

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“LÍNEA BASE DE LA DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES  
DE PECES PARA LA ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO  
POBLACIONAL Y BIOMASA DE LAS PIRAÑAS  
*Pygocentrus nattereri* Y *Serrasalmus rhombeus* EN LA  
LAGUNA DE LIMONCOCHA”**

Realizado por:

**CAROLINA MICHELLE CARRILLO MORENO**

Director del proyecto:

**BLGO. MARCO ALBARRACÍN**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Quito, septiembre de 2013



## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, CAROLINA MICHELLE CARRILLO MORENO, con cédula de identidad # 171659921-0, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

*Carolina Carrillo M.*

Carolina Michelle Carrillo Moreno

C.C.: 171659921-0

# **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“LÍNEA BASE DE LA DIVERSIDAD DE LAS ESPECIES DE PECES PARA LA ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL Y BIOMASA DE LAS PIRAÑAS *Pygocentrus nattereri* Y *Serrasalmus rhombeus* EN LA LAGUNA DE LIMONCOCHA”**

Realizado por:

**CAROLINA MICHELLE CARRILLO MORENO**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

ha Sido dirigido por el profesor

**MARCO ALBARRACÍN**

quien considera que constituye un trabajo original de su autora

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Marco Albarracín', written over a horizontal line.

Marco Albarracín

**DIRECTOR**

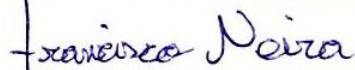
## LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

FRANCISCO NEIRA

PABLO JARRÍN

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador



Blgo. Francisco Neira



Dr. Pablo Jarrín

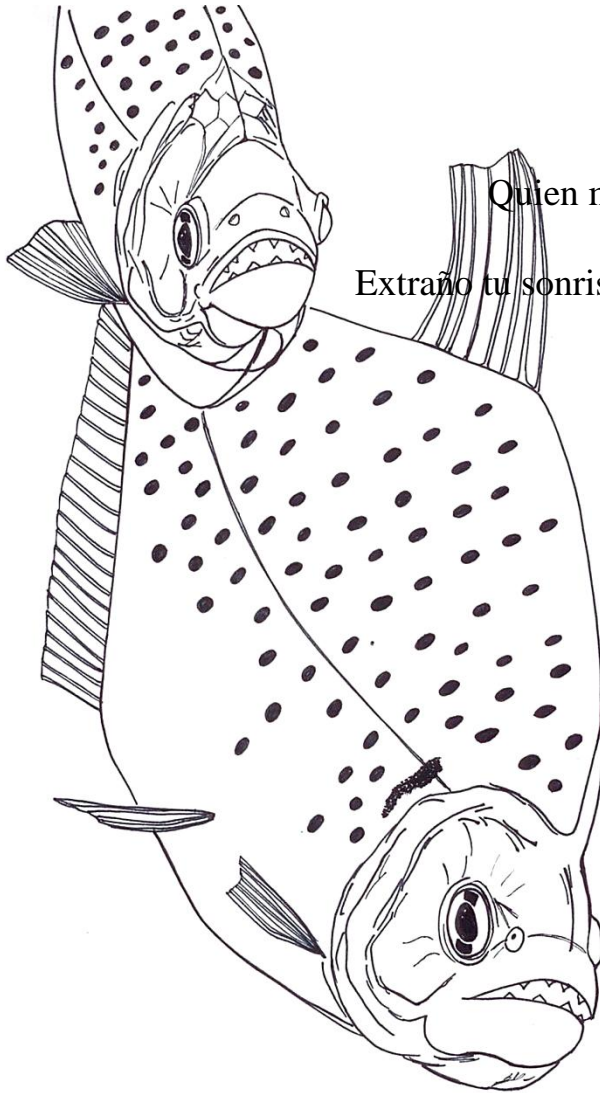
Quito, septiembre de 2013

## DEDICATORIA

A Willy,

Quien me apoyo y motivo siempre

Extraño tu sonrisa sincera y alegría de vivir



*Ilustración de:*  
Carolina Carrillo-Moreno.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a la vida por mi familia, quienes siempre han estado junto a mí, especialmente a mi madre y a mi hermana por su amor y fortaleza. A mi padre por enseñarme a defender ideas con argumentos.

Al concluir mis estudios, presento este trabajo con el cual extiendo mis agradecimientos a la Universidad Internacional SEK, en especial al cuerpo de docentes de la Facultad de Ciencias Ambientales, por su compromiso en la formación de profesionales capaces y responsables.

A Marco Albarracín, director de esta tesis, a Katty Coral, Francisco Neira, Pablo Jarrín y Maggy Díaz, miembros del tribunal, quienes además de ser grandes personas y profesionales, brindaron sus conocimientos y amistad durante estos años.

Un reconocimiento especial al Lic. Jonathan Valdiviezo Rivera por sus constantes aportes, que fueron definitivos para la finalización del presente trabajo.

A María Fernanda Armas, Jefe de Área de la Reserva Biológica de Limoncocha, por la apertura y por facilitarnos información vital para realizar este estudio. A los

guardaparques Francisco Grefa y Moisés Chango por compartir sus conocimientos sobre la Reserva y la fabricación de redes de pesca.

Jendry Moya, Jacqueline Cabezas y familia, por su gran manejo administrativo y logístico de la Estación Científica Amazónica “Limoncocha” de la UISEK.

A la comunidad de Limoncocha por su hospitalidad y colaboración. En especial, a José “Chavo” Andy, John Andy, Israel Grefa, Wilmer Tanguila y Santiago Lanza quienes compartieron sus conocimientos ancestrales y empíricos de pesca y de la distribución específica de los peces de la localidad, además de hacer las veces de motoristas. A Sucre Cerda y Freddy Grefa por facilitarnos sus canoas.

A Roberto Madera por el apoyo e interés que demostró durante todo este tiempo.

A Roberto Arends, Martín Hernández y Tania Moromenacho, estudiantes de la Universidad Internacional SEK; asistentes de campo quienes brindaron su gran apoyo durante las jornadas de colección.

A mis amigos Marcia Espinel y Sebastián Valverde, quienes dedicaron parte de su tiempo a brindarme su apoyo y comentarios, con los cuales pude culminar con éxito esta tesis.



## Índice general

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO I - Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. Problema de Investigación</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1.1. Planteamiento del Problema</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1.1.1. Diagnóstico</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1.1.2. Pronóstico</b> .....	<b>6</b>
<b>1.1.1.3. Control Pronóstico</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1.2. Formulación del Problema</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.3. Sistematización del Problema</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.4. Objetivo General</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1.5. Objetivos Específicos</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1.6. Justificaciones</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2. Marco Teórico</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica</b> .....	<b>21</b>
<b>1.2.3. Marco conceptual</b> .....	<b>22</b>
<b>1.2.4. Hipótesis</b> .....	<b>38</b>
<b>1.2.5. Identificación y caracterización de variables</b> .....	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO II - Método</b> .....	<b>40</b>
<b>2.1. Nivel de estudio</b> .....	<b>40</b>
<b>2.2. Modalidad de investigación</b> .....	<b>40</b>
<b>2.3. Método</b> .....	<b>41</b>
<b>2.4. Población y muestra</b> .....	<b>41</b>
<b>2.5. Procesamiento de datos</b> .....	<b>42</b>
<b>2.6. Desarrollo del Método</b> .....	<b>42</b>
<b>2.6.1. Descripción y Características Generales del Área de Estudio</b> .....	<b>42</b>

2.6.2. Definición de los Puntos de Muestreo en el Área de Estudio.....	47
2.6.3. Diseño Experimental .....	53
2.6.3.1. Trabajo de Campo.....	55
2.6.3.1.1. Observación Directa. ....	55
2.6.3.1.2. Recolección de Datos .....	57
2.6.3.1.3. Recolección de fauna íctica. ....	57
2.6.3.2. Trabajo de Laboratorio .....	61
2.6.3.3. Análisis de datos.....	62
2.6.3.3.1. Elaboración y Comparación del Listado de especies de peces de la Reserva Biológica Limoncocha .....	62
2.6.3.3.2. Cálculo de la Estimación del tamaño poblacional de las especies de piraña <i>Pygocentrus nattereri</i> y <i>Serrasalmus rhombeus</i> mediante el método de captura por unidad de esfuerzo de Leslie-Davis en la Laguna de Limoncocha.....	63
2.6.3.3.3. Cálculo de la Biomasa de las pirañas <i>Pygocentrus nattereri</i> y <i>Serrasalmus rhombeus</i> en la Laguna de Limoncocha. ....	67
<b>CAPÍTULO III – Resultados.....</b>	<b>72</b>
3.1. Presentación de resultados.....	72
3.1.1. Lista de especies de peces en la Laguna de Limoncocha.....	72
3.1.2. Resultados del cálculo de la estimación del tamaño poblacional de las especies de piraña <i>Pygocentrus nattereri</i> y <i>Serrasalmus rhombeus</i> mediante el método de Leslie-Davis (método de captura por unidad de esfuerzo) en la Laguna de Limoncocha. ....	79
3.1.3. Resultados del cálculo de Biomasa de las pirañas <i>Pygocentrus nattereri</i> y <i>Serrasalmus rhombeus</i> en la Laguna de Limoncocha.....	86
3.1.3.1. Captura con redes agalleras. ....	86
3.1.3.2. Cálculo de Biomasa total y Biomasa de pirañas. ....	88
3.2. Análisis de Resultados .....	93
<b>CAPITULO IV – Discusión .....</b>	<b>102</b>
4.1. Conclusiones.....	102
4.2. Recomendaciones.....	105
Glosario.....	107
Referencias Bibliográficas .....	109
Referencias Bibliográficas usadas en la Identificación de Especies.....	118

<b>Referencias Bibliográficas de Figuras .....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>120</b>
<b>Anexo A. Modelo de Fichas de Campo .....</b>	<b>121</b>
<b>Anexo B. Lista de especies de peces de la Laguna de Limoncocha .....</b>	<b>123</b>

## **Índice de tablas**

<b>Tabla 1. Papel de los peces en los ecosistemas acuáticos.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 2. Puntos de muestreo de ictiofauna en la Reserva Biológica de Limoncocha.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 3. Parámetros físico-químicos del agua de los puntos de muestreo .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 4. Profundidad máxima en los sitios de muestreo.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 5. Lista de especies de peces inventariadas durante los meses de marzo a julio de 2012 en la Laguna de Limoncocha. ....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 6. Tabla comparativa de las especies de peces identificadas en la Reserva Biológica de Limoncocha. ....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 7. Datos obtenidos a partir de la captura de pirañas con redes agalleras en la Laguna de Limoncocha. ....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 8. Tabla elaborada a partir de los datos de la captura de pirañas con redes agalleras en la Laguna de Limoncocha.....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 9. Especies capturadas con redes agalleras en la Laguna de Limoncocha.....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 10. Resultados de la pesca con redes agalleras por especies en la Laguna de Limoncocha .....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 11. Biomasa total y biomasa de pirañas en la Laguna de Limoncocha. ....</b>	<b>90</b>

## Indice de figuras

Figura 1. <i>Serrasalmus rhombeus</i> : adulto (arriba) y juvenil (abajo).....	23
Figura 2. <i>Pygocentrus nattereri</i> : adulto (arriba) y juvenil (abajo). .....	27
Figura 3. Mapa de los puntos de muestreo en la Reserva Biológica de Limoncocha .....	48
Figura 4. Laguna de Limoncocha. ....	50
Figura 5. Río Pishira .....	51
Figura 6. Río Playayacu .....	51
Figura 7. Diseño Experimental.....	54
Figura 8. Análisis del coeficiente de correlación (R) entre dos variables.....	66
Figura 9. Diagrama de dispersión y línea de tendencia obtenida por regresión de mínimos cuadrados .....	81
Figura 10. % Captura por unidad de esfuerzo (%CPUE) por grupos de peces capturados en la Laguna de Limoncocha.....	91
Figura 11. % Biomasa por unidad de esfuerzo (%BPUE) por grupos de peces capturados en la Laguna de Limoncocha.....	92

## **Línea base de la diversidad de las especies de peces para la estimación del tamaño poblacional y biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha**

Carolina Michelle Carrillo Moreno  
Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.

### **Resumen**

Durante 11 días entre los meses de marzo a julio de 2012, se elaboró un listado de especies de peces, se estimó el tamaño poblacional y se calculó la biomasa de pirañas de las especies *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha, Reserva Biológica de Limoncocha, provincia Sucumbíos. Los peces fueron colectados con redes agalleras, anzuelos y una red de arrastre en 12 puntos de muestreo en la Laguna de Limoncocha, uno en el Río Pishira y uno en el Río Playayacu. Para la estimación del tamaño poblacional se utilizó el método de captura por unidad de esfuerzo propuesto por Leslie-Davis. La biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* se calculó determinando la biomasa por unidad de esfuerzo para el área de muestreo por la eficiencia del arte de pesca. El esfuerzo de pesca estandarizado correspondió a una red agallera de 450 m<sup>2</sup> (300 m x 1,5 m), calada por 24 horas. Se registró un total de 266 individuos pertenecientes a ocho órdenes, 19 familias y 43 especies de peces. Se comparó la presencia-ausencia de la ictiofauna con el listado obtenido por Walsh (2003). Se encontró que había 22 especies en común. Se calculó que el tamaño poblacional de las especies de pirañas, que habitan durante la época de aguas altas en la Laguna de Limoncocha, es de 172.040 individuos. Los límites de confianza del 95% establecidos están entre 1 a 55 individuos para el área muestral de 450 m<sup>2</sup>. Del total de la ictiofauna recolectada, el 17% de la biomasa correspondió a las pirañas, siendo su biomasa de 0,68 g de peso húmedo/m<sup>2</sup>, o 6,8 kg de peso húmedo/ha. Por lo que se calculó que las pirañas representan 1564 kg (1,56 t) de peso húmedo en el área de la Laguna de Limoncocha. Con estas primeras estimaciones se marca un precedente para la realización de estudios de este tipo a largo plazo en la Laguna de Limoncocha, con lo cual se permitiría establecer las tendencias de las poblaciones ícticas.

**Palabras clave:** *Pygocentrus nattereri*; *Serrasalmus rhombeus*; peces; biomasa; inventario: Limoncocha.

**Baseline of ichthyofaunal diversity for estimating population size and biomass of piranhas  
*Pygocentrus nattereri* and *Serrasalmus rhombeus* in Limoncocha Lagoon**

**Abstract**

During 11 days from March to July 2012, this study was conducted in order to do a list of fish species, estimate the population size and calculate the piranhas' biomass of *Pygocentrus nattereri* and *Serrasalmus rhombeus* in Limoncocha Lagoon, located in Limoncocha Biological Reserve, Sucumbíos province. Fish were collected with gill nets, hooks and a trawl in 12 sampling points located in Limoncocha Lagoon, one point located in Pishira River and the last one in Playayacu River. The method of catch per unit effort, proposed by Leslie-Davis, was used to estimate the population size. The piranhas' biomass of *Pygocentrus nattereri* and *Serrasalmus rhombeus* was calculated considering the biomass per unit effort divided for the sampling area multiplied by the efficiency of the fishing gear. The standardized fishing effort corresponded to a gill net with 450 m<sup>2</sup> (300 m x 1,5 m), submerged for 24 hours. There were registered a number of 266 individuals belonging to eight orders, 19 families and 43 fish species. Finally, the list of fish species was compared with data from Walsh Report (2003) through the presence-absence comparison of ichthyofauna, the results showed 22 species in common. During the rainy season, the estimation of the number of piranhas in Limoncocha Lagoon was calculated in 172.040 individuals. 95% confidence limits ranged from 1 to 55 individuals for a sample area of 450 m<sup>2</sup>. Piranhas' biomass correspond to 0,68 wet weight g /m<sup>2</sup> or 6,8 wet weight kg / ha, which represents 17% of the total number of fish collected. Therefore, piranhas represent 1564 kg (1,56 t) of wet weight in the water surface area of Limoncocha Lagoon. These first estimates set a precedent for conducting such long-term studies, which could determine trends of fish stocks in Limoncocha Lagoon in the future.

**Key words:** *Pygocentrus nattereri*; *Serrasalmus rhombeus*; fish; biomass; inventory; Limoncocha.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **1.1. Problema de Investigación**

#### **1.1.1. Planteamiento del Problema**

##### **1.1.1.1. Diagnóstico**

La Reserva Biológica Limoncocha (RBL) se encuentra en la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi, parroquia Limoncocha (Lasso & Bastidas, 2009). La RBL y su zona de amortiguamiento presentan características ecológicas de várzea (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003). Las aguas de várzea poseen una gran disponibilidad de peces y otras especies de presas acuáticas; además, que gracias a su ciclo anual de inundaciones permiten la renovación de la fertilidad del suelo. Estos ambientes constituyen un recurso esencial para diversas especies de peces durante el estado juvenil de su ciclo de vida, debido a la abundancia de zooplancton que existe. En consecuencia, los pobladores de las várzeas disfrutan de una pródiga y continua fuente de proteínas provenientes especialmente de peces y de otros animales de fauna mayor. Las presiones antropogénicas ejercidas sobre este tipo de fauna podrían provocar reducciones dramáticas en sus poblaciones (Kricher, 2010).

Actualmente en la zona de amortiguamiento de la RBL viven la población Kichwa de las comunidades nativas de Santa Elena, Río Jivino y el centro poblado de Limoncocha,



pertenecientes a la Asociación Kichwa de Indígenas de Limoncocha (ASOKAIL), las cuales se establecieron en esas tierras mucho antes de la delimitación y creación de esta área protegida. Por tanto, estos territorios son legalmente reconocidos como tierras comunitarias de posesión ancestral, en donde los pobladores indígenas conservan sus derechos de desarrollar sus propias formas de convivencia, organización social y uso de recursos, entre las cuales se incluyen las prácticas de caza y pesca de subsistencia.

La pesca de subsistencia es la actividad consistente en la extracción de peces, invertebrados y otros animales acuáticos y las acciones relacionadas con esta extracción, que tiene como objetivo principal satisfacer la necesidad de alimentación de los pescadores, sus familias y de sus comunidades, es decir, únicamente para autoconsumo. Generalmente, en las poblaciones rurales la fuente principal de proteínas proviene del pescado (Valbo-Jørgensen, Soto, & Gumy, 2008).

Las investigaciones que tratan ciertos enfoques de la pesca de subsistencia en la RBL, con énfasis en las actividades efectuadas en la Laguna de Limoncocha, han sido pocas. Sin embargo, cabe destacar trabajos de fin carrera elaborados por estudiantes de la Universidad Internacional SEK que incluyen esta perspectiva, cuyos autores son: Santiago Gómez (2005), Nicolás Younes (2006), Jessica López (2010).

Se han realizado Planes de Manejo Ambiental para la RBL, donde se incluye el levantamiento de información acerca de la ictiofauna y temas asociados, trabajos ejecutados por Ulloa (1988), las consultoras Walsh (2003) y Ecuambiente (1991) con el estudio titulado “Caracterización biótica de la Reserva Biológica y la Laguna de Limoncocha. Región Amazónica Ecuatoriana” elaborado para Occidental Exploration and Production Company – OEPC, además de algunos Estudios de Impacto Ambientales de Pozos del Bloque 15, que se encuentran en esta área (Walsh

Environmental Scientists and Engineers, 2003). En la actualidad no se cuenta con un Plan de Manejo Ambiental vigente para esta área protegida.

Por otra parte, existen un sinnúmero de vacíos en el conocimiento sobre diversidad, distribución, ecología de la fauna íctica que conlleva el desconocimiento integral de los ecosistemas dulceacuícolas, lo cual dificulta conocer los niveles de sustentabilidad con respecto a la pesca, en especial de la Laguna de Limoncocha.

Este problema no es exclusivo del sistema hídrico de la RBL, lo cual es evidente al constatar que los estudios e investigaciones sobre peces de agua dulce realizados en el país son muy escasos. Además, estos trabajos han sido muy puntuales y enfocados a pocos sistemas fluviales (MAE *et al.*, 2001). Estos antecedentes se manifiestan como un impedimento para la efectiva gestión de este recurso, para el monitoreo ambiental y la predicción de posibles cambios en el ecosistema. Por lo cual, se debería ampliar y actualizar la información técnico científica de este componente biótico.

Como contraparte, se conoce que la pesca es una actividad rentable para los pobladores de Limoncocha desde el punto de vista energético y económico (Gómez, 2005). A pesar de la poca información acerca de la ictiofauna local, se advirtió que existe un leve impacto en la composición de la comunidad de peces, suscitada por la sobrepesca practicada fundamentalmente en la laguna. Se debe tomar en cuenta que si esta actividad es ejercida de forma intensiva podría definir cambios importantes en la composición de la ictiofauna, la dinámica poblacional, entre otros aspectos relevantes (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

Una vez más, se pone énfasis en señalar que sin el conocimiento técnico científico previo de la ictiofauna no se puede efectuar una gestión adecuada del recurso, ni tener una apreciación

objetiva del estado real de este ecosistema en particular y de las poblaciones que lo conforman (Gómez, 2005). Se destaca que los peces pueden ser poderosas herramientas de gestión de los recursos, a través de su empleo como bioindicadores biológicos de la calidad ecológica del agua (Soto-Galera, Díaz-Prado, López-López, & Lyons, 1998 citado en Aguilar-Ibarra, 2005), siempre y cuando se consolide suficiente información de ecología y biología de las especies ícticas para ponerlo en práctica.

La deficiente gestión de diferentes recursos en la RBL, no se ha provocado por falta de esfuerzos, sino que se genera principalmente por la falta de estudios, inventarios actualizados, evaluaciones y monitoreos de los múltiples componentes ambientales, en especial de la ictiofauna (Lasso & Bastidas, 2009). Por lo que no se puede decir con certeza, si la explotación actual del recurso íctico se efectúa de una manera moderada.

Para tener un primer acercamiento a la dinámica poblacional de la ictiofauna de la laguna, lo que se propone es la realización de la estimación poblacional a través del método de Leslie-Davis (1939) (Franco-López *et al.*, 1995; Lobón-Cerviá, 1991) y el cálculo de la biomasa por unidad de esfuerzo (Granado-Lorencio, 2002) de las especies de piraña *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*, familia Serrasalmidae, que habitan en la Laguna de Limoncocha; partiendo de la elaboración de un listado de las diferentes especies de peces en esta zona para tener un marco referencial de la riqueza existente.

#### **1.1.1.2. Pronóstico**

En caso de que la ictiofauna de la Laguna de Limoncocha permanezca sin ser estudiada, no se lograría consolidar un conocimiento integral de los ecosistemas asociados a ésta, lo cual se

convertiría en una gran limitación en el momento en el que se intente implementar legislación adecuada que permita regular el manejo y el uso racional de este recurso, en conjunto con los respectivos Planes de Manejo Ambiental y otro tipo de reglamentación.

Esta falta de conocimiento influirá directamente en la aplicación de inadecuadas políticas de gestión (o la falta de ellas), las cuales deberán ser promovidas por las autoridades en esta área protegida.

Actualmente, se ha detectado un leve impacto en la composición de la comunidad de peces originada en la sobrepesca practicada especialmente en la Laguna de Limoncocha (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003). Si la comunidad de Limoncocha promoviera actividades de pesca de forma intensiva permanentemente sobre la ictiofauna, a largo plazo se podría provocar la pérdida de sostenibilidad de esta actividad y un desequilibrio en los ecosistemas de la Reserva Biológica de Limoncocha, que afectaría tanto al medio ambiente como a la calidad de vida de las comunidades locales.

### **1.1.1.3. Control Pronóstico**

Como una primera aproximación al problema se propone la realización de un estudio de la estimación poblacional a través del método de Leslie-Davis y el cálculo de la biomasa por unidad de esfuerzo de las especies de piraña *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*, familia Serrasalminidae, que habitan en la Laguna de Limoncocha; partiendo de la elaboración de un listado de las diferentes especies de peces en esta zona para tener un marco referencial de la riqueza existente.

### **1.1.2. Formulación del Problema**

- No existe una línea base de la diversidad de las especies de peces en base a la cual se pueda estimar el tamaño poblacional a través del método de Leslie-Davis y la biomasa por unidad de esfuerzo de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* (Familia Serrasalminidae) en la Laguna de Limoncocha.

### **1.1.3. Sistematización del Problema**

- ¿Cuál sería la metodología para inventariar la fauna íctica de la Laguna de Limoncocha?
- ¿Cómo se podría determinar una línea base de la diversidad de ictiofauna de la Laguna de Limoncocha?
- ¿Cuál es el tamaño poblacional estimado de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* (Familia Serrasalminidae) en la Laguna de Limoncocha?
- ¿Cuál es la biomasa procedente de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* (Familia Serrasalminidae) en la Laguna de Limoncocha?

### **1.1.4. Objetivo General**

- Elaborar una línea base de la diversidad de las especies de peces para estimar el tamaño poblacional a través del método de Leslie-Davis y la biomasa por unidad de esfuerzo de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* (Familia Serrasalminidae) en la Laguna de Limoncocha.

### 1.1.5. Objetivos Específicos

- Inventariar la fauna íctica de la Laguna de Limonocha a través de muestreos estandarizados por una unidad de esfuerzo de pesca.
- Estimar el tamaño poblacional mediante la evaluación del método de capturas por unidad de esfuerzo de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* (Familia Serrasalmodae) en la Laguna de Limoncocha.
- Cuantificar y determinar la biomasa procedente de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* (Familia Serrasalmodae) en la Laguna de Limoncocha.

### 1.1.6. Justificaciones

La principal fuente de proteína animal en el mundo son los peces, representando entre el 15 al 20% de la proteína animal consumida (Krause, Chávez, Espinoza, & Montreuil, 2000). El promedio mundial anual de consumo de productos acuícolas es de 16,4 kg *per cápita* (Flores-Nava & Brown, 2010). Siendo un grupo de alta importancia para la alimentación humana y para la economía de muchos países del mundo. De ahí que una adecuada reglamentación, manejo y protección de los recursos pesqueros sean indispensables, tanto respecto a las especies marinas, como a las de agua dulce.

Los peces tienen gran importancia biológica-ecológica y no se puede ignorar que para las comunidades que dependen de ellos representan una forma destacada de sustento. Redford y Robinson (1987), citados en Gómez (2005), indican que la presencia de un cuerpo de agua perenne con una fuente permanente de peces está casi siempre asociada con una dieta en la cual

este recurso es la mayor fuente de proteína. Además, este grupo desempeña un papel primordial en la estructura trófica, los flujos de energía, los ciclos de nutrientes y la distribución de semillas.

Sin embargo, los ecosistemas se ven fácilmente amenazados cuando se los confronta con perturbaciones externas, especialmente aquellas causadas por el ser humano y, en el caso de los peces, al ser el agua su medio de vida son susceptibles de lo que en ella ocurra. Por eso la importancia de crear mecanismos aplicables, como planes de manejo adecuados que garanticen la buena gestión y uso de este importante recurso, permitirá garantizar que futuras generaciones disfruten de estos recursos naturales invaluable.

La pesca de subsistencia es una actividad que se lleva a cabo en la Laguna de Limoncocha, se debe tomar en cuenta que si esta actividad es ejercida de forma intensiva podría definir cambios en la composición de la ictiofauna, la dinámica poblacional, entre otros aspectos relevantes (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003). Las investigaciones que tratan ciertos enfoques de la pesca de subsistencia en la RBL como se mencionó con anterioridad no han sido muchas.

Los peces dulceacuícolas son un grupo bastante heterogéneo. Ellos mantienen relaciones complejas con diversas comunidades de organismos acuáticos, a la vez que cumplen varios roles muy importantes dentro de los ecosistemas donde habitan (Granado-Lorencio, 2002); los cuales se detallan a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1. Rol de los peces en los ecosistemas acuáticos (modificado de Northcote, 1988 por Granado-Lorencio, 2002).**

<b>Proceso</b>	<b>Efectos ecosistema</b>	<b>Acción</b>
<b>Alimentación</b>	Transparencia	Búsqueda de alimento
	Ciclo de nutrientes	Alimentación bentónica
		Alimentación macrófita
	Fitoplancton	Aumento de producción
	Perifiton	Biomasa ríos y lagos
	Macrófitos	Biomasa ríos y lagos
Zoobentos	Densidad/estacionalidad	
<b>Depredación selectiva</b>	Fitoplancton	Abundancia/tamaño/diversidad
	Zooplancton	Idem/etología/madurez sexual
	Nutrientes	Liberación rápida
	Zoobentos	Cobertura fondo/reproducción
<b>Excreción</b>	Nutrientes	Liberación (heces)
		Mucus con hierro
<b>Descomposición</b>	Nutrientes	Remineralización/ muerte
<b>Migración</b>	Nutrientes	Transporte

*Fuente: Granado-Lorencio, 2002.*

Los hábitos alimenticios de los peces varían de especie a especie, entre ellos se encuentran los que consumen zooplancton y fitoplancton, plantas acuáticas, zoobentos y fitobentos, detritos animales, otros peces u organismos vivos, entre otros. Sin embargo, a lo largo de su vida, un pez experimenta cambios ontogénicos (es decir, cambios estructurales sin que el organismo pierda su organización, lo cual puede ser debido a interacciones provenientes del medio donde vive o como resultado de la dinámica interna) en los hábitos alimenticios, que los relacionan con diversas



comunidades (Granado-Lorencio, 2002). Por lo cual dentro de la cadena trófica pueden representar varios eslabones.

Según Fry (1971), los peces influyen y se ven determinados por el funcionamiento del ecosistema donde viven. La biología y actividad de los peces, que a su vez depende de la abundancia de las poblaciones y del nivel trófico del sistema que ocupan, modifica los patrones de funcionamiento de las comunidades de organismos acuáticos (Granado-Lorencio, 2002). Los factores abióticos como las condiciones climáticas, procesos geológicos, flujos de materia y energía, propiedades físico-químicas del agua, entre otros; no van únicamente modelando las características particulares del entorno, sino que también las de los organismos que habitan en dicho medio.

Otro de los roles principales de los peces es ser parte de la dieta de mamíferos como la nutria gigante *Pteronura brasiliensis*, aves como el martín pescador *Megaceryle torquata*, reptiles como el caimán negro *Melanosuchus niger* y caimán blanco *Caiman crocodilus*. Estos últimos carnívoros generalistas y top predadores.

Para que los ecosistemas acuáticos permanezcan saludables y sean sostenibles, el flujo de materia y energía de la cadena trófica debe mantenerse ininterrumpidamente. De este modo, actividades como la sobrepesca de todas o de algunas especies de peces, además de afectar directamente a estas especies, se convertirá en un problema crónico que irá mermando la efectividad de estos organismos para cumplir con sus roles; ésto significaría una alteración y constante deterioro de dichos ecosistemas, lo cual es evidente de manera más rápida en los sistemas lénticos.

Existe un sinnúmero de vacíos en el conocimiento sobre diversidad, distribución, ecología de la fauna íctica que conlleva el desconocimiento integral de los ecosistemas, así como presenta un impedimento para la efectiva gestión de recursos, para el monitoreo ambiental y la predicción de

posibles cambios. La información técnico científica para este componente biótico debería ser ampliada y actualizada.

Gracias a los inventarios biológicos se puede documentar la distribución espacial de especies, suministrar una base de información que sustente las acciones de conservación de la biodiversidad y del manejo de áreas protegidas, así como posibilitar la elección de especies indicadoras o bandera para llevar a cabo monitoreos y la evaluación de los recursos para su uso sustentable (Mercado-Cárdenas, 2003), por lo cual se percibe la importancia de este instrumento.

El énfasis en la investigación de la ictiofauna apunta a que los peces pueden ser poderosas herramientas en la gestión de los recursos, a través de su empleo como bioindicadores en monitoreos biológicos de la calidad ecológica del agua. Esto debido a que ellos pueden reflejar los efectos directos e indirectos de problemas ambientales crónicos, así como impactos de perturbaciones episódicas o accidentales (Soto-Galera, Díaz-Prado, López-López, & Lyons, 1998 citado en Aguilar-Ibarra, 2005), debido a que es un grupo sensible a perturbaciones acuáticas, terrestres y atmosféricas (Falconí, 2010). En un futuro se logrará este tipo de manejo, siempre y cuando se consolide suficiente información de ecología y biología de las especies ícticas para ponerlo en práctica. Recalcando así la importancia de iniciar programas de investigación relacionados a la evaluación del recurso íctico dulceacuícola que incluyan estudios acerca de biomasa, estimación del tamaño poblacional o densidad de peces.

Para este estudio en particular se consideraron las especies de pirañas *Serrasalmus rhombeus* y *Pygocentrus nattereri* que se encuentran en la Laguna de Limoncocha, por ser dos de las más representativas que se han registrado en la laguna, constituyendo fuente fundamental de proteínas para los pobladores que viven en la zona de amortiguamiento de la RBL (Zurita, 2010). Cumplen

funciones ecológicas importantes ya que se encargan de eliminar a los animales viejos, débiles y enfermos; reciclando nutrientes y siendo agentes característicos en los circuitos primordiales de las redes de flujo de materia y energía de los ecosistemas acuáticos (Salazar, 1996). Otra función relevante es su rol como carroñeros, encargándose de despejar y limpiar las cálidas aguas de los ecosistemas sudamericanos de cualquier criatura muerta, antes de que éstos tengan la oportunidad de pudrirse en ellas (Schulte, 1988 citado por Pauly, 1994). Se encuentran en el grupo de las especies más explotadas en las actividades de pesca (Bastidas & Lasso, 2009); a pesar de ser consideradas presas de segundo rango, por no encontrarse entre las más apetecidas para la alimentación, son consumidas como recurso alternativo por los pescadores.

## **1.2. Marco Teórico**

### **1.2.1. Estado actual del conocimiento sobre el tema**

El Neotrópico incluye los territorios de América Central, las Antillas, América del Sur y parte de México. En la actualidad, se estima que aproximadamente 24% de la totalidad de los peces del mundo, es decir, alrededor de un octavo de la biodiversidad de los vertebrados del mundo, forman parte de la ictiofauna continental neotropical. Distribuyéndose en los distintos hábitat acuáticos que comprenden diferentes gradientes altitudinales, sin exclusión de los ambientes bajo condiciones climáticas extremas (Malabarba, Reis, Vari, Lucena & Lucena, 1998).

Se estima que existen aproximadamente unas 2.500 – 3.000 especies de peces de agua dulce en toda la cuenca amazónica (Swing, 1985).

En Ecuador, a pesar de que no hay datos actualizados, hasta los inicios de la década de los años 90 se reconocía que en la Región Amazónica, que incluye al Piso Tropical Oriental, se contaba con el mayor número de especies de peces con el 72,1% del total nacional, seguido en importancia por la diversidad íctica presente en el Piso Tropical Noroccidental y Subtropical Occidental, aunque en porcentajes mucho menos significativos (Albuja, Alméndariz, Barriga & Mena, 1993 citado en Ministerio del Ambiente, 2010).

Según MAE, Ecociencia, y UICN (2001), los peces constituyen el segundo grupo más numeroso y menos conocido dentro de los vertebrados ecuatorianos. El Ministerio del Ambiente (2010) expone que en nuestro país se calcula que existen alrededor de 1539 especies de peces, cifras equivalentes al 8,1% de la biodiversidad mundial; datos que fueron tomados de listas y reportes sobre los peces de agua dulce (R. Barriga, comunicación personal, 2009 citado en Ministerio del

Ambiente, 2010) y de aguas marinas (Béarez, 1999), que corresponden a 920 y 619 especies de peces respectivamente.

Puertas (2000) hace una adición de 18 especies a la ictiofauna continental ecuatoriana. Sin contar con que últimamente ha habido aportes que lastimosamente no han sido publicados. En la Reserva Biológica Limoncocha (RBL) se contabilizan 30 familias y 93 especies de peces (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003), cifra que representa el 16,5% de las 562 especies que se contabilizan en la Cuenca del Río Napo (Galacatos, Barriga, & Stewart, 2004).

En 1958, James Böhlke publicó por primera vez un artículo, en el que se reportaban 50 especies de carácidos existentes en las aguas dulces del Ecuador. Géry (1977) reportó 263 especímenes para todo el país, los cuales fueron agrupados en 47 especies de carácidos. En 1967, Ovchynnyk realizó la primera Lista de Peces Fluviales del Ecuador y en años subsiguientes (1968 y 1971) publicó adiciones, que extendieron dicha lista a 306 especies (Barriga, 1991).

En Ecuador, se han realizado algunos estudios taxonómicos e inventarios de peces, elaborados principalmente por Barriga en 1986, 1991, 1993, 1994a y 1994b; incluyendo colaboraciones como en Albuja, Ibarra, Urgilés y Barriga (1980), y Stewart, Barriga e Ibarra (1987). Asimismo, un estudio comparativo de la riqueza íctica de dos lagunas en la Amazonía ecuatoriana (Pilchicocha y Zancudococha) fue realizado por Crawford (1995).

En el trabajo de Barriga (1991) se da a conocer 706 especies pertenecientes a 307 géneros y 61 familias de peces continentales, número que representa la diversidad íctica del Ecuador a la fecha, sobre todo si se toma como referencia los 301 géneros y 736 especies de la lista de peces del Perú (Ortega & Vari, 1986 citado en Barriga, 1991).

Otros trabajos sobre la ictiofauna ecuatoriana incluyen estudios como los de: Galacatos *et al.* (1996) que analizan los patrones de distribución de las comunidades ícticas de 10 lagunas y de 6 de los tributarios asociados a éstas pertenecientes a la cuenca del Río Napo, revelando patrones comunitarios relacionados primariamente con altitud y secundariamente con hábitat; Stewart *et al.* (1987) proponen una lista anotada de especies de la ictiofauna de la Cuenca del Río Napo con una diversidad gamma (riqueza regional de especies) de al menos 473 especies y 225 géneros; y Stewart *et al.* (2002) realizan la comparación de la composición, riqueza de especies y diversidad entre los ensamblajes de peces de las profundidades de río y de los hábitats de playa de dos tributarios paralelos del Alto Amazonas en la cuenca del Río Napo, a través de esta comparación se revela la presencia de un marcado cambio faunístico (cerca de 92% de disimilitud) entre dichos ecosistemas.

Sin embargo, en Ecuador no se ha realizado estudio alguno acerca de biomasa, estimación del tamaño poblacional o densidad de peces. Una vez más, el tema central deriva en que los programas de investigación dirigidos a la evaluación del recurso íctico dulceacuícola han quedado rezagados en comparación a otros países de la región tales como Perú, Colombia, Bolivia, Brasil, Venezuela; en donde ya se están abordando evaluaciones con aspectos aplicados a manera de herramientas de gestión, a la par de legislación adecuada que regula el manejo y el uso racional.

Bodmer *et al.* (2007) realizaron una evaluación de los peces como parte de un programa de monitoreo de especies indicadoras y clave para la conservación de fauna silvestre en la cuenca del Samiria, Reserva Nacional Pacaya-Samiria, Perú. Reportando un total de 1324 individuos colectados, distribuidos en 13 familias y 32 especies, las cuales representaron el 13% del total de especies reportadas para dicha reserva. Entre otros resultados destacó que los mayores

porcentajes de captura por especie correspondieron a *Pygocentrus nattereri* (43%), *Liposarcus pardalis* (25%) y *Serrasalmus rhombeus* (10%), que en conjunto representan el 78% de las capturas. La marcada frecuencia de capturas de *P. nattereri* no fueron de sorprender debido a la amplia distribución natural de esta especie.

Se efectuó una comparación del número de individuos capturados por hábitat, encontrándose que las capturas realizadas en lagos presentan una mayor abundancia de 772 individuos capturados, el cual se fundamenta en el esfuerzo de pesca realizado con 90,46 horas de pesca y la abundancia de individuos capturados que se confirma con una captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de 8,53 ind/hora. Según los muestreos de los años 2006 y 2007, se confirmó el mismo patrón de abundancia por hábitat siendo la categoría de lago la más abundante, seguida de canal y finalmente río. Pero en cuanto a mayor eficacia de pesca por hábitat, nuevamente destacó el lago, en seguida río y canal, mostrando una diferencia con la tendencia anterior (Bodmer *et al.*, 2007).

Acerca del análisis de biomasa por especie se determinó que *Pygocentrus nattereri* fue la especie que aportó mayor biomasa con 119 Kg, seguida de *Liposarcus pardalis* con 114 Kg, aportando el 68% de la biomasa capturada. A continuación, *Colossoma macropomum* y *Serrasalmus rhombeus* aportaron 30 Kg y 20 Kg respectivamente. El hábitat que aportó mayor biomasa (221 Kg) y diversidad de especies (22) fue el lago (Bodmer *et al.*, 2007).

En otro estudio, Lasso (2001) determinó la biomasa absoluta y relativa de la ictiofauna muestreada en siete estaciones a lo largo del cauce principal del Río Negro en la Amazonia boliviana durante el periodo seco, en las dos primeras semanas de junio de 1993. La biomasa absoluta total fue de 23 836 g, la cual se calculó considerando el total de capturas de 47 especies identificadas en el estudio, incluyendo a *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*. La

biomasa absoluta por especie de *P. nattereri* y *S. rhombeus* fue de 82 y 228 g respectivamente. Estas especies de pirañas solamente fueron encontradas en la estación 4, en parte debido a las condiciones de la misma que correspondía a un brazo marginal del Río Negro al este de Puerto Almacén, con velocidad de corriente moderada.

Solamente se pudo determinar el área de muestreo ( $150 \text{ m}^2$ ) de la estación 3, calculando para este punto una biomasa por unidad de área de  $38,3 \text{ g/m}^2$ . Se determinó que las especies más abundantes no coincidieron con las de mayor biomasa. En cuanto a la densidad expresada como peces por unidad de área, se obtuvo un valor de  $3,8 \text{ peces/m}^2$ . Al comparar la biomasa por unidad de área obtenida en esta estación ( $38,3 \text{ g/m}^2$ ) se indicó que “está dentro del intervalo de las reportadas para otro río de las tierras bajas del Escudo Guayanés en Venezuela con características ecológicas muy parecidas a las del Río Negro ( $6,1$  a  $63,4 \text{ g/m}^2$ ; promedio =  $24 \text{ g/m}^2$ ; Taphorn & García, 1991). Por el contrario es mucho mayor que la registrada en ríos de aguas negras y claras, pobres en nutrientes, de la parte alta del Escudo Guayanés ( $0,6$  a  $5,5 \text{ g/m}^2$ ; Lasso, datos no publicados)”. Ahora con respecto a la densidad íctica obtenida en el Río Negro ( $3,8 \text{ peces/m}^2$ ), se estableció que es ligeramente superior en comparación con los ríos de cabecera del Escudo Guayanés citados previamente ( $0,08$  a  $2,7 \text{ peces/m}^2$ , promedio =  $1,1 \text{ peces/m}^2$ ), pero se encuentra muy por debajo de la densidad íctica obtenida en ríos más productivos de las tierras bajas de la Guayana venezolana ( $32$  a  $104 \text{ peces/m}^2$ , promedio =  $63 \text{ peces/m}^2$ ) (Lasso, 2001).

Saint-Paul *et al.* (2000) elaboraron un estudio comparativo acerca de la relevancia de los bosques de inundación para peces de áreas de aguas blancas (Lago do Inácio, Río Manacapurú) y agua negras (Lago do Prato, Arquipelago das Anavilhanas). A lo largo de dos años (1990 - 1991) se colectaron un total de 238 especies; 148 de ellas en aguas blancas, 172 en aguas negras y un total de 88 especies fueron capturadas en ambos tipos de aguas. El número de especies fue más



elevado en el bosque inundado que en aguas abiertas. *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* fueron parte de las capturas de aguas blancas mientras que el segundo se encontró tanto en aguas blancas como negras.

El promedio de la CPUE en aguas blancas y negras fue de 190 y 41 peces  $\text{m}^{-2} \text{día}^{-1}$ , respectivamente con máximos rendimientos durante las aguas bajas y rendimientos mínimos durante las aguas altas. La biomasa total de *P. nattereri* fue de  $9672 \text{ g m}^{-2} \text{día}^{-1}$  en várzea, las cuales fueron colectadas en diferentes localidades, aunque en el lago esta especie llegó a ser la segunda más abundante, ya que en este hábitat se capturó al 74% de ellas. En cambio la biomasa total de *S. rhombeus* fue de  $544 \text{ g m}^{-2} \text{día}^{-1}$  en várzea, siendo también capturada con más frecuencia en el lago (51%). Sin embargo, en el igapó la biomasa total de *S. rhombeus* fue de  $956 \text{ g m}^{-2} \text{día}^{-1}$ , siendo capturadas en un 86% en los bosques de inundación (Saint-Paul *et al.*, 2000).

Bechara, Vargas y Flores Quintana (2007) presentaron el estudio “Biología pesquera de las principales especies de importancia económica en el área de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay”, el cual fue llevado a cabo en territorio argentino desde la localidad de Formosa (Provincia de Formosa) hasta Reconquista (Provincia del Chaco), en la zona de confluencia de los ríos Paraguay y Paraná. Los trabajos de muestreo de la pesca comercial se extendieron desde junio de 2006 hasta mayo del siguiente año. Las tareas consistieron en la identificación y medición de las capturas, esfuerzo y artes de pesca comercial durante 4 horas, en tres días por semana seleccionados al azar. Las artes más utilizadas por todos los pescadores comerciales de la zona fueron el mallón, el boguero (red similar al mallón de dimensiones menores) y el espinel.

En cuanto al rendimiento del mallón en toneladas anuales, se destacan dos puertos, Antequera e Itatí, con 288 t y 192 t respectivamente. Los restantes puertos van desde 55 t a 135 t. En todos los

puertos las capturas promedio por lance con mallón fueron comparables y se situaron entre 7 y 10 kilos. Los puertos de Reconquista y Formosa presentaron los valores más altos de CPUE con mallón, en cambio puerto Italia en Corrientes la más baja CPUE (Bechara *et al.*, 2007).

Con los datos de estos estudios de estimación poblacional y biomasa, se tendrán valores referenciales para Sudamérica en especial para la región amazónica, ya que como se mencionó para Ecuador aún no se ha desarrollado información de este tipo con anterioridad.

### **1.2.2. Adopción de una perspectiva teórica**

Para la recolección de datos de campo, muestreo de ictiofauna, manejo de especímenes y fase de laboratorio se siguieron los protocolos del Departamento de Ictiología del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN). Además, se tomaron como referencia los protocolos elaborados por la Confederación Hidrográfica del Ebro (2005) y (2009).

Para la organización y elaboración del Inventario de peces, se utilizó la clasificación taxonómica propuesta por el Departamento de Ictiología de la Academia de Ciencias de California (CAS).

Para la estimación del tamaño poblacional de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* se utilizó el método de captura por unidad de esfuerzo propuesto por Leslie-Davis (1939), mientras que la biomasa se calculó determinando la biomasa por unidad de esfuerzo para el área de muestreo por la eficiencia del arte de pesca; esta última metodología estandarizada a partir de la aplicación de la Directiva 2000/60/CE de la Unión Europea (Directiva Marco del Agua – DMA), también se puede revisar en Swedish Environmental Protection Agency – SEPA (2000), por lo cual en los últimos años este método ha sido usado en diversos estudios y

monitoreos biológicos de la ictiofauna, en especial en los países miembros de la Unión Europea. Por ejemplo, las Confederaciones Hidrográficas, entidades públicas adscritas administrativamente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España, realizan estudios censales de peces en embalses, lagos, lagunas, como parte de las redes de seguimiento del estado ecológico en las cuencas hidrográficas de su competencia.

### **1.2.3. Marco conceptual**

#### **1.2.3.1. Especies de Pirañas presentes en la Reserva Biológica Limoncocha.**

A menudo, las pirañas constituyen un porcentaje alto de la biomasa total de peces, así como son representativas en número (Mago-Leccia, 1970 citado por Nico & Taphorn, 1988). En el sistema fluvial asociado al área de la Reserva Biológica de Limoncocha, se pueden encontrar a *Serrasalmus rhombeus* y *Pygocentrus nattereri*, dos especies de las muy famosas pirañas. A continuación se explicarán algunos aspectos de su historia de vida:

##### **1.2.3.1.1. *Serrasalmus rhombeus* (Linnaeus, 1766)**

#### **Descripción**

Son peces dulceacuícolas, originarios del Neotrópico, pertenecientes al orden de los Characiformes, familia Serrasalmidae. Tienen cuerpo en forma romboidal, comprimido lateralmente. Presentan coloración plateada intensa, con manchas oscuras que se extienden desde

la parte superior del cuerpo hasta un poco más debajo de la línea lateral; este patrón que se va perdiendo con la edad (Ver Figura 1). Constituyen una de las especies más grandes de su género alcanzando hasta los 50 cm de longitud estándar (Galvis *et al.*, 2006).

**Figura 1. *Serrasalmus rhombeus*: adulto (arriba) y juvenil (abajo).**



*Fuente: Carrillo-Moreno (2012).*

## Aspectos ecológicos

Su distribución es una de las más amplias del género (Hubert, Duponchelle, Núñez, y Renno, 2005); localizadas en Sudamérica, en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, en el norte y este de los ríos de Guyana, y en los ríos costeros del noroeste de Brasil (Froese & Pauly, 2012). Son muy abundantes tanto en lagunas, ríos y quebradas. En ecosistemas lénticos, se las puede capturar con mayor frecuencia durante las aguas altas (Galvis *et al.*, 2006). Son un componente importante de las comunidades de peces. Viven en grupos de varias decenas de individuos (Hubert *et al.*, 2005). *Serrasalmus rhombeus* pasan la mayoría de su tiempo sin moverse en absoluto. Bajo circunstancias normales no buscarán presas muy lejos, a menos que factores tróficos u otros factores induzcan a que se muevan. Los individuos de tamaño pequeño y mediano son predominantemente de hábitos diurnos (Cohen, Beaumont, & Thorp, 1999). Algunas veces los hábitos predatorios colectivos actúan mermando las especies de peces que son más deseables (como bocachicos, bagres, corvinas), cuando su número aumenta demasiado. Solo cuando el abastecimiento de comida es escaso y los niveles del agua son bajos, se concentrarán y podrían llegar a ser potencialmente peligrosos al presentarse una potencial presa (Kricher, 2010). Son peces que responden naturalmente a la presencia de depredadores, además presentan altísima sensibilidad al ruido producido en el agua (Cohen *et al.*, 1999). Su sentido del olfato es extremadamente sofisticado. Principalmente, el olor a sangre los estimula y atrae a grandes números de pirañas en poco tiempo de considerables distancias. Varias gotas en el agua las inducen a nadar hacia sus posibles presas (Laita & Aparicio, 2005).

## **Alimentación**

Son principalmente piscívoros que usualmente arrancan pedazos de carne de peces grandes. Pero, sus hábitos alimenticios y la variedad de la dieta se modifican con la edad. Los juveniles pequeños de entre 20 a 80 mm de longitud estándar se especializan en el consumo de aletas de peces pequeños, entonces al alcanzar los 80 mm de longitud estándar cambian su dieta consumiendo peces pequeños enteros, pedazos de peces grandes y aletas (Nico & Taphorn, 1988). Cohen *et al.* (1999) reporta que además las pirañas juveniles consumen cantidades de vegetación, artrópodos y pequeños mamíferos. Las pirañas de los bosques tropicales inundables también incluyen en sus dietas semillas, removiendo la cáscara y masticando el interior suave de éstas (Goulding, 1985 citado por Kricher, 2010), mientras que las que viven en las planicies (sabanas tropicales venezolanas) no dependen de frutos o semillas (Nico & Taphorn, 1988).

## **Reproducción**

Durante el periodo reproductivo, las hembras presentan desarrollo de los ovarios en más de dos grupos que no se encuentran sincronizados y el desove lo realizan en más de una puesta. Se puede observar que las hembras maduras están disponibles durante un mayor número de meses en comparación con los machos (Nince-Ferreira, 2004).

## **Estado de Conservación**

Esta especie está incluida en la categoría de Datos Insuficientes (DD) (IUCN, 2013).

#### **1.2.3.1.2. *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858)**

##### **Descripción**

Es una especie dulceacuícola, de origen neotropical, pertenecientes al orden de los Characiformes, familia Serrasalminidae. Tienen cuerpo romboidal, algo comprimido lateralmente, presentan cabeza cóncava (prominente). Su coloración es plateada, con manchas redondeadas que van disminuyendo hacia la zona ventral y tienden a desaparecer en las formas adultas (Ver Figura 2). Es la especie de piraña más agresiva (Galvis *et al.*, 2006). Pueden alcanzar hasta 33,3 cm de longitud estándar (Jegú, 2003). Tienen una altamente evolucionada capacidad auditiva (Stabentheiner, 1988 citado en Pauly, 1994). Presentan mandíbulas prominentes, con dientes puntiagudos.

**Figura 2. *Pygocentrus nattereri*: adulto (arriba) y juvenil (abajo).**



*Fuente: Carrillo-Moreno (2012).*

### **Aspectos ecológicos**

Su distribución incluye la cuenca del río Amazonas, la cuenca del Río Paraguay-Paraná, los ríos costeros del noroeste de Brasil y la cuenca del Río Essequibo; su presencia en otros lugares alrededor del mundo es el resultado de la introducción (Jegú, 2003). Las condiciones ambientales pueden generar diferencias significativas en los rasgos de vida de esta especie de piraña



(Duponchelle, Lino, Renno, Dugué, y Núñez, 2005). Tienen marcada preferencia por ambientes de laguna. En sistemas lagunares, se las puede capturar con mayor frecuencia durante las aguas altas (Galvis *et al.*, 2006). Forman jerarquías dentro de cardúmenes pequeños (Zbinden, 1973 citado en Pauly, 2004). Se movilizan en cardúmenes por zonas de aguas poco corrientosas como orillas de ríos, lagunas (Laita & Aparicio, 2005). Son activas durante el día, presentado comportamientos de acecho y movimientos de huida (Sazima & Machado, 1990 citado por Pauly, 1994). Su sentido del olfato es extremadamente sofisticado. Principalmente, el olor a sangre los estimula y atrae a grandes números de pirañas en poco tiempo de considerables distancias. Varias gotas en el agua las inducen a nadar hacia sus posibles presas (Laita & Aparicio, 2005). Cumplen un rol ecológico importante ya que además de carnívoras, tienen hábitos carroñeros, por lo que son consideradas como limpiadores, permitiendo la continuación de las redes de flujo de materia y energía de los ecosistemas acuáticos.

### **Alimentación**

Se alimentan de peces, principalmente enfermos o heridos, al igual que de restos de otros animales. Sin embargo, no es la única fuente de alimento; en ésta se incluyen artrópodos, moluscos, pequeños vertebrados o partes de los mismos, así como pequeñas cantidades de materia vegetal (Pauly, 1994). Estas pirañas consumen aproximadamente el doble de lo que se esperaría, basándose en su talla y forma, y la temperatura de su hábitat (Palomares, 1991 citado en Pauly, 1994). Los adultos (150-240 mm) se alimentan principalmente al anochecer y al amanecer, mientras que los peces más pequeños (80-110 mm) buscan su comida solamente

durante el día. Se reúnen en la vegetación para esperar a sus presas, en grupos que normalmente van entre los 20 a 30 peces (Sazima & Machado, 1990).

## **Reproducción**

Los períodos reproductivos son estacionales, aproximadamente empiezan un mes antes de la crecida de aguas y llegan a su fin antes del período de aguas más altas. Las pirañas alcanzan la primera madurez sexual en el primer año de vida, con un tamaño que se encuentra entre los 109 a 141 mm de longitud estándar (LE). Las hembras pueden llegar a desovar al menos dos veces; además maduran más tarde que los machos (Duponchelle *et al*, 2005). Los huevos se encuentran en racimos y se colocan en el sedimento, en nidos en forma de cuenco. Estos nidos tienen las siguientes dimensiones: alrededor de 4-5 cm de profundidad y 15 cm de diámetro (Uetanabaro, Wang, & Abe, 1993). Los machos cuidan los huevos del desove, ninguno de los padres los ataca (Mills & Vevers, 1989 citado en Pauly, 1994). El número de huevos por desove son muy variables dependiendo de las condiciones ambientales. Se ha reportado que una hembra de 500 g del Río Mamoré (aguas blancas) puede liberar cerca de 18 874 huevos, mientras que una hembra del Río Iténez (aguas claras) del mismo peso puede liberar 13 562 huevos (Duponchelle *et al*, 2005). Asimismo, una hembra (en condiciones de acuario) en un único desove puede producir 4000 huevos, los cuales son adheridos en las plantas y desovan dentro de 9 a 10 días (Mills & Vevers, 1989 citado por Pauly, 1994).

## **Estado de Conservación**

Esta especie está incluida en la categoría de Datos Insuficientes (DD) (IUCN, 2013).

### **1.2.3.1.3. Uso del Recurso**

En la Amazonía, la pesca de subsistencia provee a los pobladores ribereños o a comunidades nativas como las kichwas de una fuente de proteína barata. Entre las especies más utilizadas en este tipo de pesca están las pirañas (*Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*), en conjunto con otras especies de peces que no son tan codiciadas en este tipo de actividades pesqueras (Pinedo & Soria, 2008); consideradas como presas de segundo rango. Se conoce que las comunidades nativas suelen utilizar las mandíbulas de estos peces como tijeras, las cuales usan para cortar carnes o cabello. En Brasil, hace menos de una década se ha dado a conocer la sopa de piraña, receta que asimismo ha sido industrializada en este país. Actualmente, las pirañas son algunas de las especies más populares de peces, no solo entre los aficionados a la acuariofilia, por eso su demanda como peces ornamentales ha incrementado notablemente alrededor del mundo; en tal grado que inclusive han sido introducidos a países tan lejanos de Sudamérica como China o Albania. Su distorsionada reputación de predadores voraces ha sido forjada desde la época de colonización española por historiadores que narraban las maravillas del Nuevo Mundo; en nuestros días, las pirañas son un ícono de la cultura popular en gran medida debido a la industria cinematográfica.

### 1.2.3.2. Fundamentación teórica: Método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE)- Método de Leslie-Davis (1939).

Es un modelo de extracción sucesiva que permite estimar el tamaño de la población ( $N_0$ ) que existe antes de iniciar la secuencia de extracción o stock inicial (Cervantes-Martínez & Coronado-Álvarez, 2007). Este método permite una alternativa adecuada para determinar el número de organismos de poblaciones móviles como son las de los peces; donde los organismos capturados no son regresados al seno de la población (Franco-López *et al.*, 1995). La captura equivale a la remoción de la población completa e involucra la sobre pesca deliberada de una población aislada de peces (Cervantes-Martínez & Coronado-Álvarez, 2007).

De acuerdo con el método de Leslie-Davis, se supone que la estimación del stock inicial será correcta siempre que la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) sea proporcional al tamaño del stock (Ver Ecuación 1), y que éste disminuya en un corto periodo de tiempo, de manera que aspectos como la migración, reclutamiento y mortalidad natural se ignoren, es decir, que existan condiciones de equilibrio (Cervantes-Martínez & Coronado-Álvarez, 2007; Franco-López *et al.*, 1995).

(Ecuación 1)

$$C_t \propto N_t$$

La expresión anterior indica que la variable  $C_t$  es directamente proporcional a  $N_t$ .

$$C_t = qN_t$$

Donde, C= captura en número

N= tamaño de la población

q= coeficiente de capturabilidad

Si se toman muestras sucesivas de una misma población y los individuos no se devuelven al seno de esta población existirá un descenso en la captura del número de peces en las muestras posteriores. Siempre y cuando la tasa de disminución en las capturas sea constante, ésta puede utilizarse para la estimación del tamaño de la población (Franco-López *et al.*, 1995).

“El procedimiento de muestreo requiere que las muestras que se tomen con un esfuerzo constante, en el mínimo tiempo posible y que los organismos se dispersen homogéneamente en el área, entre muestreo y muestreo” (Franco-López *et al.*, 1995, p. 38).

El esfuerzo de pesca se define como la cantidad total de trabajo que se aplica para obtener una determinada captura. Se representa en diversas unidades en el caso de cómo se lleve cada pesquería por ejemplo h/hombre, barcos/año (Franco-López *et al.*, 1995); en este caso la unidad utilizada fue red/h.

Para la estimación del tamaño inicial de la población a través del método de Leslie-Davis se efectúa una regresión con los datos de captura (C) y los de captura acumulada (K) (Franco-López *et al.*, 1995; Morales-Bojórquez, 1995). Al iniciar el experimento de extracción sucesiva con el uso de redes, se podrá conocer el número de organismos que existen en el área delimitada por la red (para extrapolarse al sistema completo), así como encontrar la proporción del stock total capturado por unidad de esfuerzo (coeficiente de capturabilidad o “q”) (Cervantes-Martínez & Coronado-Álvarez, 2007).

Ahora para expresar que el tamaño de la población depende del número de organismos presentes antes de iniciar la pesca y de los individuos que se van capturando tenemos (Ver Ecuación 2) (Franco-López *et al.*, 1995):

(Ecuación 2)

$$N_t = N_0 - K_t$$

Donde,  $N_t$  = número de la población en un tiempo dado

$N_0$  = número inicial de la población

$K_t$  = capturas acumuladas hasta ese instante

Reemplazando la ecuación 2 en la 1, obtenemos la ecuación clásica del método de Leslie-Davis (Ver Ecuación 3).

$$C_t = q(N_0 - K_t)$$

$$C_t = qN_0 - qK_t \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Esta ecuación es una recta de forma genérica, por lo tanto determinamos que:

$$y = b + mx \quad \text{(Forma de una ecuación lineal)}$$

$$C_t = qN_0 - qK_t \quad \text{(Ecuación de Leslie-Davis)}$$

Donde,  $m$  = pendiente  $\iff m = q$

$b$  = ordenada al origen  $\iff b = q N_0$

El número inicial de la población se calcula de la siguiente manera:

$$N_0 = b/q \quad \text{(Ecuación 4)}$$

En consecuencia, para determinar el número inicial de la población ( $N_0$ ) se debe ajustar esta recta por mínimos cuadrados, con lo cual se obtendrán el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ) (Ver Ecuación 5) y la ordenada al origen ( $q N_0$ ) (Ver Ecuación 6) (Lobón-Cerviá, 1991), a partir de las siguientes expresiones:

$$q = (\Sigma x \times y) / \Sigma x^2 \quad \text{(Ecuación 5)}$$

$$q \times N_0 = [\Sigma C_t - (q \times \Sigma K_t)] / n \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde,  $n$  = número total de muestras generadas al finalizar el experimento.

Los valores de  $x$  e  $y$  representan las desviaciones de las capturas y de las capturas acumuladas de sus respectivas medias (Lobón-Cerviá, 1991), las cuales se calculan con las siguientes ecuaciones:

(Ecuación 7)

$$\Sigma x \times y = \Sigma (K_t \times C_t) - \frac{(\Sigma K_t) \times (\Sigma C_t)}{n}$$

(Ecuación 8)

$$\Sigma y^2 = \Sigma (C_t^2) - \frac{(\Sigma C_t)^2}{n}$$

(Ecuación 9)

$$\Sigma x^2 = \Sigma (K_t^2) - \frac{(\Sigma K_t)^2}{n}$$

Para completar el análisis de los resultados, después de la regresión lineal y la estimación de la población, se procede a aplicar una ecuación empírica que representa el comportamiento general de las variables. Luego se calcularán los límites de confianza del tamaño de la población en base a la siguiente ecuación cuadrática (Ver Ecuación 10) (Franco-López *et al.*, 1995):

(Ecuación 10)

$$N^2 (q^2 - tp^2 Syx^2 C_{22}) - 2 (q^2 N_0 - tp^2 Syx^2 C_{12})N + (q^2 N_0^2 - tp^2 Syx^2 C_{11}) = 0$$

Donde,  $N$  = representa los límites de confianza del número de población.

$Syx^2$  = Varianza debida a la regresión.

La ecuación anterior puede explicarse en la siguiente forma general:

(Forma general de la ecuación cuadrática)

$$A N^2 - 2 B N + C = 0$$

Donde,  $A$ ,  $B$  y  $C$  equivalen a:

(Ecuación 11)

$$A = q^2 - tp^2 Syx^2 C_{22}$$

(Ecuación 12)

$$B = q^2 N_0 - tp^2 Syx^2 C_{12}$$



(Ecuación 13)

$$C = q^2 N_0^2 - tp^2 Syx^2 C_{11}$$

Para calcular los términos restantes de la ecuación se tiene:

(Ecuación 14)

$$C_{11} = \frac{\Sigma K_t^2}{n \times \Sigma x^2}$$

(Ecuación 15)

$$C_{12} = \frac{\Sigma K_t}{n \times \Sigma x^2}$$

(Ecuación 16)

$$C_{22} = \frac{1}{\Sigma x^2}$$

(Ecuación 17)

$$Syx^2 = \frac{\Sigma y^2 - (p \times (\Sigma x \times y))}{n - 2}$$

Donde,  $n$  = número total de muestras generadas al finalizar el experimento.

$tp$  = valor en la distribución de  $t$  de Student a 0,05 de significancia y  $n - 2$  grados de libertad.

Finalmente, se calculan los valores de las raíces de  $N$  mediante la ecuación general cuadrática.

(Ecuación 18)

$$N = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Los valores que supondrán los límites superior e inferior de confianza al 95% del número inicial de la población (No) no serán exactamente simétricos (Lobón-Cerviá, 1991).

### 1.2.3.3. Fundamentación teórica: Biomasa (B).

En el campo de la ecología, biomasa es el peso total de materia viva en un momento dado, contenida en una superficie o volumen estándar de muestreo (Smith & Smith, 2001). Se presentan variaciones para el cálculo de la biomasa de uno u otro organismo. Las acepciones de la palabra biomasa son variadas, por lo que vale aclarar que el significado mencionado es el que se utilizó en este estudio.

Por otro lado, desde el punto de vista energético la biomasa de los peces aporta gran parte de las proteínas consumidas por los pescadores y sus familias (Gómez, 2005).

Para calcular la biomasa se usó la siguiente fórmula (SEPA, 2000) (Ver Ecuación 19):

(Ecuación 19)

$$B = \frac{BPUE}{A_m * Ef}$$

Donde, BPUE= Biomasa por unidad de esfuerzo

$A_m$  = Área de muestreo por unidad de esfuerzo

$Ef$  = Eficiencia del arte de pesca

Las unidades utilizadas fueron  $\text{g/m}^2$ , las cuales se determinaron por el arte de pesca usado para la recolección de la ictiofauna, que en este caso son las redes agalleras.

#### **1.2.4. Hipótesis**

- La línea base de la diversidad de especies de peces es un método determinante para la estimación poblacional y cálculo de la biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha.
- Es viable técnicamente estimar el tamaño poblacional y determinar la biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha en base a los métodos propuestos.

#### **1.2.5. Identificación y caracterización de variables**

##### *Identificación de variables*

Variable independiente: Número de pirañas capturadas

Variable dependiente: Tamaño poblacional

Variable dependiente: Biomasa

### *Caracterización de variables*

**Variable Número de pirañas capturadas:** Consiste en el número de especímenes capturados durante las jornadas de muestreo, una vez procesados estos datos se estimará el tamaño poblacional y calculará la biomasa de pirañas en la Laguna de Limoncocha.

**Variable Tamaño poblacional:** La estimación del tamaño poblacional de pirañas es determinada por el número de especímenes capturados.

**Variable Biomasa:** La determinación de la biomasa de pirañas es establecida por el número de especímenes capturados.

## CAPÍTULO II

### MÉTODO

#### 2.1. Nivel de estudio

Exploratorio: Se buscó elaborar una línea base de la diversidad de las especies de peces para estimar el tamaño poblacional y la biomasa por unidad de esfuerzo de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha por medio de una investigación de campo, además se el estudio se complementó con revisiones bibliográficas y opiniones de expertos.

Descriptivo: El estudio se limita a determinar la estimación del tamaño poblacional a través del método de Leslie-Davis y la biomasa por unidad de esfuerzo de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* que habitan en la Laguna de Limoncocha durante la época de aguas altas.

#### 2.2. Modalidad de investigación

De campo: Durante 11 días efectivos de trabajo de campo, entre los meses de marzo a julio de 2012, se colectaron peces en 14 puntos de muestreo, de los cuales 12 estaban ubicados en la Laguna de Limoncocha, uno en el Río Pishira y uno en el Río Playayacu.

Documental: Se respaldó y profundizó el conocimiento acerca del tema del estudio durante las diferentes fases de desarrollo de la investigación principalmente con bibliografía especializada en formato impreso y digital, bases de datos electrónicas, y otro tipo de publicaciones de interés.

### **2.3. Método**

Método Inductivo – Deductivo: Una vez realizadas las jornadas de muestreo biológico de la fauna íctica en los puntos determinados y después de analizar los datos generados con esta muestra, se procedió a inferir el tamaño poblacional y la biomasa por unidad de esfuerzo de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* que habitan en la Laguna de Limoncocha. De igual manera, al finalizar la recopilación y análisis de las fuentes documentales y de los datos de campo se procedió a elaborar el informe final de trabajo de fin de carrera.

### **2.4. Población y muestra**

Población: Las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* que habitan en la Laguna de Limoncocha.

Muestra: Las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* capturadas durante las jornadas de muestreo en los puntos seleccionados en la Laguna de Limoncocha.

## **2.5. Procesamiento de datos**

Los datos obtenidos durante la recolección de fauna íctica y la fase de laboratorio fueron organizados, posteriormente tabulados en el programa Microsoft Office Excel 2010. El mapa de los puntos de muestreo en la Reserva Biológica de Limoncocha se generó en el programa ArcGIS.

## **2.6. Desarrollo del Método**

A continuación, se describió y caracterizó el área de estudio, se definieron los puntos de muestreo y finalmente se planteó el Diseño experimental, elaborado en base a los lineamientos definidos en cada uno de los puntos anteriores del método de investigación, el cual detalla secuencialmente el desarrollo del estudio.

### **2.6.1. Descripción y Características Generales del Área de Estudio**

La Reserva Biológica Limoncocha (RBL) se ubica en la provincia de Sucumbíos, cantón Shushufindi, parroquia Limoncocha. La superficie actual de la RBL es de 4 613, 25 ha y se encuentra a una altitud media de 230 msnm. Presenta una temperatura media anual de 24,9 °C. La temperatura máxima mensual registrada es de 31°C y la temperatura mínima mensual de 16°C. La precipitación anual alcanza los 3 065 mm. Debido a una constante cobertura nubosa, la irradiación solar rara vez supera las 1 200 horas, los meses de agosto y noviembre presentan el número total de horas más alto, mientras que los meses de marzo y abril el número más bajo. La humedad relativa ocasionalmente es inferior al 80% (Bastidas & Lasso, 2009).

La RBL, que se encuentra dentro del grupo de humedales continentales, fue declarada como sitio RAMSAR el 21 de abril de 1998, debido a las especies y comunidades ecológicas presentes en dicho humedal (López, 2010). Esta área constituye un ecosistema muy importante para la conservación por la superficie que abarca y por su categorización como humedal de importancia internacional, ya que en éstos se almacena agua, sirven para carga y descarga de acuíferos, permiten la mitigación de inundaciones y el control de la erosión, aportan a la purificación de las aguas, entre otros (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

Las formaciones vegetales que presenta son las siguientes: Bosque Siempre-verde de Tierras Bajas, Bosque Siempre-verde de Tierras Bajas Inundables por aguas Blancas (Várzea), Bosque Siempre-verde de Tierras Bajas Inundables por aguas Negras (Igapó), Bosque Inundable de Palmas de Tierras Bajas y Herbazal Lacustre de Tierras Bajas de la región Amazónica (Palacios, Cerón, Valencia, & Sierra, 1999).

Según el sistema de clasificación de Zonas de Vida de Holdridge la formación predominante es el Bosque Húmedo Tropical correspondiente a la cuenca baja inundable y pantanosa del Río Napo (Bastidas & Lasso, 2009). Una parte del bosque exhibe características de bosque maduro, el cual presenta situaciones muy variables en su drenaje con áreas temporalmente inundadas, otro sector cubierto de bosque secundario y el tercero ocupado por un matorral de pantano temporal o inundable permanente (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

Los bosques tropicales se caracterizan por poseer una diversidad biológica única, constituyendo reservas irremplazables de especies animales y vegetales, también son hábitat para más de la mitad de las especies vivientes existentes (Gómez, 2005). La biodiversidad de la RBL está representada por: 1) 44 familias, 110 géneros y 144 especies de aves; 2) 74 especies de



mamíferos, equivalentes al 39% del total registrado en la Amazonía ecuatoriana y al 20% del total registrado en Ecuador; 3) 92 especies correspondientes a herpetofauna, equivalentes a 25,48% del total del piso tropical oriental y 10,59% del total para el Ecuador, dividida a su vez en: Dos órdenes, seis familias, 22 géneros y 53 especies para la clase Anfibia y; cinco órdenes, con 14 familias, 28 géneros y 39 especies para la clase Reptilia; 4) 30 familias y 93 especies de peces, representando el 15,1% del total de especies reconocidas para la Amazonía ecuatoriana y el 11,1% del total registrado en el entorno fluvial del territorio ecuatoriano (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

En su mayoría, la RBL está localizada dentro de la Cuenca del Río Capucuy. No obstante, la Cuenca del Río Capucuy no es el único sistema de drenaje que afecta el territorio de la Reserva y su zona de amortiguamiento. El Río Capucuy incluye los siguientes tributarios: Río Playayacu, Río Pishira, Río Blanco y Río Piñasyacu. Esta cuenca está influenciada por el Río Napo, el cual anualmente inunda las tierras adyacentes e interna su orilla norte aproximadamente 14 m. El Río Capucuy fluye desde la Laguna de Limoncocha y Yanacocha, usualmente en dirección hacia el Río Napo, pero circulando aguas arriba durante la época de inundación de este río. Por lo cual, existe la posibilidad de que dentro de los próximos 50 años la Laguna de Limoncocha se convierta otra vez en un canal activo del Río Napo. La Laguna de Limoncocha, la Laguna Yanacocha y los humedales adyacentes son un brazo muerto (madre vieja) del Río Napo, las que se encuentran en proceso de llenado de sedimentos y material orgánico (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

Los ecosistemas lénticos y lóticos de la RBL exhiben características ecológicas propias de un bosque de inundación permanente con aguas blancas “Várzea”, que corresponde a la presencia de ictiofauna registrada para este tipo de formaciones naturales; característica que sobresale en el

sistema lacustre conformado por las lagunas de Limoncocha y Negra, el bosque de inundación y ríos importantes como el Capucuy (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

Los lagos de várzeas se encuentran en las depresiones de la planicie amazónica, se distinguen por la gran variación del nivel del agua que depende de la precipitación. En el período de lluvias, esta región recibe un exceso de agua que provoca la interconexión de varios ríos y lagos, formándose un único ecosistema. Durante la época de sequía, los niveles del agua bajan y los diferentes sistemas acuáticos se incomunican o permanecen relacionados sólo a través de canales (Roldán, 1992).

### **Laguna de Limoncocha**

La Laguna de Limoncocha se encuentra a 500 m al este de la población kichwa de Limoncocha (Gómez, 2005). Tiene un espejo de agua con una superficie aproximada de 2,3 km<sup>2</sup> (Espinosa, 2001) y un volumen aproximado de 4'309 354 m<sup>3</sup> (Ayala, 2003). La laguna presenta una longitud máxima de 3 km por 1 km de ancho (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003); el 52,35% de ella está conformada por profundidades que van entre 0 a 1,5 m, mientras que el restante 45,86% está entre 1,5 a 2 m (Ayala, 2003). La laguna tiene una temperatura superficial de 29°C (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

La Laguna de Limoncocha es de origen fluvial, habiéndose formado de un brazo del río Napo (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003), por lo que se encuentra clasificado como un lago permanente de agua dulce de la Amazonía (Gómez, 2005). La estratificación térmica que presenta es la de una laguna oligomíctica (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003), ya que está sujeta a pocas variaciones de temperatura a lo largo del año, la temperatura de la

columna de agua está siempre muy por encima de los 4°C y poseen poco períodos de circulación a intervalos irregulares (Roldán, 1992). “Es probable que las inundaciones producidas por el Río Napo resulten en esta mezcla en la laguna” (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003, p. 101). Eventos en los cuales el agua más fría y pobre en oxígeno de la zona profunda (hipolimnion) de la laguna se mezcla con aquella rica en oxígeno de la región superior (epilimnion), convirtiendo así toda el agua en anóxica debido al bajo volumen relativo del epilimnion (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

En aguas cálidas, el índice de pH y oxígeno disuelto altos son parámetros que caracterizan al epilimnion. La transición hacia el hipolimnion es rápida, en esta zona el pH, el oxígeno disuelto y la temperatura decrecen, mientras que la conductividad incrementa proporcionalmente con el aumento de la profundidad. La laguna es esencialmente anóxica en las cercanías al fondo, en estas profundidades relativamente bajas el oxígeno disuelto es bajo. Durante el período más seco y soleado, en la superficie de la laguna la temperatura y la conductividad que se registran son más altas. Las temperaturas superiores se mantienen por el aumento de irradiación solar sobre el espejo de agua y la disminución de agua de lluvia que permita el enfriamiento del agua de la laguna, mientras que la conductividad elevada es consecuencia del incremento de la evaporación y disminución de la dilución del agua de la laguna con agua de lluvia. La variación estacional en el fondo de la laguna es mucho menor (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

Se ha determinado el estado trófico de la Laguna de Limoncocha mediante la aplicación de diversos criterios. Según el Índice de Estado Trófico Modificado de Toledo Jr., empleado para lagos cálidos tropicales, la Laguna de Limoncocha se encuentra en un estado mesotrófico. Sin embargo, durante ciertos períodos el estado trófico de la laguna puede alterarse y convertirse en eutrófico (Peñaherrera, 2010). Utilizando el Índice de Estado Trófico, propuesto por Carlson

(1977), se determinó que actualmente la laguna se encuentra en estado eutrófico; mientras que al aplicar el Programa de Lagos Cálidos Tropicales (LACAT) se estableció que la laguna se encuentra en estado hipertrófico según las concentraciones de fósforo presentes (Ortiz, 2012). Se debe recordar que el fenómeno de eutrofización sucede naturalmente, pero la intervención antrópica puede acelerar este proceso (Peñaherrera, 2010).

### **2.6.2. Definición de los Puntos de Muestreo en el Área de Estudio**

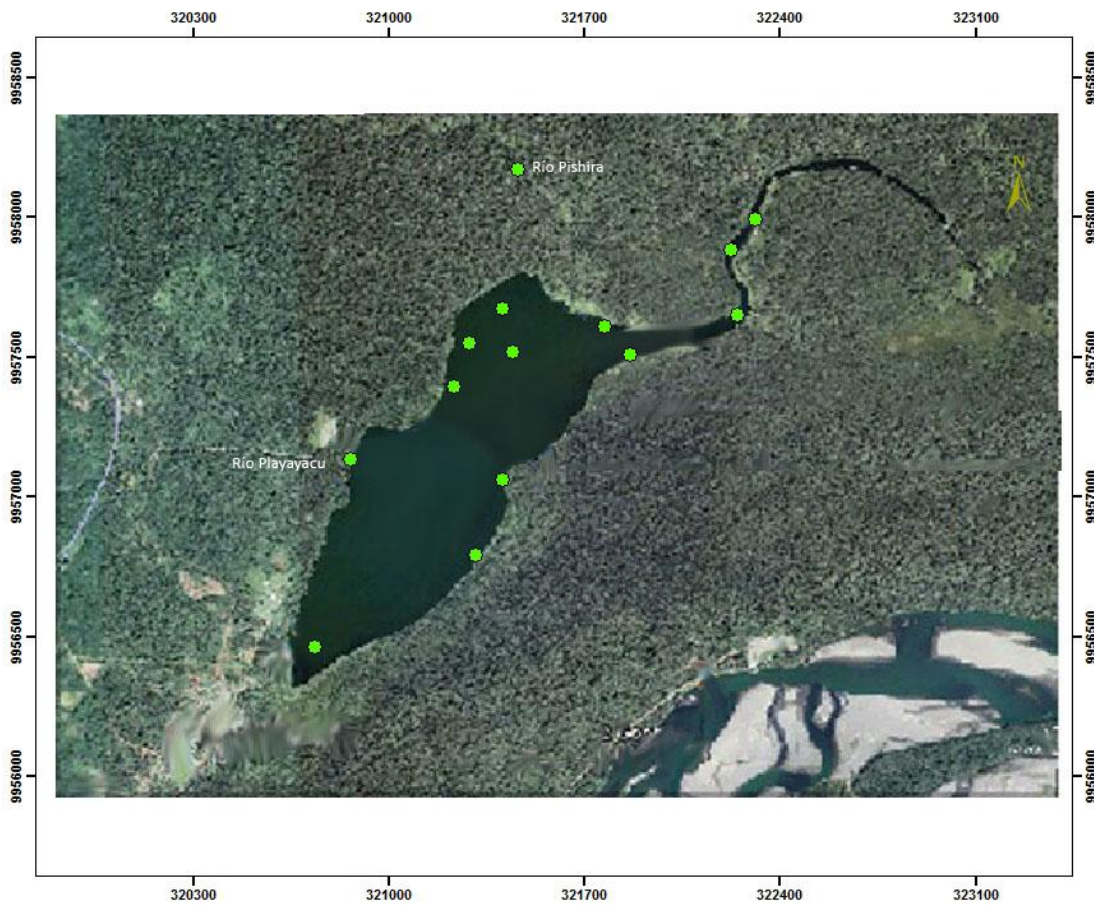
Las áreas de estudio incluyen: la Laguna de Limoncocha, los ríos Pishira y Playayacu. La Laguna de Limoncocha tiene un espejo de agua con una superficie aproximada de 2,3 km<sup>2</sup> (Espinosa, 2001) y un volumen aproximado de 4'309 354 m<sup>3</sup> (Ayala, 2003). El 52,35% de ella está conformada por profundidades que van entre 0 a 1,5 m, mientras que el restante 45,86% está entre 1,5 a 2 m (Ayala, 2003). La laguna tiene una temperatura superficial de 29°C (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003). El río Pishira y el río Playayacu son tributarios de la Laguna de Limoncocha (Walsh Environmental Scientists and Engineers, 2003).

La recolección de ictiofauna se realizó en 14 puntos de muestreo. De éstos, 12 se encontraban en la Laguna de Limoncocha, un punto de muestreo en el río Pishira y un punto en el río Playayacu.

En la Figura 3, se presenta un mapa del área de estudio donde se marcan los puntos de muestreo de ictiofauna y en la Tabla 2, se detalla la localización geográfica cada uno de ellos.

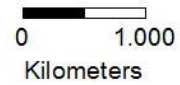
Figura 3. Mapa de los puntos de muestreo en la Reserva Biológica de Limoncocha

# Puntos de muestreo



## LEYENDA

● Puntos de muestreo



**Tabla 2. Puntos de muestreo de ictiofauna en la Reserva Biológica de Limoncocha**

N°	PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM <i>Datum WGS 84</i>		ALTITUD [msnm]	SITIO Ecosistema Léntico
		X	Y		
1	LIM-01-08	322238	9957000	237	Laguna de Limoncocha- Entrada al caño margen derecho
2	LIM-02	322680	9957824	232	Laguna de Limoncocha- A 100 m entrada Cabañas Supaycocha
3	LIM-03	320933	9957204	236	Laguna de Limoncocha
4	LIM-04-06	322667	9957680	237	Laguna de Limoncocha- Entrada Cabañas Supaycocha
5	LIM-05	322565	9957530	236	Laguna de Limoncocha
6	LIM-07	319811	9954906	234	Laguna de Limoncocha- A 100 m lado derecho del muelle principal
7	LIM-09	321206	9957306	238	Laguna de Limoncocha
8	LIM-11	320926	9955768	236	Laguna de Limoncocha
9	LIM-13	321429	9957040	236	Laguna de Limoncocha- Desembocadura
10	LIM-15	322262	9956962	236	Laguna de Limoncocha - Entrada al caño
11	LIM-17	321463	9956388	234	Laguna de Limoncocha
12	LIM-18	320868	9956786	234	Laguna de Limoncocha- Margen izquierdo
N°	PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM <i>Datum WGS 84</i>		ALTITUD [msnm]	SITIO Ecosistemas Lóticos
		X	Y		
1	LIM-10-14	318808	9959494	250	Río Pishira- Junto a la carretera
2	LIM-12- 16	320440	9956684	264	Río Playayacu- Entrada por la laguna a 100 m selva adentro

***Descripción de los Puntos de muestreo***

Las características principales de los puntos de muestreo que se encuentran en la Laguna de Limoncocha y sus tributarios se resumen a continuación:

**Laguna de Limoncocha:** presenta sustrato con lodo, arena y hojarasca; aguas de flujo quieto a lento, con ausencia de transparencia; con poca a moderada cantidad de vegetación, de tipo inmersa, emergente, marginal y flotante (Ver Figura 4).

**Figura 4. Laguna de Limoncocha.**



*Fuente: Carrillo-Moreno (2012).*

**Río Pishira:** presenta sustrato con rocas, guijarros, arena, hojarasca, además de troncos pequeños; aguas de flujo lento, de transparencia moderada a cristalina; poca a moderada cantidad de vegetación, de tipo inmersa, emergente y marginal (Ver Figura 5).

**Figura 5. Río Pishira**



*Fuente: Carrillo-Moreno (2012).*

**Río Playayacu:** presenta sustrato con lodo, arena, hojarasca, además de troncos de pequeño a tamaño mediano; aguas de flujo moderado, de poca a moderada transparencia; con mucha cantidad de vegetación, de tipo inmersa, emergente y marginal (Ver Figura 6).

**Figura 6. Río Playayacu**



*Fuente: Carrillo-Moreno (2012).*



En la Tabla 3, se presentan las medidas de los parámetros físico-químicos evaluados durante los muestreos. Cada parámetro fue promediado entre todas las medidas tomadas por sitio de muestreo.

**Tabla 3. Parámetros físico-químicos del agua de los puntos de muestreo**

PARÁMETROS		Laguna Limoncocha (n=14)	Río Pishira (n=2)	Río Playayacu (n=2)
FÍSICOS	Temperatura del agua [°C]	26,42	23,15	11,90
QUÍMICOS	p H	7,53	8,81	8,21
	Conductividad [ $\mu$ S/cm]	87,33	88,80	56,15
	Oxígeno Disuelto [mg/l]	11,06	6,64	4,00

*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

En la Tabla 4, se detalla la profundidad en metros de cada uno de los puntos de muestreo. Es clara la diferencia en el nivel del agua entre la de la laguna y los ríos. La profundidad promedio de la laguna es de 1,71 m, mientras que los niveles de agua de los ríos Pishira y Playayacu presentaron profundidades promedio de 0,45 m y 0,55 m respectivamente. Todos los muestreos se realizaron durante la época de aguas altas.

**Tabla 4. Profundidad máxima en los sitios de muestreo**

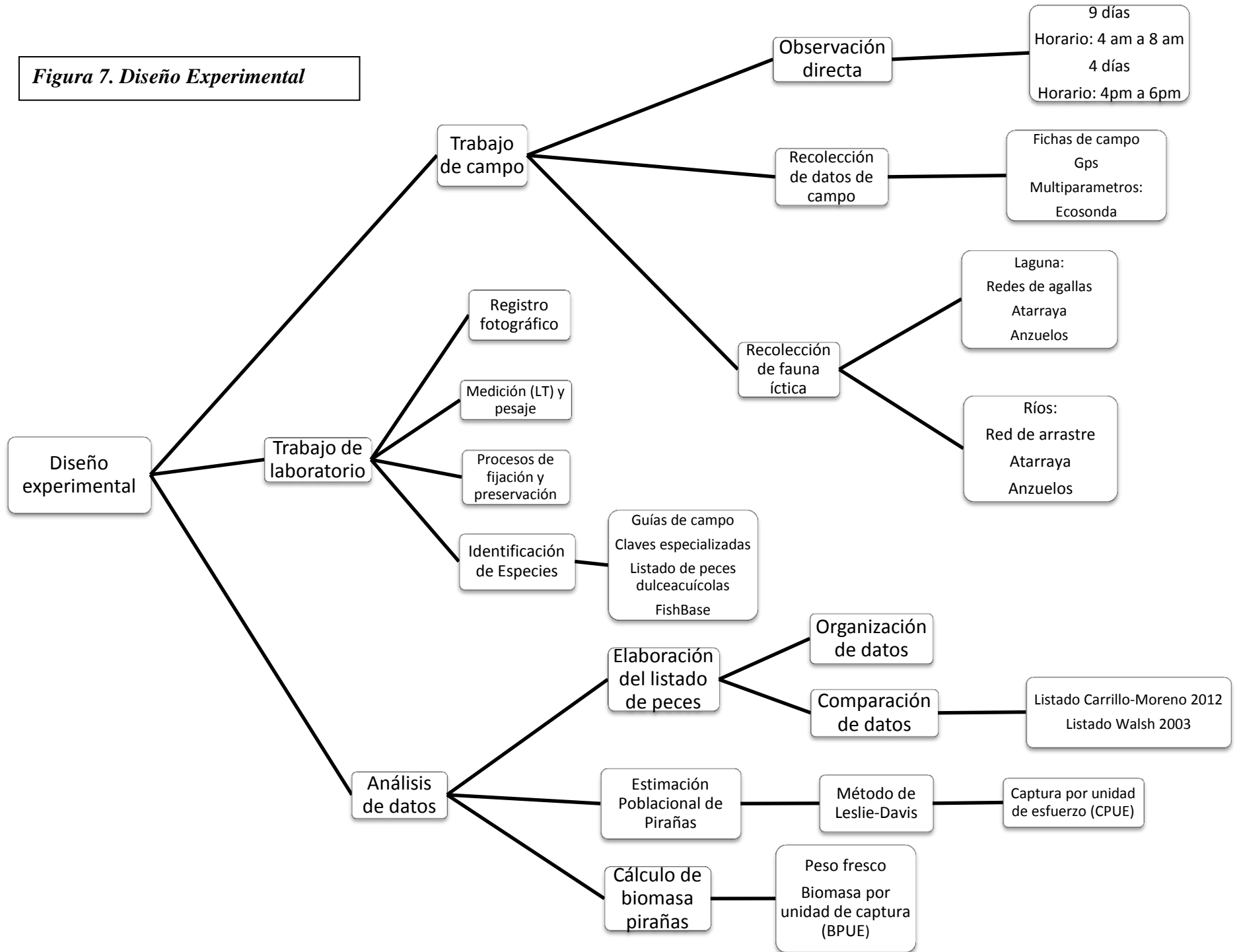
<b>SITIOS</b>	<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>PROFUNDIDAD [m]</b>
<b>Laguna de Limoncocha</b>	LIM-01-08	2,20
	LIM-02	1,60
	LIM-03	1,40
	LIM-04-06	1,40
	LIM-05	1,70
	LIM-07	1,90
	LIM-09	1,90
	LIM-11	1,30
	LIM-13	1,30
	LIM-15	2,20
	LIM-17	1,20
	LIM-18	2,40
<b>Río Pishira</b>	LIM-10-14	0,50
<b>Río Playayacu</b>	LIM-12- 16	0,60

*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

### **2.6.3. Diseño Experimental**

Esta investigación fue dividida en varias etapas para su ejecución, debido a que cada objetivo supone una serie de actividades secuenciales o independientes (Ver Figura 7).

**Figura 7. Diseño Experimental**



*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

En el Diseño Experimental, se dividió la investigación en tres etapas: Trabajo de campo, trabajo de laboratorio y análisis de Datos.

### **2.6.3.1. Trabajo de Campo**

#### **2.6.3.1.1. *Observación Directa.***

Durante los meses de Diciembre de 2011 a Enero de 2012, se realizaron dos salidas al campo, correspondientes a 9 días de trabajo. A lo largo de estos días, se realizaron observaciones directas de las actividades de pesquería, que se llevaban a cabo en la Laguna de Limoncocha, el horario pre-establecido fue de 4h00 a 8h00 am. Otro horario de observación fue el de 4h00 a 6h00 pm, pero únicamente durante 4 días.

El lugar de observación fue el muelle principal, al cual se tiene acceso por el ingreso público a la RBL, sendero que cruza por las oficinas administrativas del Ministerio de Ambiente.

En estos horarios, se observó el número de pescadores que salían desde el muelle principal a realizar las actividades pesqueras, los horarios más frecuentes de actividad, el número de pescadores que usaban muelles alternativos (cercanos al punto de observación, de moderada visibilidad) para desembarcar, frecuencia de pesca de ciertos pescadores, en caso de ser posible conocer el número de peces recolectado, obtener registros fotográficos de la principales especies ícticas de uso comercial de la comunidad.

Debido a que durante el período en que se realizó este trabajo de campo, el Ministerio de Ambiente había impuesto temporada de veda en la RBL, muchos de los pescadores se mostraron cautelosos y prefirieron evitar conflictos, no participando en la investigación.

A pesar de ello, si hubo participación por parte de algunas personas de la comunidad de Limoncocha que practican la pesca de subsistencia, que permitieron que se entablaran conversaciones en las que se proporcionó información relacionada a la actividad en la RBL.

Ocasionalmente, se tenía conversaciones con pescadores que después de su jornada de pesca, permitían tomar registros fotográficos de sus capturas, y que de igual manera facilitaban amablemente información relacionada con el lugar donde éstas fueron halladas y de los lugares más concurridos para pescar en la laguna.

Además de lo descrito anteriormente, se acompañó a un pescador local con experiencia durante una jornada de trabajo, la cual empezó con la colocación de cinco redes de agallas en el extremo sur de la laguna, zona que puede visualizarse claramente desde el muelle principal, actividad que se realizó a las 6h00 pm y tomó aproximadamente una hora. Al día siguiente se procedió a retirar las redes a las 5h00 am, a la par que se iban recolectando los pescados, luego se llevó los especímenes al laboratorio de la Estación Científica Amazónica de la Universidad Internacional SEK, donde se procedió a tomar fotografías de cada uno de ellos, después de lo cual se devolvió la captura al pescador. En el transcurso de la mañana se realizó una entrevista al pescador, en la cual se destacó información sobre las zonas predilectas donde ir a pescar, el cambio en la dinámica de pesca entre el período seco y el de lluvias, las técnicas y artes de pesca utilizados por los pescadores locales.

Con estas observaciones se generó el conocimiento para proceder con el diseño metodológico que se aplicaría en el muestreo biológico y de esta manera elegir los métodos y zonas adecuadas para esta fase del estudio.

#### **2.6.3.1.2. *Recolección de Datos***

Al iniciar el muestreo biológico, se anotaron los datos en el formato de Fichas de Campo del Departamento de Ictiología del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) (Ver Anexo A), en donde se incluyen datos básicos de la localidad, artes de pesca aplicados, nombre de los colectores, características generales del ecosistema, número de los especímenes recolectados e individuos por especie. Para la recopilación de los datos, además de la observación, se contó con los siguientes equipos: un GPS, un multiparámetros con sondas para medir pH, oxígeno disuelto y conductividad, y una ecosonda portátil marca Hondex para determinar la profundidad del sitio de muestreo. En estas fichas también se nombraron todos los peces capturados.

#### **2.6.3.1.3. *Recolección de fauna íctica.***

Durante 11 días efectivos de trabajo de campo, entre los meses de marzo a julio de 2012, se colectaron peces en 14 puntos de muestreo, de los cuales 12 estaban ubicados en la Laguna de Limoncocha, uno en el Río Pishira y uno en el Río Playayacu. El equipo de trabajo constaba de cuatro investigadores y de un pescador local, que también colaboraba como motorista. Las artes de pesca que se seleccionaron para proceder a la recolección de peces, difirieron debido a las condiciones de los puntos de muestreo y al tipo de ecosistema en el que se trabajó.

La selección de los puntos de muestreo se realizó considerando como criterio principal tramos de los afluentes lo más naturales posibles, que tuvieran vegetación de riberas, variedad de hábitats, velocidad del agua, tipo de sustrato, profundidad, entre otras. La vegetación de ribera y la morfología de las orillas son importantes porque aportan heterogeneidad de hábitat, constituyendo refugios y proporcionando sombra a los peces. Además, se consideró la accesibilidad a los diversos hábitats acuáticos y la factibilidad para el uso de las diferentes artes de pesca.

Los datos obtenidos en los 14 puntos de muestreo con todas las artes de pesca usadas en el estudio se destinaron a la elaboración del listado de especies de peces de la Laguna de Limoncocha. Mientras que para la realización de la estimación poblacional y los cálculos de biomasa de las especies de pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*, únicamente se utilizó la información generada en los 12 puntos de muestreo de la Laguna de Limoncocha, con la captura de peces a través de las redes de agallas.

### **Métodos de colección de ictiofauna**

La pesca continental en aguas dulces, en su mayoría, es practicada a escala artesanal. En la Amazonía ecuatoriana, los tipos de arte de pesca más utilizados son: redes de arrastre, redes de agallas o enmalle, anzuelos, atarraya, arpón y visor (Alverson *et al.*, 2008).

La metodología aplicada para el uso de las artes de pesca propuesta en este trabajo está estandarizada y ha sido diseñada según protocolos y asesoría del Departamento de Ictiología del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN). Por lo cual, estos métodos son usados en la mayoría de investigaciones de carácter científico, provocando mínimo estrés a la ictiofauna.

### ***Criterios de elección de los Artes de pesca***

La elección de las artes de pesca depende de la peculiaridad del hábitat, de la capacidad que posea el investigador de adaptar o innovar el método de muestreo y por supuesto del conocimiento previo de la o las especies objetivo y de la zona de estudio (Tufiño y Ramiro-Barrantes, 2013).

En este caso por la necesidad de realizar el inventario de la ictiofauna se utilizaron varias artes de pesca como son: la atarraya, los anzuelos, las redes de agallas y la red de arrastre.

Debido a las restricciones del método de captura por unidad de esfuerzo usado para la estimación del tamaño poblacional y el cálculo de biomasa de las pirañas en la Laguna de Limoncocha, se propuso el uso de redes de agallas, que además de ser un estandarizado y ampliamente conocido, también ha sido aplicado en estudios similares.

El limitante de este método es que los resultados se obtendrán en unidades de área, siendo lo ideal generar resultados en unidades de volumen. Sin embargo, Emmrich *et al.* (2012) determinó que existe una correlación global altamente significativa ( $R = 0,80$ ) entre los resultados obtenidos con métodos hidroacústicos (sondeo) y con redes agalleras según lo analizado en 18 lagos localizados en 7 países europeos, con correlaciones similares inclusiva para todos los rangos de las tallas de peces ( $R = 0,77 - 0,80$ ). A consecuencia, se pudo definir que aunque los resultados difieran entre uno y otro método, los resultados seguirán la misma tendencia.



### ***Métodos de colección usados en la Laguna de Limoncocha***

La Laguna de Limoncocha, debido a la zonación ecológica propia de esta fuente hídrica, permite una variedad de hábitats, a los cuales estarán asociados cierto tipo de organismos.

Para las colecciones ictiológicas se empleó una atarraya, redes de agallas y anzuelos de diferentes tamaños. Los anzuelos fueron usados en períodos de una hora y la atarraya se arrojaba diez veces por punto de muestreo.

Las redes de agallas poseían diferente tamaño de ojo de malla para evitar la selectividad, cada una de las redes tenía en promedio una longitud de 300 m y una altura de 1,5 m. Se colocaron tres redes por punto, las cuales fueron acondicionadas por la mañana, revisadas periódicamente durante el transcurso del día y recogidas al día siguiente.

Este último arte de pesca es el más utilizado por los pescadores de la comunidad en la Laguna de Limoncocha.

### ***Métodos de colección usados en los ríos***

Se realizaron muestreos en los ríos Pishira y Playayacu usando una red de arrastre y anzuelos por el lapso de tres horas, las actividades de pesca fueron diurnas. Durante la primera hora de los muestreos se utilizaron los anzuelos, en seguida se procedía con la red de arrastre. Esta red necesita de constante manipulación y debe ser trasladada de un extremo del río al otro, evitando que la parte inferior de la red ascienda durante el tiempo de arrastre.

### 2.6.3.2. Trabajo de Laboratorio

Los peces capturados fueron colocados en baldes plásticos llenos de agua, para su transporte hasta el laboratorio de la Estación Científica Amazónica de la Universidad Internacional SEK. Una vez en ésta, se procedió a tomar fotografías, pesar y medir la longitud total (LT) de cada uno de los ejemplares utilizando una balanza electrónica y un flexómetro estándar. Después de este protocolo, los ejemplares que perecieron debido a la manipulación fueron entregados a los asistentes locales, otra parte fue devuelta a la Laguna y únicamente algunos de los especímenes de difícil identificación (Characiformes) fueron fijados en formalina al 10% para su posterior identificación en el Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales “MECN” de la Ciudad de Quito. Debido a los estándares del método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y del cálculo de la biomasa, ninguno de los especímenes de pirañas capturadas fueron devueltos a su hábitat.

En el laboratorio del MECN, los especímenes fueron lavados en agua destilada para eliminar el exceso de formol y posteriormente fueron preservados en alcohol al 75%. Para la determinación taxonómica, se usaron claves especializadas, guías de campo, listados de peces dulceacuícolas, presentados por Regan (1913), Géry (1977), Kullander (1986), Swing y Ramsey (1989), Barriga (1991 & 2011), Vari (1991), Galvis *et al.* (2006). De manera complementaria, se empleó FishBase, conocida publicación electrónica en el campo de la ictiología ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)).

Una vez identificados, se asignó un código único a cada lote, que fue ingresado en conjunto con los datos de campo a la base de datos y al catálogo de la División. Finalmente, los especímenes identificados fueron depositados en la Colección de la División de Ictiología del MECN-DP.

### **2.6.3.3. Análisis de datos**

Se procedió a la elaboración del listado de especies de peces, y luego a la comparación de ésta con datos bibliográficos de Walsh (2003).

En la siguiente sección del estudio, la población de pirañas de los Géneros *Pygocentrus* y *Serrasalmus*, fueron objeto de la investigación. Se realizó la estimación del tamaño poblacional a través del método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), conocido como método de Leslie-Davis y el cálculo de la de Biomasa de la población de pirañas de los Géneros *Pygocentrus* y *Serrasalmus*, objeto de la investigación, en la Laguna de Limoncocha.

#### **2.6.3.3.1. Elaboración y Comparación del Listado de especies de peces de la Reserva Biológica Limoncocha**

Para la ordenación y elaboración del Inventario de peces, se utilizó la clasificación taxonómica propuesta por el Departamento de Ictiología de la Academia de Ciencias de California (CAS), actualizada por última vez en Agosto de 2012. El listado se elaboró con las especies colectadas en los muestreos *in situ* en la Laguna de Limoncocha y complementada con la observación directa de especímenes de otras especies que no se lograron capturar.

Posteriormente, se elaboró una tabla comparativa entre el listado elaborado en este estudio y las especies de peces que constataban en el informe de Walsh (2003) (IW), documento realizado para la Actualización de la Línea Base de la RBL.

En Walsh (2003) se reportan 93 especies de peces reunidas en 30 familias. Sin embargo, no se enlista a cada una de estas especies en el documento, únicamente se mencionan en determinados secciones del reporte, por lo cual se procedió a compilar y a confirmar la validez de los nombres científicos de las especies señaladas, elaborando una lista según el orden taxonómico señalado anteriormente para este estudio. Esta lista de peces, que conforma parte del cuadro comparativo de la composición de especies, consta de 62 especies, equivalente al 66,67% del total de especies reportada para esta localidad tipo.

#### **2.6.3.3.2. Cálculo de la Estimación del tamaño poblacional de las especies de piraña *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* mediante el método de captura por unidad de esfuerzo de Leslie-Davis en la Laguna de Limoncocha.**

##### ***Procedimiento***

Para los cálculos, se estandarizó el esfuerzo de pesca como una red de agallas de longitud de 300 m y 1,5 m de altura (450 m<sup>2</sup>), calada durante 24 horas. El tiempo durante el cual cada una de las redes agalleras fueron caladas en la laguna hasta el momento que fueron retiradas del punto de muestreo, se denomina tiempo de pesca (T). El tiempo de pesca total usado en los cálculos del experimento fue de 600 horas para una sola red agallera de 450 m<sup>2</sup> de paño, lo que representa 25 unidades de esfuerzo (UE) (Ver Ecuación 20).

(Ecuación 20)

$$UE = \frac{T}{24}$$

Con los datos de los muestreos, se construyó una tabla con la cual se hace una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados con los datos de captura ( $C_t$ ) y captura acumulada ( $K_t$ ).

Estas variables se definen así:

**Capturas ( $C_t$ ):** corresponde al número de especímenes colectados durante la unidad de esfuerzo estandarizada a 24 horas de pesca y 350 m<sup>2</sup> de una red agallera.

**Captura acumulada ( $K_t$ ):** corresponde a la sumatoria de los valores de captura ( $C_t$ ) hasta el instante t, dividido para 2.

Con las herramientas de Excel se procedió a construir un diagrama de dispersión con los datos de  $C_t$  y  $K_t$ , efectuando el análisis de regresión lineal por mínimos cuadrados se obtiene la línea de tendencia con su respectiva ecuación empírica, las cuales representan el mejor ajuste de la nube de puntos.

Para lo cual, se ajustará la recta (Ver Ecuación de Leslie-Davis) enfrentando las capturas obtenidas en cada ocasión ( $C_t$ ) frente a las respectivas capturas acumuladas ( $K_t$ ).

$$C_t = qN_0 - qK_t \quad (\text{Ecuación de Leslie-Davis})$$

A partir de este punto, los cálculos se realizaron conforme a las ecuaciones detalladas en la sección 1.2.3.2. de este trabajo.

En primera instancia, se construyó una tabla con los valores obtenidos durante todo el experimento. Esta tabla consta de las siguientes columnas: número de muestras (n), captura acumulada (Kt), capturas (Ct),  $Kt^2$ ,  $Kt \times Ct$  y  $Ct^2$ .

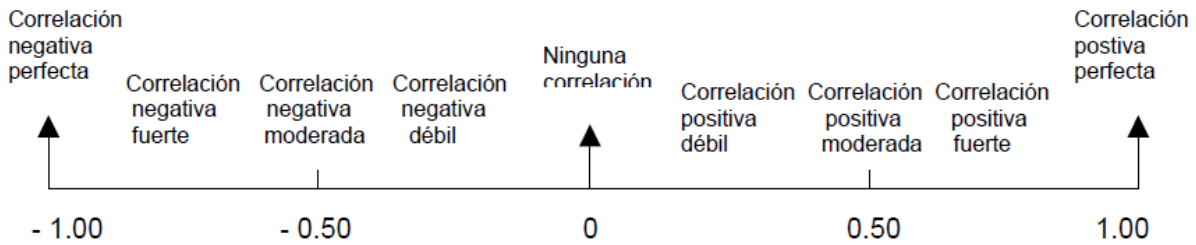
Después, se realizó la sumatoria de cada uno de los términos de la tabla anterior; con estos valores se despejaron los términos:  $\sum x \times y$ ,  $\sum y^2$ ,  $\sum x^2$  según la Ecuación 7, 8 y 9 correspondientemente.

Para hallar los valores de la pendiente (q), el punto de corte ( $qN_0$ ) y el número de la población inicial ( $N_0$ ) asimismo se usaron la Ecuación 5,6 y 4 respectivamente.

Una vez identificado el número de la población inicial de pirañas ( $N_0$ ), se debe tomar en cuenta que esta estimación del tamaño poblacional es válida para el área muestral determinada en la unidad de esfuerzo (UE). Posteriormente, se extrapola el resultado para el sistema completo y así conocer el número de organismos que existen en el área delimitada.

Al realizar la regresión por mínimos cuadrados, se debe considerar el coeficiente de correlación lineal (R), que es una medida de tipo cualitativa que nos indica el grado de la intensidad de la relación lineal existente entre dos variables, que varía entre 1 a -1. Se determina el tipo de correlación que hay entre las dos variables según la Figura 8.

**Figura 8. Análisis del coeficiente de correlación (R) entre dos variables.**



*Fuente:* Vila, Sedano, López y Juan (2003).

Para completar el análisis de los resultados se procede a calcular los límites de confianza del tamaño de la población inicial de pirañas, en base a la siguiente ecuación cuadrática (Ver Ecuación 10) (Franco-López *et al.*, 1995):

(Ecuación 10)

$$N^2 (q^2 - tp^2 Syx^2 C_{22}) - 2 (q^2 N_0 - tp^2 Syx^2 C_{12})N + (q^2 N_0^2 - tp^2 Syx^2 C_{11}) = 0$$

Cada uno de los términos de dicha ecuación cuadrática se despejaron al resolver la Ecuación 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17. Una vez expresada la ecuación en la forma general, se calcularon las raíces de  $N^2$  usando la Ecuación 18.

Los límites de confianza del 95% para los que se estima que se encuentre el verdadero valor del tamaño de la población inicial de pirañas ( $N_0$ ) se encuentra entre:

$$N_1 \leq N_t \leq N_2$$

Se debe tomar en cuenta que estos límites de confianza, se calcularon para el área muestral de 450 m<sup>2</sup>. Por último, se extrapolaron los valores de los límites de confianza obtenidos para toda el área del espejo de agua de la Laguna de Limoncocha.

#### **2.6.3.3.3. Cálculo de la Biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha.**

##### ***Procesamiento de Datos***

Con los datos de los muestreos, se construyó una tabla en la que se consolidó la información del número total de individuos muestreados, la especie a la que pertenecía cada uno, nombre común de cada especie y la sumatoria del peso fresco total (PFt) por especie.

A partir de esta tabla, se determinaron las especies que fueron más representativas en peso fresco total, ordenando los datos de forma descendente. Las primeras diez especies se las tomó en cuenta para los cálculos siguientes, las otras diez se las agrupó en una sola categoría y a una de las especies (*Anchoviella* sp.) se la descartó de los cálculos, debido a que se capturaron dos individuos (Longitud total promedio = 6,75 cm) y éstas se podrían considerar como individuos capturados incidentalmente, ya que no eran objetivo del arte de pesca utilizado (redes agalleras).



### ***Cálculos previos y definición de términos***

Para los cálculos, se estandarizó el esfuerzo de pesca como una red de agallas de longitud de 300 m y 1,5 m de altura (450 m<sup>2</sup>), calada durante 24 horas.

El tiempo durante el cual cada una de las redes agalleras fueron caladas en la laguna hasta el momento que fueron retiradas del punto de muestreo, se denomina como tiempo de pesca (T). El tiempo de pesca total en todo el experimento fue de 643 horas para una sola red agallera de 450 m<sup>2</sup> de paño, lo que representa 26,79 unidades de esfuerzo (UE) (Ver ecuación 20).

(Ecuación 20)

$$UE = \frac{T}{24}$$

Luego se elaboró una tabla donde se encuentran los siguientes términos (Monteoliva, De Santocildes. & Criado, 2011), la nomenclatura para esta subsección será utilizada de la manera señalada a continuación:

**Captura en número (C):** Número de individuos capturados.

**Capturas por unidad de esfuerzo (CPUE):** corresponde al número de especímenes acumulado estandarizado a 24 horas de pesca y 350 m<sup>2</sup> de una red agallera.

**Peso fresco total (PFt):** Sumatoria del peso fresco de cada uno de los individuos capturados.

**Porcentaje de captura por unidad de esfuerzo (%CPUE):** La sumatoria de cada uno de los porcentajes de captura por especie da como resultado el 100%.

**Biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE):** corresponde al peso acumulado estandarizado a 24 horas de pesca y 350 m<sup>2</sup> de una red agallera.

**Porcentaje de biomasa por unidad de esfuerzo (%BPUE):** La sumatoria de cada uno de los porcentajes de captura por especie da como resultado el 100%.

**Longitud total media (LT<sub>M</sub>):** Sumatoria de cada una de las medidas de longitud total (LT) de los peces de la misma especie dividida para el número de individuos capturados.

**Peso medio (W<sub>M</sub>):** Promedio de la sumatoria del Pft de todos los individuos capturados de la misma especie.

Para calcular los términos CPUE y BPUE se aplicarán las fórmulas presentadas en la parte inferior (SEDA, 2000) (Ver Ecuación 21 y 22).

(Ecuación 21)

$$CPUE = \frac{C}{UE}$$

(Ecuación 22)

$$BPUE = \frac{PFt}{UE}$$

## ***Cálculos de Biomasa***

Procedemos a calcular la biomasa usando la siguiente fórmula (SEPA, 2000) (Ver Ecuación 19):

(Ecuación 19)

$$B = \frac{BPUE}{A_m * Ef}$$

Donde, B= Biomasa

BPUE = Biomasa por unidad de esfuerzo

$A_m$  = Área de muestreo por unidad de esfuerzo

Ef = Eficiencia del arte de pesca

La eficiencia de las redes agalleras que fue aplicada en el cálculo fue del 80%, este porcentaje es alto ya que es un arte de pesca apto para este tipo de ambiente acuático, para el alcance esperado de los objetivos de la investigación. Otros autores dedicados al campo de la investigación ictiofaunística han trabajado con este nivel de eficiencia con este arte. Sin embargo, se debe considerar que este porcentaje puede variar dependiendo de muchos factores como la geomorfología de la laguna, la velocidad de la corriente, época del año asociada al aumento o disminución del nivel del agua, entre otros factores.

Luego de aplicar la Ecuación 19, se obtuvo el dato de la biomasa total y la biomasa de las pirañas (*Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*) expresada en g de peso húmedo/m<sup>2</sup>. Para obtener la biomasa total y la de las pirañas en la Laguna de Limoncocha, se multiplicó por el área del espejo de agua de la laguna.

Al final se realizó la comparación entre los porcentajes de captura por unidad de esfuerzo (%CPUE) y los porcentajes de la biomasa por unidad de esfuerzo (%BPUE) para las especies de peces más representativas en el número de capturas y en la biomasa respectivamente.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS**

#### **3.1. Presentación de resultados**

##### **3.1.1. Lista de especies de peces en la Laguna de Limoncocha.**

Se registró un total de 266 individuos correspondientes a ocho órdenes, 19 familias, 36 géneros y 43 especies de peces. Siendo el orden Characiformes el de mayor riqueza de familias ( $n = 9$ ); seguido por los órdenes Siluriformes, Gymnotiformes y Perciformes con igual número de familias ( $n = 2$ ); los cuatro órdenes restantes aportan a la estructura poblacional con una familia respectivamente. A nivel de familias, Characidae presentó el mayor número de especies ( $n = 11$ ), seguida por Cichlidae ( $n = 5$ ) y Loricariidae ( $n = 4$ ) (Ver Tabla 5).

**Tabla 5. Lista de especies de peces inventariadas durante los meses de marzo a julio de 2012 en la Laguna de Limoncocha.**

Orden	Familia	Nombre científico
MYLIOBATIFORMES	POTAMOTRYGONIDAE	<i>Potamotrygon motoro</i>
		<i>Potamotrygon</i> sp.
CLUPEIFORMES	ENGRAULIDAE	<i>Anchoviella</i> sp.
CHARACIFORMES	CURIMATIDAE	<i>Curimata aspera</i>
		<i>Potamorhina altamazonica</i>
		<i>Steindachnerina bimaculata</i>
	PROCHILODONTIDAE	<i>Prochilodus nigricans</i>
	ANOSTOMIDAE	<i>Leporinus friderici</i>
	ERYTHRINIDAE	<i>Hoplias malabaricus</i>
	GASTEROPELECIDAE	<i>Thoracocharax stellatus</i>
	SERRASALMIDAE	<i>Pygocentrus nattereri</i>
		<i>Serrasalmus rhombeus</i>
	CHARACIDAE	<i>Aphyocharax</i> sp.
		<i>Astyanax</i> cf. <i>abramis</i>
		<i>Astyanax bimaculatus</i>
		<i>Astyanax fasciatus</i>
		<i>Bryconamericus</i> sp.
		<i>Chrysobrycon hesperus</i>
		<i>Ctenobrycon hauxwellianus</i>
		<i>Moenkhausia dichroua</i>
		<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i>
		<i>Roeboides myersi</i>
		<i>Tetragonopterus argenteus</i>
TRIPORTHEIDAE	<i>Triportheus angulatus</i>	
	<i>Triportheus elongatus</i>	
CRENUCHIDAE	<i>Characidium</i> sp.	
SILURIFORMES	AUCHENIPTERIDAE	<i>Trachelyopterus galeatus</i>
	LORICARIIDAE	<i>Farlowella platyrhynchus</i>
		<i>Hypostomus</i> sp.
		<i>Pterygoplichthys weberi</i>
		<i>Sturisoma</i> sp.
GYMNOTIFORMES	STERNOPYGIDAE	<i>Sternopygus macrurus</i>
	GYMNOTIDAE	<i>Electrophorus electricus</i>
		<i>Gymnotus carapo</i>

**Continuación Tabla 5.**

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>	<b>RIVULIDAE</b>	<i>Anablepsoides cf. limoncochae</i>
		<i>Anablepsoides cf. urophthalmus</i>
<b>PERCIFORMES</b>	<b>SCIAENIDAE</b>	<i>Plagioscion squamosissimus</i>
	<b>CICHLIDAE</b>	<i>Aequidens tetramerus</i>
		<i>Astronotus ocellatus</i>
		<i>Bujurquina</i> sp.
		<i>Crenicichla cincta</i>
		<i>Crenicichla johanna</i>
<b>PLEURONECTIFORMES</b>	<b>ACHIRIDAE</b>	<i>Apionichthys menezesi</i>

*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

En el Anexo B, se encuentran las fotografías de cada una de las especies enlistadas en la Tabla 5 para permitir el reconocimiento de éstas.

En la Tabla 6, se muestra la comparación entre los datos bibliográficos descritos en el Informe de Walsh (2003) (IW) y el presente estudio que se denominará informe ictiofaunístico (ICT). En el IW se reportan 93 especies de peces en la Reserva Biológica de Limoncocha; sin embargo, la lista presente a continuación consta de 62 especies, equivalentes al 66,67% del total de especies registradas para esta localidad.

El ICT presenta una alta riqueza de especies ( $n = 43$ ), equivalentes al 46,24% del total de especies de peces reconocidas en los sistemas hídricos pertenecientes a la RBL. Observando que los muestreos fueron efectuados únicamente en la Laguna de Limoncocha (Ver Tabla 6).

IW e ICT presentan únicamente 22 especies en común (Ver Tabla 6).



**Tabla 6. Tabla comparativa de las especies de peces identificadas en la Reserva Biológica de Limoncocha.**

Orden	Familia	Nombre científico	Carrillo-Moreno, 2012	Walsh, 2003
MYLIOBATIFORMES	POTAMOTRYGONIDAE	<i>Potamotrygon motoro</i>	◇	◇
		<i>Potamotrygon</i> sp.	◇	
CLUPEIFORMES	ENGRAULIDAE	<i>Anchoviella</i> sp.	◇	
CHARACIFORMES	HEMIODONTIDAE	<i>Hemiodus unimaculatus</i>		◇*
	CURIMATIDAE	<i>Curimata aspera</i>	◇	
		<i>Curimata vittata</i>		◇
		<i>Curimatella alburna</i>		◇
		<i>Curimatopsis macrolepis</i>		◇
		<i>Chyphocharax</i> sp.		◇
		<i>Potamorhina altamazonica</i>	◇	
		<i>Potamorhina latior</i>		◇
		<i>Psectrogaster amazónica</i>		◇
	<i>Steindachnerina bimaculata</i>	◇		
	PROCHILODONTIDAE	<i>Prochilodus nigricans</i>	◇	◇
	ANOSTOMIDAE	<i>Leporinus friderici</i>	◇	◇
		<i>Schizodon fasciatus</i>		◇
	ERYTHRINIDAE	<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>		◇
		<i>Hoplias malabaricus</i>	◇	
	LEBIASINIDAE	<i>Copeina guttata</i>		◇
	GASTEROPELECIDAE	<i>Carnegiella strigata</i>		◇
		<i>Thoracocharax stellatus</i>	◇	◇
	CTENOLUCIIDAE	<i>Boulengerella maculata</i>		◇
	ACESTRORHYNCHIDAE	<i>Acestrorhynchus lacustris</i>		◇
	CYNODONTIDAE	<i>Hydrolycus</i> cf. <i>scomberoides</i>		◇*
		<i>Rhaphiodon vulpinus</i>		◇
	SERRASALMIDAE	<i>Mylossoma duriventre</i>		◇
<i>Pygocentrus nattereri</i>		◇	◇	
<i>Serrasalmus rhombeus</i>		◇	◇	

Continuación Tabla 6.

Orden	Familia	Nombre científico	Carrillo-Moreno, 2012	Walsh, 2003
CHARACIFORMES	CHARACIDAE	<i>Aphyocharax</i> sp.	◇	◇
		<i>Astyanax</i> cf. <i>abramis</i>	◇	
		<i>Astyanax bimaculatus</i>	◇	◇
		<i>Astyanax fasciatus</i>	◇	
		<i>Bryconamericus</i> sp.	◇	
		<i>Charax tectifer</i>		◇*
		<i>Chrysobrycon hesperus</i>	◇	
		<i>Ctenobrycon hauxwellianus</i>	◇	
		<i>Gymnocorymbus</i> sp.		◇
		<i>Hemigrammus lunatus</i>		◇
		<i>Hyphessobrycon copelandi</i>		◇
		<i>Jupiaba anteroides</i>		◇*
		<i>Moenkhausia dichroura</i>	◇	
		<i>Moenkhausia sanctaefilomenae</i>	◇	◇
		<i>Phenacogaster pectinatus</i>		◇
	<i>Roeboides myersii</i>	◇		
	<i>Tetragonopterus argenteus</i>	◇	◇	
BRYCONIDAE	<i>Brycon melanopterus</i>		◇	
TRIPORTHEIDAE	<i>Triportheus angulatus</i>	◇		
	<i>Triportheus elongatus</i>	◇	◇	
CRENUCHIDAE	<i>Characidium</i> sp.	◇		
SILURIFORMES	DORADIDAE	<i>Anadoras</i> sp.		◇
		<i>Oxydoras niger</i>		◇*
	AUCHENIPTERIDAE	<i>Ageneiosus</i> sp.		◇
		<i>Auchenipterus nuchalis</i>		◇
		<i>Tatia intermedia</i>		◇
		<i>Trachelyopterus galeatus</i>	◇	◇*
	PIMELODIDAE	<i>Calophysus macropterus</i>		◇
		<i>Leiarius marmoratus</i>		◇
		<i>Pimelodus pictus</i>		◇
		<i>Sorubim lima</i>		◇
	HEPTAPTERIDAE	<i>Pimelodella</i> sp.		◇*
		<i>Rhamdia quelen</i>		◇
	CALLICHTHYIDAE	<i>Corydoras arcuatus</i>		◇

Continuación Tabla 6.

Orden	Familia	Nombre científico	Carrillo-Moreno, 2012	Walsh, 2003
SILURIFORMES	LORICARIIDAE	<i>Ancistrus af. cirrhosus</i>		◇*
		<i>Aphanotorulus unicolor</i>		◇*
		<i>Farlowella platorynchus</i>	◇	◇
		<i>Hypostomus sp.</i>	◇	◇*
		<i>Loricaria simillima</i>		◇
		<i>Peckoltia bachi</i>		◇*
		<i>Pterygoplichthys weberi</i>	◇	◇
		<i>Sturisoma sp.</i>	◇	
GYMNOTIFORMES	STERNOPYGIDAE	<i>Sternopygus macrurus</i>	◇	◇
	GYMNOTIDAE	<i>Electrophorus electricus</i>	◇	◇
		<i>Gymnotus carapo</i>	◇	
CYPRINODONTIFORMES	RIVULIDAE	<i>Anablepsoides cf. limoncochae</i>	◇	◇
		<i>Anablepsoides cf. urophthalmus</i>	◇	
PERCIFORMES	SCIAENIDAE	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	◇	◇
	CICHLIDAE	<i>Aequidens tetramerus</i>	◇	◇
		<i>Astronotus ocellatus</i>	◇	◇
		<i>Bujurquina sp.</i>	◇	
		<i>Cichla monoculus</i>		◇*
		<i>Crenicichla cincta</i>	◇	◇
<i>Crenicichla Johanna</i>	◇			
PLEURONECTIFORMES	ACHIRIDAE	<i>Apionichthys menezesi</i>	◇	
<b>TOTAL</b>			43	62

**Nota:** ◇\* En el informe de Walsh, estas especie de peces se encuentran bajo nombres científicos no válidos actualmente.

*Elaborado por:* Carolina Carrillo-Moreno.

**3.1.2. Resultados del cálculo de la estimación del tamaño poblacional de las especies de piraña *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* mediante el método de captura por unidad de esfuerzo de Leslie-Davis en la Laguna de Limoncocha.**

Para los cálculos, el esfuerzo de pesca estandarizado fue una red agallera con 450 m<sup>2</sup> (300 m x 1,5 m), calada por 24 horas. Se empleó un total de 600 horas de pesca, aplicándose 25 unidades de esfuerzo de pesca (UE).

Se capturaron 36 especímenes correspondientes a las dos especies de pirañas reportadas en la Laguna de Limoncocha: *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*. Contando 19 ejemplares de *P. nattereri* y 17 ejemplares de *S. rhombeus*.

Se registró los datos de captura acumulada (Kt) vs captura (Ct) en la Tabla 7.

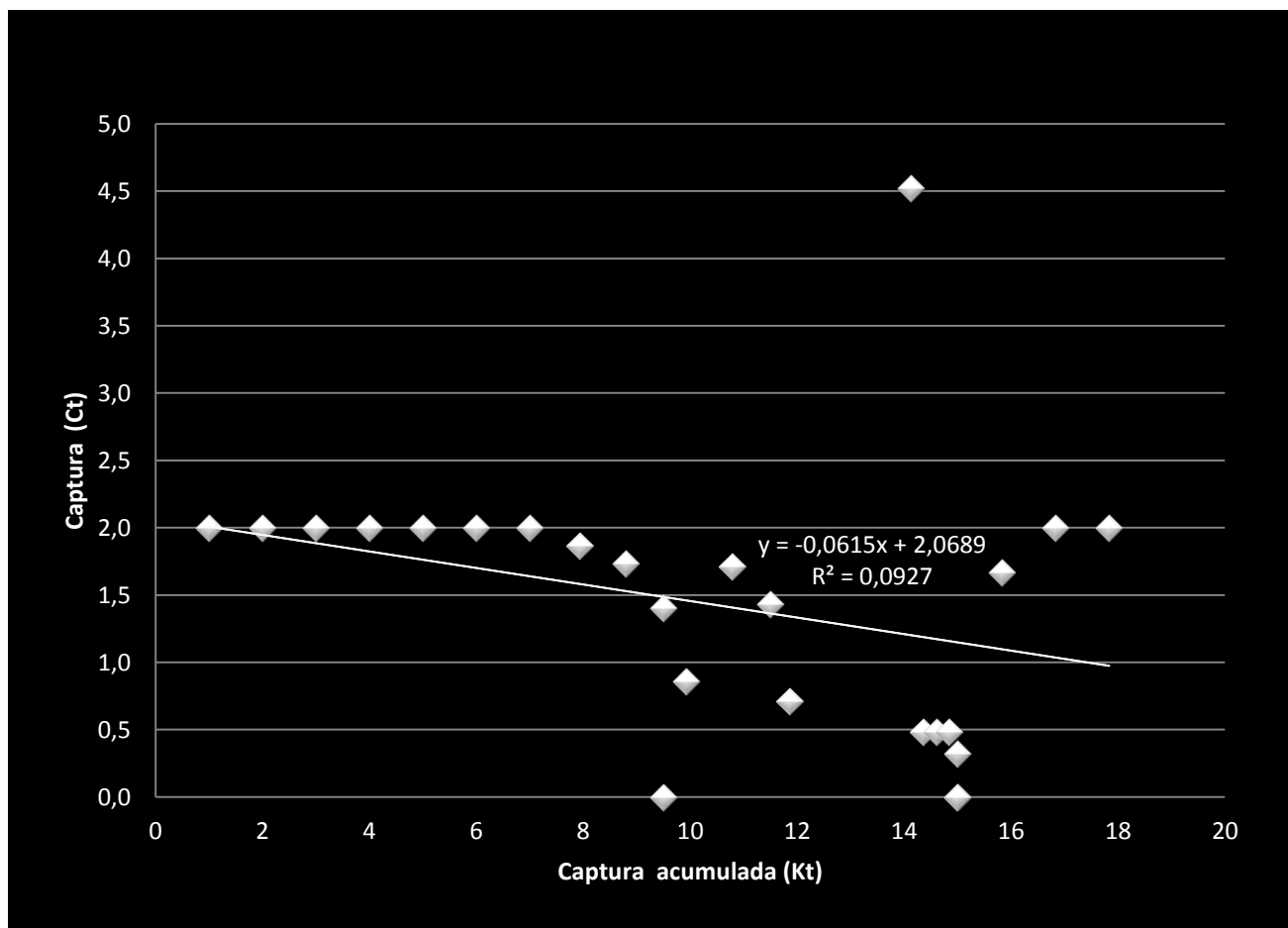
**Tabla 7. Datos obtenidos a partir de la captura de pirañas con redes agalleras en la Laguna de Limoncocha.**

<b>MÉTODO DE CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO (Leslie-Davis)</b>		
<b>Número de muestra</b>	<b>Captura acumulada (Kt)</b>	<b>Captura (Ct)</b>
1	1,0	2,0
2	2,0	2,0
3	3,0	2,0
4	4,0	2,0
5	5,0	2,0
6	6,0	2,0
7	7,0	2,0
8	7,9	1,9
9	8,8	1,7
10	9,5	1,4
11	9,5	0,0
12	9,9	0,9
13	10,8	1,7
14	11,5	1,4
15	11,9	0,7
16	14,1	4,5
17	14,4	0,5
18	14,6	0,5
19	14,8	0,5
20	15,0	0,3
21	15,0	0,0
22	15,0	0,0
23	15,8	1,7
24	16,8	2,0
25	17,8	2,0

*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

En esta tabla, se exponen los datos de captura, esto es el número de pirañas (especie de interés en este estudio) obtenidas en cada extracción, frente a las capturas acumuladas.

**Figura 9. Diagrama de dispersión y línea de tendencia obtenida por regresión de mínimos cuadrados.**



*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

A partir de los datos obtenidos con el método de Leslie-Davis, se cuantificó la relación entre ambas variables, aplicando una regresión por mínimos cuadrados, modelo con el cual se obtuvo la línea de tendencia de ecuación  $C_t = -0,0615K_t + 2,0689$  (Ver Figura 9).

Cuando  $C_t = 0 \implies K_t = 33,66 \sim 34$

Según la metodología, se tiene el supuesto de que el número de individuos que se capturan es proporcional al número de individuos que existen en la población, por lo que al realizar repetidos muestreos de un área: el número de individuos de la población irá disminuyendo, así como lo hará el número de capturas por unidad de esfuerzo. Si se continuara muestreando, llegaría un momento en que se capturaría el total de dicha población. Matemáticamente y tras la resolución de la ecuación expuesta con anterioridad, ese suceso se expresa así: cuando el valor de captura ( $C_t$ ) llega a cero, entonces la captura acumulada es igual a 34 pirañas por unidad de esfuerzo. Dicho de otra forma, en un área muestral de  $450 \text{ m}^2$  se encuentra una población de 34 pirañas. Finalmente, extrapolando este resultado para el área total del espejo de agua de la Laguna de Limoncocha (230 ha), se calcula que existen 172.040 individuos.

La correlación lineal entre las variables de captura y captura acumulada (Ver Figura 9), expresada a través del coeficiente de correlación ( $R = -0,3045$ ), demuestra que presentan una correlación lineal negativa débil. El coeficiente de correlación es la medida cualitativa que indica la “fuerza de la correlación”; en este caso presentar una correlación débil implica que la dispersión de los

puntos es amplia y que existe una menor interrelación entre los datos o el grado de la intensidad de la relación lineal existente entre las dos variables. Mientras que la correlación negativa indica que la relación entre las variables es inversamente proporcional, es decir, que a menor sea la captura acumulada, mayor será la captura y viceversa.

La Tabla 8, se construyó utilizando los datos recogidos hasta la finalización del experimento. Con estos datos se calcularon los límites de confianza para la estimación del tamaño poblacional.



**Tabla 8. Tabla elaborada a partir de los datos de la captura de pirañas con redes agalleras en la Laguna de Limoncocha.**

Número de muestra	Captura acumulada (Kt)	Captura (Ct)	Kt <sup>2</sup>	Kt Ct	Ct <sup>2</sup>
1	1,0	2,0	1,0	2,0	4,0
2	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0
3	3,0	2,0	9,0	6,0	4,0
4	4,0	2,0	16,0	8,0	4,0
5	5,0	2,0	25,0	10,0	4,0
6	6,0	2,0	36,0	12,0	4,0
7	7,0	2,0	49,0	14,0	4,0
8	7,9	1,9	62,9	14,8	3,5
9	8,8	1,7	77,4	15,2	3,0
10	9,5	1,4	90,3	13,4	2,0
11	9,5	0,0	90,3	0,0	0,0
12	9,9	0,9	98,6	8,5	0,7
13	10,8	1,7	116,3	18,5	2,9
14	11,5	1,4	132,3	16,4	2,0
15	11,9	0,7	140,6	8,5	0,5
16	14,1	4,5	199,4	63,9	20,5
17	14,4	0,5	206,2	6,9	0,2
18	14,6	0,5	213,2	7,0	0,2
19	14,8	0,5	220,2	7,1	0,2
20	15,0	0,3	225,0	4,8	0,1
21	15,0	0,0	225,0	0,0	0,0
22	15,0	0,0	225,0	0,0	0,0
23	15,8	1,7	250,7	26,4	2,8
24	16,8	2,0	283,4	33,7	4,0
25	17,8	2,0	318,0	33,7	4,0
<b>Total</b>	<b>261,2</b>	<b>35,7</b>	<b>3314,6</b>	<b>336,7</b>	<b>74,7</b>

*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

De las raíces de la ecuación cuadrática siguiente, se calculan los límites de confianza para la estimación del tamaño poblacional.

$$N^2 (q^2 - tp^2 Syx^2 C_{22}) - 2 (q^2 N_0 - tp^2 Syx^2 C_{12})N + (q^2 N_0^2 - tp^2 Syx^2 C_{11}) = 0$$

$$N_1 = -19,64 \sim -20$$

$$N_2 = 55,30 \sim 55$$

Los límites de confianza del 95% para los que se estima que se encuentre el verdadero valor del tamaño inicial de la población de pirañas ( $N_0$ ) se encuentra entre:

$$-20 \leq N_0 \leq 55$$

En este caso dentro del conjunto de valores admisibles no es posible que  $N_0 > 0$ , por lo cual los límites de confianza definitivos se hallan entre:

$$0 < N_0 \leq 55$$

Se debe tomar en cuenta que estos límites de confianza, se calcularon para el área muestral de 450 m<sup>2</sup>. Al extrapolar este resultado para el área de la Laguna de Limoncocha (230 ha), se estima que el verdadero número del tamaño poblacional se encuentra entre los 5.111 a los 281.111 individuos.

### **3.1.3. Resultados del cálculo de Biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha.**

#### **3.1.3.1. Captura con redes agalleras.**

Se capturaron 20 diferentes especies de peces de talla mediana y una especie pequeña (*Anchoiella* sp). Esta última especie no se tomó en cuenta para los cálculos de biomasa debido a que las artes de pesca usadas no eran adecuadas para esta especie, ni las muestras recogidas significativas dentro del cálculo (Ver Tabla 9).

Con el uso de las redes agalleras se capturaron las dos especies de pirañas reportadas en la Laguna de Limoncocha: *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*. Se capturaron 19 ejemplares de *P. nattereri* y 17 ejemplares de *S. rhombeus* (Ver Tabla 9).

**Tabla 9. Especies capturadas con redes agalleras en la Laguna de Limoncocha.**

N°	Especies	Nombre común	Número Individuos	Peso fresco total [g]
1	<i>Prochilodus nigricans</i>	Bocachico	13	9716,00
2	<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piraña	19	4334,05
3	<i>Potamorhina altamazonica</i>	Yaguariche	19	3892,42
4	<i>Pterygoplichthys weberi</i>	Carachama	9	3736,69
5	<i>Hoplias malabaricus</i>	Guanchiche	8	3059,43
6	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piraña	17	2212,76
7	<i>Roeboides myersi</i>	Dientón	34	1899,85
8	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Corvina	7	1555,89
9	<i>Triportheus elongatus</i>	Pez hacha	14	1484,00
10	<i>Leporinus friderici</i>	Ratón	13	1313,00
11	<i>Trachelyopterus galeatus</i>	Bagre gordito	6	1121,26
12	<i>Potamotrygon</i> sp.	Raya	1	848,00
13	<i>Potamotrygon motoro</i>	Raya	3	836,13
14	<i>Apionichthys menezesi</i>	Lenguado	3	791,00
15	<i>Astronotus ocellatus</i>	Acarahua	2	654,19
16	<i>Crenicichla cincta</i>	Chuti	3	370,69
17	<i>Bujurquina</i> sp.	Vieja	3	340,50
18	<i>Steindachnerina bimaculata</i>	Boquiche	5	253,70
19	<i>Curimata aspera</i>	Boquiche	3	204,12
20	<i>Crenichla Johanna</i>	Chuti	2	102,00
	<b>Total</b>		184	38725,68

*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

En esta tabla se detallan todas las especies capturadas durante las jornadas de muestreo con las redes agalleras. Se incluye el nombre común de cada una de las especies, el número de individuos pescados durante todo el estudio, y el peso fresco total (PF t), medida que debe ser tomada a los peces mientras estén vivos, expresado en gramos.

### 3.1.3.2. Cálculo de Biomasa total y Biomasa de pirañas.

Para los cálculos, el esfuerzo de pesca estandarizado fue una red agallera con 350 m<sup>2</sup> (300 m x 1,5 m), calada por 24 horas.

**Tabla 10. Resultados de la pesca con redes agalleras por especies en la Laguna de Limoncocha (C: Capturas; CPUE: Captura por unidad de esfuerzo; PF t: Peso Fresco Total; BPUE: Biomasa por unidad de esfuerzo, LT<sub>M</sub>: Longitud Total media; W<sub>M</sub>: Peso medio).**

N°	Especies	C	CPUE	%CPUE	PF t [g]	BPUE [g]	%BPUE	LT <sub>M</sub> [cm]	W <sub>M</sub> [g]
1	<i>Prochilodus nigricans</i>	13	0,49	7,07	9716,00	362,65	25,09	35,23	747,38
2	<i>Pygocentrus nattereri</i>	19	0,71	10,33	4334,05	161,77	11,19	20,00	228,11
3	<i>Potamorhina altamazonica</i>	19	0,71	10,33	3892,42	145,28	10,05	23,01	204,86
4	<i>Pterygoplichthys weberi</i>	9	0,34	4,89	3736,69	139,47	9,65	32,00	415,19
5	<i>Hoplias malabaricus</i>	8	0,30	4,35	3059,43	114,19	7,90	33,25	382,43
6	<i>Serrasalmus rhombeus</i>	17	0,63	9,24	2212,76	82,59	5,71	17,70	130,16
7	<i>Roeboides myersi</i>	34	1,27	18,48	1899,85	70,91	4,91	15,60	59,37
8	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	7	0,26	3,80	1555,89	58,07	4,02	25,07	222,27
9	<i>Triporthus elongatus</i>	14	0,52	7,61	1484,00	55,39	3,83	21,92	106,00
10	<i>Leporinus friderici</i>	13	0,49	7,07	1313,00	49,01	3,39	17,52	101,00
11	Otras especies (10)	31	1,16	16,85	5521,59	206,09	14,26	20,21	178,12
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>184</b>	<b>6,87</b>	<b>100,00</b>	<b>38725,68</b>	<b>1445,44</b>	<b>100,00</b>	<b>21,72</b>	<b>210,47</b>

Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.

El total de las capturas con las redes agalleras fue de 184 peces con un peso total de 38,72 kg, lo equivale a 6,87 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 1,45 kg de BPUE. Se empleó un total de 643 horas de pesca repartidas entre las redes usadas, es decir, se aplicaron 26,79 unidades de esfuerzo de pesca (Ver Tabla 10).

El total de capturas con redes agalleras fue de 36 pirañas con un peso total de 6,55 kg, equivalente a 1,34 CPUE (ejemplares capturados por unidad de esfuerzo) y 0,24 kg de BPUE (Ver Tabla 10).

La longitud total media expresa el promedio de la longitud total de cada individuo dividido para el número de individuos capturados, así como el peso medio que expresa la sumatoria del peso fresco de todos los individuos capturados para el número de individuos.

Para *Pygocentrus nattereri*, se calculó un peso medio calculado correspondiente a 228,11 g de peso húmedo y una longitud total media de 20 cm. Mientras que el individuo capturado más pequeño pesaba 43 g y medía 12,5 cm; y el individuo capturado más grande pesaba 353 g y medía 23 cm.

Para *Serrasalmus rhombeus*, se calculó un peso medio de 130,16 g de peso húmedo y una longitud total media de 17,7 cm. El individuo capturado más pequeño pesaba 33 g y medía 12 cm; mientras que el individuo capturado más grande pesaba 269 g y medía 24 cm.

A partir de los datos de la tabla anterior se calculó la biomasa total y la biomasa de pirañas (Ver Tabla 11).

**Tabla 11. Biomasa total y biomasa de pirañas en la Laguna de Limoncocha.**

<b>Biomasa Total</b>	<b>BPUE [g]</b>	1445,44
	<b>Área muestreo de UE [m<sup>2</sup>]</b>	450,00
	<b>Eficiencia del Arte de pesca</b>	0,80
	<b>Biomasa Total [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>4,02</b>
<b>Biomasa de Pirañas</b>	<b>BPUE [g]</b>	244,36
	<b>Área muestreo de UE [m<sup>2</sup>]</b>	450,00
	<b>Eficiencia del Arte de pesca</b>	0,80
	<b>Biomasa Total [g/m<sup>2</sup>]</b>	<b>0,68</b>

*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

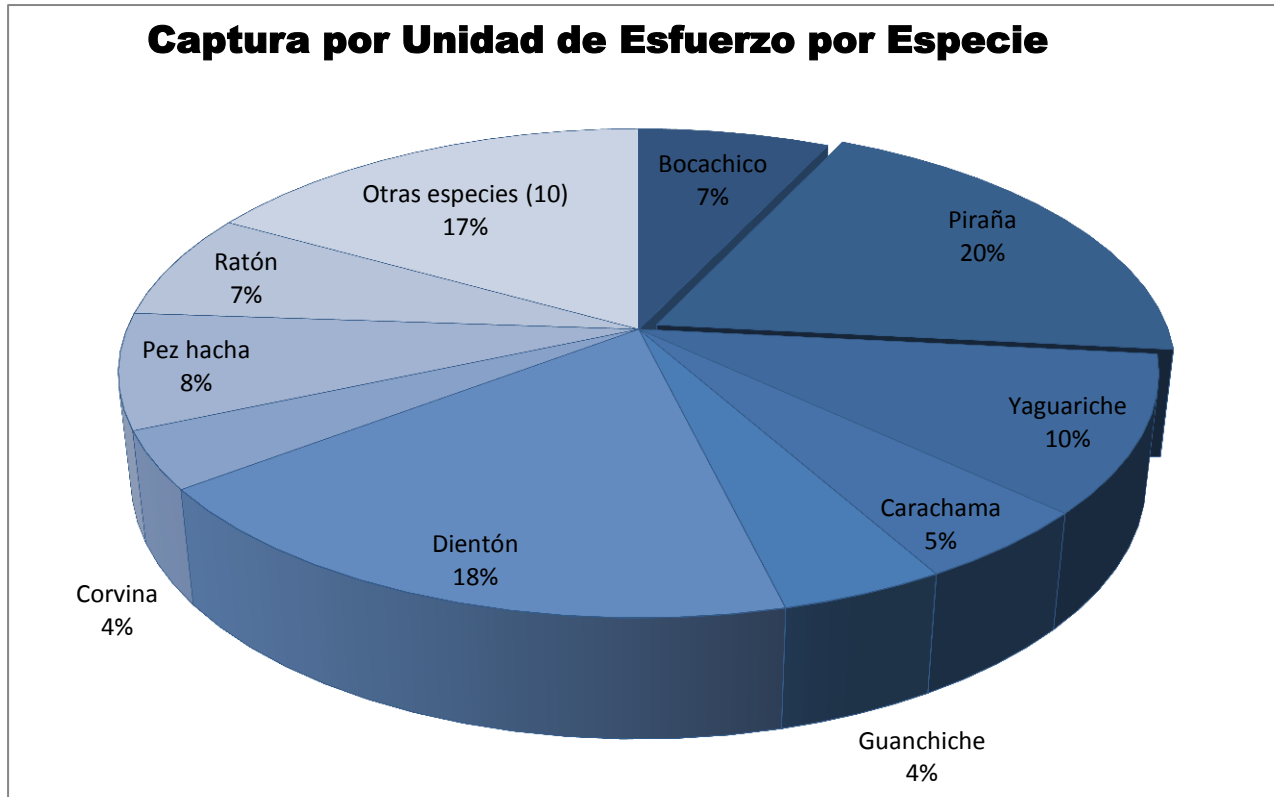
Se calculó la biomasa considerando una eficiencia de las redes agalleras de 80%, lo cual representa un porcentaje alto.

La biomasa total calculada es de 4,02 g de peso húmedo /m<sup>2</sup>, o 40,2 kg de peso húmedo/ha. De este total el 17% de la biomasa corresponde a las pirañas, siendo su biomasa de 0,68 g de peso húmedo/m<sup>2</sup>, o 6,8 kg de peso húmedo/ha (Ver Tabla 11).

Relacionando estos valores, con el área de 230 ha de la Laguna de Limoncocha se calculó que existen 9246 kg (9,25 t) de biomasa total y 1564 kg (1,56 t) corresponden a la biomasa de las pirañas.

En el gráfico de porcentajes de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) especificado por especies se muestra que la especie más abundante son las pirañas representando el 20%, seguidas por el 18% de los dientones (*Roeboides myersii*), el 10% de los yaguariches (*Potamorhina altamazonica*) y el 8% de los peces hacha (*Triportheus elongatus*) (Ver Figura 10).

**Figura 10. % Captura por Unidad de Esfuerzo (%CPUE) por grupos de peces capturados en la Laguna de Limoncocha.**

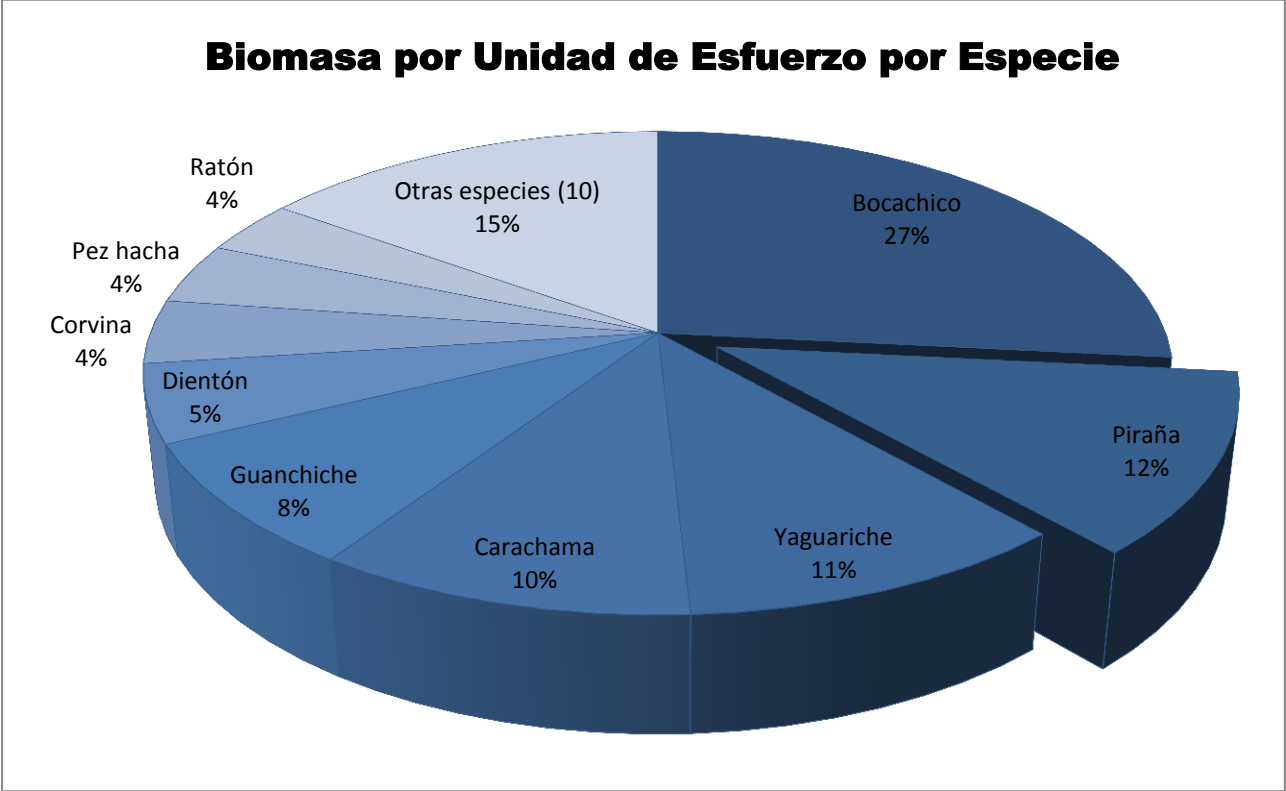


*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

Mientras que en el gráfico de porcentajes de biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE) muestra que la especie más representativa es el bocachico (*Prochilodus nigricans*) con 27%, luego se encuentran las pirañas con un 12%, los yaguariches (*Potamorhina altamazonica*) con el 11% y las carachamas (*Pterygoplichthys weberi*) con el 10% (Ver Figura 11).



**Figura 11. % Biomasa por Unidad de Esfuerzo (%BPUE) por grupos de peces capturados en la Laguna de Limoncocha.**



*Elaborado por: Carolina Carrillo-Moreno.*

### 3.2. Análisis de Resultados

El inventario ictiofaunístico se elaboró a partir de muestreos biológicos efectuados únicamente durante la época de lluvias cuando el nivel de las aguas sube, esto influyó en los resultados debido a que durante esta época es más difícil coleccionar ictiofauna. El esfuerzo y el tiempo de pesca invertidos para el número de individuos coleccionados son altos considerando que la ictiofauna es correspondiente con la registrada para la várzea, que suele ser muy abundante en este tipo de formaciones vegetales (Kricher, 2010). Además, la dinámica poblacional en los peces amazónicos está fuertemente influenciada por el pulso de las inundaciones (Goulding, 1980; Goulding *et al.*, 1988 citado en Bodmer *et al.*, 2007), la composición de las especies cambia de acuerdo a la época. La época de lluvias favorece la presencia de especies migratorias, como el bocachico, la mayoría de gran tamaño, que durante la época seca migrarían para encontrar refugio, alimento y para reproducirse (Saul, 1975).

Se mencionó que entre los órdenes de mayor riqueza se encontraron: los Characiformes ( $n = 9$ ), seguido de los Siluriformes, Gymnotiformes y Perciformes con igual número de familias ( $n = 2$ ); esto era lo esperado debido a que estos órdenes son predominantes en los ecosistemas de aguas dulces de la Amazonía Sudamericana (Galvis, Mojica, & Camargo, 1997; Galvis *et al.*, 2006; Machado-Allison, 2006). Aunque el tipo de las artes de pesca y su eficiencia son determinantes, en este estudio el arte de pesca más eficiente en la laguna fueron las redes agalleras, con las cuales se capturaron el 48,83% del total de especies registradas, asimismo el 47,82% de las especies de Characiformes, el 40% de los Siluriformes y el 80% de los Perciformes. Sin embargo, las redes agalleras son poco eficientes para capturar peces de tamaño pequeño, bentónicos y sin

escamas. Es claro que los resultados ratifican esta tendencia al predominar las especies de tamaño mediano a grande y la baja riqueza de especies de Siluriformes capturados, lo cual contrasta con lo mencionado en Walsh (2003) donde se indica que hay una riqueza mucho mayor de ictiofauna perteneciente a este orden.

Mientras que para los sistemas lóticos, el arte de pesca más eficiente fue la red de arrastre con la que se capturaron el 25,58% del total de las especies registradas en el estudio y un 84,6% del total de especies registradas en ambos ríos. Si se aumentara el tiempo efectivo de pesca y el esfuerzo invertido en los ríos, la riqueza de especies registradas también aumentaría. Además, en época seca se esperaría capturar la mayoría de estas especies en la zona litoral de la laguna.

La ictiofauna presente en los ecosistemas lénticos como la Laguna de Limoncocha así como los ecosistemas lóticos de la Reserva Biológica de Limoncocha, varía dependiendo de las diferencias en las condiciones ambientales, parámetros físico-químicos, formaciones vegetales circundantes, morfología, velocidad de la corriente de agua, entre otros. También se debe tomar en cuenta que existen grandes diferencias entre la composición de peces que se encuentran en la Laguna de Limoncocha y los que están en la Laguna Negra. En la Laguna de Limoncocha las actividades de pesca de subsistencia se efectúan durante todas las épocas del año, éstas influyen claramente en la composición de los peces; mientras que en la Laguna Negra prácticamente no hay intervención humana, por lo cual este sitio podría ser un refugio natural para los peces. Sin embargo, no se debe olvidar que se refieren a la similitud de especies en cuanto a la presencia o ausencia, es de carácter cualitativo, por lo cual no se tiene información de la similitud de las abundancias entre especies.

Las pirañas se capturaron en casi todos los puntos de muestreo, aunque se constató su presencia en los otros puntos debido a las mordeduras observadas en otros especímenes atrapados en las redes agalleras. Sin embargo, debido a la metodología utilizada para los cálculos de la estimación poblacional y de la biomasa de *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*, estas observaciones no fueron relevantes.

En las redes agalleras, la selectividad se evitó parcialmente usando diferentes ojos de malla. Aunque, el rango de tallas de las pirañas capturadas van de 12,5 a 23 cm para *Pygocentrus nattereri* y de 12 a 24 cm para *Serrasalmus rhombeus*. Según observaciones, la mayoría de las pirañas fueron adultas; también se conoce por entrevistas con los pescadores y la observación directa, que existen especímenes de mayor tamaño y peso. Los hábitos alimenticios de estas pirañas cambian de acuerdo a las diferentes etapas de su vida, ésto también influiría en el resultado, ya que los peces atrapados en las redes son alimento, especialmente de pirañas adultas, por lo que estos grupos serán más propensos a ser capturados.

Los sistemas lénticos como la Laguna de Limoncocha constituyen refugios naturales para diversas especies de peces durante el estadio juvenil de su ciclo de vida. Las raíces de las macrófitas son un hábitat destacado para la fauna íctica, sobretodo en la época seca, para los individuos de talla menor a los 7 cm de longitud, y para los juveniles que podrían conformar la mayoría predominante; entre estos peces también se encuentran las pirañas juveniles. Por lo cual encuentran en este medio un ambiente favorable con suficiente alimento y se esperaría que la abundancia de pirañas sea mayor a la calculada (Goulding, 1980; Sánchez-Botero & Araújo-Lima, 2001).

La gestión de los recursos pesqueros en la RBL no es óptima debido a la poca información existente. La investigación de los peces, en especial de aquellas especies en las que se enfocan las actividades pesqueras, es de vital importancia para apoyar la gestión y así garantizar el carácter autorenovable de los mismos. Parte de la investigación se enfoca en modelos de evaluación del recurso, la profundidad de los análisis dependerán de la cantidad y calidad de la información disponible. Por lo cual, aún ante el desconocimiento de la dinámica poblacional de la ictiofauna se pueden evaluar estas poblaciones, sin embargo, para este propósito se usan métodos especiales o particulares para estimar el tamaño poblacional, biomasas, capturas potenciales.

Siempre se toma en cuenta la dinámica poblacional para gestionar los recursos biológicos, en el caso de pesquerías es esencial este conocimiento; dado por el estudio de los cambios que sufren las poblaciones, en conjunto con los factores que los provocan y los mecanismos por los cuales se producen. Hay que tomar en cuenta que los integrantes de cada población cambian con el tiempo, variando también la estructura y composición de la población; tendiendo a aumentar, a disminuir o a permanecer en equilibrio, siempre que exista un balance entre los nacimientos, muerte, inmigración y emigración de estas poblaciones (Csirke, 1993).

Además, se debe tomar en cuenta que en la vida de los peces se presenta otro cambio de estado, relacionado con la explotación pesquera. A medida que los peces crecen, modifican su tamaño, la localización y/o hábitos de los peces que hacen que por primera vez puedan ser detectado y capturados por los métodos de pesca existentes, esto en la biología pesquera se conoce como reclutamiento y su ocurrencia, determina la separación en dos fases la vida de los peces: la fase prerecluta y la fase posrecluta. En la fase posrecluta, los peces se integran a la población explotable o stock, cambio que ocurre cuando los individuos alcanzan el estado adulto o se encuentran en un estadio juvenil más o menos avanzado, y es esta parte de la población a la que

normalmente se le pone interés en conocer, con fines de administración y explotación pesquera (Csirke, 1993).

Para este estudio se usaron métodos basados en las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE), estos métodos son relativos ya que no se realizó un conteo total de los especímenes de pirañas en la Laguna de Limoncocha. Además se debe tomar en cuenta los siguientes supuestos: 1. Existe una relación lineal entre las CPUE y la densidad absoluta (capturas proporcionales al esfuerzo invertido); 2. La población debe estar en equilibrio (Las tasas de mortalidad y emigración son compensadas por las tasas de natalidad e inmigración); 3. Las unidades de esfuerzo (UE) operan independientemente (La UE usada no afecta la probabilidad de captura en las siguientes ocasiones de pesca); 4. El coeficiente de capturabilidad se mantenga constante durante el estudio; 5. Cada individuo de la población tenga la misma probabilidad de ser capturado (Vila & Naspleda, 2009).

Uno de los principales limitantes en el método de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) consiste en el uso del arte de pesca ya que no permite capturar la totalidad de peces presentes en una zona o tramo determinado durante el experimento, pero se puede conocer el porcentaje de peces capturados del total lo que se determina el coeficiente de capturabilidad ( $q$ ). Este coeficiente de capturabilidad depende de diversos factores como la especie objetivo, la época del año, las condiciones hidrológicas, la eficiencia del arte de pesca; por lo que se debe tratar de que todas las condiciones sean similares, de no ser posible este variará y la influencia en los cálculos de estimación de tamaño poblacional será determinante. Estos factores extrínsecos e intrínsecos disminuirán la exactitud de las estimaciones obtenidas a partir de las CPUE.

El CPUE es un índice de abundancia (Morales-Bojórquez, 1995; Zamora, Vila & Naspleda, 2009), el más usado al tratar la ecología de peces (Zamora *et al.*, 2009), con el que se espera obtener un reflejo del tamaño real de la población, de modo que si el índice varía se supondrá la variación en el tamaño poblacional, siempre y cuando se tengan controlados factores como los mencionados en el párrafo anterior; entonces el CPUE también muestra los cambios de la densidad o tamaño poblacional (Villordo-Galván, 2005).

Con el método de captura por unidad de esfuerzo propuesto por Leslie-Davis, en este estudio, estadísticamente no se obtuvo un coeficiente de correlación lineal significativo (Ver Figura 8), lo cual deja un rango de error en los cálculos. Por lo cual sería necesario realizar un mayor número de observaciones para lograr una muestra suficientemente grande y así disminuir el error de estimación, de ser posible se debería realizar en diferentes épocas del año. Asimismo, el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) puede explicar el 9% de la variación total observada en la variable de las capturas ( $C_t$ ), por lo que se debe tomar en cuenta otros factores de incidencia que influirían en la aplicación del método.

La estimación poblacional de las especies de piraña en la Laguna de Limoncocha, con el método de Leslie-Davis, dio como resultado que la captura acumulada es igual a 34 individuos por unidad de esfuerzo (CPUE), dicho de otra forma en un área de 450 m<sup>2</sup> se encuentran 34 individuos de las especies de piraña. Hallándose los límites de confianza entre 1 a 55 individuos por unidad de esfuerzo. De este modo, obtuvimos también el cálculo del CPUE en la sección 3.1.3.2 que dio como resultados: 1,34 pirañas capturadas y 6,87 peces capturados por unidad de esfuerzo respectivamente, es decir, para la misma área muestral (450 m<sup>2</sup>). Para señalar que estas estimaciones están dentro de un rango real se mostrarán a continuación resultados de otros estudios, sin embargo no se efectuará una comparación directa debido a que son datos que

incluyen al total de las especies de peces expresados por  $m^2$ . En Lasso (2001) se describió que la densidad íctica obtenida en el Río Negro fue de  $3,8 \text{ peces}/m^2$ , siendo un resultado ligeramente superior en comparación con los ríos de la cabecera del Escudo Guayanés con características de aguas negras y claras, pobres en nutrientes ( $0,08$  a  $2,7 \text{ peces}/m^2$ , promedio =  $1,1 \text{ peces}/m^2$ ), pero que se encuentran muy por debajo de la densidad íctica obtenida en ríos más productivos de las tierras bajas de la Guayana Venezolana ( $32$  a  $104 \text{ peces}/m^2$ , promedio =  $63 \text{ peces}/m^2$ ).

En la estimación poblacional de las especies de piraña en la Laguna de Limoncocha realizada con el método de Leslie-Davis, uno de las mayores fuentes de error suele deberse a las variaciones en la capturabilidad (y en general en los métodos utilizados para estimar la abundancia de poblaciones ícticas). Esto se debe a que la capturabilidad está sujeta a la influencia de una amplia diversidad de factores que pueden actuar sobre ella o sobre el comportamiento particular de los peces o de los pescadores, facilitando o dificultando las relaciones de captura y entre capturas. Otros factores que pueden incidir son los externos como los aspectos de diseño y ejecución del experimento, ambientales como la zonación del área, la temperatura, la lluvia u otro tipo de factores incidentales como la pérdida de equipos durante el experimento o el daño de los mismos por el motor de otros botes o por animales como los caimanes (Lobón-Cervía, 1991). El número de factores de incidencia pueden influir directamente, y en ocasiones provocar variaciones muy extremas en los resultados, como en este caso donde se obtuvo una sobreestimación del tamaño poblacional de las especies de pirañas en la laguna.

La biomasa calculada está relacionada con el rango de tallas de los especímenes capturados durante el experimento, siendo este parámetro influyente en estos cálculos, presentando un sesgo en los resultados.



La biomasa total calculada en la Laguna de Limoncocha es de 4,02 g de peso húmedo /m<sup>2</sup>, siendo un valor más bajo que el obtenido en la estación 3 del Río Negro en la Amazonía boliviana que fue de 38,3 g de peso húmedo /m<sup>2</sup>; así como en otro río de las tierras bajas del Escudo Guayanés en Venezuela con características ecológicas parecidas a las del Río Negro en el que se calculó un intervalo entre 6,1 a 63,4 g/m<sup>2</sup> (Lasso, 2001). Por el contrario es mucho mayor que la registrada en ríos de aguas negras y claras, pobres en nutrientes de la parte alta del Escudo Guayanés con valores de 0,6 a 5,5 g de peso húmedo /m<sup>2</sup>. Siendo que los lagos de várzea como Limoncocha se caracterizan por tener una gran diversidad de ictiofauna debido a que en estas zonas se encuentra abundante alimento y refugio para sus procesos reproductivos (Goulding *et al.*, 1996 citado en Bodmer *et al.*, 2007), la determinación de la biomasa calculada es un valor factible de considerar.

El tamaño poblacional y la biomasa estimados corresponden a la captura de especímenes con tallas comerciales sobre los cuales se ejerce presión pesquera directa. Una forma de corregir este error en la estimación consiste en la separación de los individuos por clases de tallas y realizar el procedimiento de análisis de datos por cada clase; logrando la estimación poblacional y cálculo de biomasa sumando los resultados de cada una, que fueron obtenidas independientemente; lo cual se podría realizar en estudio posteriores (Morales-Bojórquez, 1995; Zamora *et al.*, 2009). En este estudio no se abarcó a la totalidad de la población, esto es válido para la fracción de la población sometida a mortalidad por pesca (fase posrecluta), sobre la cual también influye directamente la CPUE y la capturabilidad.

La especie más representativa en peso húmedo durante el experimento fue el bocachico (*Prochilodus nigricans*) con 27%, lo cual se debe a su gran tamaño y peso, sin embargo presentaron un 7% de capturas por unidad de esfuerzo. Porcentajes que podrían variar ampliamente dependiendo de la época del año, ya que son una especie migratoria; además, sobre

estas poblaciones se ejerce una gran presión antropogénica, por ser el objetivo principal de los pescadores en la Laguna y apetecido por los pobladores locales debido a la calidad y sabor de su carne. Se debe tomar en cuenta este dato para enfatizar el manejo de esta especie, posiblemente determinar épocas de veda para permitir que la población se recupere en la temporada de reproducción.

Las pirañas por su lado fueron las segundas más representativas en peso (12%), debido a que expresaron el porcentaje más alto (20%) de capturas por unidad de esfuerzo. Esta abundancia hace que sean especies que constituyen un porcentaje significativo de biomasa en la Laguna de Limoncocha. La abundancia de estas especies, en cantidad y biomasa, permite apreciar el aparente equilibrio ecológico que aún existe en la Laguna de Limoncocha, a pesar de la sobrepesca que se observa, ya que las pirañas, al encontrarse entre los niveles tróficos altos, son capaces de controlar las poblaciones de otras especies de peces.

Por lo tanto, no solo son importantes en el flujo energético en sus ecosistemas, sino también son un aporte energético, al ser alimento para los pescadores locales y sus familias. Según Gómez (2005), una familia de esta zona consume aproximadamente 4,54 kg de carne de pescado/semana. Se reporta que la composición de la carne de una piraña (*Pygocentrus nattereri*) corresponde a 8,2% de grasa, 15% de proteína y 4,4% de cenizas, muy similar a valores registrados para otras especies de peces (citado en Pauly, 1994). El valor energético por cada 100 gramos de carne de pescado para especies de carácidos amazónicos como el bocachico (*Prochilodus nigricans*) y el guanchiche (*Hoplias malabaricus*) son de 100 y 102 kilocalorías respectivamente, por lo que se asumirían valores similares para las pirañas (Instituto Nacional de Nutrición, 1965). Sin embargo, como se había mencionado las pirañas no se comercializan, así que su consumo no es generalizado para todas las familias en todo momento.

## CAPITULO IV

### DISCUSIÓN

#### 4.1. Conclusiones

Se registraron ocho órdenes, 19 familias, 36 géneros y 43 especies de peces en la Laguna de Limoncocha. Siendo el orden Characiformes el de mayor riqueza de familias ( $n = 9$ ); seguido por los órdenes Siluriformes, Gymnotiformes y Perciformes con igual número de familias ( $n = 2$ ), lo cual es similar a resultados de otros estudios en la región amazónica. De igual manera, el orden Characiformes es el más abundante representando el 65,41% de los peces capturados, seguido del orden Perciformes con 8,27% y Siluriformes con 6,39%.

A nivel de familias, Characidae presentó el mayor número de especies ( $n = 11$ ), seguida por Cichlidae ( $n = 5$ ) y Loricariidae ( $n = 4$ ). La familia con mayor abundancia fue Characidae con 29,32%.

El 79,07 % de las especies colectadas en este estudio se encontraron en la Laguna de Limoncocha, presentando una alta riqueza ( $n = 43$ ), en comparación a las otras dos localidades muestreadas (Río Pishira y Río Playayacu).

La estimación del tamaño poblacional de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* a través del método de Leslie-Davis se encontró en el rango de los 5.111 a los 281.111 individuos para el área de la Laguna de Limoncocha durante la época lluviosa.

La correlación existente entre la captura (Ct) y la captura acumulada (Kt) no era significativa, por lo cual el coeficiente de capturabilidad tampoco era representativo de todos los datos.

La biomasa calculada de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* durante la época lluviosa es de 1.564 kg o 1,56 t de peso húmedo, representando el 17% de la biomasa total contenida en el área de la Laguna de Limoncocha. La biomasa relativa es de 0,68 g de peso húmedo/m<sup>2</sup>.

La especie más representativa en peso húmedo durante el experimento fue el bocachico (*Prochilodus nigricans*) con 27%, seguidas por las pirañas (12%), los yaguariches (*Potamorhina altamazonica*) con el 11% y las carachamas (*Pterygoplichthys weberi*) con el 10%.

Las especies más abundantes son las pirañas en la Laguna de Limoncocha, durante el experimento representaron el 20% de las capturas por unidad de esfuerzo, seguidas por el 18% de los dientones (*Roeboides myersii*), el 10% de los yaguariches (*Potamorhina altamazonica*) y el 8% de los peces hacha (*Triportheus elongatus*).

El dato de la estimación poblacional y de la biomasa excluye a los individuos de las especies de piraña de pequeños tamaños.

Con respecto a las hipótesis del trabajo, se determinó que la línea base de la diversidad de especies de peces si fue un método indispensable para ejecutar el trabajo, siendo el primer paso

lógico definir las especies existentes en la Laguna de Limoncocha para proseguir con la estimación poblacional y el cálculo de la biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus*.

Finalmente, se concluye que fue técnicamente viable estimar el tamaño poblacional y determinar la biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la Laguna de Limoncocha en base a los métodos propuestos, sin embargo será necesario redefinir ciertos aspectos del diseño y la ejecución del estudio.

## 4.2. Recomendaciones

Con respecto al listado de especies de peces, se recomienda realizar un estudio similar durante el periodo de un año para obtener datos de todas las especies que se encuentran en la zona, no únicamente en la Laguna de Limoncocha, y de los cambios que presenta la composición de la ictiofauna, producidos por la época del año, los ciclos de inundación y por la influencia antropogénica. También, es aconsejable combinar el estudio con la utilización de otros artes de pesca más adecuados para el sitio y época del año.

En relación al cálculo de la estimación del tamaño poblacional y de la biomasa de las pirañas, se presentaron las siguientes recomendaciones:

Se debería aumentar el número de observaciones para que al aplicar el método de captura por unidad de esfuerzo de Leslie-Davis disminuya el error de estimación. Además, a partir de esta experiencia lo óptimo sería mejorar el diseño metodológico y la ejecución del experimento tratando de corregir los factores de incidencia que afecten la capturabilidad para de esta manera obtener resultados más precisos.

Sería importante realizar este tipo de estimaciones de tamaño poblacional durante un año completo para conocer el cambio en el coeficiente de capturabilidad y la determinación del número de individuos durante la época de aguas. De esta manera se obtendrían datos más reales.

Se debe tomar en cuenta que estudiar la biomasa de las pirañas, se relaciona con el tamaño poblacional por lo cual se podría combinar los datos de ambos estudios para tener datos más reales acerca de estas especies, siendo importante que el estudio se lo realice durante el lapso de un año.

Se debe considerar realizar los cálculos de la estimación poblacional y de la biomasa de las pirañas dividiéndolas en grupo de rangos de tallas, ya que existe una alta correlación entre el tamaño de los individuos, el número de individuos y la capacidad de carga del sistema (K); así como entre el tamaño de los individuos, su peso húmedo con la capacidad de carga del sistema (K) respectivamente.

Con estas primeras estimaciones se marca un precedente para la realización de estudios de este tipo a largo plazo en la Laguna de Limoncocha, con lo cual se permitiría establecer las tendencias de la población. También sería aconsejable que a su vez se empiecen a recolectar datos acerca de las capturas totales y por especie (si fuera posible) para recopilar información suficiente, que en un futuro permitiría analizar y determinar el nivel de equilibrio entre las capturas y la biomasa de peces, siendo recomendado que los períodos de los estudios sean anuales. Esta investigación debe ser apoyo para la gestión ambiental de la Reserva, permitiendo la toma de medidas para la conservación de este recurso, aun cuando la falta de información sea un obstáculo en el proceso, según se establece en el principio de precaución.

Así éste y posteriores estudios se deberían tomar en cuenta como información de técnica de apoyo en la actualización del plan de manejo de la Reserva Biológica de Limoncocha, enfatizando en la gestión de la ictiofauna para formular acciones que estén acordes a la realidad particular biológica y ecológica de esta zona, y tomando en cuenta a las poblaciones que hacen uso de estos recursos.

## Glosario

**Arte de pesca:** Son los métodos, instrumentos o herramientas que pueden ser usadas directamente en las actividades de pesca tanto en el mar como en aguas dulces, a escala industrial o artesanal.

**Biomasa (B):** Peso de un grupo contemporáneos de un stock en un área determinada, en un momento dado.

**Biomasa por unidad de esfuerzo (BPUE):** Peso total de los individuos capturados contemporáneos de un stock ponderado por el esfuerzo de pesca de la red en la cual fueron atrapados.

**%BPUE:** Biomasa por unidad de esfuerzo expresado como porcentaje.

**Captura en número (C):** Número de individuos capturados.

**Captura por unidad de esfuerzo (CPUE):** Número de peces capturados ponderado por el esfuerzo de esfuerzo de pesca de la red en la cual fueron atrapados.

**Coefficiente de capturabilidad (q):** Es la proporción de peces capturada por el arte de pesca con relación al número de peces presente en el área de influencia del arte. Fracción de individuos o de la biomasa capturada por unidad de esfuerzo de pesca.

**%CPUE:** Captura por unidad de esfuerzo expresado como porcentaje.



**Línea Lateral:** es un órgano sensorial, visible como tenues líneas sobre las escamas que recorren cada lado del cuerpo del pez desde la cercanía del opérculo hasta la base de la aleta caudal, que permite detectar el movimiento y vibración en el agua circundante.

**Longitud Estándar (LE):** es la medida del largo del pez tomada desde la punta del hocico hasta la base del pedúnculo caudal.

**Longitud Total (LT):** es la medida del largo del pez tomada desde la punta del hocico hasta el extremo del lóbulo caudal más largo de la aleta caudal.

**Peso fresco total (PFt):** Peso total de los peces capturados mientras se encuentran vivos expresado en gramos.

**Tiempo de pesca (T):** tiempo en el cual el arte de pesca está en funcionamiento capturando peces.

**Stock:** Conjunto de supervivientes de las cohortes de un recurso pesquero, en un cierto instante o período de tiempo. Se puede referir a la biomasa o al número de individuos.

## Referencias Bibliográficas

- Aguilar-Ibarra, A. (2005). Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. *Revista Digital Universitaria*, 6(8), 1-14. Recuperado de [http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art78/ago\\_art78.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art78/ago_art78.pdf)
- Albuja, L., Almendariz, A., Barriga, R. & Mena Valenzuela, P. (1993). Inventario de los Vertebrados del Ecuador. En Mena, P. A. & Suárez, L. (Ed.), *La investigación para la Conservación de la Diversidad Biológica en el Ecuador* (pp. 83-103). Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Albuja, L., Ibarra, M., Urgilés, J. & Barriga, R. (1980). *Estudio Preliminar de los Vertebrados Ecuatorianos*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Alverson, W. S., Vriesendorp, C., del Campo, A., Moskovits, D. K., Stotz, D. F., García D., M. & Borbor L., L. A. (Eds.) (2008). *Ecuador-Perú: Cuyabeno-Güepí. Rapid Biological and Social Inventories Report 20*. Chicago, IL, USA: The Field Museum of Natural History.
- Ayala, P. (2003). *Caracterización de la laguna de Limoncocha e identificación de las características hidrológicas básicas de la zona de Limoncocha* (Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniería Ambiental). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Barriga, R. (1986). *Estudio de la Ictiofauna del Nororiente y Proyecciones en la piscicultura*. Ecuador: PRONAREG – MAG.
- Barriga, R. (1991). Peces de Agua Dulce del Ecuador. *Politécnica*, 16(3), 7-84.
- Barriga, R. (1993). Inventarios de Peces de Agua Dulce en el Ecuador. . En Mena, P. A. & Suárez, L. (Ed.), *La investigación para la Conservación de la Diversidad Biológica en el Ecuador* (pp. 84-87). Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Barriga, R. (1994a). Peces del Noroccidente del Ecuador. *Politécnica*, 19(2), 43-154.
- Barriga, R. (1994b). Peces del Parque Nacional Yasuní, *Politécnica*, 19(2), 9-41
- Bastidas, A. & Lasso, S. (2009). *Ficha Informativa de los Humedales de RAMSAR (FIR) Versión 2006-2008 (Humedal de Limoncocha)*. Actualización de Información. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente. Departamento de Ecosistemas Frágiles.

- Bechara, J. A. Vargas, A. F. & Flores Quintana, C. (2007). *Biología pesquera de las principales especies de importancia económica en el área de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay* [Informe final publicado]. Corrientes, Argentina: Instituto de Ictiología del Nordeste de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE).
- Béarez, P. (1999). Lista de los peces marinos del Ecuador continental. *Biología Tropical*, (44), 731-746.
- Bodmer, R., Puertas, P., Antunez, M., Escobedo, A., Flores, J. W., Ruck, L., ... Gil, J. (2007). *Monitoreo de especies indicadoras y clave para la conservación de fauna silvestre en la cuenca del Samiria, Reserva Nacional Pacaya-Samiria* [Reporte de Avance del Proyecto Conservación de la Vida Silvestre en la Amazonia Peruana de Loreto]. Iquitos, Perú: Convenio WCS-DICE.
- Böhlke, J. (1958). Studies on fishes of the family Characidae No. 14. A report on several extensive recent collections from Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, (110), 1-121.
- Bykov, V. P. (1983). *Marine fishes: chemical composition and processing properties*. New Delhi, India: Amerind Publishing.
- Cano, V., Hurtado, M., & Josse, C. (2001). La diversidad de las especies. En Josse, C. (Ed.), *La biodiversidad del Ecuador. Informe 2000*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente – Eco Ciencia – UICN.
- Cervantes-Martínez, A. & Coronado-Álvarez, L. (2007). Evaluación del potencial pesquero de cenotes de Quintana: Una aproximación metodológica. *Teoría y Praxis*, 4, 37-46.
- Cohen, M. A., Beaumont, R. C., & Thorp, N. C. (1999). Movement and activity patterns of the black piranha. *Environmental Biology of Fishes*, 54, 45-52.
- Confederación Hidrográfica del Ebro (2005). *Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para Ictiofauna*. España: Ministerio de Medio Ambiente.
- Confederación Hidrográfica del Ebro (2009). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro*. España: Ministerio de Medio Ambiente.
- Crawford, R. L. (1995). *A comparison of the ichthyofaunal species richness of two lakes in the upper Amazon Basin* (Tesis de Masterado en Ciencias). Louisiana State University, Louisiana, LA, USA.

- Csirke, J. (1993). *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces* [Documento electrónico Técnico de pesca de la FAO]. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/003/T0169S/T0169S00.HTM>
- Duponchelle, F., Lino, F., Renno, J. F., Dugué, R., & Núñez, J. (2005). Variación de historia de vida de la piraña roja *Pygocentrus nattereri* en dos cuencas de la Amazonía Boliviana. En Renno, J. F., García-Dávila, C., Duponchelle, F., & Núñez, J. (Eds.), *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura* (pp. 42-46). Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/16523059/Biologia-de-Las-Poblaciones-de-Peces>
- Emmrich, M., Winfield, I. J., Guillard, J., Rustadbakken, A., Vergès, C., Volta, P., ... Mehner, T. (2012). Strong correspondence between gillnet catch per unit effort and hydroacoustically derived fish biomass in stratified lakes. *Freshwater Biology*, 57, 2436-2448.
- Espinosa, J. (2001). *Evaluación de los estados tróficos de la laguna de Limoncocha* (Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniería Ambiental). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Falconí, A. S. (2010). *Diversidad de la Ictiofauna en el Río Cuyabeno Chico y los distintos esteros a lo largo del campo Cuyabeno de Petroecuador. Provincia de Sucumbíos-Ecuador* (Proyecto sobre Áreas de Formación Profesional que se presenta como requisito parcial para optar por el título de Licenciado en Ciencias Biológicas). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Flores-Nava, A. & Brown, A. (Eds.). (2010). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. *Series Acuicultura en Latinoamérica FAO*, (1).
- Franco-López, J., De la Cruz-Aguero, G., Cruz-Gómez, A., Rocha-Ramírez, A., Navarrete-Salgado, N., Flores-Martínez, G., ... Bedia-Sánchez, C. M. (1995). *Manual de Ecología* (2da ed.). México: Editorial Trillas.
- Fry, F. E. J. (1971). The effect of environmental factors on the physiology of fish. En Hoar, W. S. y Randall, D. J. (Eds.), *Fish Physiology* (Vol. VI, pp. 136-145). Londres: Academic Press.
- Galacatos, K., Barriga-Salazar, R., & Stewart, D. J. (2004). Seasonal and habitat influences on fish communities within the lower Yasuni River basin of the Ecuadorian Amazon. *Environmental Biology of Fishes*, 71, 33-51.
- Galacatos, K., Stewart, D. J. & Ibarra, M. (1996). Fish Community Patterns of Lagoons and Associated Tributaries in the Ecuadorian Amazon. *Copeia*, (4), 875-894.
- Galvis, G., Mojica, J. I. & Camargo, M. (1997). *Peces del Catatumbo*. Bogotá, D.C.: Asociación Cravo Norte, Ecopetrol, DXY y Shell (Eds.).

- Galvis, G., Mojica, J. I., Duque, S. R., Castellanos, C., Sánchez-Duarte, P., Arce, M., ... Leiva, M. (2006). *Serie de Guías Tropicales de Campo: Peces del medio Amazonas Región de Leticia*. Bogotá, D.C.: Conservación Internacional.
- Géry, J. (1977). *Characoids of the world*. Neptune City, NJ, USA: T.F.H. Publications, Inc. Ltd
- Gómez, S. (2005). *Representación y economía ecológica de la cacería de Fauna Mayor y la Pesca en la Reserva Biológica de Limoncocha* (Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniería Ambiental). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Goulding, M. (1980). The Fishes and The Forest: Explorations in Amazonian Natural History. En Aquino, R., Bodmer, R. & Gil, J. (Eds.) (2001), *Mamíferos de la Cuenca del Samiria : Ecología Poblacional y Sustentabilidad de la Caza* (p. 180). Los Angeles: University of California Press.
- Goulding, M. (1985). Forest fishes of the Amazon. En Prance, G. T. y Lovejoy, T. E. (Eds.), *Amazonia*. Oxford: Pergamon Press.
- Goulding, M., Leal Carvalho, M. & Ferreira, E. (1988). Rio Negro. Rich Life in Poor Water Amazonian Ecology and Foodchain Ecology as seen through fish communities. SPB. Academic Publishing the Hague (p. 220).
- Goulding, M., Smith, J. & Mahar, D. (1996). *Floods of Fortune: Ecology and Economy Along the Amazon*. New York: Columbia University Press.
- Granado-Lorencio, C. (2002). *Ecología de Peces*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Hubert, N., Duponchelle, F., Núñez, J., & Renno, J. F. (2005). Genética de poblaciones y filogeografía de *Serrasalmus rhombeus* en el alto Madera. En Renno, J. F., García-Dávila, C., Duponchelle, F., & Núñez (Eds.), *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura* (pp. 102-106). Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/16523059/Biologia-de-Las-Poblaciones-de-Peces>
- Instituto Nacional de Nutrición. (1965). *Tabla de composición de alimentos ecuatorianos*. Quito, Ecuador: Ministerio de Previsión Social y Sanidad. pp. 7-8.
- IUCN. (2013). IUCN Red List of Threatened Species [World Wide Web publicación electrónica, versión (29/08/2013)]. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>
- Jégu, M. (2003). Subfamily Serrasalminae (Pacus and piranhas). En Reis, R. E., Kullander, S. O., & Ferraris Jr., J. C. (Eds.), *Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America* (pp. 182-196). Porto Alegre, Brasil: EDIPUCRS.
- Junk, W. J. (1976). Biología de agua doce e pesca interior. En Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia (INPA), Relatorio Anual de INPA (p. 105). Manaus, Brasil: Autor.

- Krause, J., Chávez, J., Espinoza, W., & Montreuil, V. (Eds.). (2000). *Desarrollo de la Acuicultura en la Amazonía Continental*. Lima, Perú: Proyecto IICA-GTZ, PROCITROPICOS, FONTAGRO, IIAP.
- Kricher, J. (2010). *Un Compañero Neotropical: Una introducción a los animales, plantas, y ecosistemas del trópico del nuevo mundo* (2da ed.). Colorado Springs, CO, USA: American Birding Association.
- Laita, H. & Aparicio, G. (2005). *100 Peces Argentinos*. Buenos Aires: Editorial Albatros. Recuperado de: [http://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=u4VD5xBFZyYC&oi=fnd&pg=PA6&dq=olfato+en+la+alimentaci%C3%B3n+pira%C3%B1as&ots=s\\_-eiLf8kE&sig=GZo0iHgM6wJyHqR9WMH7IWDCUa8#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=u4VD5xBFZyYC&oi=fnd&pg=PA6&dq=olfato+en+la+alimentaci%C3%B3n+pira%C3%B1as&ots=s_-eiLf8kE&sig=GZo0iHgM6wJyHqR9WMH7IWDCUa8#v=onepage&q&f=false)
- Lasso, C. A. (2001). Los peces del alto Río Negro, Amazonía boliviana: Composición y consideraciones ecológicas y biogeográficas. *Interciencia*, 26(6), 236-243.
- Lobón-Cerviá, J. (1991). *Dinámica de Poblaciones de Peces en Ríos. Pesca Eléctrica y Métodos de Capturas sucesivas en la estima de abundancias*. Madrid, España: Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).
- López, J. (2010). *Propuesta de un Plan de Monitoreo del Estado de la Laguna de Limoncocha, con Enfoque de Humedal* (Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniería Ambiental). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Machado-Allison, A. (2006). Contribuciones al Conocimiento de la Ictiología Continental Venezolana. *Acta Biológica Venezolana*, 26(1), 13-52.
- Mago-Leccia, F. (1970). Estudio preliminar sobre la ecología de los peces de los llanos de Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica*, 7(1), 15-102.
- Malabarba, L. R., Reis, R. E., Vari, R. P., Lucena, Z. M. & Lucena C. A. S. (Eds.). (1998). *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Porto Alegre, Brasil: Edipucrs.
- Mercado-Cárdenas, A. (2003). *Biodiversidad y patrones de distribución de coleópteros en el Desierto de Sonora* (Tesis profesional presentada como requisito parcial para obtener el título en Licenciatura en Biología con área en Ecología). Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla, México.
- Mills, D. & Vevers, G. (1989). *The Tetra encyclopedia of freshwater aquarium fishes*. Morris Plains, NJ, USA: Tetra Press.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2010). *Cuarto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Quito, Ecuador: Autor.

- Monteoliva H., A., De Santocildes M., G. A. & Criado D., A. (2011). *Estudio Censal de las Comunidades de Peces en el Lago Arreo*. Vitoria, Comunidad Autónoma del País Vasco: Agencia Vasca del Agua (URA), Ecoydros SL.
- Morales-Bojórquez, E. (1995). Estimación del tamaño poblacional y el coeficiente de capturabilidad de la tilapia (*Oreochromis aureus*) por varios métodos de extracción sucesiva. *INP-SERMARNAP-Ciencia Pesquera (Nueva Época)*, (11), 40-44.
- Nico, L. G. & Tophorn, D. C. (1988). Food Habits of Piranhas in the Low Llanos of Venezuela. *Biotropica*, 20(4), 311-321.
- Nince-Ferreira, M. F. (2004). Gonad maturation scales for fishes from upper Tocantins River (Goiás, Brazil). En De Carvalho-Freitas, C. E., Petreire, M., Rivas, A. A. F., & MacKinlay, D. (Eds.), *Fish Communities and Fisheries* (pp. 145-154). Vancouver, Canadá: Physiology Section, American Fisheries Society.
- Ortega, H. & Vari, R. P. (1991). Annotated Checklist of the Freshwater Fishes of Peru. *Smithsonian Contributions to Zoology*, (437).
- Ortiz, J. B. (2012). *Estado Trófico de la Laguna de Limoncocha en base a los Índices de Carlson y LACAT* (Trabajo de Fin de Carrera previo a la obtención del Título de Ingeniería Ambiental). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Palacios, W., Cerón, C., Valencia, R., & Sierra, R. (1999). Las Formaciones Naturales de la Amazonía del Ecuador. En Sierra, R. (Ed.), *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental* (pp. 109-120). Quito, Ecuador: INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
- Palomares, M. L. (1991). *La consommation de nourriture chez les poissons: étude comparatrice, mise au point d'un modèle prédictif et application a l'étude des réseaux trophiques* (Disertación Doctoral). Toulouse, Francia: Institut National Poly technique de Toulouse.
- Patzelt, E. (2000). *Fauna del Ecuador* (2da Ed.). Ecuador: Imprefepp. p. 279.
- Pauly, D. (1994). Quantitative analysis of published data on the growth, metabolism, food consumption, and related features of the red-bellied piranha, *Serrasalmus nattereri* (Characidae). *Environmental Biology of Fish*, 41, 423-437.
- Paz, S. & Van Damme, P. A. (2008). Caracterización de las pesquerías en la Amazonía boliviana. En Pinedo, D. & Soria, C. (Eds.), *El Manejo de las Pesquerías en Ríos Tropicales de Sudamérica* (pp. 205-234). Colombia: Instituto del Bien Común (Perú), Mayol Ediciones, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC).

- Peñaherrera, D. (2010). *Estudio sobre el Estado Trófico Actual de la Laguna de Limoncocha* (Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniería Ambiental). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Puertas, C. (2000). *Caracterización comparativa de la ictiofauna litoral en cuatro lagunas de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Amazonía ecuatoriana* (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Redford, K. H. & Robinson, J. G. (1987). The game of choice: Patterns of indian and colonist hunting in the neotropics. *American Anthropologist: Research Reports*, (89).
- Roldán, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Saint-Paul, U., Zuanon, J., Villacorta Correa, M. A., García, M., Fabrè, N. N., Berger, U. & Junk, W. J. (2000). Fish communities in central Amazonian white- and blackwater floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 57, 235-250.
- Salazar, P. (1996). *Peces del Llano: Naturaleza de la Orinoquia*. Recuperado de [http://books.google.com.ec/books?id=tTa3tliC\\_Z0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=tTa3tliC_Z0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) pp. 55-56.
- Saul, W. G. (1975). An ecological study of fishes at a site in upper amazonian Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 127(12), 93-134.
- Sazima, I. & Machado, F. A. (1990). Underwater observations of piranhas in western Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 28, 17-31.
- Schulte, W. (1988). *Piranhas in the aquarium*. Neptune City, NJ, USA: T.F.H. Publications.
- Secretaría General de los Estados Americanos. (1985). *Pesca y Piscicultura en Aguas continentales de América Latina: Monografía N°31*. Washington, DC, USA: Autor. p.101
- Smith, R. L. & Smith, T. M. (2001). *Ecología* (4ta Ed.). Madrid, España: Pearson Educación.
- Sostoa, A., García de Jalón, D., & García-Berthou, E. (2009). Protocolos de muestreo y análisis para Ictiofauna. En De la Fuente-Álvaro, M. J. (Ed.), *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro* (pp. 179-208). España: Confederación Hidrográfica del Ebro-Ministerio del Medio Ambiente de España.
- Soto-Galera, E., Díaz-Prado, E., López-López, E., & Lyons, J. (1998). Fish as indicators of environmental quality in the Rio Lerma Basin, Mexico. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1, 267-276.



- Stabentheiner, A. (1988). Correlation between hearing and sound production in piranhas. *J. Camp. Physiology*, 162, 67-76.
- Stewart, D., Barriga, R. & Ibarra, M. (1987). Ictiofauna de la Cuenca del Río Napo, Ecuador Oriental: Lista Anotada de Especies. *Politécnica*, 12(4), 9-63.
- Stewart, D., Ibarra, M. & Barriga, R. (2002). Comparison of Deep-River and Adjacent Sandy-Beach Fish Assemblages in the Napo River Basin, Eastern Ecuador. *Copeia*, (2), 333-343.
- Swedish Environmental Protection Agency – SEPA (2000). *Environmental Quality Criteria. Lakes and Watercourses*. Stockholm, Sweden: Author.
- Swing, C. K. (1985). *Icthyofauna survey of Tumi Chucua, a lake in Amazonian Bolivia* (Master of Science Thesis). Auburn University, Auburn, AL, USA.
- Taphorn, D. & García, J. (1991). El Río Claro y sus peces, con consideraciones de los impactos ambientales de las presas sobre la ictiofauna del bajo Caroní. *Biollania*, 8, 23-45.
- Tufiño, P. & Ramiro-Barrantes, A. (2013). *Ictiofauna de los ríos Zamora, Quimi y Machinaza. Provincia de Zamora Chinchipe. Guía de campo*. Quito, Ecuador: SIMBIOE.
- Uetanabaro, M., Wang, T., & Abe, A. (1993). Breeding Behaviour of the Red-Bellied Piranha, *Pygocentrus nattereri*, in nature. *Environmental Biology of Fishes*, 38, 369-371.
- Ulloa, R. (1988). *Plan de Manejo Reserva Biológica Limoncocha*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.
- Unión Europea (2000). Directiva 2000/60/EC del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 327,1-72.
- Valbo-Jørgensen, J., Soto, D., & Gummy, A. (2008). La pesca continental en América Latina: su contribución económica y social e instrumentos normativos asociados. *COPESCAL Documento Ocasional*, (11).
- Villordo-Galván, J. A. (2005). *Dinámica temporal de las aves acuáticas de la familia Anatidae en la presa de Atlangatepec, Tlaxcala* (Tesis profesional presentada como requisito parcial para obtener el título en Licenciatura en Biología). Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla, México. pp. 42-43.
- Walsh Environmental Scientists and Engineers Environmental Scientists and Engineers. (2003). *Línea Base para la Actualización del Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha. Número de Proyecto: EC101-35* [Informe no publicado]. Quito, Ecuador: Autor.

Zamora, L. Vila, A., & Naspleda, J. (2009). La biota de los ríos: los peces. En Elozegi, A. & Sabater, S. (Eds.). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial* (pp. 271-288). España: Fundación BBVA.

Zbinden, K. (1973). Verhaltensstudien an *Serrasalmus nattereri*. *Rev. Suisse Zool.*, 80, 521-542.

Zurita, K. F. (2010). *Elaboración de un Programa de Interpretación Ambiental y turístico para el Área de Uso Público de la Reserva Biológica Limoncocha* (Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Ecoturismo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Referencias Bibliográficas usadas en la Identificación de Especies

- Barriga, R. (1991). Peces de Agua Dulce del Ecuador. *Politécnica*, 16(3), 7-84.
- Barriga, R. (2011). Peces. En Albuja V., L. (Ed.), *Fauna de Guiyero Parque Nacional Yasuní* (pp. 143-169). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional-EcoFondo.
- Eschmeyer, W. N. & Fong, J. D. (2012, Agosto 07). Species by Family/Subfamily in the Catalog of Fishes [ Online Version California Academy of Science Catalog of Fishes ]. Recuperado de <http://research.calacademy.org/redirect?url=http://researcharchive.calacademy.org/research/Ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>
- Froese, R. & Pauly, D. (Eds.). (2012). FishBase [World Wide Web publicación electrónica, versión (08/2012)]. Recuperado de <http://www.fishbase.org>
- Galvis, G., Mojica, J. I., Duque, S. R., Castellanos, C., Sánchez-Duarte, P., Arce, M., ... Leiva, M. (2006). *Serie de Guías Tropicales de Campo: Peces del medio Amazonas Región de Leticia*. Bogotá, D.C.: Conservación Internacional.
- Géry, J. (1977). *Characoids of the world*. Neptune City, NJ, USA: T.F.H. Publications, Inc. Ltd.
- Kullander, S. O. (1986). *Cichlid fishes of the Amazon River Drainage of Peru*. Stockholm: Swedish Museum of Natural History.
- Regan, C. T. (1913). A synopsis of the cichlids of the genus *Crenicichla*. *Annals and Magazine of Natural History*, 11, 498-504.
- Swing, C. K. & Ramsey, J. S. (1989). A field key to fish families reported from South American Fresh Waters. *Occasional Paper of the Museum of Natural Science (formely the Museum of Zoology), Louisiana State University*, (64), 1-73.
- Vari, R. P. (1991). Systematics of the Neotropical Characiform Genus *Steindachnerina* Fowler (Pisces: Ostariophysi). *Smithsonian Contributions to Zoology*, (507).

## Referencias bibliográficas de Figuras.

<b>Figura 8. Análisis del coeficiente de correlación (R) entre dos variables.</b>	Vila, A., Sedano, M., López, A. & Juan, A. A. (2003). <i>Correlación Lineal y Análisis de Regresión</i> . España: UOC (Universitat Oberta de Catalunya). Recuperado de: <a href="http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/RegresionLineal.pdf">http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/RegresionLineal.pdf</a>
---	---

# **ANEXOS**

## Anexo A. Modelo de Fichas de Campo

**MUSEO ECUATORIANO DE CIENCIAS NATURALES - MECN - ICTIOLOGÍA**

País: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_ Cantón: \_\_\_\_\_ Parroquia: \_\_\_\_\_  
 Otro: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_

Coordenadas: Fuente: GPS ( ) Mapa ( ) Otro: ( )  
 UTM: X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_  
 Geo: Lat. \_\_\_\_\_ " Long. \_\_\_\_\_  
 Altitud: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Error: \_\_\_\_\_ Obs: \_\_\_\_\_

Cuenca: \_\_\_\_\_ Subcuenca: \_\_\_\_\_ Microcuenca \_\_\_\_\_

Fecha:	Día	Mes	Año	Hora:	Inicio	Fin	
--------	-----	-----	-----	-------	--------	-----	--

Colectores: \_\_\_\_\_

Arte de Pesca:

<input type="checkbox"/> Arrastre	<input type="checkbox"/> Atarraya	<input type="checkbox"/> Agallas	<input type="checkbox"/> Marco-Mano	<input type="checkbox"/> Trampas	<input type="checkbox"/> Anzuelos
<input type="checkbox"/> Electricidad	<input type="checkbox"/> Ictiocidas				

Hábitat: 1	2					3					4					5																																					
Ancho metros	1	2	3	4	5	Flujo	1	2	3	4	5	%Sustrato	1	2	3	4	5	Rocas						Guijarros						Cascajo						Arena						Lodo						Hojasasca					
1-5						Quieto																																															
5-10						Lento																																															
10-20						Bajo																																															
20-50						Moderado																																															
50-100						Rápido																																															
						Alto																																															
Transparencia Agua	1	2	3	4	5	Profundidad Metros	1	2	3	4	5	Cobertura Vegetal	1	2	3	4	5																																				
Nada						.010						Nada																																									
Poca						0.10-0.30						Poca																																									
Moderada						0.30-0.50						Moderada																																									
Cristalina						0.50-1						Mucha																																									
						1-1.5						Rápido																																									
						1.5-2						Alto																																									
Vegetación Inmersa	1	2	3	4	5	Troncos	1	2	3	4	5	Cantidad Troncos	1	2	3	4	5																																				
Emergente						Grandes						Poca																																									
Flotante						Medianos						Moderada																																									
Marginal						Pequeños						Mucha																																									

Conductividad	Ultima Lluvia	D	M	Cobertura del Cielo
Ph	Color agua			Despejado
Temperatura Agua	Color agua			Semidespejado
Profundidad muestra	Desechos			cubierto

Fotos: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_



## Planilla de Selección de Material Ictiológico

Ficha de campo:

No.	Especie	Determinado por	No. Ejemplares	Tipo de Preservación	No. Catálogo

Fecha de selección: día \_\_\_ mes \_\_\_ año \_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

Responsable de la Identificación: \_\_\_\_\_













Catalogado por: \_\_\_\_\_ Fecha: día \_\_\_ mes \_\_\_ año \_\_\_

Digitado en el MECN por: \_\_\_\_\_ Fecha: día \_\_\_ mes \_\_\_ año \_\_\_

## Anexo B. Lista de especies de peces de la Laguna de Limoncocha

Carolina Carrillo Moreno- Universidad SEK Internacional

Fotos: Carolina Carrillo-Moreno, Santiago Calero, Jonathan Valdiviezo-Rivera; Roberto Madera; Cecilia Puertas.

<p>1</p>  <p><i>Potamotrygon motoro</i> POTAMOTRYGONIDAE</p>	<p>2</p>  <p><i>Potamotrygon sp.</i> POTAMOTRYGONIDAE</p>	<p>3</p>  <p><i>Anchoviella sp.</i> ENGRAULIDAE</p>
<p>4</p>  <p><i>Curimata aspera</i> CURIMATIDAE</p>	<p>5</p>  <p><i>Potamorhina altamazonica</i> CURIMATIDAE</p>	<p>6</p>  <p><i>Steindachnerina bimaculata</i> CURIMATIDAE</p>
<p>7</p>  <p><i>Prochilodus nigricans</i> PROCHILODONTIDAE</p>	<p>8</p>  <p><i>Leporinus friderici</i> ANOSTOMIDAE</p>	<p>9</p>  <p><i>Hoplias malabaricus</i> ERYTHRINIDAE</p>
<p>10</p>  <p><i>Thoracocharax stellatus</i> GASTEROPELECIDAE</p>	<p>11</p>  <p><i>Pygocentrus nattereri</i> SERRASALMIDAE</p>	<p>12</p>  <p><i>Serrasalmus rhombeus</i> SERRASALMIDAE</p>



13



*Aphyocharax* sp.  
CHARACIDAE

14



*Astyanax* cf. *abramis*  
CHARACIDAE

15



*Astyanax bimaculatus*  
CHARACIDAE

16



*Astyanax fasciatus*  
CHARACIDAE

17



*Bryconamericus* sp.  
CHARACIDAE

18



*Chrysobrycon hesperus*  
CHARACIDAE

19



*Ctenobrycon hauxwellianus*  
CHARACIDAE

20



*Moenkhausia dichroua*  
CHARACIDAE

21



*Moenkhausia sanctaefilomenae*  
CHARACIDAE

22



*Roeboides myersii*  
CHARACIDAE

23



*Tetragonopterus argenteus*  
CHARACIDAE

24



*Triportheus angulatus*  
TRIPORTHEIDAE

25



*Triportheus elongatus*  
TRIPORTHEIDAE

26



*Characidium* sp.  
CRENUCHIDAE

27



*Trachelyopterus galeatus*  
AUCHENIPTERIDAE

28



*Farlowella platorynchus*  
LORICARIIDAE

29



*Hypostomus* sp.  
LORICARIIDAE

30



*Pterygoplichthys weberi*  
LORICARIIDAE

31



*Sturisoma* sp.  
LORICARIIDAE

32



*Sternopygus macrurus*  
STERNOPYGIDAE

33



*Electrophorus electricus*  
GYMNOTIDAE

34



*Gymnotus carapo*  
GYMNOTIDAE

35










*Anablepsoides* cf. *limoncochae*  
RIVULIDAE

36



*Anablepsoides* cf. *urophthalmus*  
RIVULIDAE

<p>37</p>  <p><i>Plagioscion squamosissimus</i> SCIAENIDAE</p>	<p>38</p>  <p><i>Aequidens tetramerus</i> CICHLIDAE</p>	<p>39</p>  <p><i>Astronotus ocellatus</i> CICHLIDAE</p>
<p>40</p>  <p><i>Bujurquina sp.</i> CICHLIDAE</p>	<p>41</p>  <p><i>Crenicichla cincta</i> CICHLIDAE</p>	<p>42</p>  <p><i>Crenicichla johanna</i> CICHLIDAE</p>
<p>43</p>  <p><i>Apionichthys menezesi</i> ACHIRIDAE</p>		

**Créditos fotográficos:**

Carolina Carrillo: 2; 5; 6; 8; 13; 14; 17; 19; 20; 22; 25; 28; 38; 39; 40; 41; 42

Santiago Calero: 1; 3; 7; 9; 11; 12; 15; 16; 18; 26; 27; 30; 35; 37; 43

Jonathan Valdiviezo-Rivera: 10; 21; 24; 31; 32; 34; 36

Roberto Madera: 29

Cecilia Puertas: 4; 23

Sebastián Valverde: 33