

## Informe Final

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN  
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN RECURSOS  
NATURALES Y AMBIENTE  
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA



### Título:

“Ordenamiento y recuperación del potencial pesquero de la Laguna de Calderas, municipio de Amatitlán”.

Nombre de los integrantes del equipo de investigación:

Coordinadora: Licda. Estrella de Lourdes Marroquín Guerra

Investigador: Lic. Manuel de Jesús Ixquiac Cabrera

Auxiliar de investigación: Esvin Joel Hernández Hernández

Auxiliar de investigación: Eduardo Vinicio Juárez Donis

Fecha: enero a diciembre del 2007.

## Contenido

Resumen .....	5
Introducción.....	6
1. Antecedentes.....	7
2. Justificación .....	7
3. Objetivos.....	8
3.1. Generales .....	8
3.2. Específicos.....	8
4. Referente teórico .....	8
4.1. Generalidades .....	8
4.2. Pesquerías en los cuerpos lacustres .....	9
4.3. Repoblamiento .....	10
5. Metodología.....	11
5.1. Estado de explotación.....	11
5.2. Selectividad de las artes de pesca.....	12
5.3. Análisis de contenidos estomacales.....	13
5.4. Estimación de la biomasa .....	14
6. Resultados y discusión de resultados .....	16
6.1. Caracterización de la pesquería en la Laguna de Calderas.....	16
6.2. Batimetría de la Laguna de Calderas.....	17
6.3. Estimación de la Biomasa de las especies comerciales de la laguna de Calderas	19
6.4. Capacidad de carga de los recursos ícticos en la Laguna de Calderas .....	21
6.5. Repoblamiento de la laguna de Calderas con especies de tallas apropiadas y de buen valor comercial.....	22
6.6. Estimación de la demanda de alimento de la Lobina por estructura de talla.....	23
6.7. Implementación de un programa de monitoreo y vigilancia de las actividades pesqueras en la laguna. ....	28
6.8. Evaluación de la selectividad de las artes de pesca.....	29
6.9. Elaboración de un plan de explotación pesquera.....	32
7. Conclusiones.....	35
8. Recomendaciones .....	36
9. Bibliografía.....	37
Anexo .....	39

## FIGURA

Figura 1. Perfil de temperatura durante los meses de mayo, julio y septiembre 2007 y enero 2008. Perfil de Oxígeno durante los meses de mayo y julio del 2007.....	17
Figura 2. Batimetría de la Laguna de Calderas, profundidad expresada en metros. ....	17
Figura 3. Perfiles longitudinal y latitudinal de la profundidad de la Laguna de Calderas, (Profundidad expresada en metros) .....	18
Figura 4. Estructura de tallas de los organismos marcados e introducidos a la laguna de Calderas. ....	22
Figura 5. Composición porcentual del contenido estomacal Lobina <i>Micropterus salmoides</i> . ....	23
Figura 6. Distribución porcentual del contenido estomacal para Lobina <i>Micropterus salmoides</i> . Por estructura de tallas para los ítems más representativos dentro de la dieta. (A) Método de frecuencia de ocurrencia (%FO), (B) Método numérico (%N), (C) Método gravimétrico (%P). ....	24
Figura 7. Relación del peso del contenido estomacal en gr por estructura de talla de lobina, para longitud total en cm durante los muestreos realizados en la Laguna de Calderas de marzo a diciembre de 2007.....	25
Figura 8. Resultados del Aspect Ratio para dos muestras de peces (Lobina y Tilapia) en la Laguna de Calderas. Los valores muestran el valor promedio y una desviación estándar arriba y por debajo del valor promedio.....	26
Figura 9. Contenido estomacal para lobina <i>Micropterus salmoides</i> donde el alimento principal es <i>Gammarus sp.</i> .....	26
Figura 10. Histograma de frecuencias en porcentaje de la estructura de tallas a partir de la longitud total, para lobina <i>Micropterus salmoides</i> durante los muestreos realizados por Chonay, 2004 y los datos colectados durante el presente estudio .....	27
Figura 11. Frecuencias acumuladas en porcentaje de la estructura de tallas a partir de la longitud total, para lobina <i>Micropterus salmoides</i> durante los muestreos realizados por Chonay, 2004 y los datos colectadas durante el presente estudio .....	28
Figura 12. Distribución de tallas para <i>Micropterus salmoides</i> , presentes en los desembarques de la Laguna de Calderas, capturadas con trasmallos de luz de malla No.6.....	29
Figura 13. Distribución de tallas para <i>Micropterus salmoides</i> , presentes en los desembarques de la Laguna de Calderas, capturadas con trasmallos de luz de malla No.8. ....	29
Figura 14. Distribución de tallas para <i>Micropterus salmoides</i> , presentes en los desembarques de la Laguna de Calderas, capturadas con trasmallos de luz de malla No.9 .....	30
Figura 15. Curvas de selectividad para los trasmallos con luz de malla 6, 8 y 9 nudos por cuarta, utilizados para la captura de Lobina <i>Micropterus salmoides</i> durante el período de muestreo.....	31
Figura 16. Estructura de tallas mensuales colectadas durante el año 2007 para lobina en la Laguna de Calderas.....	32
Figura 17. Estructura de tallas (Longitud total) de la población de Lobina colectadas durante el período de marzo 2007 a enero 2008.....	33

## TABLA

Tabla 1. Especies reportadas para la laguna de Calderas y habito alimenticio. ....	9
Tabla 2. Parámetros de proporción de especies de peces y peso medio de los peces capturados regularmente en la Laguna de Calderas.....	19
Tabla 3. Estimación de biomasa promedio y límites de confianza para los meses evaluados. .....	19
Tabla 4. Capacidad de carga ecológica para la Laguna de Calderas * .....	21
Tabla 5. Parámetros de selectividad S1 y S2 generados para la curvatura de selección de los trasmallos de luz de malla No. 6, 8 y 9. ....	30
Tabla 6. Tallas medias para los trasmallos con luz de malla No. 6, 8 y 9. a las longitudes L25%, L50% y L75%. ....	30

## Resumen

El proyecto, se originó a partir de la implementación de la técnica de diagnóstico Árbol de Problemas, detectando como problema principal, la falta de recurso pesquero en la laguna de Calderas.

Las principales actividades consistieron en realizar evaluaciones pesqueras de la biomasa íctica, conocer la estructura y estado de explotación de las especies de mayor importancia comercial de la laguna de Calderas, coleccionar información sobre las características físicas y químicas de la laguna y las dimensiones reales de la laguna, para determinar la capacidad de carga del sistema. Se analizó los ciclos energéticos alimenticios de la especie Lobina por estructura de talla para evaluar las tasas de consumo y repoblar con una o más especies el sistema para alcanzar un equilibrio en la estructura trófica de la laguna.

Para la estimación de la biomasa se implementó la metodología de Arrastre Virtual (Ixquiac & Salaverria, 2002) con esto se obtuvo la biomasa promedio del lago, la cual estaría comprendida en el orden de 1,519 Kg (Límites de confianza 95%, 876 y 2,162 Kg). La productividad del lago se estimó en el orden de 2.68 TM/Km<sup>2</sup> (Límites de confianza 95%, 1.5 y 3.8 TM/Km<sup>2</sup>). La capacidad de carga ecológica para la Laguna de Calderas se estimó de manera independiente en 12.8 TM.

Los contenidos estomacales de las lobinas indican consumos de 50 a 150 organismos, por lo general el 97.9% de los contenidos estomacales están conformados por *Gammarus sp.*

En cuanto a la selectividad de las artes de pesca empleadas en la laguna de Calderas se recomienda no utilizar los trasmallos de luz de malla No.9 ya que los mismos capturan organismos pequeños de Lobina (<15,9 cm longitud total).

Los parámetros poblacionales para lobina se estimaron por medio de la rutina de FISAT II. Siendo estos Longitud asintótica  $L_{\infty}$  =48.1 cm. Tasa de crecimiento  $K = 0.237$  (*phi prima*  $\hat{O} = 2.74$ ). La mortalidad natural ( $M= 0.549$ ), mortalidad por pesca ( $F= 1.094$ ), mortalidad total ( $Z= 1.644$ ). A partir de esto se calculó el estado de explotación ( $E=0.66$ ) el cual indica que esta especie esta ligeramente sobreexplotada, por lo cual se deben adoptar medidas para su ordenación pesquera, principalmente sobre la talla mínima de captura.

Las acciones emprendidas entre el Comité de Pescadores de la Laguna de Calderas, la Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura y el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, para el manejo y recuperación del potencial pesquero en la laguna ha generado las primeras acciones para implementar un reglamento específico y la implementación unilateral de una veda de seis meses por parte del Comité de Pescadores para resguardar las repoblaciones realizadas por el proyecto.

## **Introducción**

En la comunidad de Calderas se realiza una pesquería de subsistencia. Se contabilizan en los registros de pescadores inscritos cerca de 30 usuarios los que utilizan en sus faenas de pesca: trasmallos, anzuelos y arpón. Las actuales medidas de ordenación establecen la prohibición de la atarraya y permiten la utilización de trasmallos menores de 75 m de largo y una luz de malla que debe ser mayor de cinco centímetros.

Frente a la necesidad de contar con estimaciones del tamaño de las poblaciones de peces que permitan conocer: la distribución del recurso; la estructura por edades de las poblaciones; la variación en abundancia entre diferentes años; así como, los parámetros ambientales que determinan su distribución y abundancia, se ha desarrollado una serie de metodologías -cada una de ellas con sus limitantes- que permite obtener unos índices de abundancia de las poblaciones estudiadas.

El objetivo primario de la evaluación del stock de peces es asesorar la explotación óptima de recursos acuáticos, lo cuales son recursos limitados pero renovables. Demostrando que hasta un determinado nivel se puede obtener mayores ganancias aumentando el esfuerzo de pesca, pero cuando se supera este nivel, la renovación del recurso (reproducción y crecimiento corporal) no logra mantener el mismo ritmo que la eliminación causada por la pesca y el incremento de la explotación provoca una merma del rendimiento.

La tilapia y la lobina negra constituyen especies de gran importancia económica; la primera puede ser utilizada para consumo humano, teniendo una amplia demanda comercial; y la segunda por ser uno de los peces más atractivos dentro de la pesca deportiva y soporta una explotación comercial y de subsistencia a menor escala. La introducción de lobina negra ha despertado controversia por su alto índice de conversión y su efecto sobre especies nativas sin embargo la presencia de la lobina podría incrementar la importancia relativa de tallas de interés comercial en una población explotada de tilapia.

Dentro de la presente investigación se analiza el estado de explotación de la Lobina, la eficiencia de las artes de pesca empleadas para su captura y la abundancia del recurso, lo cual será el punto de partida para nuevas normativas que cumplan con las necesidades de la población y el estado actual de rendimiento de las especies sobre la cual se ejerce el mayor esfuerzo de pesca.

Para administrar los recursos pesqueros de una manera adecuada y efectiva, se requiere en primer lugar el apoyo de todo el sector pesquero y una voluntad política por parte del gobierno, conjuntamente con un conocimiento científico de la biología y ecología de las especies capturadas y de los factores que afectan directamente la abundancia de las mismas.

## **1. Antecedentes**

En Guatemala hay aproximadamente 1,151 sistemas lacustres, con siete lagos, 365 lagunas y 779 lagunetas. La distribución por rangos de altitud muestra que el 80 % (916 sistemas lacustres) se ubican de 0 a 200 msnm, de ahí hasta 3,590 msnm se encuentra el resto. El análisis global de todos los sistemas lacustres por departamento, indica que el 54 % (620) está en el Departamento de El Petén. La vertiente del golfo de México tiene 682 sistemas lacustres, que representan el 59 % y que totalizan 278.49 Km<sup>2</sup> de espejo de agua; la vertiente del Caribe tiene 112 sistemas que equivalen al 10 % con una superficie de 682.98 km<sup>2</sup> de espejo de agua. (Castañeda, 1995; Dix & Fernández, 2001).

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

La microcuenca de la Laguna Calderas es de tipo cerrada. Está localizada en la parte media de la cuenca mayor del río María Linda, sobre la vertiente del Océano Pacífico, entre los meridianos 90°35'10'' y 90°36'19'' de longitud Oeste y los paralelos 14°23'16'' y 14°25'05'' de latitud Norte. Los límites geográficos de la microcuenca son: al Norte, las aldeas El Bejucal (San Vicente Pacaya, Escuintla) y el Pepinal (Amatitlán, Guatemala); al Oeste, las aldeas San Francisco de Sales y El Cedro (San Vicente Pacaya); al Este por las aldeas Mesillas Altas y Mesillas Bajas (Amatitlán) y al Sur, por los cerros Grande, Chiquito y el Volcán de Pacaya (García, H. 2007).

## **2. Justificación**

Según el informe de desarrollo humano y pacto fiscal (PNUD, 2002) es importante reconocer quienes somos y cuánto tenemos, para tener un punto de partida para el cambio. De igual manera uno de los principales indicadores para los administradores de los recursos pesqueros es la cuantificación de esos recursos y las condiciones de los mismos para establecer medidas de ordenación dentro de los usuarios.

Las estimaciones de la biomasa de un recurso pesquero pueden realizarse por métodos de evaluación: de producción, analíticos y de reducción de stock. Generalmente estos tres métodos requieren la recopilación de una base de desembarque, esfuerzo de pesca y estructuras de tallas, en forma continua y confiable. También existen los métodos indirectos como el sonar por medio del cual se pueden realizar estimaciones de los recursos disponibles en áreas específicas.

En el presente caso de estudio se aplica la combinación de un método directo (estructuras de tallas y composición de especies) y un método indirecto (ecosonda), con lo cual se espera realizar estimaciones de la abundancia de peces en la Laguna de Calderas.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Generales**

- Iniciar el proceso de recuperación del potencial pesquero de la Laguna de Calderas.
- Ordenar la pesquería en la Laguna de Calderas.

#### **3.2. Específicos**

- Caracterización de la pesquería en la Laguna de Calderas
- Determinación de la biomasa actual de los recursos pesqueros presentes.
- Estimación de la capacidad de carga de los recursos ícticos en la laguna.
- Estimación de la demanda de alimento de la Lobina por estructura de talla.
- Repoblamiento de la laguna con especies de tallas apropiadas y de buen valor comercial.
- Evaluación de la selectividad de las artes de pesca.
- Implementación de un programa de monitoreo y vigilancia de las actividades pesqueras en la laguna.
- Elaboración de un plan de explotación pesquera.

### **4. Referente teórico**

#### **4.1. Generalidades**

La extensión superficial de la microcuenca abarca parcialmente las aldeas de San José Calderas del municipio de Amatitlán, Guatemala con un área de 4.35 kilómetros cuadrados que corresponde al 85% de la microcuenca y la aldea San Francisco de Sales del municipio de San Vicente Pacaya, Escuintla en un área de 0.75 kilómetros cuadrados del cual es un 15% de la microcuenca (Pereira, 1990 en García, H. 2007).

De acuerdo a la zonificación del sistema de Holdridge, el área de la microcuenca de la Laguna de Calderas se ubica en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Subtropical (templado), que presenta como características principales: período de lluvias con frecuencia en los meses de mayo a noviembre; biotemperatura entre 18 a 24 grados Centígrados, con una relación de evapotranspiración potencial alrededor de 1,0. Los terrenos correspondientes a esta zona son de relieve ondulado accidentado. El uso apropiado de estos terrenos es netamente forestal. Otra clasificación para el área del Parque Nacional Volcán de Pacaya es denominada Bioma Selva de Montaña establecido por Luis Villar (1990) (García, H. 2007).



## 4.2. Pesquerías en los cuerpos lacustres

Según la FAO, la problemática de los países de América Latina se caracteriza actualmente entre otros aspectos por: la necesidad apremiante de incrementar la producción de alimentos para el consumo interno y la insuficiencia de recursos financieros para invertirlos en la infraestructura para la producción en el sector primario. Sin embargo, en casi todos los países la acuicultura es una actividad en proceso de desarrollo, por ello, el cultivo de organismos acuáticos no escapa a las limitaciones y a las oportunidades que todas las actividades económicas enfrentan actualmente en Latinoamérica. Ante esta perspectiva, la acuicultura afronta retos que en ciertos casos, tienen una solución pronta y accesible. Tal es el caso de la generación de productos acuáticos destinados al consumo interno de la población rural y suburbana de los países de la región (FAO, 1995; FAO, 2000).

En todos ellos se dispone de infraestructura potencialmente útil para alcanzar este objetivo y paradójicamente, poco aprovechada; esa infraestructura está representada por los embalses (lagos y lagunas naturales y reservorios artificiales), cuyo aprovechamiento a través de la acuicultura de repoblación es una práctica con cierto desarrollo en muy pocos países del área, en los cuales los resultados alcanzados traducidos para el consumo directo, han convertido el potencial en una realidad tangible que evidencia a esa variante de la acuicultura como una estrategia que demanda niveles mínimos de inversión y que ofrece retornos sociales y económicos importantes (Troadek, J. 1984; FAO, 1995).

Las pesquerías en aguas continentales representan en la actualidad un factor importante de desarrollo, generando empleos e ingresos en áreas que pueden considerarse marginales para otras actividades primarias como la agricultura y ganadería. Además crea una demanda de bienes y servicios, que a su vez es fuente indirecta de empleos y bienestar, por lo cual el fomento de estas actividades pesqueras y acuícolas puede ser considerado, independientemente del mercado al cual está destinado el producto como una estrategia de desarrollo social. A pesar de la importancia económica de la producción pesquera en estos cuerpos de agua, el conocimiento de sus condiciones hidrológicas, biológicas y pesqueras es escaso (Bertolotti, *et al.* 2004).

La pesca en aguas continentales se realiza con equipos y artes de pesca relativamente sencillos, rudimentarios y de baja potencia; ocupa escasa inversión de capital, obtiene volúmenes reducidos de captura; la experiencia y el conocimiento es transmitido de generación en generación. Los productos provenientes de la pesca proporcionan proteínas animales de alta calidad y barata, en zonas rurales y suburbanas.

Dentro de los recursos ícticos de la Laguna de Calderas se encuentran las siguientes especies.

Familia	Especie	Nombre Común	Habito alimenticio
Characidae	<i>Astyanax aeneus</i>	Pepesca	Omnívoro (plancton)
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Omnívoro (bentos)
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina	Carnívoro (peces)
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	Omnívoro (fitoplancton)
	<i>Amphilophus macracanthus</i>	Mojarra negra	Omnívoro
	<i>Parachromis managuensis</i>	Guapote tigre	Carnívoro (zooplancton y peces)
Poeciliidae	<i>Poesilia sphenops</i>	Pupo	Omnívoro (plancton)
	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Pupo	Omnívoro (plancton)
Profundulidae	<i>Profundulus sp.</i>	Pupo	Omnívoro (plancton)

Tabla 1. Especies reportadas para la laguna de Calderas y habito alimenticio.

Otras especies presentes en la Laguna de Calderas son: Crustáceos: *Potamocarcinus guatemalensis* Cangrejo. Moluscos: *Cyraulus* Caracolito; *Pleurocera* Jute; *Pomacea sp* Caracol (Coloma, 2000; PREPAC, 2005)

De las especies presentes en la Laguna de Calderas se aprovechan comercialmente solo las especies de Lobina *Micropterus salmoides* y Tilapia *Oreochromis niloticus*.

### 4.3. Repoblamientos

En 1946, Biólogos del Servicio de Peces y Vida Silvestre de los Estados Unidos realizaron un estudio en el que se reporta que todos los peces presentes en la Laguna de Calderas, fueron introducidos del Lago de Amatitlán, estas especies son: Pepesca (*Astianax sp.*), Pescadito (*Poecilistes sp.*) y Pupos (*Mollienesia sp.* y *Profundulus sp.*) éstas últimas dos especies podrían estar mal identificadas y una clase de mojarra (sin mencionar cual especie) (Coloma, 1998; Coloma 2000; Sauders, 1947 en Chonay S. 2005).

La Laguna de Calderas fue repoblada el 23 de marzo del 2004, con Tilapias *Oreochromis nilotica*, proveniente de la estación experimental de Amatitlán del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, a razón de 0.05 peces por metro cuadrado, equivalente a 25,000 organismos de ambos sexos, con el fin de permitir la reproducción de la misma en el área, la talla promedio en que fueron introducidos los peces es de 7 centímetros con un peso promedio de 11 gramos, lo que permitirá que la mayoría de la población introducida no sea devorada por la especie Lobina *Micropterus salmoides* (Chonay, G. 2005).

Durante los últimos años se ha realizado un proceso de repoblamiento de los cuerpos de agua en las comunidades que así lo soliciten a la Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura, de esta manera la Laguna de Calderas también ha sido repoblada con tilapia en los últimos años.

## 5. Metodología

La colecta de los peces se realizó por medio de capturas directas por pescadores del lugar. Las muestras fueron colectadas de todas las zonas de la Laguna de Calderas, posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de ictiología del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA). En donde se procedió al análisis de las características biológicas, ecológicas y morfométricas de los peces colectados. Para ellos se establecieron tres fases: 1) identificación de la especie 2) parámetros biométricos y 3) extracción e identificación del contenido estomacal (Anexo 1).

### 5.1. Estado de explotación

Para generar los valores del estado de explotación se siguieron las metodologías establecidas en Sparre y Veneman (1995), las cuales se basan en la "curva de captura linealizada" esta es una representación gráfica del logaritmo del número de peces capturados respecto a las correspondientes edades o tallas. El método se describe a continuación y se basa esencialmente en datos de composición por tallas.

Se realizaron estimaciones de mortalidad total ( $Z$ ), a partir de curva de captura acumulativa del Método de Jones y Van Zalinge, captura linealizada y método de Powel-Wetherall. Mortalidad natural ( $M$ ) a partir de la ecuación empírica de Pauly y mortalidad por pesca ( $F$ ) a partir de la diferencia de las anteriores.

Se empleo el Método de Jones y Van Zalinge a partir de la curva de captura acumulativa de las tallas colectadas durante los meses de enero a diciembre 2007, se emplearon las estructuras de sexos combinados estimando de forma independiente los parámetros  $L_{\infty}$  y  $K$ , los cuales son empleados en la elaboración de la curva acumulativa, descrita en Sparre y Veneman (1995).

$$\ln C(L, L_{\infty}) = a + \frac{Z}{K} * \ln(L_{\infty} - L)$$

En donde  $C(L, L_{\infty})$  representa la captura acumulada de peces de talla  $L$  y más grandes. La pendiente estimada por la regresión lineal es  $Z/K$ , de modo que la estimación de  $Z$  esta dada por:

$$Z = K * \text{pendiente}$$

Como segundo método se generó la curva de captura linealizada, la cual está basada en la composición de tallas las cuales son convertidas a edades por medio de la ecuación de crecimiento de Von Bertalanfy:

$$t(L) = t_0 - \frac{1}{K} * \ln\left(1 - \frac{L}{L_{\infty}}\right)$$

Por lo que en este método se trabaja con las edades de los organismos capturados en las artes de pesca, la curva de captura linealizada se genera con las tasas de tiempo que tarda un pez medio de la Longitud L1 a la longitud L2, por lo tanto,  $\Delta t$  se obtiene sustrayendo las dos ecuaciones inversas de von Bertalanfy correspondientes a L2 y L1 respectivamente:

$$\Delta t = t(L2) - t(L1) = \frac{1}{K} * \ln \frac{L_{\infty} - L1}{L_{\infty} - L2}$$

La mortalidad natural (M) se calculó a partir de la ecuación empírica de Pauly:

$$M = \exp(0.0152 - 0.279 * \ln(L_{\infty}) + 0.6543 * \ln(k) + 0.463 * \ln(T^{\circ}C))$$

Siendo M+F la mortalidad total Z, por lo tanto la mortalidad por pesca F se obtiene de  $F = Z - M$

Se realizó una evaluación del estado de explotación del recurso pesquero empleando formulas prácticas, aplicables y ampliamente conocidas para la evaluación de este recurso, por lo cual se da un primer paso sobre esta área en los recursos pesqueros de la Laguna de Calderas.

## 5.2. Selectividad de las artes de pesca

Las artes de pesca son más o menos selectivas y el patrón de selección de los mismos, por lo general, se puede cambiar, modificando las características técnicas del arte. El modelo de selección se basa en la curva logística.

Las artes de pesca como los trasmallos son clasificados como aparejos de pesca pasivos. Generalmente la curva de selección de la pesca con trasmallos tiene forma de campana, dependiendo del tamaño de la luz de malla, debido a que los peces pequeños no pueden ser retenidos en trasmallos con luz de malla grande y que los peces grandes no quedan sujetos firmemente en mallas pequeñas.

Para ello se evaluó la selectividad por arte de pesca empleado a partir de la ojiva de selección (Sparre & Veneran, 1995; Aubone, A. y Wohler, O. 2000; King, 2001).

$$S_L = \frac{1}{1 + \exp(S1 - S2 \cdot L)}$$

en donde:

$S_L$  = Selectividad a la talla L

L = marca de clase del intervalo

S1 y S2 son constantes calculadas a partir de la reducción de mínimos cuadrados de la estructura de tallas retenidas por el arte de pesca.

Obtenidos los parámetros anteriores se pueden estimar los rangos de selección por arte de pesca, en este caso por cada luz de malla. Las formulas para calcular L25%, L50% y L75% se indican a continuación:

$$L25\% = \left( \frac{S1 - \ln(3)}{S2} \right)$$

$$L50\% = S1 - S2$$

$$L75\% = \left( \frac{S1 + \ln(3)}{S2} \right)$$

### 5.3. Análisis de contenidos estomacales

Los ítems presa se analizaron al menor nivel taxonómico posible, mediante la observación en un estereoscopio, los ítems se contaron y pesaron (peso húmedo), después de remover el exceso de agua. Las presas pequeñas pertenecientes a un mismo taxón se pesaron conjuntamente y las grandes, en el caso de peces, en forma individual de acuerdo a Medina & Arancibia (1994). Asimismo los ítems se midieron para obtener la estimación de la relación entre la talla de las diferentes presas con la talla del predador.

Los métodos para analizar los contenidos estomacales por estructura de tallas son: (i) Método de frecuencia de ocurrencia (%FO), este corresponde al número específico de un tipo de presa expresado como un porcentaje del número total de estómagos con contenido. (ii) Método numérico (%N), este se obtiene al contabilizar todos los ítems presentes en los estómagos y expresar porcentualmente cada uno de ellos respecto a la suma total. (iii) Método gravimétrico (%P), se considera el peso de todos los ítems presentes en los estómagos y expresa porcentualmente cada uno de ellos respecto a la suma del peso total.

Se considera que el %FO provee una medida de la constancia de una presa en la alimentación, el %N una medida de la más frecuente consumida y el %P indica el aporte energético relativo de ella. Con el fin de obtener la máxima información de los diferentes métodos antes señalados y en especial corregir aquella que pudiera ser sobre o subvalorada por uno u otro método, se calculó el Índice de Importancia Relativa (IIR), según la expresión siguiente:

$$IIR = (\%N + \%P) \cdot \%Fo$$

Además se calculó el factor de condición de Clark:

$$K = \left( \frac{P}{L} \right) \cdot 100$$

donde,

K= Factor de condición

P= Peso del pez (gr)

L= Longitud del pez (Lt, cm)

Y el coeficiente de repleción gástrica mediante:

$$CRG = \frac{n}{N}$$

n= Número de estómagos con alimento

N= Número total de estómagos analizados exceptuando los evertidos.

Con esto se pretende estimó si existe relación entre la talla (Lt) y la mayor actividad de alimentación de acuerdo a las estaciones del año para individuos de ambos sexos. Así mismo para estimar la incidencia de la alimentación por sexo, se determinó el coeficiente de repleción gástrica por separado.

El número mínimo de estómagos analizados para describir adecuadamente la alimentación de los peces, se calculó a partir de la curva del número acumulado de ítems y el índice de diversidad trófica de Brillouin, que se expresa de la siguiente manera:

$$H = \frac{1}{N} \cdot \text{Log} \frac{N!}{n_1!n_2!\dots n_n!}$$

donde:

N es el número total de individuos

$n_1, n_2, \dots, n_i$  son el número de individuos en cada ítem o especies identificadas.

Para comparar las distintas tallas de lobina obtenidas mensualmente, se aplicó un test de diferencia de medias para muestreo de tamaños desiguales (Steel, R. & Torrie J. 1993; Sockal, R. Y Rholf, F. 1995).

Para determinar las diferencias tróficas en forma anual e intraespecífica en las distintas clases de tallas se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (Snedecor & Cochran, 1995), determinando de esta forma si existe un grado de asociación entre los contenidos estomacales en relación a los diferentes ítems presa y estimar de esta manera la existencia de un cierto grado de preferencia del pez.

#### **5.4. Estimación de la biomasa.**

El método empleado para la estimación de la biomasa se basó en los trabajos realizados por Ixquiac & Salaverria, (2002) el cual combina el conteo del número de peces observados bajo el haz del ecosonda en movimiento, a velocidad constante conocida, lo cual hace el efecto de una red de arrastre en toda la columna de agua. El trabajo retoma el Método de Área Barrida para la estimación de peces “retenidos” por el arte de pesca, para las áreas evaluadas.

El área barrida, se puede estimar modificando la fórmula propuesta en Sparre & Veneran, (1995); con las siguientes fórmulas:

$$a = D * rs$$

y

$$D = V * t$$

$$rs = (h * \text{seno}(\text{Radianes}(A^\circ)))^2$$

donde  $V$  es la velocidad de desplazamiento de la red sobre el fondo,  $rs$  es el ancho del haz de la ecosonda en el fondo, el cual está asociado a la profundidad ( $h$ ) y la apertura del ángulo de funcionamiento de la ecosonda ( $A^\circ$ ), durante esta investigación las especificaciones del equipo es de ángulo de  $35^\circ$ , y  $t$  es el tiempo de duración del arrastre el cual se estandarizó en cinco minutos debido a las cortas distancias en la laguna.

La estimación de captura se realizó multiplicando las observaciones del ecosonda, con la proporción en número de organismos presentes por especie y el valor de la mediana del peso de la estructura de la población de peces capturados.

$$C = \sum (n_i \mu_j \lambda_j)$$

Donde  $n$  es número de organismos observados en el conteo del ecosonda para el área evaluada  $i$ ,  $\mu_j$  la mediana de la distribución de los pesos para cada una de las especies  $j$ ,  $\lambda_j$ . El porcentaje en número de organismos retenidos para cada especie  $j$ , durante el período de estudio.

Para estimar la biomasa se utilizó la Captura Virtual por Unidad de Área (CPUA). La CPUA se calcula, dividiendo la captura por el área barrida (kilómetros cuadrados). Así pues, esta estimación depende de la exactitud con que se calcule el área barrida.

Como en el arrastre virtual no se cuenta con valores del peso medio de los organismos, ni de las proporciones de las especies presentes, se requiere conocer la estructura de la población, los pesos para las tallas y la proporción de las especies presentes en los desembarques. Para no sobreestimar el peso medio de la población de peces se estima el valor de la mediana en peso para cada una de las especies y el porcentaje de presencia en los desembarques globales en el período de monitoreo.

La CPUA se estima de la siguiente manera, sea  $C$  la captura en peso de un arrastre virtual y  $a$  el área barrida;

$$CPUA = C/a$$

es la captura en peso por unidad de área. Luego una estimación de la biomasa total,  $B$ , en esta área,  $A$ , se obtiene de:

$$B = \frac{(CPUA * A)}{X1}$$

Donde  $A$  es el área total de la laguna,  $CPUA$  es la captura por unidad de área y  $X1$  es la proporción retenida de peces, presentes en el área barrida,  $X1$ , es difícil de estimar. Las grabaciones televisivas bajo el agua muestran que la reacción de los peces frente a las artes de arrastre varía notablemente según la especie, sin embargo por ser un sonar que

contabiliza los peces a su paso, la eficiencia de este se basó en la sensibilidad del mismo y el tamaño del pez para ser detectado. Por lo general, el valor de X1 se sitúa entre 0.5 y 1.0. Mientras se realizan las estimaciones preliminares del ajuste de este parámetro se utilizó 1 el cual significa la retención total de los organismos presentes susceptibles a las artes de pesca.

## **6. Resultados y discusión de resultados**

### **6.1. Caracterización de la pesquería en la Laguna de Calderas.**

Las artes de pesca para peces que se utilizan en la laguna son trasmallos, anzuelo y arpón. Sin embargo a pesar de estar prohibido se utilizan artes de pesca como la atarraya. El trasmallo es el arte de pesca más utilizado, teniendo una regulación específica para este cuerpo de agua, en el que se ha establecido en el paño una malla de pesca mínima de 9 nudos por cuarta (equivalente a 5.5 cm de luz de malla) y 75 metros de largo del arte. La medida de la luz de malla es un método ampliamente utilizado por los pescadores, en el cual se cuentan el número de nudos que conforman el paño de red sobre una cuarta de la mano de un adulto extendida, estas mallas son regularmente entre 4 a 9 nudos por cuarta, según la especie objetivo, la época del año y la zona de pesca.

La pesquería en la laguna de Calderas está conformada por 30 pescadores quienes utilizan trasmallos de 50 a 75 metros de largo con una luz de malla No. 6, 8 y 9. Los principales recursos pesqueros son la Lobina *Micropterus salmoides* y Tilapia *Oreochromis niloticus*.

Los rendimientos pesqueros en la laguna de Calderas están en el orden de las 6 a 12 libras por faena de pesca, actualmente operan entre 20 a 30 pescadores, los cuales realizan actividades entre cuatro a seis meses anuales. Se estima una extracción anual de 3.7 TM de recursos pesqueros.

La productividad de este cuerpo de agua y la disponibilidad de los recursos pesqueros están asociadas a las variaciones de temperatura y oxígeno en el cuerpo de agua. Los perfiles de temperatura y oxígeno durante el período de estudio muestran una clara estratificación en los primeros 10 metros de profundidad donde la temperatura y el oxígeno muestran valores superiores en la columna de agua. Variaciones de temperatura entre los meses de muestreo son evidentes al observar el perfil de enero con temperaturas menores a 19 °C.



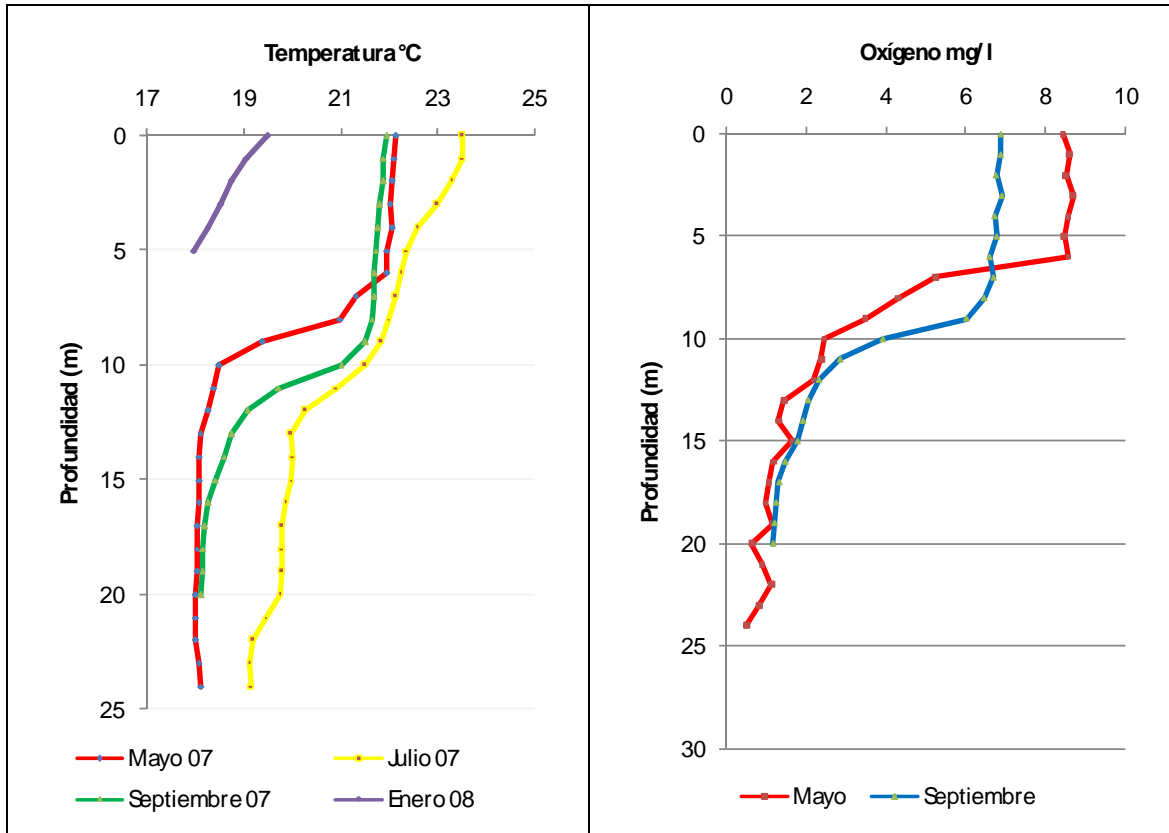


Figura 1. Perfil de temperatura durante los meses de mayo, julio y septiembre 2007 y enero 2008. Perfil de Oxígeno durante los meses de mayo y julio del 2007

## 6.2. Batimetría de la Laguna de Calderas

Para generar el valor del área de la laguna de Calderas se realizó un recorrido en el perímetro de la Laguna con un sistema de posicionamiento global “GPS” guardando la información en unidades terrestres UTM, para posteriormente analizarla por medio de la rutina descrita en el programa Surfer V.8.

El valor estimado fue de 567,035 m<sup>2</sup> el cual es superior a los descritos en la bibliografía consultada, los cuales describen a la laguna con un área de 11 Ha. Esto representa 5.1 veces más que lo descrito en la bibliografía y 1.3 veces más que los valores estimados en mapas del área.

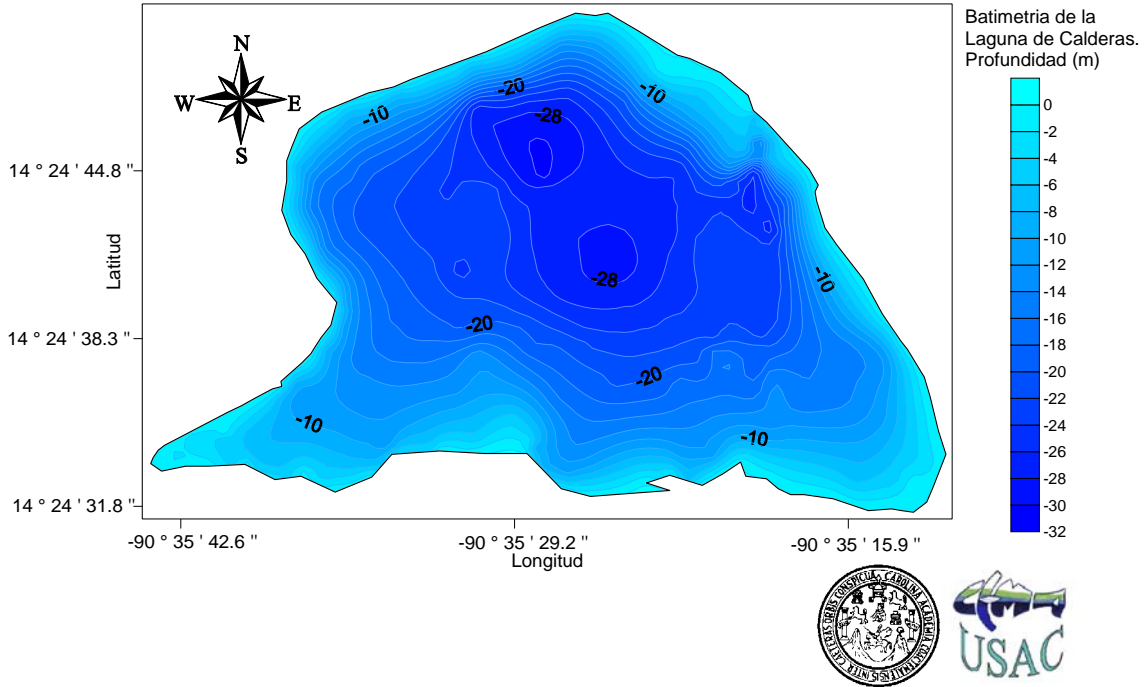


Figura 2. Batimetría de la Laguna de Calderas, profundidad expresada en metros.

La profundidad media de la laguna se estima en 12.51 m. La profundidad máxima observada fue 30.6 m. Un porcentaje superior del 60% del área de la laguna está por debajo de los 20 m de profundidad, las zonas norte y nor este son las áreas más profundas y poseen poca área de playa.

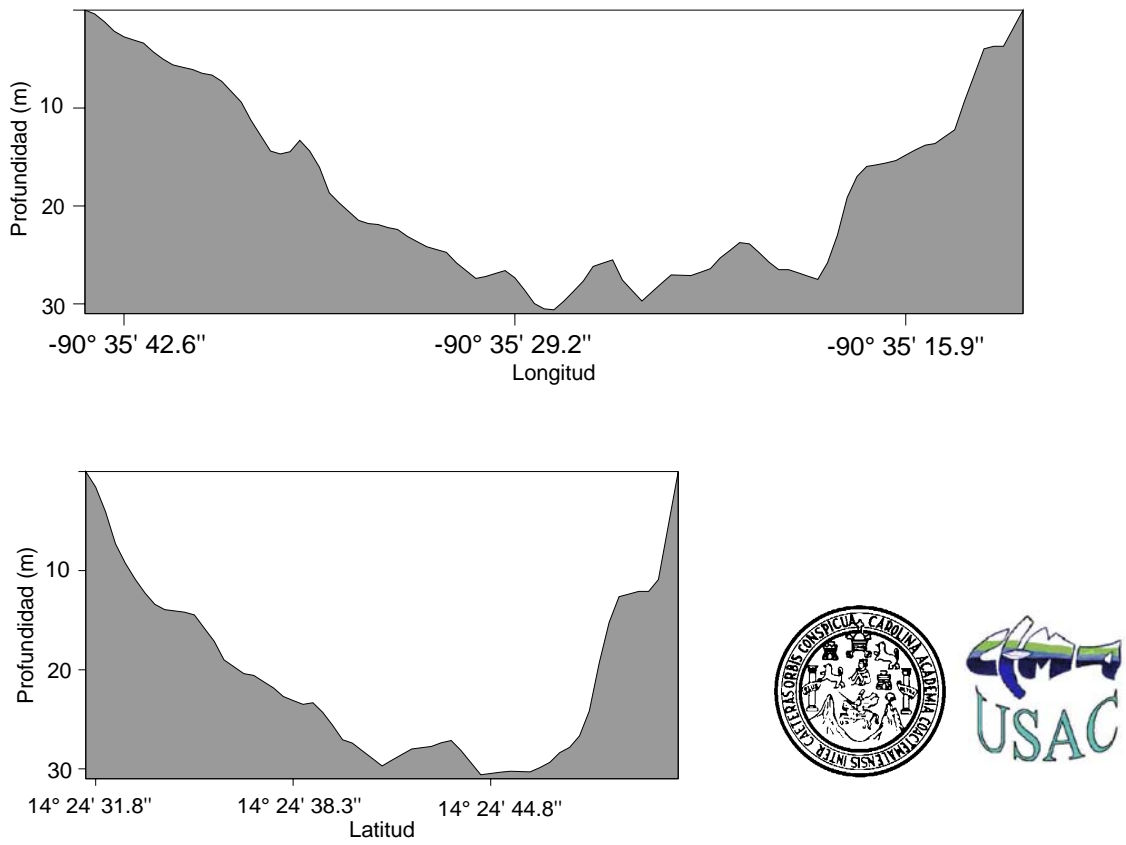


Figura 3. Perfiles longitudinal y latitudinal de la profundidad de la Laguna de Calderas, (Profundidad expresada en metros)

**6.3. Estimación de la Biomasa de las especies comerciales de la laguna de Calderas**

Uno de los objetivos principales de este estudio es la estimación de la biomasa de las especies comerciales de la laguna de Calderas, que permitirá establecer cuál es la capacidad de explotación actual y las medidas de ordenación para mantener el recurso pesquero saludable.

La estimación de biomasa se realizó durante los meses de abril, mayo, julio, septiembre, octubre del 2007 y enero 2008. Se realizó un total de 70 transeptos “arrastres virtuales”, en los cuales se contabilizaron 2,048 peces en la ecosonda, la velocidad promedio de navegación fue de 2.4 Km/h, los cuales tuvieron una duración de cinco minutos.

Los valores de proporción en los desembarques de pesca y peso promedio para las especies de Lobina y Tilapia en la Laguna de Calderas se presentan en la tabla .2.

	Lobina <i>Micropterus salmoides</i>	Tilapia <i>Oreochromis niloticus.</i>
Proporción de especies (Chonay, 2005)	60%	40%
Peso medio (Kg)	0.080	0.189

Tabla 2. Parámetros de proporción de especies de peces y peso medio de los peces capturados en la Laguna de Calderas.

La estimación de la biomasa de la ictiofauna en la Laguna de Calderas para el primer muestreo utilizando la técnica de Arrastre virtual (Ixquiac & Salaverria, 2002) da un primer estimado de 1,554 Kg (Límites de confianza 95%, 1,042 y 2,066 Kg), el segundo muestreo 1,652 Kg (Límites de confianza 95%, 783 y 2,156 Kg), el tercer muestreo 1,659 Kg (Límites de confianza 95%, 1,051 y 2,268 Kg), el cuarto muestreo 1,069 Kg (Límites de confianza 95% de 289 y 1,850), el quinto muestreo 1,486 Kg (Límites de confianza 95% de 224 y 2,750), el sexto muestreo 1,803 Kg (Límites de confianza 95% de 876 y 2,162).

La biomasa promedio del lago estaría comprendida en el orden de 1,519 Kg (Límites de confianza 95%, 876 y 2,162 Kg). La productividad del lago estaría comprendida en el orden de 2.68 TM/Km<sup>2</sup> (Límites de confianza 95%, 1.5 y 3.8 TM/Km<sup>2</sup>). Lo cual confirma que la productividad de la laguna es baja en relación a otros cuerpos de agua en la región. Algunos valores de referencia para evaluar la productividad de un lago se mencionan a continuación: El lago de Nicaragua presenta un rendimiento de 5.9 TM/Km<sup>2</sup> Orellana, 1983 en Vila, I. & E. Fagetti, (1986); Amatitlán en Guatemala 5.4 TM/Km<sup>2</sup> Ixquiac y Salaverria (2002); en Panamá el rendimiento pesquero potencial según ecuación de Welcomme y Henderson modificada (1974) citado por José C. Maturell (1985) en Vila, I. & E. Fagetti, (1986) estima para el Lago Gatun 3.5 TM/Km<sup>2</sup> Lago Alajuela 3.4 TM/Km<sup>2</sup> y Bayuco 6.3 TM/Km<sup>2</sup> estos valores son el potencial pesquero por lo cual se podría asumir que la biomasa total es superior; Hugo Campos en Vila, I. & E. Fagetti, (1986) presenta valores para dos lagos del sur de Chile los lagos Ranco 3.5 TM/Km<sup>2</sup> y Lago Llanquihue 3.8 TM/Km<sup>2</sup> en ambos casos el cálculo sobre la producción está basado en los índices morfoedáficos (MIE) (Wetzlar, 1979); para los lagos y embalses de México Rojas Hoya en Vila, I. & E. Fagetti, (1986) de acuerdo con la superficie inundada y los antecedentes disponibles, se estima un potencial pesquero de 5 TM/Km<sup>2</sup>.

Mes	Biomasa Kg	N	t <sub>n-1</sub>	sd	Lim Conf. Inf. 95%	Lim Conf. Sup. 95%
Abr-07	1,554.1	12	2.18	813.5	1,042	2,066
May-07	1,652.1	10	2.23	783.2	1,148	2,156
Jul-07	1,659.7	16	2.12	993.8	1,051	2,268
Sep-07	1,069.7	15	2.13	1,269.6	289	1,850
Oct-07	1,486.9	8	2.31	1,894.5	224	2,750
Ene-08	1,803.3	9	2.26	963.9	1,174	2,432
Promedio	1,519.2	70	1.99	1,119.3	876	2,162

Tabla 3. Estimación de biomasa promedio, número de transeptos, desviación estándar y límites de confianza superior e inferior de la biomasa para los meses evaluados.

#### **6.4. Capacidad de carga de los recursos ícticos en la Laguna de Calderas**

Uno de los grandes desafíos de esta investigación consistió en hacer un cálculo de la capacidad de carga para la Laguna de Calderas. En el mundo existen diversos modelos para realizar estos cálculos, la mayoría de ellos toman como base parámetros físicos y químicos. Para la Laguna de Calderas se realizaron registros durante tres muestreos, durante los meses de julio, agosto, octubre del 2007 en cinco puntos distribuidos en la laguna, los valores promedio y su desviación estándar (Ds) de los parámetros analizados son: oxígeno disuelto (5.5 mg/l Ds. 1.48), el pH (7.87 Ds. 0.79), temperatura (20.7 °C Ds. 1.1), nutrientes como fósforo (0.074 mg/l Ds. 0.06), Nitratos (1.284 mg/l Ds. 0.93), Nitritos (0.974 mg/l Ds 0.11), los que fueron utilizados en el análisis.

La combinación de resultados de la Caracterización Física y Ambiental obtenidos durante la presente investigación, indican que la Laguna de Calderas tiene un sistema de condiciones naturales como el pH, los vientos procedentes del norte, la tasa de recambio de la laguna de 0.81 al año y la profundidad que interrumpen los procesos de eutrofización; las cuales permiten que el lago sea capaz de soportar altas biomásas de peces sin afectar significativamente sus condiciones naturales.

Para la estimación de la capacidad de carga ecológica de la laguna de Calderas se consideraron valores obtenidos por este estudio y otros bibliográficos de este cuerpo de agua cuando estuvieron presentes, así como constantes e índices de producción de Vargas, William.

El área de la cuenca es de 5.107 Km<sup>2</sup> (García, 2007), la precipitación en el área fue estimada a partir del valor promedio de los últimos cinco años de las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH en la Ciudad Capital y Sabana Grande. Se estimó la evapotranspiración por medio del método de Hargraves. La cual se restó a la precipitación, con lo que se obtuvo la tasa de recambio de 0.81 al año. Este valor se puede considerar alto y es uno de los factores que permitieron mantener un nivel con valores de fosfato y nitratos que dan como resultado un estado oligotrófico en la laguna.

La biomasa de pescado permisible para la laguna es de 12.8 TM las cuales se alcanzarían con altos niveles de productividad primaria. Debido a que la concentración máxima permisible de fosfatos en el modelo es relativamente alta en comparación a los niveles de concentración actual. La biomasa permisible en el sistema es teóricamente 8.4 superior a la actual, sin embargo por las condiciones propias de la laguna (temperatura, especies y productividad primaria) esos niveles de biomasa actualmente no son alcanzables y a la vez no son el ideal para un cuerpo de agua como este, ya que por ser una cuenca cerrada estos niveles de producción pondrían en riesgo el mismo ecosistema.

La aplicación de este modelo de capacidad de carga ecológica, se presenta como una referencia del máximo permisible y no como una meta a alcanzar.

<b>A</b>	Concentración de fósforo en el agua	0.074	mg/m <sup>3</sup>
<b>B</b>	Concentración máxima tolerable	20	mg/m <sup>3</sup>
<b>C</b>	Incremento tolerable (A-B)	19.926	mg/m <sup>3</sup>
<b>D</b>	Volumen del cuerpo de agua	7,093,608	m <sup>3</sup>
<b>E</b>	Tasa de recambio	0.81	años
<b>F</b>	Recambio anual (D/E)	8,733,620	m <sup>3</sup> /año
<b>G</b>	Volumen efectivo del cuerpo de agua (más recambio anual) (D+ F)	15,827,228	m <sup>3</sup> /año
<b>H</b>	Carga permisible anual de fósforo (C x G)	315	Kg
<b>I</b>	Contenido de fósforo en alimento	1.64	%
<b>J</b>	Factor de conversión alimenticia	1.82	
<b>K</b>	Aporte de fósforo por tonelada de pescado producida ( I X j x 10 )	29.848	Kg
<b>L</b>	Contenido de fósforo en una Tonelada de pescado	5.3	Kg
<b>M</b>	Pérdida de fósforo por tonelada de pescado producida ( K - L)	24.548	Kg
<b>N</b>	Biomasa de pescado permisible (H / M)	12.8	TM

*Metodología de Vargas, William., CULTIVO DE TILAPIA, Aquacorporation, Costa Rica*

Tabla 4. Capacidad de carga ecológica para la Laguna de Calderas \*

#### **6.5. Repoblamiento de la laguna de Calderas con especies de tallas apropiadas y de buen valor comercial.**

En los últimos años se ha realizado un proceso de repoblamiento de los cuerpos de agua en las comunidades que así lo soliciten a la Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura, de esta manera la Laguna de Calderas también ha sido repoblada con tilapia en los últimos años.

Durante el presente proyecto se gestionó cuatro repoblamientos, los cuales se realizaron en los meses de abril, junio, septiembre y noviembre del 2007. Durante el proceso de repoblamiento se tomó registro de la estructura de tallas de los organismos a ser introducidos, así como el marcaje para su posterior recaptura con lo cual se podrán obtener valores de crecimiento de la especie dentro de esta laguna. Esta información se reportó a la Unidad de Manejo de la pesca y Acuicultura para su monitoreo.

Se repobló con 120,000 alevines de tilapia durante el año, de los cuales se marcaron 539 tilapias, las tallas promedio de los organismos marcados fue de 13.1 cm en tilapias. Se seleccionaron organismos grandes para tener una mayor probabilidad de sobrevivencia.

La estructura de tallas de los organismos con los cuales se repobló la laguna de Calderas se presenta en la Figura 4.

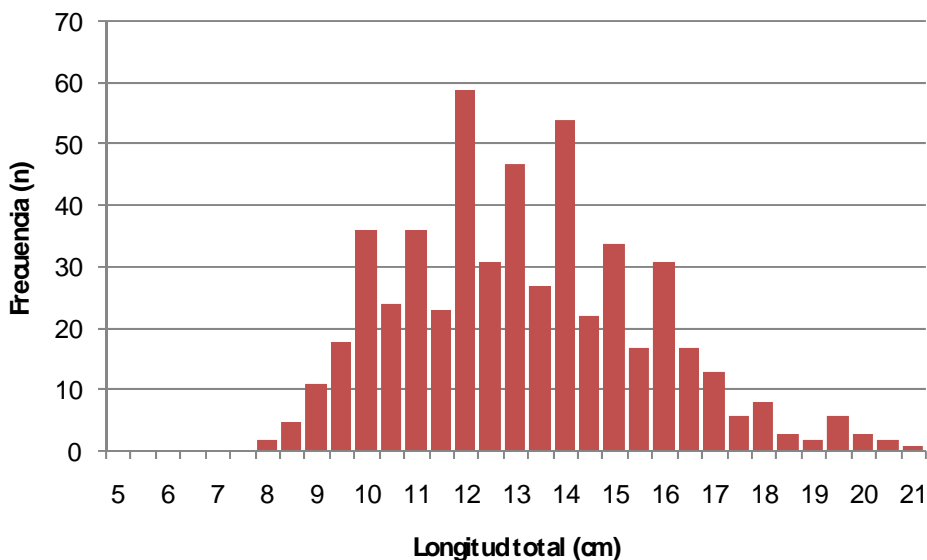


Figura 4. Estructura de tallas de los organismos marcados e introducidos a la laguna de Calderas.

#### 6.6. Estimación de la demanda de alimento de la Lobina por estructura de talla

Parte de los objetivos de la presente investigación busca establecer las relaciones tróficas entre las principales especies de importancia comercial, durante el presente estudio se analizaron contenidos estomacales para *Micropterus salmoides*, presentes en los desembarques de la Laguna de Calderas. El contenido estomacal representa entre el 1.3% al 2.3% del peso total de estos organismos, decreciendo en función de la talla del 7% a valores cercanos al 1% del peso total de los organismos, la ecuación que describe el peso promedio del estomago y su contenido estomacal  $y$  en relación al peso del organismo entero  $x$  es una regresión de tipo potencial:  $y = 0.101x^{0.517}$  (Coeficiente de correlación  $R^2 = 0.922$ ).

El contenido de número de organismos por lo general es creciente en función de la tallas, los horarios de captura no reflejan preferencias en temporalidad por hábitos alimenticios, sin embargo se observan cuatro periodos, con lapsos de seis horas durante el día en los cuales se observo una mayor concentración de alimento en los estómagos. Los contenidos estomacales de las lobinas indican consumos de 50 a 150 organismos, por lo general el 97,9% de los contenidos estomacales en número de presas están conformados por *Gammarus sp.* En solo uno de los análisis realizados se ha observado la presencia de peces como parte del contenido estomacal.

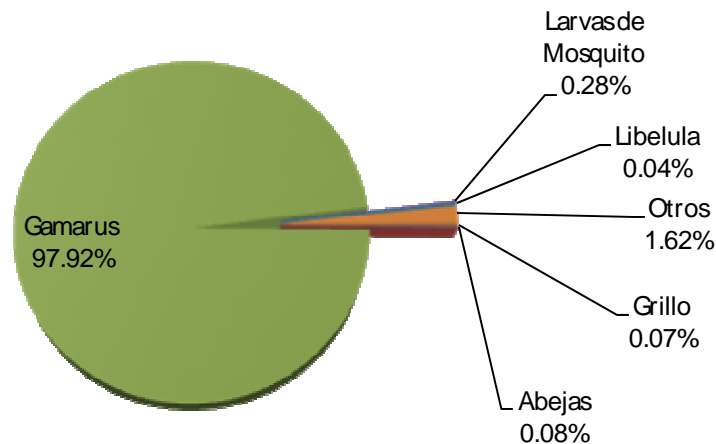
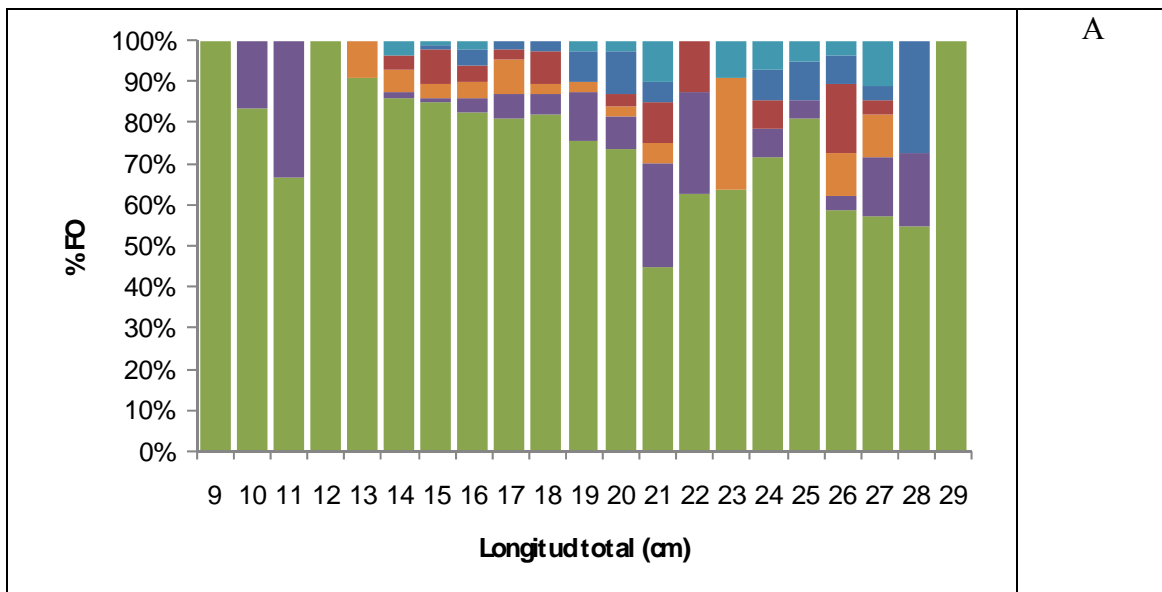


Figura 5. Composición porcentual del contenido estomacal Lobina *Micropterus salmoides*.

La mayoría de los estómagos analizados contenían algún resto de alimento, solo un 16.7% de los estómagos analizados estaban vacíos, por lo general en horas de la tarde. La figura 6 A. muestra como la composición de nuevas presas va en aumento con la talla, sin embargo en número de organismos consumidos, el *Gamarus sp.* es el principal alimento de esta especie (Figura 6B). La presencia de larvas de mosquito son la segunda fuente de alimento para la lobina sin embargo es una proporción relativamente pequeña. La composición en peso del contenido estomacal muestra una variación en relación al número de presas, así abejas y libélulas que se posan sobre el agua o la vegetación acuática son parte de la dieta de la lobina y por su peso individual son un componente importante en el peso del contenido estomacal de los organismos adultos (Figura 6C).





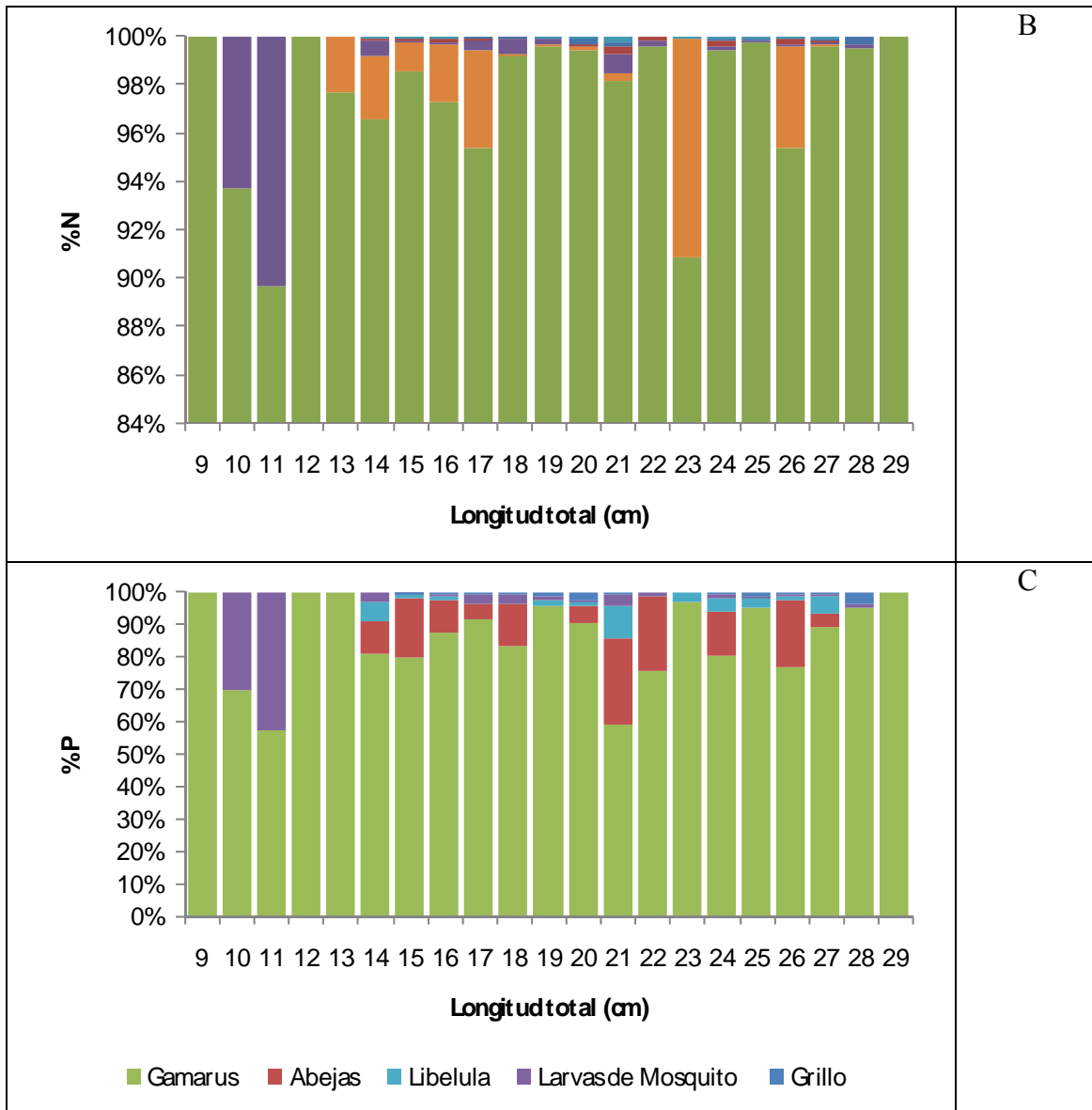


Figura 6. Distribución porcentual del contenido estomacal para Lobina *Micropterus salmoides*. Por estructura de tallas para los ítems más representativos dentro de la dieta. (A) Método de frecuencia de ocurrencia (%FO), (B) Método numérico (%N), (C) Método gravimétrico (%P).

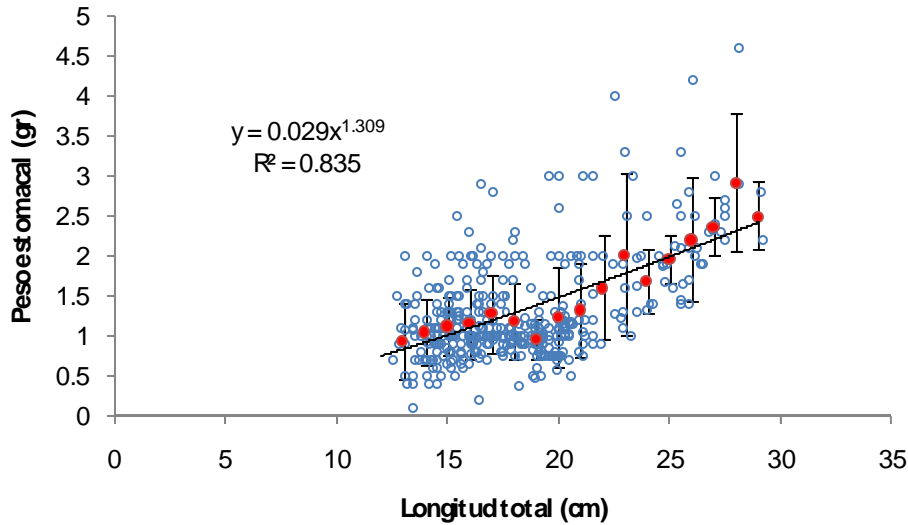


Figura 7. Relación del peso del contenido estomacal en gr por estructura de talla de lobina, para longitud total en cm durante los muestreos realizados en la Laguna de Calderas de marzo a diciembre de 2007. Puntos azules representan los valores individuales, puntos rojos valores promedio del peso estomacal (gr) para cada longitud total en marcas de clase de 1 cm. Las barras negras representan una desviación estándar positiva y una negativa para cada valor promedio del peso estomacal, tamaño de la muestra  $n=461$  organismos.

La principal especie contenida en los tractos digestivos ha sido el *Gammarus sp.* Esta especie la reporta Coloma (2000) como una especie muy abundante en el área la cual está asociada a la vegetación sumergida la cual es abundante en la laguna. Otras especies encontradas en el contenido estomacal son: abejas, larvas de grillo, larvas mosquitos y de larvas de libélula.

Se evaluó el consumo de *Gammarus* por talla para lobina, observándose una correlación positiva (Test Spearman, 0.974) el consumo del número de *Gammarus* presentes para cada estructura de talla de lobina presenta una regresión exponencial  $y = 0.391x^{2.007}$  donde  $y$  es el número de *Gammarus* y  $x$  la longitud total en cm.

Se evaluó la tasa de consumo de alimento por medio del método “aspect ratio” la cual está asociada a la velocidad del desplazamiento de las especies. Los valores generados por las muestras de los peces analizados son 3.03 para Lobina y 2.21 para Tilapia.

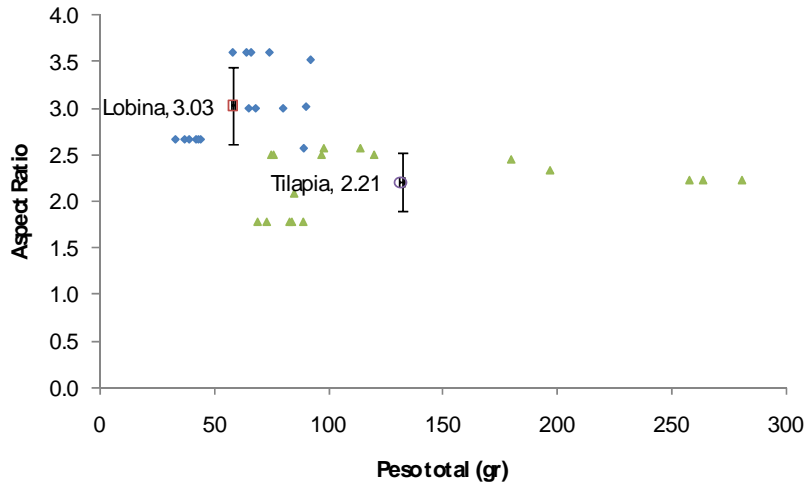


Figura 8. Resultados del Aspect Ratio para dos muestras de peces (Lobina y Tilapia) en la Laguna de Calderas. Los valores muestran el valor promedio y una desviación estándar arriba y por debajo del valor promedio.

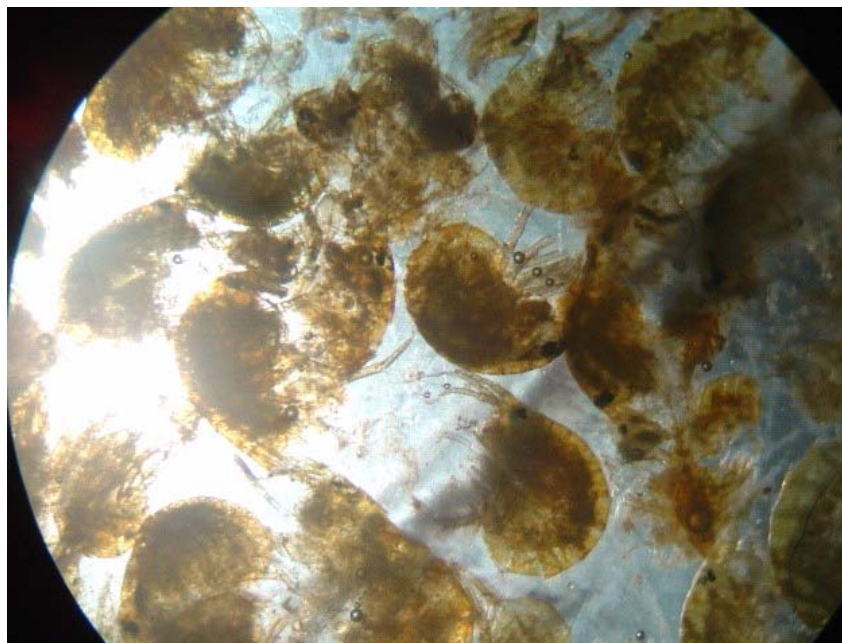


Figura 9. Contenido estomacal para lobina *Micropterus salmoides* donde el alimento principal es *Gammarus sp.*

Con la información recopilada durante el presente proyecto se reconstruyó la población de lobinas presentes en la laguna de Calderas por medio del Análisis de Población Virtual (APV), las cuales consumen en conjunto un total de 24.4 Kg por ración diaria de *Gammarus sp.* lo cual es el equivalente a 7,467,140 organismos aproximadamente.

### 6.7. Implementación de un programa de monitoreo y vigilancia de las actividades pesqueras en la laguna.

Para dar seguimiento a la evaluación del recurso pesquero en la Laguna de Calderas se recomienda dar seguimiento a la colecta de datos de desembarques y longitudes de la población de las especies, Lobina y Tilapia. Esto permitirá conocer el efecto de las medidas de manejo. En el presente estudio se analizan los registros de tallas para lobina muestreadas durante el 2007 y los datos proporcionados por Chonay, (2004).

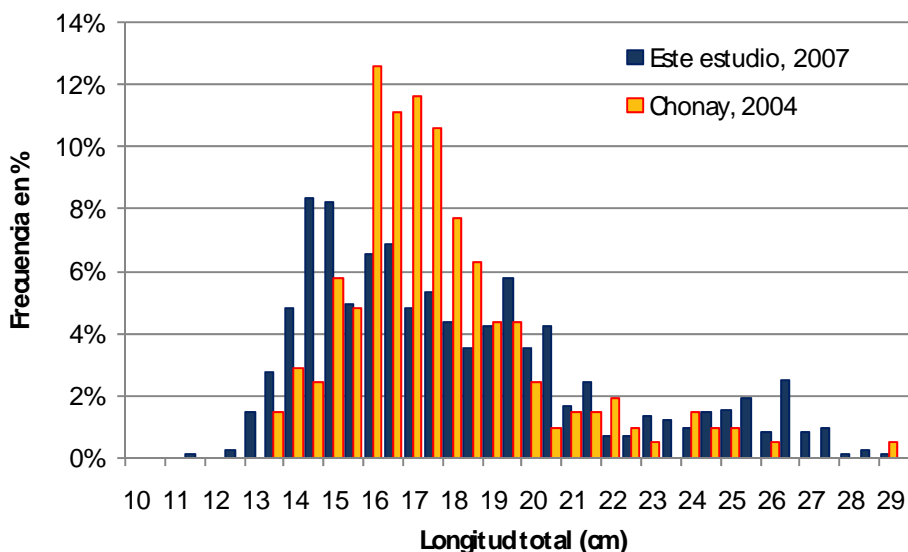


Figura 10. Histograma de frecuencias en porcentaje de la estructura de tallas a partir de la longitud total, para lobina *Micropterus salmoides* durante los muestreos realizados por Chonay, 2004 y los datos colectados durante el presente estudio (Chonay, 2004, n=207; Este estudio, n=828).

Los valores promedio para datos agrupados de la longitud total reportada por Chonay, (2004) es de 17.6 cm de longitud total y durante el presente estudio fue de 18.2. Entre ambas muestras no pueden observarse diferencias entre los valores promedio de las poblaciones. Sin embargo las distribuciones de tallas para lobina presentan diferencias significativas entre las muestras colectadas durante el presente proyecto y los registros colectados por Chonay, (2004); cuando se considera la comparación entre las dos distribuciones. A pesar de que la diferencia entre los valores promedio entre datos agrupados es de tan solo 0.6 cm al aplicar la prueba de Kolmogorof Smirnof, esta presenta diferencias significativas,  $D_{max} 0.151$   $D_{crítico} 0.1055$ ,  $\alpha = 0.05$  por lo cual las distribuciones son diferentes. Esto es resultado de una mayor presencia de organismos capturados entre las tallas de 16 a 19 cm durante los muestreos realizados por Chonay y una distribución bimodal presente en los muestreos realizados en el presente estudio, la primera con organismos entre 14 y 15 cm y la segunda con organismos mayores a 25 cm lo cual puede ser resultado de un mejor aprovechamiento del recurso pesquero o simplemente producto de un mayor muestro por colectar todas las tallas posible.

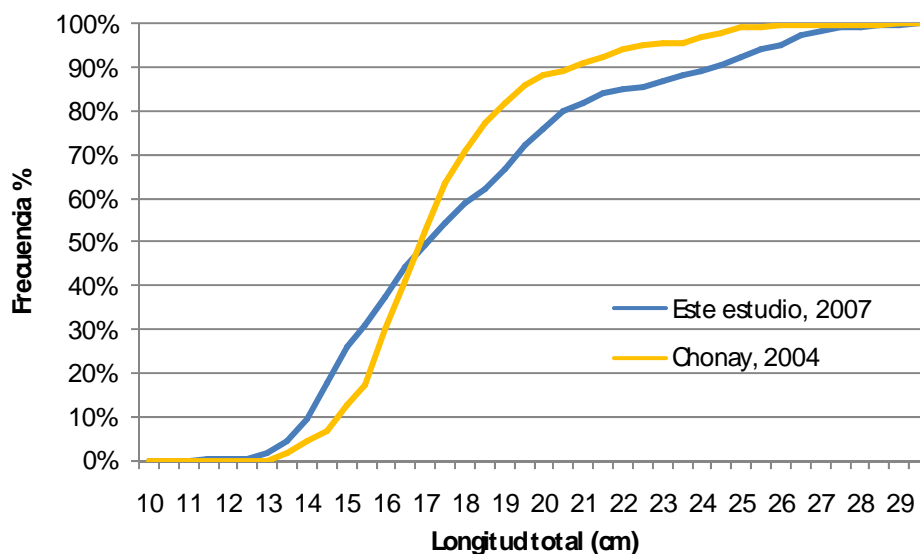


Figura 11. Frecuencias acumuladas en porcentaje de la estructura de tallas a partir de la longitud total, para lobina *Micropterus salmoides* durante los muestreos realizados por Chonay, 2004 y los datos colectadas durante el presente estudio (Chonay, 2004, n=207; DIGI, 2007, n=828) Prueba de Kolmogorof Smirnof, D max 0.151 D crítico 0.1055,  $\alpha = 0.05$  las distribuciones son diferentes.

Para dar seguimiento a un monitoreo permanente y comparable con los estudios realizados se recomienda recabar la información (longitud total) de al menos 50 organismos mensualmente, provenientes de la pesca de subsistencia. Realizar una evaluación anual del estado del recurso y dos monitoreos de la población virtual en la laguna, para evaluar el impacto de los repoblamientos.

### 6.8. Evaluación de la selectividad de las artes de pesca.

Se analizaron 844 organismos de la especie *Micropterus salmoides*. La talla media presente en los desembarques analizados se encuentra en los 14.9 cm. de longitud total, el 91% de las capturas se observan por debajo de los 24 cm, esto nos indica una presión de pesca sobre las tallas pequeñas ya que casi ninguno de estos organismos alcanza la talla mínima de captura, basándonos en la primera madurez sexual donde al menos el 50% de los organismos son sexualmente maduros, la cual estaría en 23.94 cm. (PREPAC, 2006). Es posible que existan ejemplares más grandes dentro de la laguna los cuales son los pocos reproductores que permiten que esta especie esté presente en la misma. Durante las visitas de campo se ha observado que los pescadores capturan por lo general tallas inferiores a las reportadas en las boletas de campo.

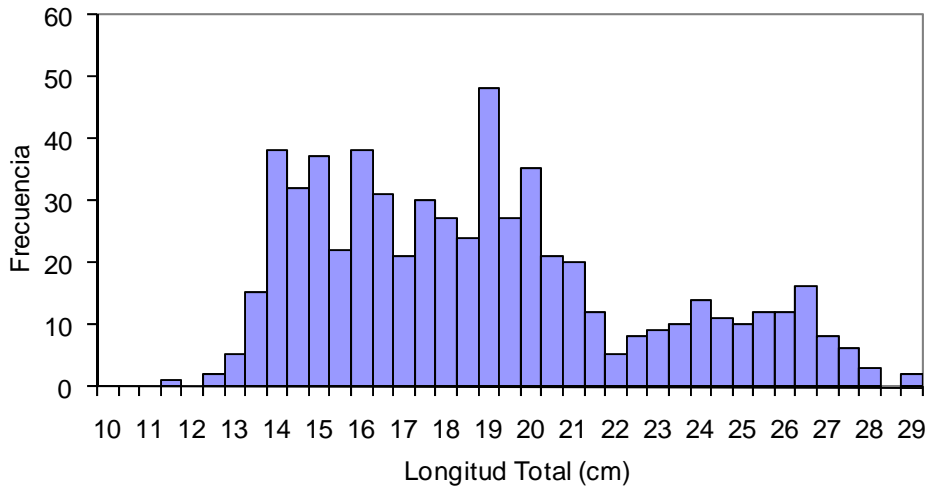


Figura 12. Distribución de tallas para *Micropterus salmoides*, presentes en los desembarques de la Laguna de Calderas, capturadas con trasmallos de luz de malla No.6.

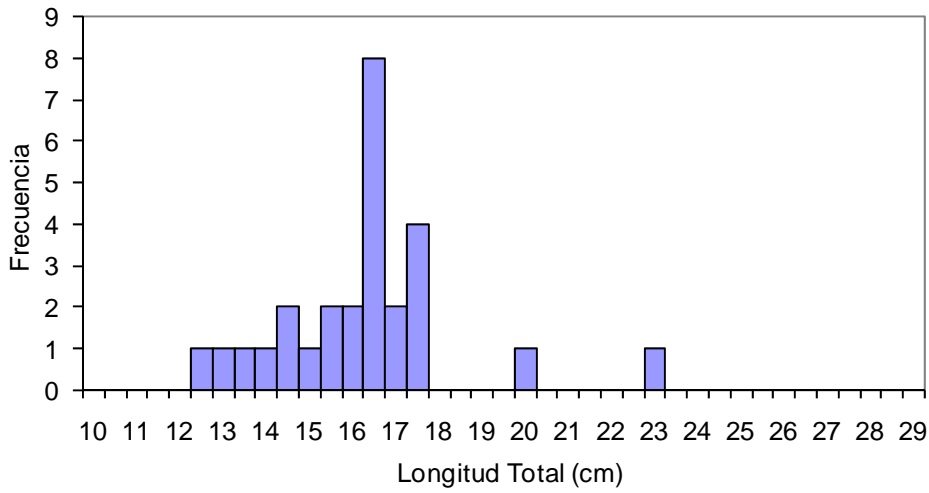


Figura 13. Distribución de tallas para *Micropterus salmoides*, presentes en los desembarques de la Laguna de Calderas, capturadas con trasmallos de luz de malla No.8.

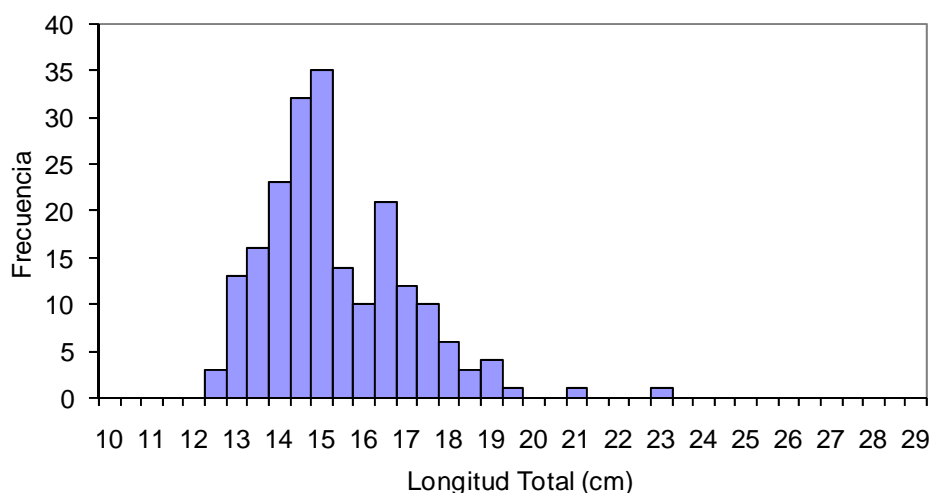


Figura 14. Distribución de tallas para *Micropterus salmoides*, presentes en los desembarques de la Laguna de Calderas, capturadas con trasmallos de luz de malla No.9

Con la información colectada se generaron los parámetros de selectividad para Lobina, *Micropterus salmoides*, el tamaño de la muestra para cada artes de pesca vario en función de la intensidad de pesca empleada para la misma, los parámetros S1 y S2 de la curva de selectividad se muestran en la Tabla 5.

	6	8	9
n	612	27	205
S1	7.889	16.963	16.068
S2	0.432	1.064	1.077

Tabla 5. Parámetros de selectividad S1 y S2 generados para la curvatura de selección de los trasmallos de luz de malla No. 6, 8 y 9.

Las tallas de captura para la especie *Micropterus salmoides* para cada tipo de luz de malla por trasmallo indican la talla media retenida por cada arte de pesca y el rango de tallas entre la longitud 25 y 75% de cada curva de selectividad. Se observa que los trasmallos de luz de malla No. 6 poseen un amplio rango de tallas de captura ubicándose el L25 y L75 entre 15.7 y 20.8 cm. de longitud total. Mientras que los trasmallos de luz de malla 8 y 9 los rangos de captura son entre 14.9 a 17.0 cm. y 13.9 a 15.9 cm. respectivamente.

	Luz de malla		
	6	8	9
L 25%	15.7	14.9	13.9
L 50%	18.3	15.9	14.9
L 75%	20.8	17.0	15.9

Tabla 6. Tallas medias para los trasmallos con luz de malla No. 6, 8 y 9. a las longitudes L25%, L50% y L75%.

La curvatura de selección presentada por los datos colectados actualmente muestran la tendencia clara que a mayor abertura de luz de malla es mayor la talla capturada, lo cual también está asociado a la forma del pez y la tensión del arte de pesca que permita enredar al pez.

La siguiente figura muestra las curvaturas de selectividad para cada una de las artes de pesca principalmente empleada por los pescadores en el área. La comparación entre la selectividad de las artes de pesca evaluada indican que existe diferencia significativa entre las estructuras de muestras colectadas entre los trasmallos de luz de malla 6, 8 y 9. ( $P. > 0.05$ , Prueba No paramétrica de Kolmogorof Smirnof).

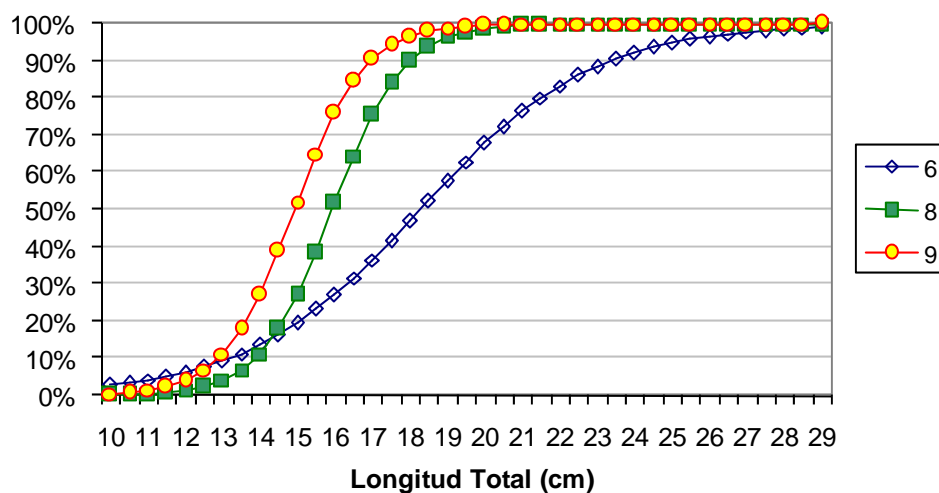


Figura 15. Curvas de selectividad para los trasmallos con luz de malla 6, 8 y 9 nudos por cuarta, utilizados para la captura de Lobina *Micropterus salmoides* durante el período de muestreo.

### 6.9. Elaboración de un plan de explotación pesquera.

Para elaborar el plan de explotación se requiere conocer cual es el estado de los recursos pesqueros a regular, para lo cual se generaron los parámetros biométricos, de crecimiento y de estado de explotación de la especie con mayor presión de pesca en la laguna, la cual es la lobina.

Se realizaron colectas de datos de longitud total, longitud estándar y peso entero durante ocho meses para realizar la parametrización de los aspectos biológicos y pesqueros de la lobina. En la Figura 16 se observan las estructuras de tallas de las muestras mensuales colectadas.



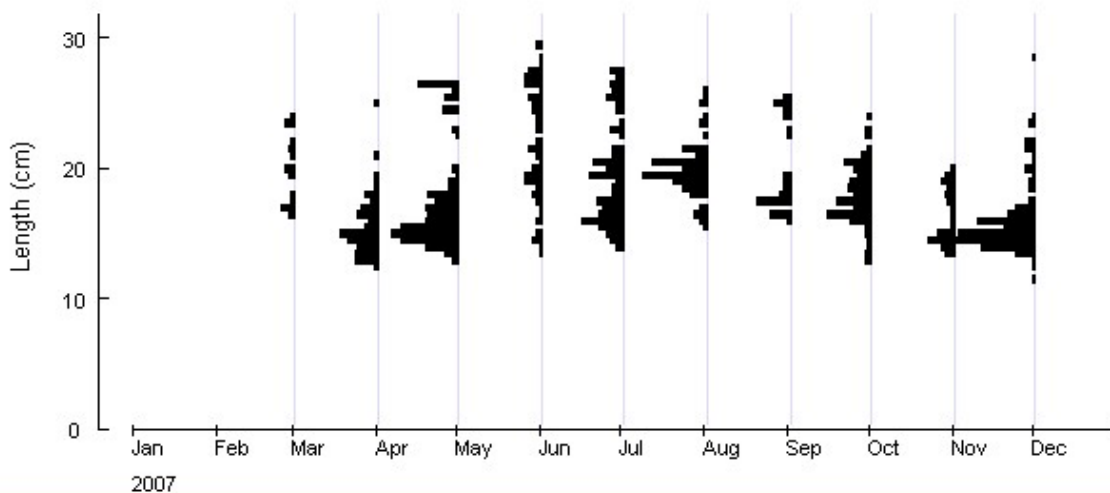


Figura 16. Estructura de tallas mensuales colectadas durante el año 2007 para lobina en la Laguna de Calderas.

Se realizó una evaluación del estado de explotación del recurso pesquero empleando formulas prácticas, aplicables y ampliamente conocidas para la evaluación de este recurso, por lo cual se da un primer paso sobre esta área en los recursos pesqueros del lago de Calderas.

Para generar los valores del estado de explotación se siguieron las metodologías establecidas en Sparre y Veneman (1995), las cuales se basan en la "curva de captura linealizada" esta es una representación gráfica del logaritmo del número de peces capturados respecto a las correspondientes edades o tallas. Se realizaron estimaciones de mortalidad total ( $Z$ ), a partir de curva de captura acumulativa del Método de Jones y Van Zalinge, captura linealizada y método de Powel-Wetherall. Mortalidad Natural ( $M$ ) a partir de la ecuación empírica de Pauly y mortalidad por pesca ( $F$ ) a partir de la diferencia de las anteriores.

Para la población de lobina se estimaron los parámetros de crecimiento siguiendo la rutina de FISAT II: Longitud asintótica  $L_{\infty} = 48.1$  cm. Tasa de crecimiento  $K = 0.237$  ( $\phi$  prima  $\hat{O} = 2.74$ ). La mortalidad natural ( $M = 0.549$ ) se obtuvo por el método de Pauly utilizando la temperatura media de la laguna ( $20.9^{\circ}\text{C}$ ) y los parámetros de crecimiento de la especie. La mortalidad por pesca ( $F = 1.094$ ) se obtuvo de la diferencia entre la mortalidad total ( $Z$ ) y la mortalidad natural ( $M$ ). La mortalidad total ( $Z = 1.644$ ) se obtuvo de los Métodos de Jones y Van Zalinge, Captura Linealizada y Método de Powel-Wetherall.

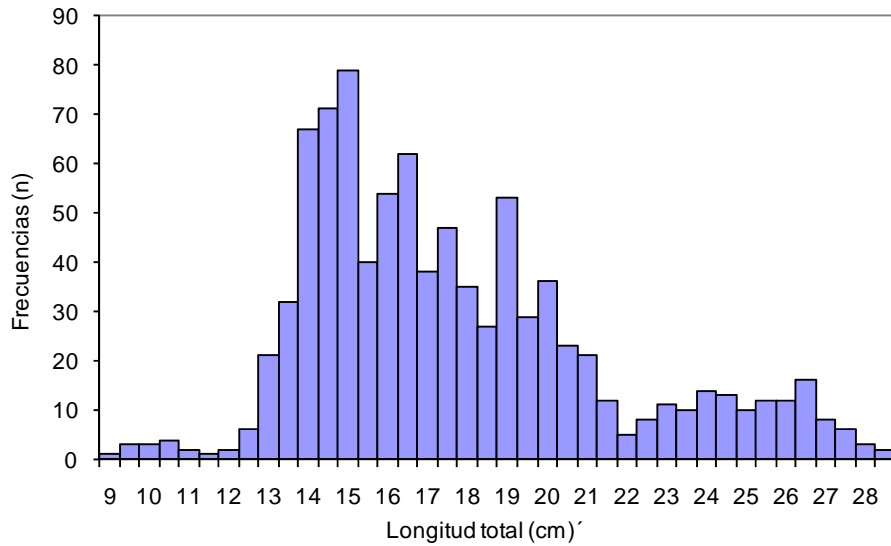


Figura 17. Estructura de tallas (Longitud total) de la población de Lobina colectadas durante el período de marzo 2007 a enero 2008.

Estos parámetros nos proporcionan el estado de explotación ( $E=0.66$ ) el cual indica que esta especie está ligeramente sobreexplotada, por lo cual se deben adoptar medidas para su ordenación pesqueras, principalmente sobre la talla mínima de captura.

Método	Z/K	Z	Límite Inf.	Límite Sup.	M	F	Límite Inf.	Límite Sup.	E	Límite Inf.	Límite Sup.
Jones y van Zalinge	6.798	1.614	1.505	1.722							
Curva de captura linealizada		1.630	1.333	1.926							
Powel-Wetherall	7.107	1.687	1.252	2.480							
PROMEDIO		1.644	1.364	2.043							
Formula de Pauly					0.549303						
$F = Z - E$						1.094	0.814	1.493			
$E = F/Z$									0.665775	0.597	0.731

Z = Mortalidad Total; M = Mortalidad natural y F = Mortalidad por pesca.

Cuadro 7. Parámetros del estado de explotación de la Lobina en la Laguna de Calderas, Amatlán.

Como resultado de las evaluaciones realizadas y trabajo conjunto con el comité de pescadores de la laguna, se han iniciado las acciones para generar un reglamento interno para el uso de los recursos pesqueros en la Laguna de Calderas. Producto de la concientización de los pescadores el comité ha implementado una veda de seis meses para recuperar el recurso pesquero en la laguna (Anexo 1).

## 7. Conclusiones

Según García, (2007) la Laguna de Calderas bajo los Criterios de Calidad para Fuentes de Agua Natural de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos -USEPA- y el de las Zonas Tropicales de Toledo establece que es un cuerpo de agua mesotrófico por sus parámetros de calidad fisicoquímicos como la clorofila, profundidad, oxígeno disuelto, fosfatos y conteo de microorganismos, entre otros. La tendencia de este sistema lacustre va hacia la eutrofia ya que los resultados de los fosfatos establecen que el cuerpo de agua periódicamente se está contaminando. Estos aspectos son compartidos con el presente proyecto al observar en muestreos fisicoquímicos realizados durante los meses de mayo y noviembre del 2007, así como inmersiones realizadas con equipo de buceo.

Se realizó una revisión del área de la laguna estimado un área de espejo de agua de 567,035 m<sup>2</sup> el cual es muy superior a los descritos en la bibliografía consultada. La termoclina y oxiclina se ubicaron a una profundidad de 10 m.

La biomasa promedio del lago estaría comprendida en el orden de 1,519 Kg (Límites de confianza 95%, 876 y 2,162 Kg). La productividad del lago se estimó en el orden de 2.68 TM/Km<sup>2</sup> (Límites de confianza 95%, 1.5 y 3.8 TM/Km<sup>2</sup>).

La capacidad de carga ecológica para la Laguna de Calderas es de 12.8 TM las cuales se alcanzarían con altos niveles de productividad primaria. Debido a que la concentración máxima permisible de fosfatos en el modelo es relativamente alta en comparación a los niveles de concentración actual.

El repoblamiento en la laguna se realizó en cuatro etapas con un total de 120,000 organismos durante el año.

Los contenidos estomacales de las lobinas indican consumos de 50 a 150 organismos, por lo general el 91% de los contenidos estomacales están conformados por *Gammarus sp.* Otras especies encontradas en el contenido estomacal son: abejas, larvas de grillo, mosquitos y de libélula. Se evaluó el consumo de *Gammarus sp.* por talla para lobina, observándose una correlación positiva (Test Spearman, 0.974) el consumo del número de *Gammarus* presentes para cada estructura de talla de lobina presenta una regresión exponencial  $y = 0.391x^{2.007}$  donde  $y$  es el número de *Gammarus sp.* y  $x$  la longitud total en cm.

En cuanto a la selectividad de las artes de pesca empleadas en la laguna de Calderas se observó una marcada diferencia entre las curvas de selección de según la luz de malla. La selectividad de los trasmallos de luz de malla No. 6 poseen un amplio rango de tallas de captura ubicándose el L25 y L75 entre 15.7 y 20.8 cm. de longitud total. Mientras que los trasmallos de luz de malla 8 y 9 los rangos de captura son entre 14.9 a 17.0 cm. y 13.9 a 15.9 cm. respectivamente. La comparación entre la selectividad de las artes de pesca evaluada indican que existe diferencia significativa entre las estructuras de muestras colectadas entre los trasmallos de luz de malla 6, 8 y 9. ( $P > 0.05$ , Prueba No paramétrica de Kolmogorof Smirnof).

Los parámetros poblacionales para lobina se estimaron por medio de la rutina de FISAT II. Siendo estos Longitud asintótica  $L_{\infty}=48.1$  cm. Tasa de crecimiento  $K = 0.237$  (*phi prima*  $\hat{O} = 2.74$ ). La mortalidad natural ( $M= 0.549$ ), mortalidad por pesca ( $F= 1.094$ ), mortalidad total ( $Z= 1.644$ ). A partir de esto se calculo el estado de explotación ( $E=0.66$ ) el cual indica que esta especie esta ligeramente sobreexplotada, por lo cual se deben adoptar medidas para su ordenación pesquera, principalmente sobre la talla mínima de captura.

Las acciones emprendidas entre el Comité de Pescadores de la Laguna de Calderas, la Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura y el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, para el manejo y recuperación del potencial pesquero en la laguna ha generado las primeras acciones para implementar un reglamento específico y la implementación unilateral de una veda de seis meses por parte del Comité de Pescadores para resguardar las repoblaciones realizadas por el proyecto (Anexo 2).

## **8. Recomendaciones**

Llevar a cabo la elaboración del reglamento específico de pesca para la laguna de Calderas y continuar con el monitoreo biológico y pesquero para dar seguimiento a las medidas de ordenación.

Realizar monitoreos periodicos de calidad de agua en la columna de agua, así como evaluar el efecto de las aguas termales en las paredes y fondo de la laguna.

Implementar programas de educación ambiental con participación municipal para mejorar las condiciones paisajísticas de la laguna y promover los servicios ambientales y turísticos que la laguna posee.

Se recomienda hacer un manejo de la flora acuática, para que estas no aceleren el proceso de azolvamiento que se observa en las zonas de poca profundidad de la laguna.

Replicar este tipo de trabajo en cuerpos de agua similares, dando prioridad en los cuerpos de agua con fauna nativa para recuperar sus poblaciones.

## 9. Bibliografía

1. Bertolotti, María, Calvo, Elisa y Mizrahi, Enrique, 2004. Políticas Pesqueras. Manual para el Curso Políticas Pesqueras. Proyecto Regional de Cooperación Técnica para la Formación en Economía y Políticas Agrarias y de Desarrollo Rural en América Latina (FODEPAL), GCP/RLA/138 (SPA) FODEPAL FAO – RLC.
2. Castañeda, C. 1995. Sistemas lacustres de Guatemala. Guatemala. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. 196 p.
3. Chonay Simón, C, G. 2005. Determinación del Estado de Explotación y parámetros de crecimiento de las especies ícticas de la Laguna de Calderas, municipio de Amatitlán. Guatemala –USAC- . 39p.
4. Coloma. S. 1998. Identificación del Nivel trófico de la Laguna de Calderas y Biodiversidad Biológica de la misma, estudio 1997-1998. Problema especial I. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. USAC. 37 p.
5. Coloma. S. 2000. Caracterización de la diversidad acuática de la Laguna de Calderas. Tesis de grado. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. USAC. 45 p.
6. Dix, Margareth & Fernández Juan F. 2001. Inventario Nacional de los Humedales de Guatemala. San José, CR.: UICN-Mesoamérica: CONAP: USAC. 176 p.
7. FAO. 1995. Enfoque precautorio para la pesca. Parte 1: Directrices relativas al enfoque precautorio para la pesca y las introducciones de especies. Documento técnico de pesca 350/1. Rome, Italy.
8. FAO. 2000. Resumen informativo sobre la pesca por países. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FID/CP/GUA
9. García, H. 2007. Componente biológico del área de Laguna Calderas. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán. 54 p.
10. Ixquiac, M; Salaverria, A. 2002. Estado de Explotación de los recursos pesqueros y estimación de la biomasa de las especies ícticas de importancia comercial en el lago de Amatitlán. Guatemala, UNIPESCA –MAGA p. 3 – 5.
11. Medina, M. y Arancibia, H. 1994. Interacciones tróficas entre jurel *Trachurus murphyi* y la caballa *Scomber japonicus* en el ecosistema pelágico del norte de Chile. Invest. Cient. Y Tec. Serie. 2:67-78.

12. PREPAC (Proyecto “Plan Regional de Pesca y Acuicultura Continental” GT). 2005. Caracterización del Lago de Atitlán con énfasis en la pesca y la acuicultura. Guatemala, OSPESCA; TAIWAN; OIRSA. 144 p.
13. Sockal, R. Y Rholf, F. 1995. Biometry. Tercera edición. W. H. Freeman and company. San Francisco. CA. 859 pp.
14. Sparre, P. y Venema, S. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Part-1 Manual. FAO. Documento técnico de pesca. 306/1. 420 pp.
15. Steel, R. & Torrie J. 1993. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw-Hill. México. 422. p.
16. Vila, I. y E. Fagetti (eds), 1986 Trabajos presentados al Taller Internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses. Santiago, Chile, 5–10 de noviembre de 1984. COPESCAL Doc.Téc., (4):237 p.
17. Wetzlar, H.J. 1979. Beiträge zur Biologie und Bewirtschaftung von forellen (Salmon gairdnerii und S. Trutta) in Chile. Freiburg, Br; Albert-Ludwigs – Universität. 264 p.

## **Anexo**

Anexo 1



Preparación de los alevines de tilapia para se transportados a la Laguna de Calderas.



Replamamiento de la Laguna de Calderas, con 25,000 alevines de tilapia. (Junio 2007).





Reconocimiento de la Laguna de Calderas por medio de transeptos con buceo.



Conteo de peces con el ecosonda durante un crucero de "arrastre virtual".



Gammarus sp. visto al estereoscopio con un aumento de 10X en el laboratorio.



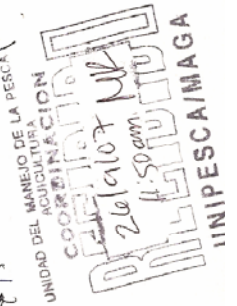
Colecta de información biológica y ambiental en la laguna de Calderas.

Aldea San José Caldera septiembre 13/2007  
Señores) representante (es) Unip



Atenta y muy respetuosamente.

Reciban un afectuoso saludo, de parte de esta comuna, al mismo tiempo compareceremos ante ustedes a solicitar licencia para prohibir la pesca en la laguna de nuestra aldea. Lo que necesitamos se prohíba es toda clase de pesca por empezando con toda clase de trasmallo, atarralla, anzuelo, arpon, y corona. Nuestro propósito es cuidar el alevín que esa institución quiere cultivar en nuestra laguna el tiempo de la licencia la necesitamos por seis meses a partir del quince (15) de septiembre 2007. al quince (15) de marzo 2008



Adherido a esta solicitud que la institución que representa disponga el monto de la o las multas que se autorice para quienes quieran hacer caso omiso a lo solicitado, Excluyendo de estas multas o prohibiciones a personas de esa misma institución y que tienen a su cargo el monitoreo de estas especies, ya que no es con el propósito de lucro el que cada cierto tiempo la institución observa peso tamaño y en fin necesitamos que mi pesca realice su trabajo sin ningún tropiezo o contratiempo

Atentamente: y agradeciendo su atención nos suscribimos de uds.

Lauro Antonio Morales Zepeda

