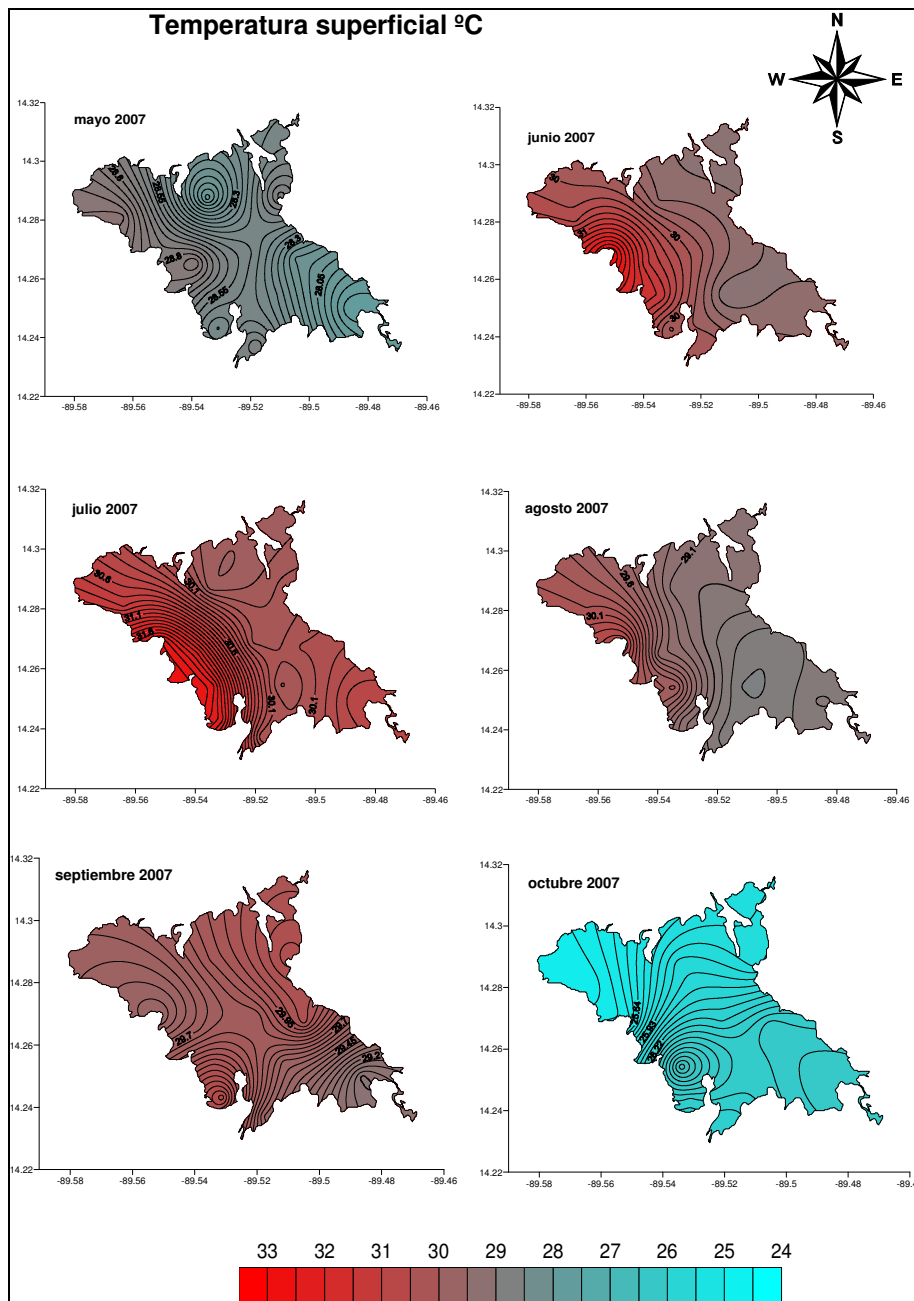
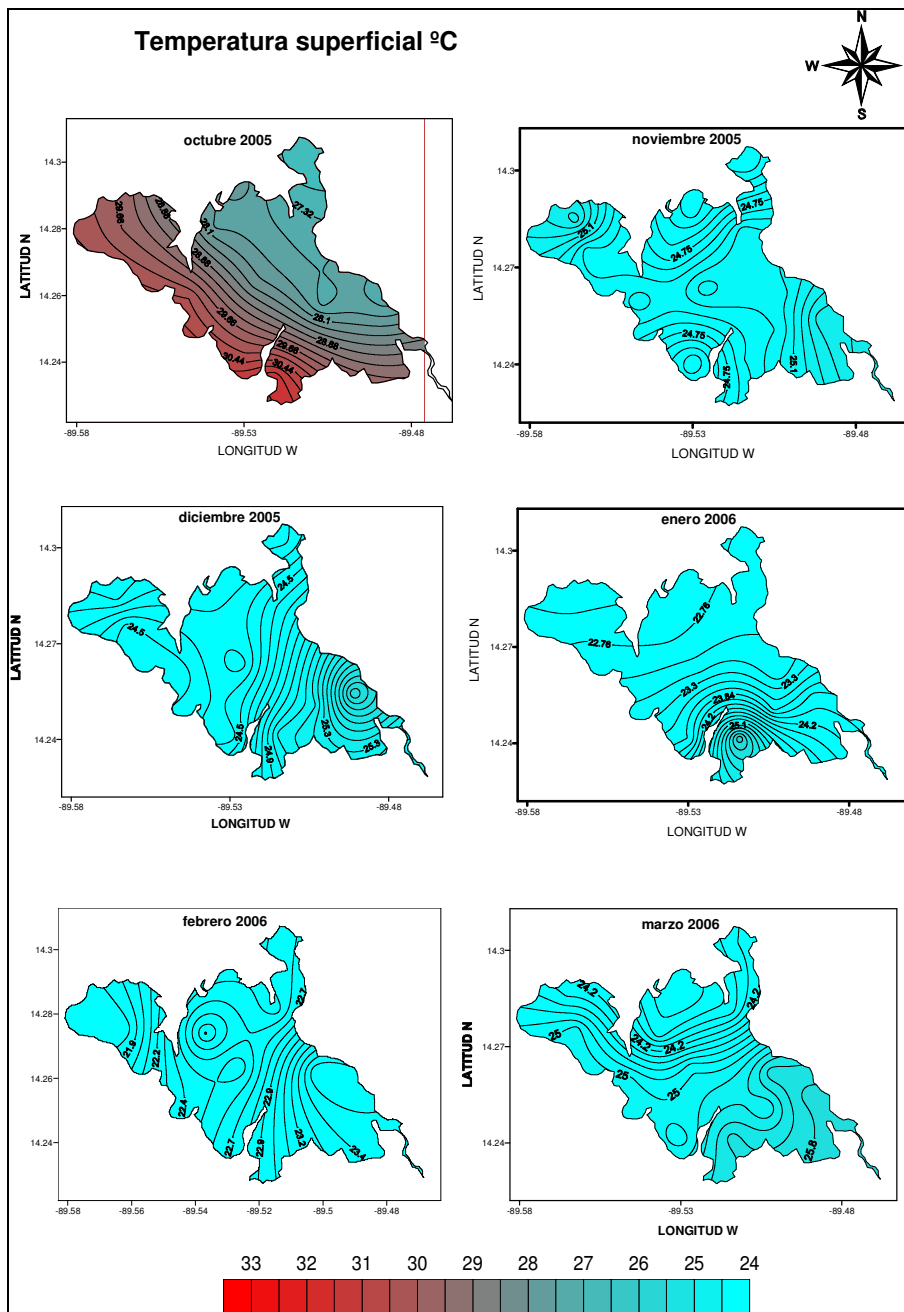


Figura No.7. Se muestran los seis mapas de temperatura superficial con información del proyecto PREPAC durante los meses de la época seca. Puede observarse durante octubre un promedio de 26.51 °C siendo el más cálido, y un enfriamiento en los siguientes meses siendo el más frío febrero con 22.59 °C de promedio superficial.



4.2.2. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua durante el periodo de mayo a octubre del presente estudio en la época de lluvia mostró rangos mínimo de 0.6 a 20 m resultado obtenido durante el mes de septiembre y máximo de 20.0 mg/ l. En la superficie durante el mes de diciembre, los rangos de concentración de oxígeno disuelto para el óptimo crecimiento de la tilapia son entre 2-5 mg/ l (Auró, 2001.) por lo que este variables no sería una limitante durante todo el año para la realización de cultivos piscícolas en jaulas con esta especie, ninguna de las curvas mostradas a continuación presentan rangos menores a 2 mg/ l entre la superficie y los 5 m. de profundidad que es la zona en donde se colocarían las jaulas flotantes.

Figura No.8. Comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto en miligramos por litro en la columna de agua, en la primera grafica correspondiente al periodo 2005-2006 época seca se observa una oxiclina en marzo a partir de los 10 m de profundidad hasta los 20 m. Los meses de octubre a febrero se observan homogéneos en la columna de agua con descenso a los 22 m durante el actual estudio en la segunda grafica se puede observar similar tendencia en octubre bastante estabilidad en la columna de agua y oxiclinas a partir de los 3 m hasta los 10 m la variación aquí se da de 8 mg/ l a menos de 1 en una diferencia de profundidad de 7 m únicamente en agosto es menor.

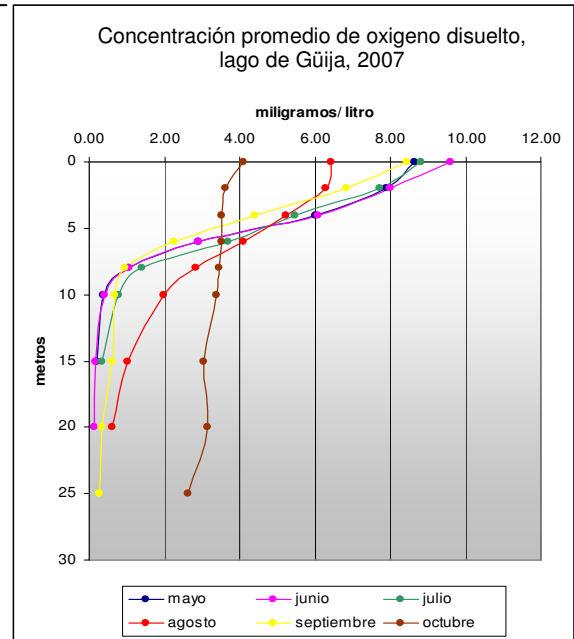
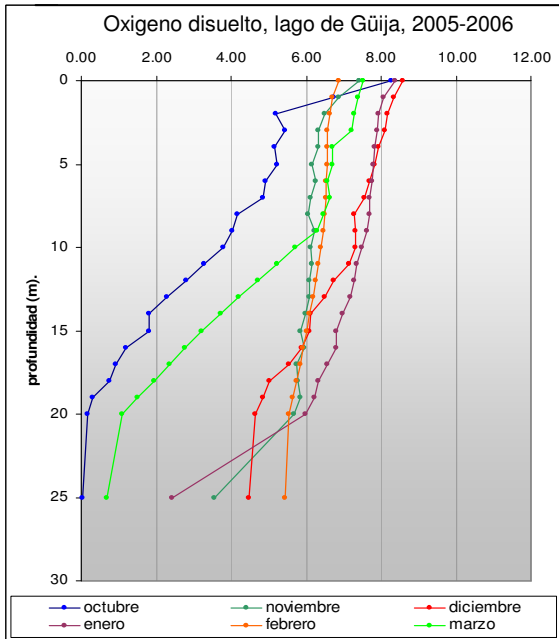


Figura No.9. Se muestran los seis mapas de concentración de oxígeno disuelto en la superficie con información obtenida durante la época de lluvia del 2007. Puede observarse durante octubre una concentración promedio de 4.1 siendo este el de menor concentración por ello su coloración y junio con 9.6 siendo la mayor.

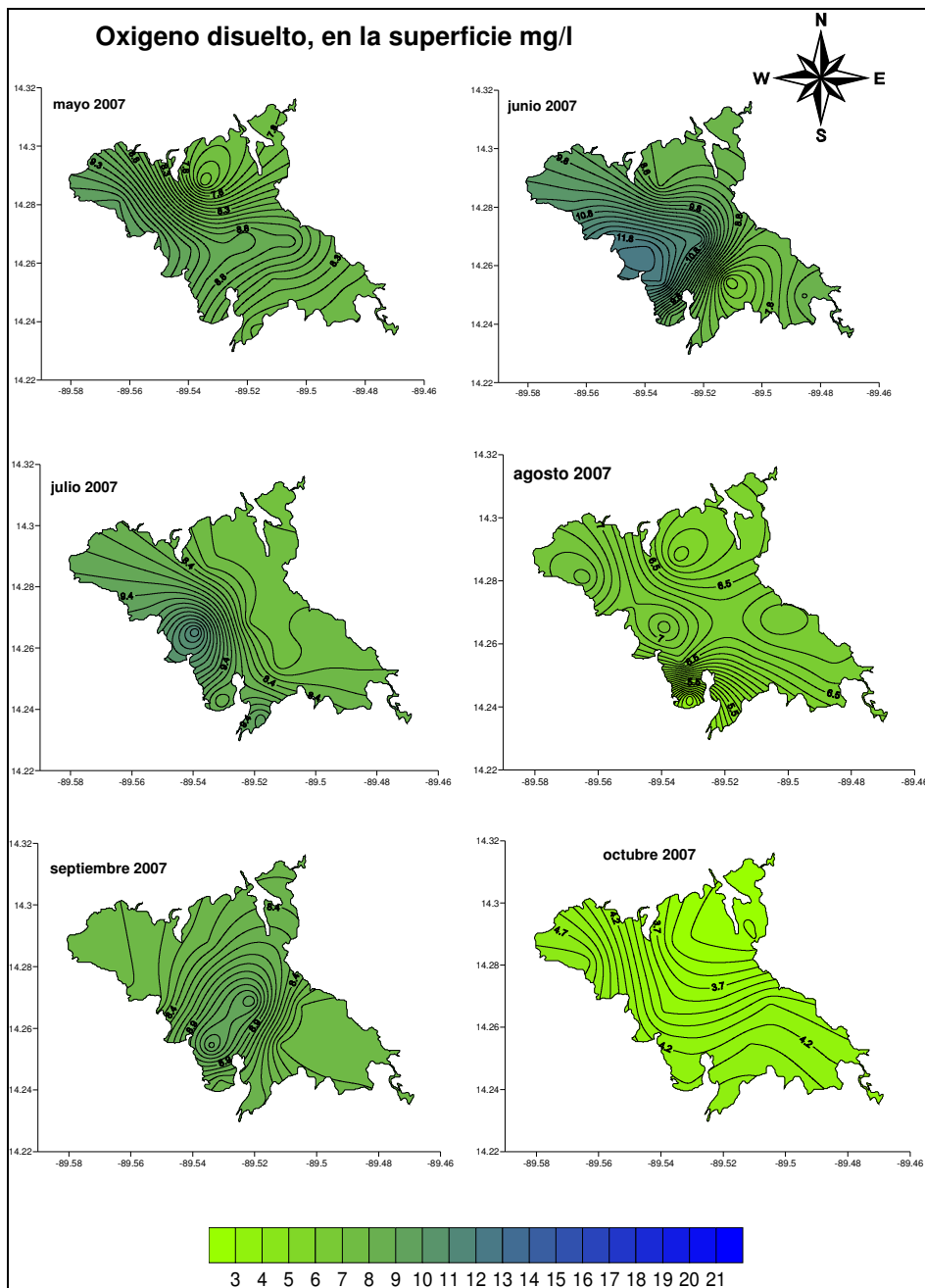
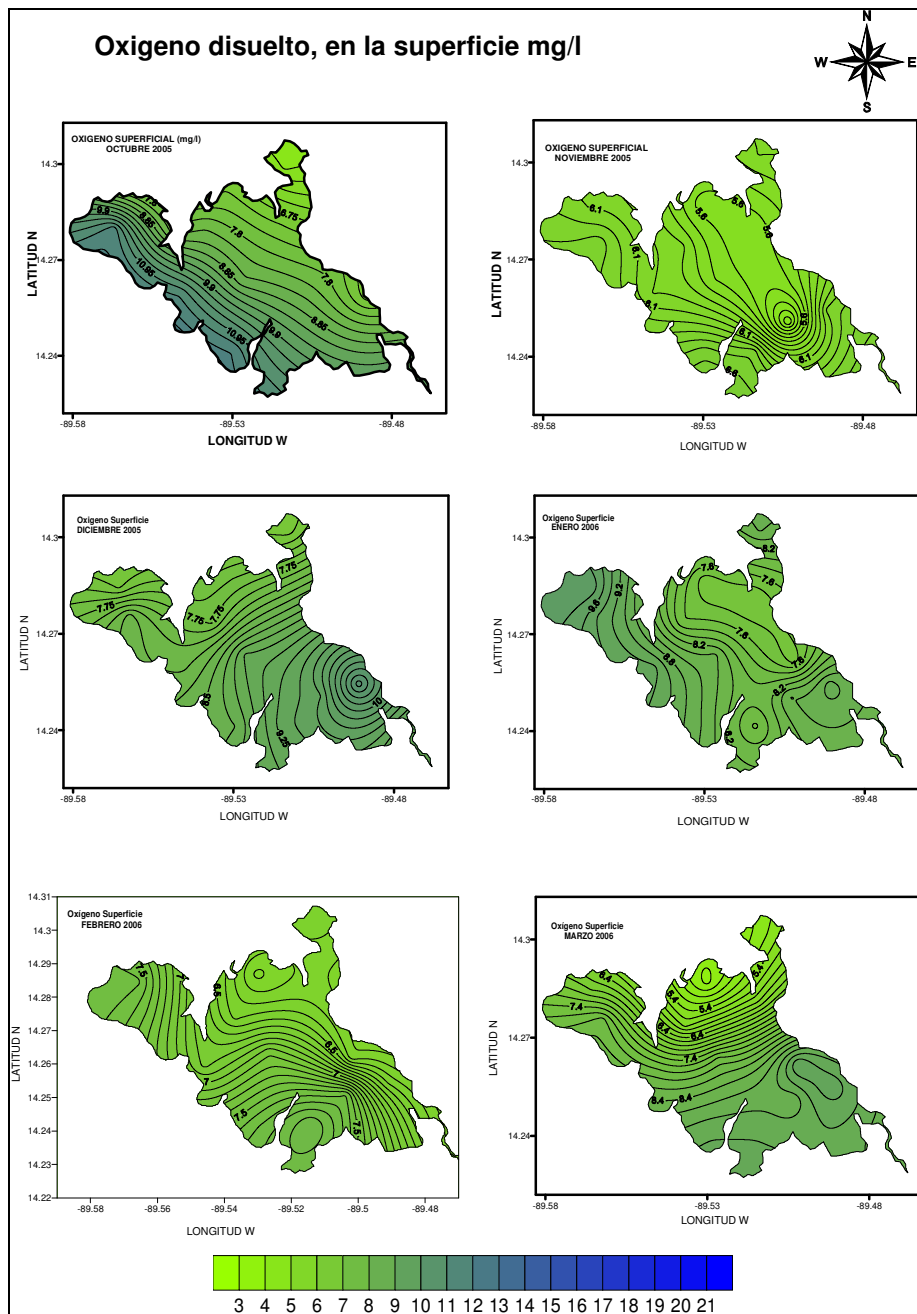


Figura No.10. Se muestran los seis mapas de concentración de oxígeno disuelto en la superficie con información de octubre a marzo del 2005 al 2006 época seca dentro del proyecto PREPAC. Puede observarse durante febrero una concentración promedio de 6.87 siendo este el de menor concentración por ello su coloración y diciembre con 8.57 siendo la mayor.



4.2.3. Concentración de iones hidrogeno, pH

El pH en la columna de agua durante el periodo de mayo a octubre del presente estudio época de lluvia mostró rangos mínimo de 6.85 y máximo 8.81 de, los rangos de variación para el óptimo crecimiento de la tilapia son entre 6.5-7.5 (Auró, 2001) por lo que esta variable no sería una limitante durante todo el año para la realización de cultivos piscícolas en jaulas con esta especie, ninguna de las curvas mostradas a continuación presentan rangos menores a los recomendados pero si mayores principalmente en el periodo de la época seca, sin embargo no son mortales.

Figura No.11. Comportamiento de la concentración de iones de hidrogeno en la columna de agua durante los meses de muestreo de la época seca del 2005-2006 y la época de lluvia del 2007. Puede observarse un comportamiento muy similar a la concentración de oxígeno disuelto esto debido a la actividad fotosintética en la zona fótica. En la primera gráfica se observa un descenso gradual sin definirse un cambio brusco, sin embargo en el actual estudio durante los meses de mayo a septiembre se denota descenso a partir de los 2 hasta los 9 m.

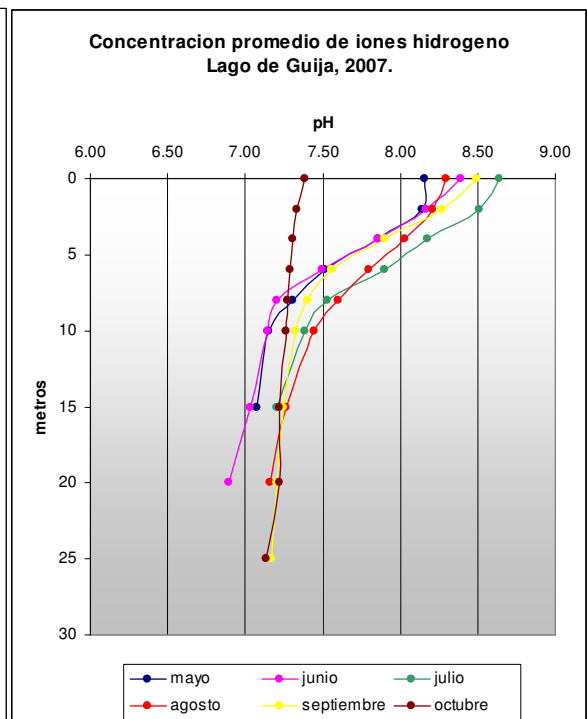
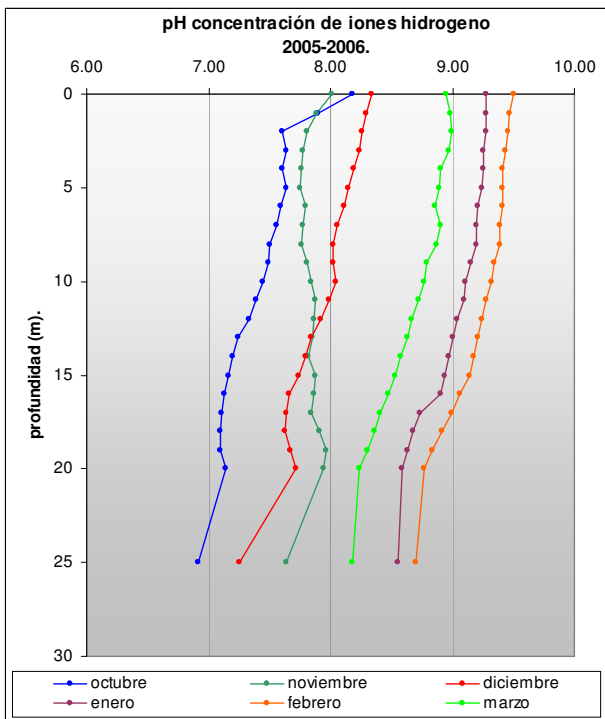


Figura No.12. Se muestran los seis mapas de concentración de pH superficial con isolíneas con información obtenida durante los meses de mayo a octubre del 2007 época de lluvia. Puede observarse durante octubre una concentración promedio de 7.38 siendo este el mes con la menor concentración por ello su coloración y septiembre con 8.49 siendo la mayor.

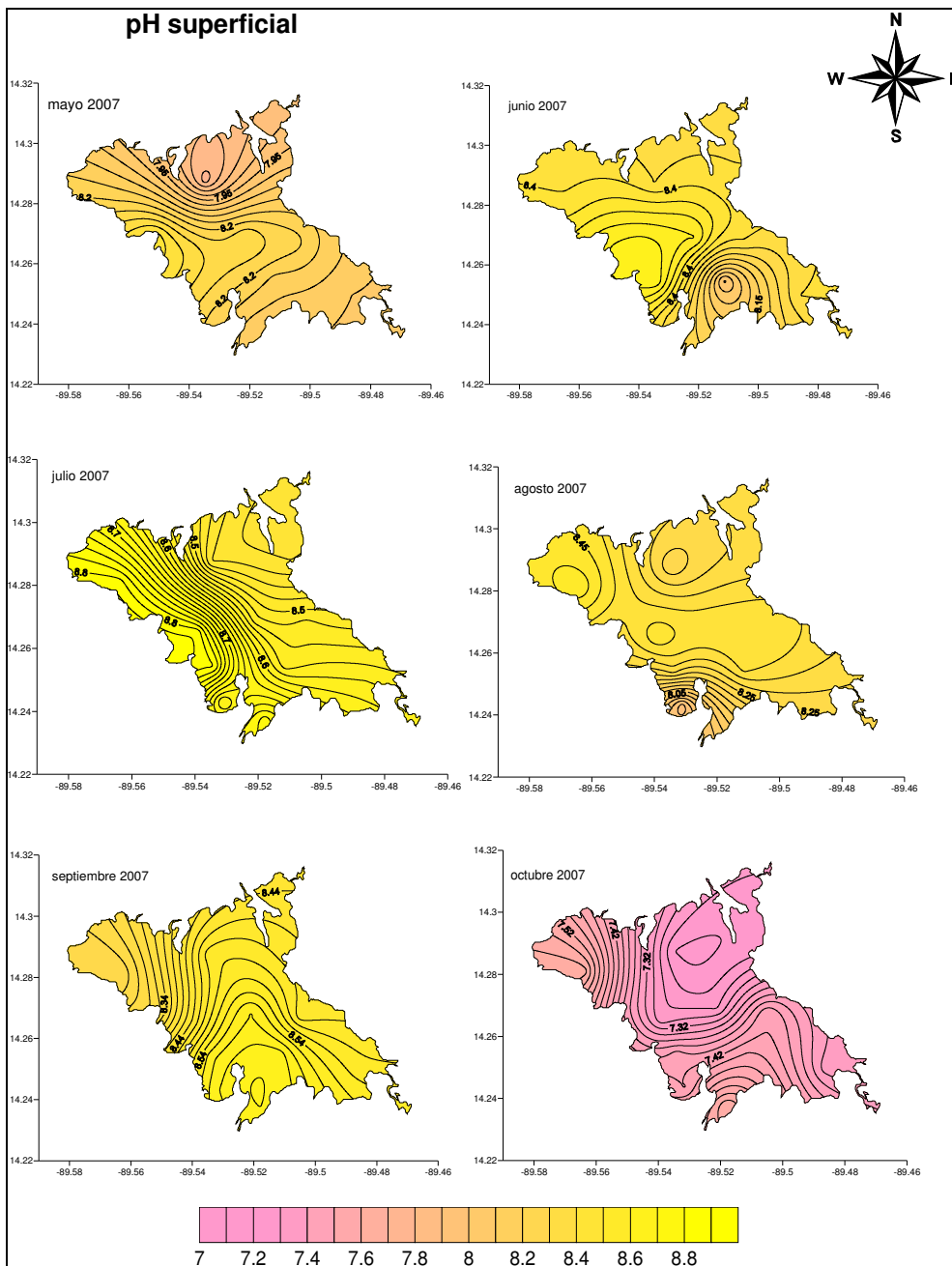
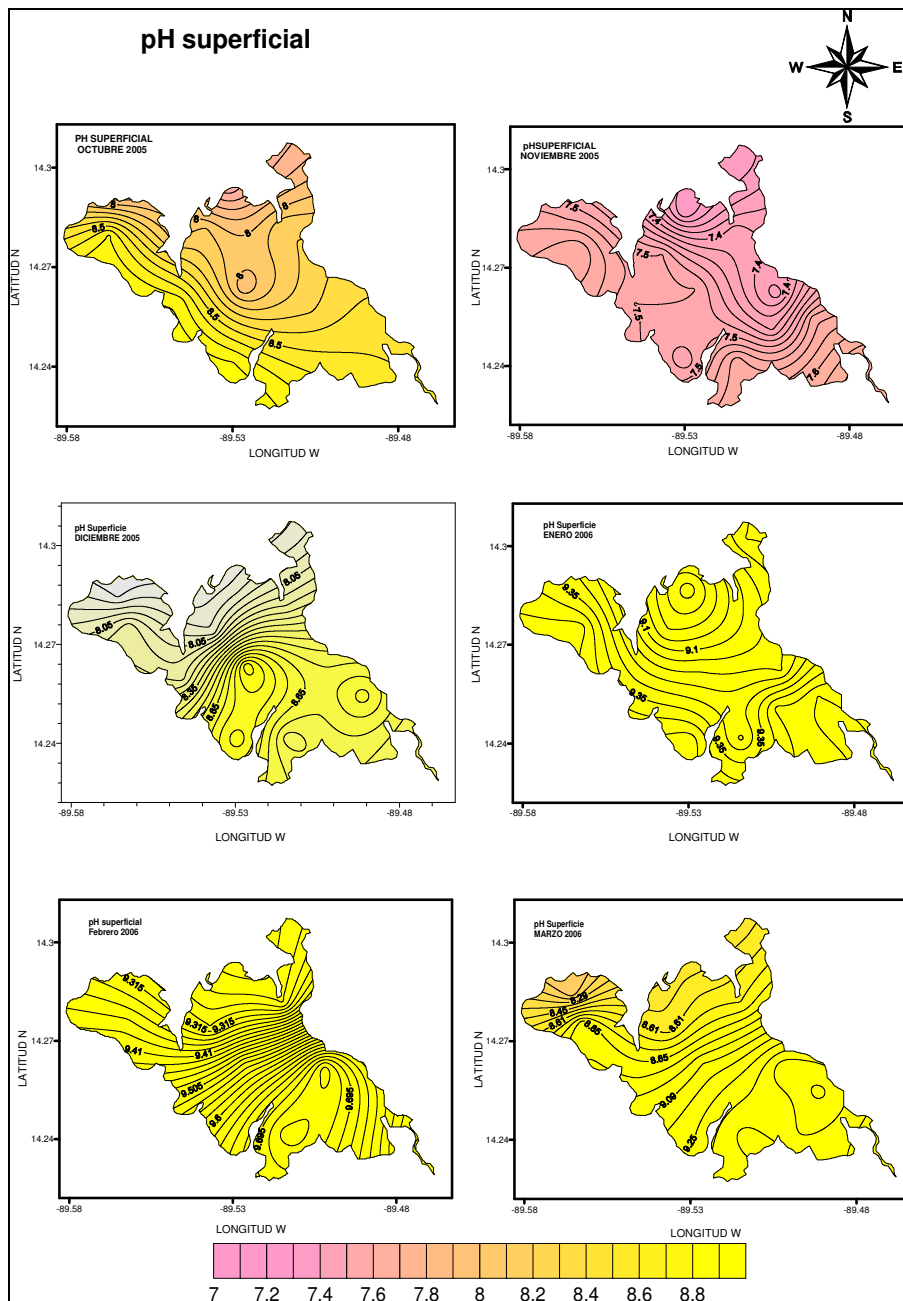


Figura No.13. Se muestran los seis mapas de concentración de oxígeno disuelto superficial con información obtenida durante los meses de octubre a marzo del 2005 al 2006 época seca dentro del proyecto PREPAC. Puede observarse durante el mes de noviembre una concentración promedio de 8.01 y el de febrero con 9.5.



4.2.4. Otras variables físico-químicas y biológicas

Cuadro No.4. A continuación se muestran los valores mínimos, máximos y promedio general registrados durante el periodo de mayo a octubre del 2007 época de lluvia del presente estudio. COGUANORM refiere LMA de 500 y LMP de 1000 mg/l para sólidos disueltos en agua potable por lo que los determinados en agua superficial en el presente estudio superan los referidos. Para conductividad eléctrica la misma norma refiere 1,500 μ S/cm como LMP por lo que los resultados de las muestras analizadas superan dicho limite. La salinidad es casi nula y se refiere a sales minerales por lo que no es referida a ninguna norma. COGUANORM refiere 150 UNF como LMP por lo que el promedio general en esta época no supera el limite.

Variable	mínimo	promedio	máximo
Total de sólidos disueltos en mg/l.	933	1334	2000
Conductividad eléctrica en microsimens/ cm.	990	2075	4648
Salinidad en partes por mil (ppt)	0.01	0.075	0.16
Turbidez en unidades nefelométricas de formacina. UNF.	1.2	112	1000

4.2.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno disuelto, Dureza, Alcalinidad.

Cuadro No.5. Resultados de DBO determinados en agua superficial, tomadas en julio y octubre del 2007 época de lluvia; febrero y marzo 2006 época seca. COGUANOR no refiere un LMP para agua potable para DBO y Alcalinidad por lo que se refieren los resultados a normas de la OMS. La OMS refiere para agua potable un LMP de DBO 20 mg/l por lo que los resultados obtenidos son

menores y únicamente durante la época de lluvia en el mes de octubre se encuentran superiores. COGUANORM establece para agua potable un LMP de Dureza de 500 mg/l, todos los resultados obtenidos se encuentran por debajo de ambos límites. Para alcalinidad la OMS refiere 100 mg/l como LMP por lo que los resultados obtenidos en la época de lluvia se encuentran superiores a la referencia.

Mes	Época de lluvia 2007			Mes	Época seca 2006.			Límite de detección
	Ostua	Centro	Desagüe		Ostua	Centro	Desagüe	
	DBO (mg/l -O ₂)				DBO (mg/l -O ₂)			
julio	< 10	< 10	< 10	febrero	< 10	< 10	< 10	10
octubre	104	26	62	marzo	< 10	< 10	< 10	
Dureza (mg/l - CaCO ₃)				Dureza (mg/l - CaCO ₃)				
julio	89	93	89	febrero	89	89	91	1
octubre	98	96	89	marzo	89	89	95	
(Alcalinidad mg/l - CaCO ₃)				(Alcalinidad mg/l - CaCO ₃)				
julio	235	209	203	febrero	N.D	N.D	N.D	5
octubre	216	203	222	marzo	N.D	N.D	N.D	

mg/l: miligramos por litro = ppm: partes por millón.

4.2.6. Fosfato, fósforo total y nitrógeno total

Cuadro No.6. Resultados de concentración de fosfato, fósforo total y nitrógeno total en microgramos/l, en muestras de agua superficial del lago de Güija, tomadas durante la época seca del 2006 y la época de lluvia del 2007. Los resultados de las muestras de la época de lluvia se encuentra por arriba de los límites propuestos por OCDE los cuales son de $\geq 100 \mu\text{g/l}$ de fósforo total para lagos hipereutróficos, durante el mes de julio es cuando se encuentran los valores más elevados lo que también coincide con el mes más lluvioso.

Época de lluvia 2007				Época seca 2006.				Limite detección
Fosfato ($\mu\text{g / l} - \text{PO}_4^{-3}$)				Fosfato ($\mu\text{g / l} - \text{PO}_4^{-3}$)				
mes	Ostúa	centro	desagüe	mes	Ostúa	centro	desagüe	
julio	180	150	250	febrero	460	280	460	50
octubre	280	180	210	marzo	140	180	260	
Fósforo total ($\mu\text{g / l} - \text{P}$)				Fósforo total ($\mu\text{g / l} - \text{P}$)				50
julio	1,890	1,850	1,080	febrero	N.D	N.D	N.D	
octubre	640	600	800	marzo	N.D	N.D	N.D	
Nitrógeno total ($\mu\text{g / l} - \text{N}$)				Nitrógeno total ($\mu\text{g / l} - \text{N}$)				500
julio	700	1,400	< 500	febrero	1,100	1,400	1,100	
octubre	800	1,400	1,700	marzo	1,800	1,900	2,100	

4.2.7. Clorofila-a

Cuadro No.7. Resultados de concentración de clorofila-a como indicadores de la productividad primaria del lago de Gūija, en muestras de agua superficial, muestras tomadas durante la época seca del 2006 y la época de lluvia del 2007, en microgramos/l. La mayor concentración de clorofila-a, para los dos periodos es de 1.68 $\mu\text{g / l}$ y los promedios en la época de lluvia de 0.94 y época seca 1.05 por lo que los valores limite propuestos por la OCDE lo clasificarían como un lago ultraoligotrófico.

mes	Época de lluvia 2007			mes	Época seca 2006.		
	Ostúa	centro	desagüe		Ostúa	centro	desagüe
	Clorofila-a $\mu\text{g / l}$				Clorofila-a $\mu\text{g / l}$		
julio	0.14	1.68	1.12	febrero	1.76	1.68	0.56
octubre	0.641	0.53	1.42	marzo	0.52	0.46	0.33

4.2.8. Plancton

Cuadro No.8. Resultados de conteo de plancton de red, a continuación se muestra el promedio de células por centímetro³ encontradas en las tres estaciones de muestreo durante la época de lluvia del 2007 de mayo a octubre, las especies predominantes en las muestras fueron *Microcystis*, *Anabaena* y *Oscillatoria*, estas especies pertenecen a la familia de las cianofíceas o algas verde azules y *Melosira* que es una diatomea.

Genero	Células /cm ³
<i>Microcystis</i>	97,778
<i>Melosira</i>	85,833
<i>Anabaena</i>	81,222
<i>Oscillatoria</i>	33,667
<i>Diatomea no identificada</i>	17,167
<i>Synedra</i>	17,111
<i>Ciclotella</i>	15,889
<i>Oocystis</i>	7,889
<i>Fragilaria</i>	7,778
<i>Pediastrum</i>	6,644
<i>Anacystis</i>	6,611
<i>Gonyaulax</i>	1,167
<i>Ceratium</i>	833
<i>Plectonema</i>	556

4.3. Variables de contaminación ambiental

4.3.1. Metales pesados

Cuadro No.9. Resultados de muestras de metales pesados en músculo de peces. Las muestras pertenecen a las tres principales especies de captura. Muestras de organismos tomadas en julio y octubre del 2007 época de lluvia y en febrero y marzo del 2006 época seca. Puede observarse únicamente en quisque el arsénico y mercurio arriba del límite de detección al igual que este ultimo en guapote.

Nombre	Límites de detección	Época de lluvia 2007			Época seca 2006		
		Tilapia	Quisque	Guapote	Tilapia	Quisque	Guapote
Mercurio (mg/Kg-Hg)*	0.1	<0.1 jul <0.1 oct	<0.1 jul 0.57 oct	<0.1 jul 0.4 oct	<0.1 feb <0.1 mar	<0.1 feb <0.1 mar	0.25 feb <0.1 mar
Plomo (mg/Kg - Pb)*	5	<5 jul <5 oct	<5 jul <5 oct	<5 jul <5 oct	<5 feb <5 mar	<5 feb <5 mar	<5 feb <5 mar
Arsénico (mg/Kg-As)*	0.2	<0.2 jul <0.2 oct	0.39 jul <0.2 oct	<0.2 jul <0.2 oct	<0.2 feb <0.2 mar	<0.2 feb <0.2 mar	<0.2 feb <0.2 mar

mg/Kg: miligramos por kilogramo = ppm: partes por millón.

* Resultados en base a peso húmedo

Cuadro No.10. Resultados de metales pesados, determinados en agua superficial, tomadas en julio y octubre del 2007 época de lluvia y febrero y marzo del 2006, época seca. COGUANOR establece para agua potable un límite máximo permisible LMP de 0.001 mg/l Hg para el mercurio; de 0.010 mg/l Pb para el plomo y de 0.010 mg/l As para el Arsénico, por lo que los valores encontrados para estos metales implican que el agua del lago Güija contiene valores por debajo de los niveles detectables a excepción del arsénico en ambas épocas, sin embargo el mismo se encuentra por debajo del límite máximo permitido, en el caso del plomo se encuentra por debajo del límite de detección y el límite permitido es menor al detectable.

Variable/ mes	Época de lluvia 2007			Variable/ mes	Época seca 2006.			Límite detección
	Ostúa	Centro	Desagüe		Ostúa	Centro	Desagüe	
Mercurio (mg/l - Hg)				Mercurio (mg/l - Hg)				0.0002
julio	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	febrero	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	
octubre	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	marzo	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	
Plomo (mg/l - Pb)				Plomo (mg/l - Pb)				
julio	< 0.1	< 0.1	< 0.1	febrero	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
octubre	< 0.1	< 0.1	< 0.1	marzo	< 0.1	< 0.1	< 0.1	
Arsénico (mg/l - As)				Arsénico (mg/l - As)				0.002
julio	0.0063	0.0071	0.0074	febrero	0.0025	0.0025	0.0027	
octubre	0.0066	0.0063	0.0063	marzo	0.0032	0.0033	0.0033	

4.3.2. Coliformes totales y Coliformes fecales

Cuadro No.11. Resultados de muestras de presencia de coliformes totales y coliformes fecales en NMP/100 ml, COGUANORM establece 3 NMP/ de ambos tipos de coliformes como LMP por lo que los resultados obtenidos sobrepasan este limite principalmente en la época de lluvia, lo cual es comprensible por el aporte de agua de los tributarios y escorrentía de la cuenca. Con concentraciones superiores a 80 NMP/ 100 ml, se considera la presencia de coliformes como un indicador de contaminación de las aguas por desechos humanos, por lo que el agua lago se encontraría contaminado. NMP: número más probable.

mes	Época lluvia 2007.			mes	Época seca 2006.		
	Ostúa	Centro	Desagüe		Ostúa	Centro	Desagüe
	Coliformes totales (NMP/100ml)				Coliformes totales (NMP/100ml)		
julio	2400	4	15	febrero	21	< 3	3
octubre	4900	7900	350	marzo	< 3	3	4
Coliformes fecales (NMP/100ml)				Coliformes fecales (NMP/100ml)			
julio	1100	4	< 3	febrero	7	< 3	< 3
octubre	240	49	200	marzo	< 3	< 3	< 3

4.3.3. Órganofosforados

Cuadro No.12. Resultados de los análisis de órganofosforados (miligramos /litro) en agua superficial, determinados en muestras tomadas durante la época seca del 2006 y la época de lluvia del 2007. La Norma COGUANORM refiere únicamente LMP para diazinon y dimetoato y para los restantes órganofosforados refiere la misma concentración es decir no mayores a 0.0001 mg/l por lo que los resultados obtenidos se encuentran por debajo de los referidos.

Variable	Época de lluvia 2007.			Época seca 2006.			Límite de Detección (µg/l)
	julio			marzo			
	Ostua	Centro	Desagüe	Ostua	Centro	Desagüe	
Acefate	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	N.D.	N.D.	0.01
Carbofenotion	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.02
Clorpirifos	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.01
Diazinon	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.01
Diclorvos	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.01
Dimetoato	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.01
EPN	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.05
Etion	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.03

Fention	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.02
Malation	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.01	< 0.010	< 0.010	0.02
Methamidophos	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	N.D.	N.D.	0.01
Pirimifos - metil	< 0.05	< 0.05	< 0.05	N.D.	N.D.	N.D.	0.05
Paration- metil	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.01
Profenofos	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.01
Terbufos	< 0.05	< 0.05	< 0.05	N.D.	N.D.	N.D.	0.05

N.D. no determinado.

4.3.4. Órganoclorados

Cuadro No.13. Resultados de los análisis de órganoclorados (miligramos /litro) en agua superficial, determinados en muestras tomadas durante la época seca del 2006 y la época de lluvia del 2007. La norma COGUANORM refiere únicamente LMP para lindane, aldrina, dieldrina, endrina, heptaclor epoxido, metoxicloro, DDE y DDT los rangos se encuentran dentro de 0.00003 a 0.002 mg/l por lo que estas variables se encuentran por arriba de los rangos LMP referidos.

Variable	Época de lluvia 2007 julio			Época seca 2006 marzo			Límite de Detección (µg/L)
	Ostua	Centro	Desagüe	Ostua	Centro	Desagüe	
γBHC (lindane)	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	< 0.010	N.D.	0.01
Aldrina	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
BHC (A-HCH)	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
Captafol	< 0.02	< 0.02	< 0.02	N.D.	< 0.02	N.D.	0.02
Captan	< 0.02	< 0.02	< 0.02	N.D.	< 0.02	N.D.	0.02
Clorotalonil	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	< 0.010	N.D.	0.010
Clordano	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010

Dicloran	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	< 0.010	N.D.	0.010
Dieldrina	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
Endosulfan I	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
Endosulfan II	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
Endosulfan sulfato	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
Endrina	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
Heptaclor Epóxido	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
Metoxicloro	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.010	< 0.03	< 0.010	0.03
pp-DDD	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	< 0.010	N.D.	0.010
pp-DDE	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	< 0.010	N.D.	0.010
pp-DDT	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
β-BHC (B- HCH)	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	0.010
δ-BHC (D- HCH)	< 0.010	< 0.010	< 0.010	N.D.	< 0.010	N.D.	0.010

N.D. no determinado.

4.4. Variables para la determinación del estado trófico

Para la estimación del estado trófico se realizaron determinaciones de la transparencia del disco de secchi, y fueron tomadas en cuenta las variables químicas fosfato, fósforo total y nitrógeno total y biológicas como clorofila-a, para el uso comparativo de cada uno de estas variables se utilizaron los valores límite propuestos por la OCDE (1982) para distintas categorías tróficas.

4.4.1. Transparencia del disco de Secchi

Figura No.14. Comportamiento de la transparencia del disco de secchi determinado en centímetros durante los meses de muestreo de la época de lluvia del 2007. Puede observarse un comportamiento muy similar en los meses de septiembre y octubre con menor transparencia y mayor turbidez, y poca variación en los meses de mayo a agosto con mayores lecturas y menor transparencia. Los rangos mínimo y máximo se registraron entre 59 – 101 cm. y el promedio general de la época de lluvia fue de 83 cm. por lo que la OCDE lo clasifica como hipereutrófico.

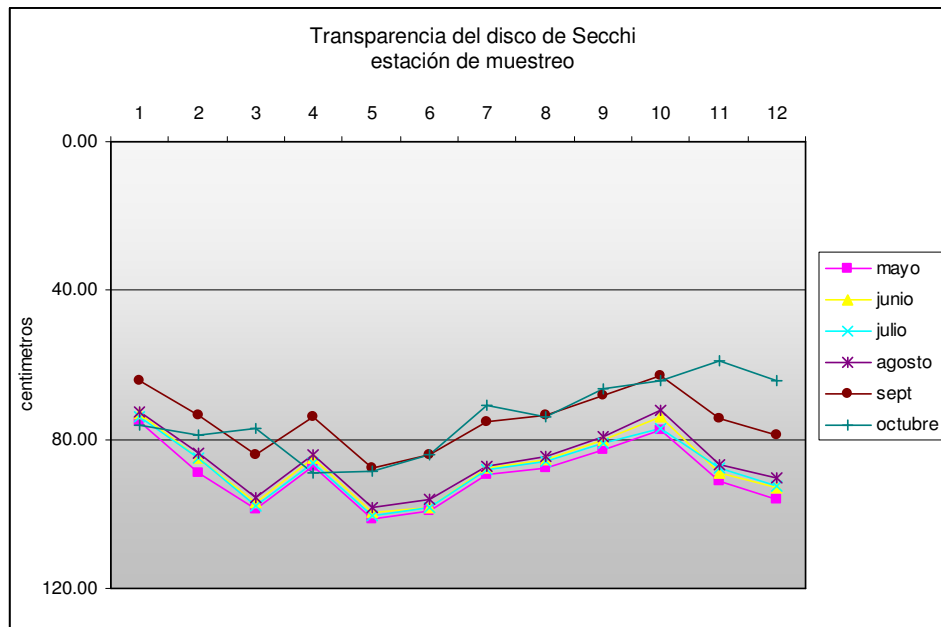
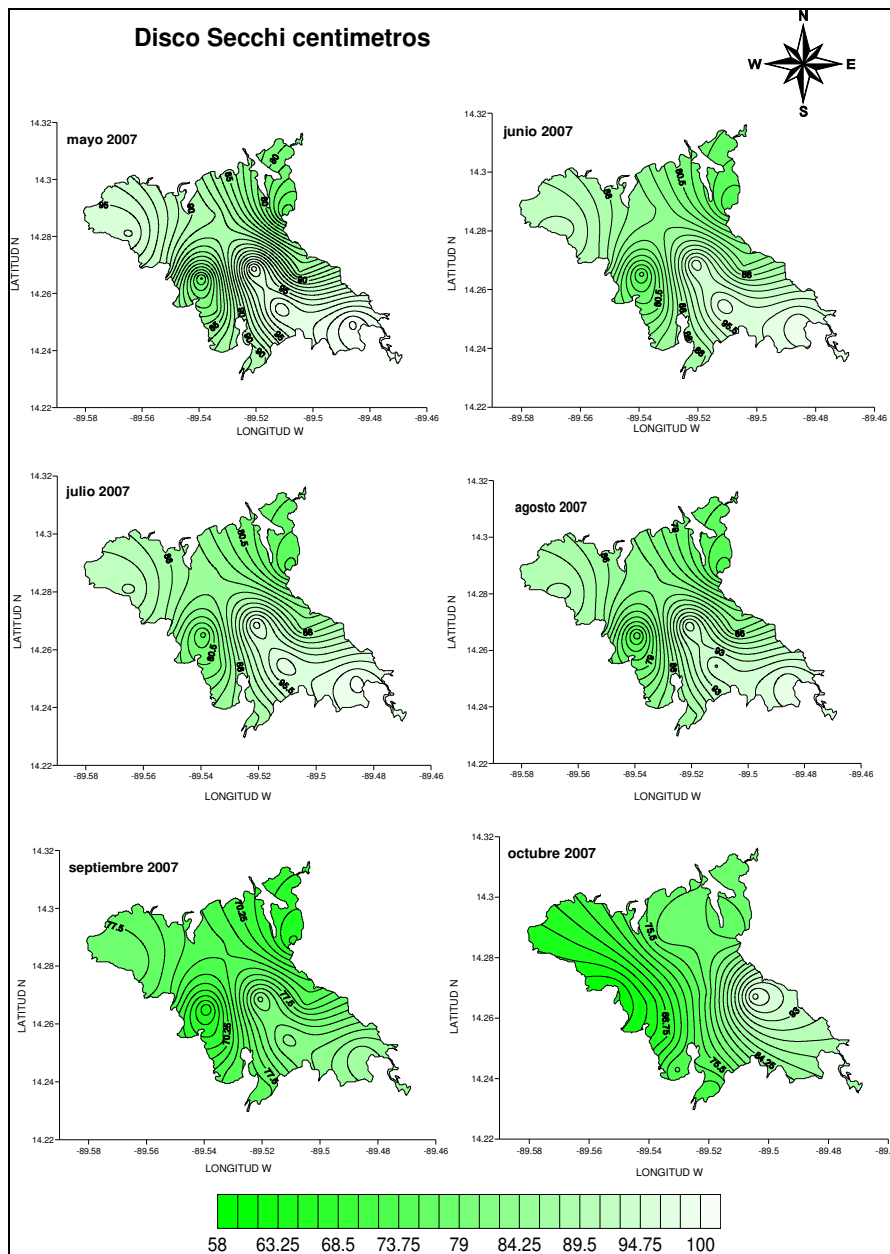


Figura No.15. Se muestran los seis mapas de transparencia del disco de secchi en centímetros con isolíneas entre 59 – 101 cm con información obtenida durante los meses de mayo a octubre del 2007. Se observa durante septiembre una lectura promedio de 75 cm siendo la menor lectura promedio y mayo con 89 cm siendo la mayor, el comportamiento fue homogéneo con las mayores lecturas y agua más clara hacia la parte sur este en el área de drenaje.



Cuadro No.14. Para la clasificación del estado trófico del lago de Güija se utilizó la tabla de criterios de OCDE (1982) los resultados de clasificación obtenidos se resumen a continuación.

Variable de clasificación	Clasificación OCDE
fósforo total ($\mu\text{g} / \text{l}$)	hipereutrófico,
clorofila-a media ($\mu\text{g} / \text{l}$)	ultraoligotrófico
clorofila-a máxima ($\mu\text{g} / \text{l}$)	ultraoligotrófico
promedio de transparencia del disco secchi (m)	hipereutrófico
mínima transparencia obtenida del disco secchi (m)	eutrófico

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Profundidad y batimetría

La importancia de las profundidades radica en que esta influye en la magnitud de la velocidad de la corriente de agua y por ende en el transporte y eventual deposición gravitacional de los múltiples componentes sólidos contenidos en el medio acuático. (García, 2004).

La estación más profunda del lago fue localizado al centro del mismo y la mayor altura de la columna de agua fue registrada durante el mes de noviembre, esto debido a la acumulación de agua que se obtiene durante el periodo de lluvia que va desde mayo a octubre, posiblemente el nivel de agua podría mantenerse por mas tiempo pues sus tributarios continúan aportando agua, sin embargo debido al uso de la misma para la generación de energía por la hidroeléctrica CEL en El Salvador y por iniciarse la época seca el nivel disminuye gradualmente.

De las áreas marcadas con potencial para el cultivo de peces en jaula en la Figura No.7, no todas las áreas poseen el mismo potencial para ser utilizadas para el cultivo siendo las de mayor potencial el área nor-este y nor-oeste (frente a comunidad las Conchas y Canteada) esto debido al impacto de los vientos y a las zonas de anidación observadas y comentadas durante las faenas de monitoreo con los pescadores, y también porque la franja montañosa ejerce cierto protección sobre los vientos de estas partes del lago. Las áreas frente a las desembocaduras de ríos no son recomendables para la colocación de jaulas ya que son las primeras que reciben las aguas de escorrentías las que vienen cargadas de objetos y plantas flotantes.

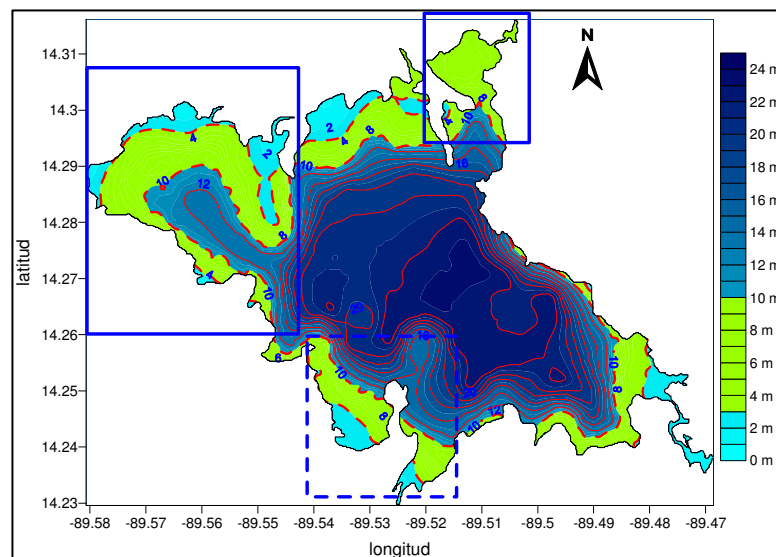
El área sur estimada con un potencial medio ya que los vientos que regularmente soplan de norte hacia sur impactan directamente en estas áreas, provocando oleaje (frente a comunidad el Guayabo) y finalmente el área con limitado potencial es el área este (frente a comunidad el Desagüe) y el área norte (frente a desembocadura del río Ostúa) ya que por ser el área de drenaje del lago y desembocadura del mayor tributario es donde existe mayor acumulación de plantas acuáticas y corrientes además pudo observarse altas poblaciones de algas durante los muestreos realizados.

El total del área que se encuentra dentro del rango de profundidad de 3 a 9 metros es de 1,597.52 ha o 15,975,236 m², las jaulas con que se realizan cultivos en otros cuerpos de agua poseen dimensiones de 4 X 4 m para un área de 16 m², entre cada estructura debe existir un área similar para permitir el buen recambio de agua por lo que se estimo el doble es decir 32 m² para el calculo de unidades físicas que pueden ser colocadas siendo este estimado de 499,226 jaulas.

Sin embargo por la aportación de nutrientes como fósforo y nitrógeno provenientes del alimento y metabolismo de los peces esta estimación se considera demasiado alta, no debe realizarse una estimación basada en aspectos físicos si no en variables como concentración de fósforo y capacidad de recambio del cuerpo de agua, esta estimación se debe proyectar para determinar la biomasa de pescado que puede ser mantenida bajo cultivo.

Tomando en cuenta los requerimientos necesarios para el buen desarrollo de organismos ícticos bajo sistemas de cultivo de jaulas flotantes se definieron las profundidades de entre 3 a 9 metros esto debido a que las jaulas comúnmente utilizadas son de dos metros de altura y debe existir no menos de 1 m de diferencia con el fondo para garantizar el movimiento de desechos metabólicos del engorde.

Figura No.16. Mapa batimétrico del lago de Güija, áreas con potencial acuícola. Las profundidades aptas para la ubicación de jaulas flotantes se muestran en color verde con profundidad entre 3 y 9 m de profundidad, las áreas de alto potencial se indican en un cuadro azul y con potencial medio en un cuadro punteado.



5.2. Variables físico-químicas y biológicas

En la Figura No.3, se puede observar el incremento gradual en la profundidad de la columna de agua, iniciando en 15.95 m en el mes de mayo para alcanza un nivel en el mes de octubre de 25.00 con un incremento de 10.95 m, debe mencionarse que la mayor proporción de la cuenca se encuentra en Guatemala específicamente en la cuenca hidrográfica río Ostúa-Güija con 222,840.30 ha (atlas temático MAGA, 2004). Este aumento es normal aunque pescadores han indicado que para estas épocas en el año 2006 ya se encontraba más alto el nivel, esto puede ser cierto ya que en los primeros meses del invierno no se registro demasiada lluvia, en el 2006 se obtuvo 1627.1 mm mientras que para agosto del 2007 se contaba únicamente con 97.98 mm.

El comportamiento de la temperatura en la columna de agua se encuentra dentro de los rangos aceptables para la vida íctica máximo 32.55 y mínimo 24.74 para especies tropicales esta afirmación puede ser confirmada por el listado filogenético de las especies de organismos presentes en el lago los cuales principalmente son cíclidos, con seis especies de las doce reportadas para el lago por Gonzáles, (1995).

En la grafica del comportamiento de la temperatura en la columna de agua no se observa una termoclina o zona con cambio brusco mayor a 1 grado centígrado por lo que podría indicarse que no se han dado inmersiones o volteos de la masa de agua y el patrón de reducción de la temperatura es normal con la profundidad durante la época seca sin embargo en la misma grafica del periodo de lluvia los meses de mayo a septiembre se ven marcados con una estratificación térmica a partir de los 3 m hasta los 10, Saisedo, 2006, refiere que estas diferencias pueden ser relacionadas con la temperatura atmosférica presente en los meses de la etapa de lluvia ya que los mismos

corresponden a los meses más calurosos del año y la época seca a los meses mas fríos.

Los mapas de temperatura superficial que se enmarcan dentro de los rangos máximo y mínimo obtenido de temperatura dentro del presente estudio confirman las mayores temperaturas durante los meses de lluvia mayo y las menores en la época seca durante el mes de octubre.

La concentración de oxígeno disuelto mostró encontrarse dentro de los rangos aceptables para la vida íctica (12.1-0.06 miligramos/litro) aunque el dato del rango inferior es bastante bajo este ocurrió después de los 10 m de profundidad zona en donde no se encuentran las especies ícticas.

La Figura 4. Muestra una pendiente de descenso pronunciada disminuyendo desde los 3 metros hasta los 8 m. de profundidad de 7 a 1 mg/l (-6). Posiblemente los aportes de agua se depositan en la superficie y factores como la temperatura superficial e incidencia solar favorecen la fotosíntesis y por ende la producción de oxígeno disuelto. Beltran-Alvarez, (1996) menciona que las mayores fluctuaciones de oxígeno disuelto ocurren en la etapa de lluvias y que en la época seca la concentración de oxígeno disuelto es más homogénea aunque indica que los valores mínimos de oxígeno disuelto se caracterizan por predominar en el nivel más profundo en ambas épocas.

Los mapas con isolíneas de oxígeno disuelto muestran curvas con mayor distribución durante la época de lluvia y mayor homogeneidad en la época seca confirmando la referencia mencionada con anterioridad.

La concentración de iones hidrogeno también conocida como pH o acidez del agua se encuentra descrita en la Figura No.5, se observa que los

rangos entre 6.85 - 8.81 son aceptables para la vida íctica y ligeramente alcalinos quizás por la alta actividad fotosintética que consume el dióxido de carbono disponible alcalinizando de esta manera el agua.

El pH esta relacionado con la alcalinidad y esta a su vez con la reserva alcalina de los embalses, por lo que valores alcalinos de pH sugieren un sistema amortiguador eficiente. Vallentyne, (1979) en Beltrán-Álvarez, (1996). El comportamiento del pH en la columna de agua muestra mucha similitud con el observado en el oxígeno disuelto al igual los meses de invierno muestran curvas hipsométricas más desiguales en la época de lluvia y con mayor homogeneidad en la época seca esto debido a la estrecha relación entre la concentración de dióxido de carbono y la alcalinización del agua.

Las principales especies encontradas en las muestras de plancton de las especies *Microcystis*, *Anabaena* y *Oscillatoria*, pertenecen a la familia de las cianofíceas o algas verdeazules y *Melosira* que es una diatomea, generalmente son tomadas como indicadoras de presencia de eutrofización. La dominancia en el plancton de algas verdezules durante todo el año en los lagos tropicales puede indicar condiciones eutróficas, (González, 1988) esta relación es afirmativa pues durante la época de lluvia el lago incrementó su columna de agua en 40 % por lo que fueron arrastrados muchos residuos de su cuenca entre ellos materiales orgánicos que permiten este tipo de estado.

5.3. Variables de contaminación ambiental

Para las variables de contaminación ambiental monitoreadas se considero el impacto negativo que muchas de ellas pueden ocasionar a la salud humana, no existen limites de estas variables para cuerpos de agua naturales

por lo que fue necesario comparar su referencia con agua potable en este caso con las normas COGUANORM y las emitidas por la OMS.

Los valores registrados en la mayoría de los casos son bajos y en algunos casos como en los metales pesados, en el 89% de las muestras los valores se encontraron por debajo de los niveles detectados con la metodología empleada en el caso de músculo de pescado y un 66 % en el caso de muestras de agua superficial, únicamente los resultados de arsénico se encontraron arriba de los niveles de detección.

No se cuenta con referencia nacional para la comparación de los resultados en músculo de pescado sin embargo al comparar con los límites máximos permisibles para agua COGUANOR establece 0.001 mg/l Hg para el mercurio; de 0.010 mg/l Pb para el plomo; y 0.010 mg/l As para el Arsénico. Todos los las variables se encontrarían sobre el LMP sin embargo el límite de detección también es superior por lo que no podría confirmarse que si existen sobre esos valores en el músculo, al compararlos con los resultados obtenidos en agua en donde el límite de detección es mas bajo en el caso de los metales mercurio y arsénico se encuentran abajo del LMP y en el plomo el límite de detección es mayor al LMP, por lo que no puede concluirse fehacientemente.

De interés en la limnología los coliformes representan también un indicador biológico de las descargas de materiales orgánicos por escorrentía y de materiales fecales por descarga y su presencia en número elevado solamente refleja la intervención humana en el proceso de contaminación. (DGEN, 1992).

La presencia de coliformes totales y fecales no mantuvo una estabilidad durante el presente estudio y el realizado en la época seca por PREPAC,

notándose en la época de lluvia del 2007 cercano a la desembocadura del río Ostúa los valores mas altos. Estos datos fueron influenciados por la fuerte precipitación en los días de la toma de la muestra y a que este es el principal tributario del lago, también la diferencia entre la época de lluvia y la época seca es marcada ya que en la época seca ningún valor supera el valor de 80 NMP/100 ml, el cual es considerado como indicador de contaminación por desechos humanos. Sin embargo el 25 % de las muestras superan el LMP establecido por COGUANORM.

Entre las sustancias contaminantes existe un grupo de compuestos, los hidrocarburos aromáticos órganoclorados, que son difíciles de degradar y por esta razón y su toxicidad son causa de gran preocupación; de acuerdo con su aplicación estos compuestos se pueden dividir en dos grupos, los utilizados como insecticidas, DDT, DDE, dieldrin, etcétera y los denominados BPC's que son utilizados por la industria principalmente como plastificantes. (Rosales-Hoz, 1978).

Asimismo, en cuanto a órganoclorados y órganofosforados, en el 98% de las muestras no fueron detectados los compuestos muestreados.

5.4. Variables para determinación del estado trófico

Durante el monitoreo en la época seca del 2006 se obtuvo un promedio de clorofila-a de 0.88 $\mu\text{g/l}$ y durante la época de lluvia del 2007 un promedio de 0.92 $\mu\text{g/l}$ por lo que tomando como referencia la clasificación de OCDE el lago seria clasificado como ultraoligotrófico. Sin embargo debe considerarse que únicamente se cuenta con resultados de tres estaciones de muestreo dentro del lago y monitoreos de dos meses en época de lluvia y dos en época seca lo que dificulta una clasificación definitiva.

PREPAC, 2006, indica en su informe de caracterización que el lago podría estar entrando a un proceso de eutrofización, sin embargo, este proceso podría estar acompañado de alteraciones en otras variables como cambios bruscos de la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua, condiciones que no se reportan en el presente estudio.

La ausencia de cambios bruscos en la variable citada ha estado influenciada por los vientos provenientes del norte, que permiten una homogenización de las variables determinadas en la columna de agua ya sea por inmersión de las capas frías superficiales como por corrientes verticales u horizontales que atenúan el proceso de eutrofización.

Esta actividad del viento también se realiza en lagos como el de Amatitlán sin embargo las condiciones de eutrofización y anoxia aquí son fuertes ya que es un lago que se encuentra contaminado con las descargas domiciliarias de la ciudad de Guatemala. Es una característica que durante la época seca en los meses mas fríos de fin de año se de el proceso de inversión de la masa de agua, lo que es conocido por los pobladores como “bumbancia”, y en la que se produce mortalidad de peces. Este fenómeno no es permanente en el Lago de Güija aunque sí es reportado ocasionalmente.

Los resultados de la transparencia del disco de Secchi se encuentran en promedio de 83.47 cm durante la época de lluvia por lo que la OCDE lo clasifica como hipereutrófico. Sin embargo por el conocimiento del cuerpo de agua, y únicamente contarse con datos de una época del año, esta clasificación podría considerarse como limitada.

La poca visibilidad del disco de Secchi se considera que ha sido influida por material particulado no planctónico pues los vientos con velocidad de 7.4

km/h con dirección norte en el 2007, impactan directamente sobre la masa de agua provocando el levantamiento de material del fondo que recientemente está incorporándose. Este hecho es confirmado por los pescadores del lugar los cuales por conocimiento saben que luego de fuertes vientos la pesca es buena pues el efecto de la transparencia del agua mejora la capacidad de captura de los trasmallos de enmalle.

Es necesario un mayor número de datos de muestras analizadas para la clasificación definitiva del estado de eutrofización del lago pues en el caso de las estaciones muestreadas fueron en el caso del fósforo total dos jornadas de muestreos de tres estaciones cada uno para un total de seis datos. La clorofila a tuvo el doble de datos debido al aporte de resultados del proyecto PREPAC. La transparencia del disco de Secchi podrá ofrecer mayores resultados al cumplirse con un año de monitoreo.

Es poco probable que con las densidades de células reportadas y las especies citadas las concentraciones de clorofila sean tan bajas. Debe observarse que en la tabla No.14 para la clasificación trófica según OCDE la variable clorofila es la única que no encaja bajo este contexto. No es descartable la existencia de algún error involuntario durante los procedimientos o cálculos para la determinación de la concentración de clorofila.

Se considera que el lago se encuentra en estado de eutrofización en su fase inicial, aunque las variables fósforo total y el promedio de transparencia del disco de Secchi lo clasifican como hipereutrófico, las variables físico-químicas no reflejan un estado de hipertrofia con periodos fuertes de inversión de la masa de agua o mortalidad de peces. Aunque la variable clorofila lo clasifica como ultraoligotrófico la presencia de algas verdeazules y las concentraciones de las

mismas denotan una alta producción de fitoplancton lo que indicaría algún nivel de eutrofia.

Un aspecto importante que se considera no ha permitido mayores niveles de eutrofia en el cuerpo de agua es el porcentaje de recambio anual al que esta expuesto pues el mismo es del 43.8 % por lo que al renovarse sus aguas también se diluyen nutrientes importantes.

Otra variable que fortalece esta clasificación y que no fue medida en el presente estudio es la biomasa íctica del lago la cual soporta una fuerte presión de los más de 315 pescadores con distintas artes y técnicas de pesca siendo la única limitante del cese de la actividad los fuertes vientos que dificultan la navegación y no así la escasez de biomasa capturable.

CONCLUSIONES

1. Entre los meses de mayo a octubre del año 2007 la columna de agua se incremento en 10.95 m para alcanzar una profundidad máxima de 25.00 m, representando un incremento del 43.8 % en la época de lluvia. Durante los meses de octubre a marzo de la época seca que fue monitoreado el lago por el proyecto PREPAC se obtuvo una disminución en la profundidad de 5 m alcanzando una profundidad máxima de 20 m.
2. Los rangos de las variables físico-químicas de calidad de agua temperatura, oxígeno disuelto y concentración de iones hidrogeno se encuentran dentro de los rangos aceptables para la vida íctica, por lo que se recomienda el desarrollo de sistemas de cultivo de tilapia en jaulas flotantes principalmente del genero *Oreochromis niloticus* por ser una especie tropical.
3. La Demanda Bioquímica de oxigeno DBO, el grupo Coliformes totales y fecales se encuentra por encima de los LMP recomendados por COGUANORM Norma No.NGO 29-001, por lo que el agua del lago no es recomendable para consumo humano sin previo tratamiento.
4. La concentración de metales pesados en agua, en músculo de pescado, las concentraciones de Órganoclorados y Órganofosforados se encuentra a niveles inferiores al límite máximo permisible, LMP, recomendado por la norma COGUANORM para agua potable, por lo que el consumo de peces no causa problemas a la salud humana y las otras variables no limitan el agua para consumo humano.

5. La determinación del estado trófico del lago de Gūija no puede ser tomada como definitiva pues el número de estaciones monitoreadas y los resultados obtenidos durante el presente estudio son limitados. Sin embargo puede considerarse como un cuerpo de agua con inicios de eutrofización, por la presencia y número de algas cyanophytas o verdeazules en dominancia.
6. El lago de Gūija posee un fuerte potencial para el desarrollo de programas de cultivo de peces en jaula, el cual está limitado por factores como el estado trófico del lago y fortalecido por el comportamiento de variables físico-químicas y biológicas. .
7. Debido a la altitud de 420 msnm., refiriéndonos a la grafica elaborada por Hutchinson y Löffler, (1956), el lago de Gūija correspondería a un lago calido monomítico con un periodo de mezcla en la época seca (fría) y uno de estratificación en la época de lluvia (calida).

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable continuar con el monitoreo de variables físico – químicas para conocer el comportamiento de un cuerpo de agua con alto potencial acuícola y que a su vez mantiene importantes pesquerías de organismos tropicales.
2. Se recomienda el monitoreo permanente de variables de contaminación ambiental y para la determinación del estado trófico del lago principalmente de fósforo total para la estimación de la capacidad de carga con sistema de jaulas flotantes.
3. Se recomienda el monitoreo de los ríos tributarios del lago Ostúa, Angüe y Cusmapa ya que como pudo observarse en la época de invierno las concentraciones del grupo coliformes se ven incrementadas posiblemente debido al aporte de los ríos y a la suma de escorrentía.
4. Se recomienda el continuar con el monitoreo de metales pesados en músculo de peces principalmente de las tres especies de mayor importancia económica para los pobladores de las riveras del lago guapote tigre (*Parachromis managuensis*), tilapia (*Oreochromis sp*) y quisque (*Cathorops steindachneri*).
5. Se recomienda realizar cultivos piscícolas en sistemas de jaulas flotantes durante todo el año, sin embargo debe proyectarse la cosecha de organismos durante la época seca que es cuando se han reportado menores concentraciones del grupo coliformes.

6. Se recomienda la aplicación de métodos y técnicas para la potabilización del agua del lago que es utilizada para consumo humano para evitar problemas por enfermedades gastrointestinales.

7. Se recomienda la protección de la cuenca Ostúa – Güija mediante la implementación de programas de reforestación, técnicas de protección de suelos y programas de educación ambiental, todas estas actividades pueden tener un impacto positivo si son manejadas por una Autoridad del Manejo de la Cuenca como ocurre en el caso de los lagos de Amatitlán, Atitlán, Izabál y Peten Itzá.

BIBLIOGRAFÍA

1. Auró, A. 2001. Principios de Acuicultura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
2. Brenes, C. 2006. Guía para la Formulación del documento, Caracterización del Cuerpo de agua continental con énfasis en la pesca y acuicultura. PREPAC. San Salvador.
3. Basterrechea, M. 1995. El Lago de Amatitlán, Década de estudios limnológicos. CATIE. Guatemala.
4. Castañeda, C. 1995. Sistemas Lacustres de Guatemala: Recursos que mueren., Editorial Universitaria, USAC. Guatemala.
5. Coloma, S. 2000. Caracterización de la diversidad acuática de la laguna de Calderas, ubicada en el Municipio de Amatitlán, Departamento de Guatemala. Tesis Lic. Acuicultura., Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
6. Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía. 1,985. Norma obligatoria, NGO 29 001:98 Agua Potable 1^{ra} revisión. Guatemala, C. A. COGUANORM.
7. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, GT. 2001. Inventario nacional de los humedales de Guatemala. Eds. M Dix; JF Fernández. UICN/ORMA. Guatemala. CONAP.

8. Dirección General de Energía Nuclear. 1992. Manual de Procedimientos para estudios limnológicos y calidad de agua. Guatemala. DIGEN.
9. Franco, I. 2000. Contaminación por bacterias coliformes totales y características físico-químicas en la Laguna El Comendador, Pasaco, Jutiapa. Seminario T.U.A., USAC. Guatemala.
10. García. J. 2004. Evaluación de los sedimentos del sistema lagunar UNARE-PIRITU: Metales Pesados. Tesis, Universidad Central de Venezuela. Venezuela.
11. Gil de C. N; Rico, M. 2003. Evaluación físico-química y microbiológica de la Laguna de Ayarza y Río Los Vados para uso en acuicultura., USAC. Guatemala.
12. González, A. 1988. El Plancton de las Aguas Continentales. Secretaría General de los Estados Americanos, Washington D.C. Estados Unidos de América.
13. González, R. 1995. Los peces nativos en vías de extinción en las aguas continentales de El Salvador. PRADEPESCA. El Salvador.
14. Instituto Nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología. 2007. Registros ambientales. Guatemala. INSIVUMEH.
15. OCDE. 1982. Eutrophisation des eaux. Methodes de surveillance d`evaluation et de lutte. París.

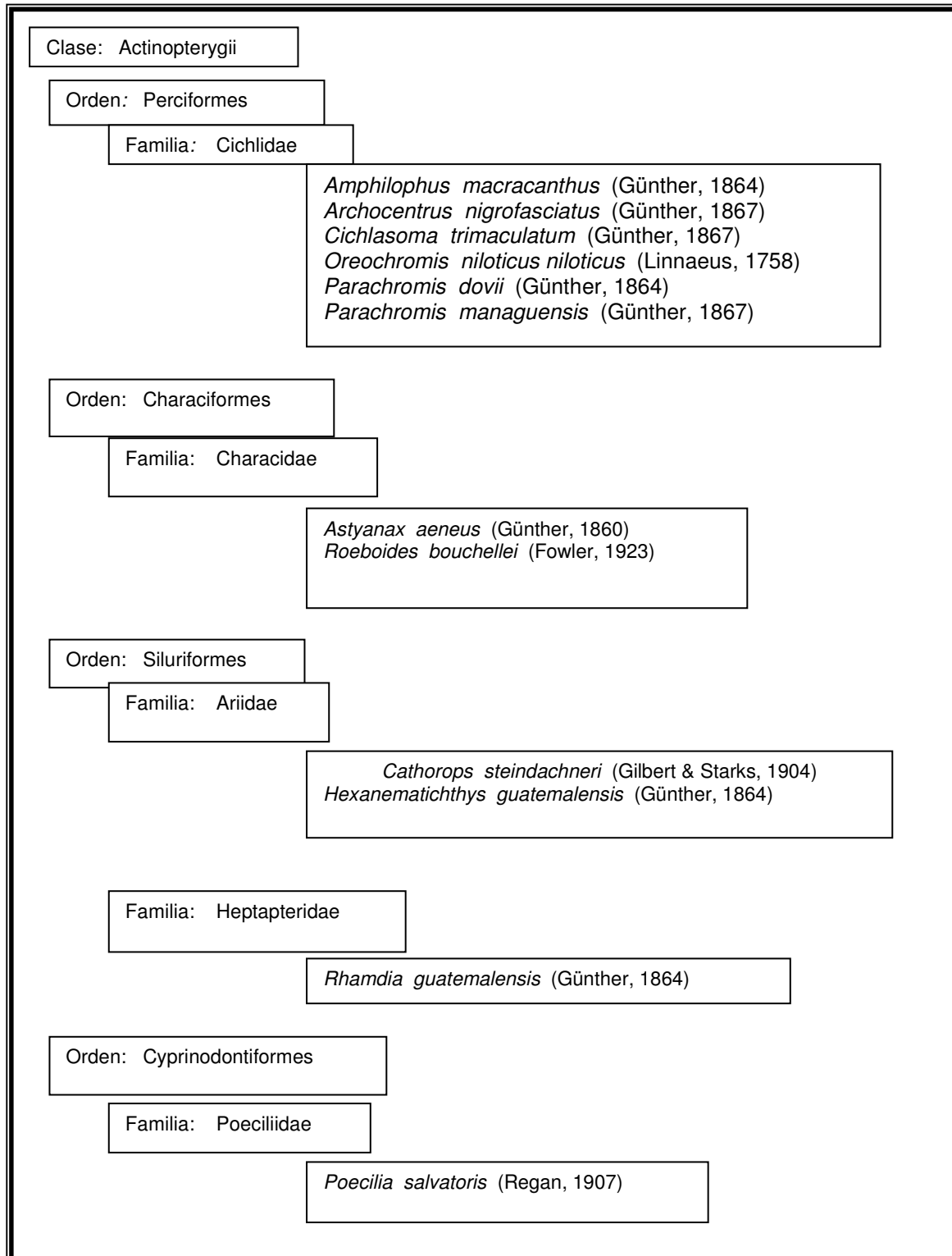
16. Programa regional de pesca y acuicultura. 2005. Inventario Regional de los Cuerpos de Agua Continentales del Istmo Centroamericano con énfasis en la pesca y acuicultura. Informe final. SICA-OSPESCA/OIRSA/Taiwán. El Salvador. PREPAC.
17. Programa regional de pesca y acuicultura. 2006. Caracterización del lago de Güija con énfasis en la pesca y acuicultura. Informe final. SICA-OSPESCA/OIRSA/Taiwán. El Salvador. PREPAC.
18. Roldán, G. 1992. Fundamentos de Limnología Neotropical., Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
19. Rosales-Hoz, M. 1978. Sobre la dispersión de compuestos órganoclorados en el medio ambiente marino: nota científica. Anales del centro de ciencias del mar y limnología. Editorial, Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. México.
20. Ruano, S. 2005. Elaboración de una propuesta de plan de conservación de sitio para el lago de Güija, Tesis Maestría. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.
21. Toledo, et al. 1987. Conceptos Generales de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, Washington D.C. Estados Unidos de América.
22. Unidad de manejo de la pesca y acuicultura, Ministerio de agricultura. 1998. Evaluación y Diagnóstico Pesquero en Aguas Continentales de Guatemala. Guatemala. UNIPESCA.

ANEXO

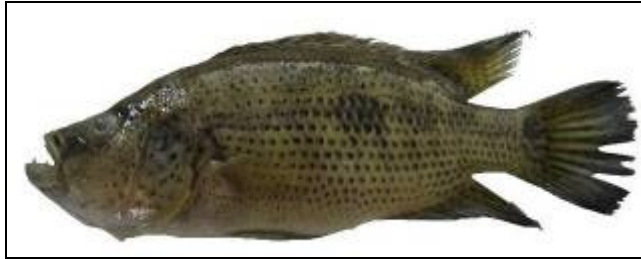
Cuadro 15. Tabla para registro variables físico-químicas de agua

Mes	Estación	Longitud	Latitud	Hora	Prof m	Tem °C	Ph	Oxígeno	TDS	SPC	Salinidad	Secchi
	1				0							
	1				2							
	1				4							
	1				6							
	1				8							
	1				10							
	1				15							
	1				20							
	1				25							
	1				30							
	2				0							
	2				2							
	2				4							
	2				6							
	2				8							
	2				10							
	2				15							
	2				20							
	2				25							
	2				30							
	idem				0							

Cuadro 16. Descripción de la filogenia íctica reportada en lago de Güija. PREPAC, 2006



Fotografías de organismos ícticos presentes en el lago de Güija



Parachromis dowi



Parachromis managuensis



Oreochromis sp.



Cathorops steindachneri

Fotografías durante el muestreo



Lectura del disco de secchi.



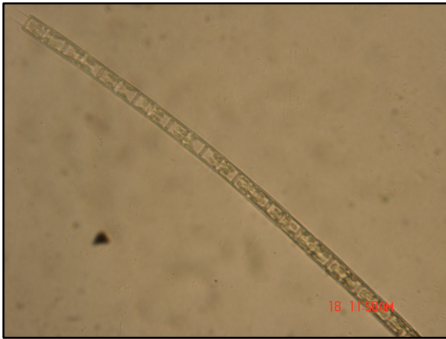
Pescador y embarcación típica del lago.



Petrograbados en rivera del lago.

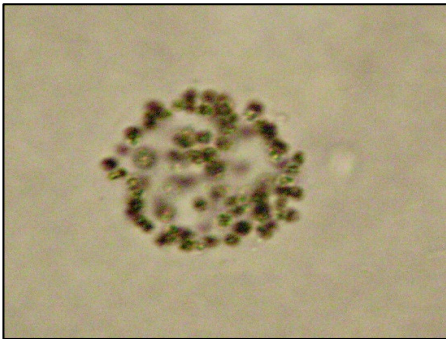
Fotografías del principal plancton encontrado

Diatomeas



Melosira sp.

Cianofíceas



Microcystis sp



Anabaena sp.



Oscillatoria sp.