



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**“EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD ICTIOLÓGICA DEL LAGO
YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO/A
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORA:

Claudia Fernanda Benavides López

DIRECTOR:

Ing. Delia Elizabeth Velarde Cruz. MSc.

NOVIEMBRE, 2021



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ibarra, 11 noviembre del 2021

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD ICTIOLÓGICA DEL LAGO YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA”**, de autoría del señorita CLAUDIA FERNANDA BENAVIDES LÓPEZ estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que la autora ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

Ing. Elizabeth Velarde MSc.
DIRECTORA TRABAJO TITULACIÓN

FIRMA

Biol Renato Oquendo MSc.
DOCENTE FICAYA

Biol. Renato Oquendo MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Melissa Layana MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	0401439419	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Benavides López Claudia Fernanda	
DIRECCIÓN:		Barrio Olímpico Bajo, Tulcán-Carchi	
EMAIL:		cfbenavidesl@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0985057571
		-	

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD ICTIOLÓGICA DEL LAGO YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA
AUTORA:	Benavides López Claudia Fernanda
FECHA:	11 noviembre, 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
DIRECTORA:	Ing. Elizabeth Velarde MSc.

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de noviembre de 2021

LA AUTORA:


Claudia Fernanda Benavides López
C.I: 0401439419

AGRADECIMIENTO

“La educación es el arma más poderosa que puedes tener para cambiar el mundo”.

Nelson Mandela

Agradezco a Dios mi luz por darme la sabiduría, la fuerza y valentía para vencer los obstáculos y aprovechar cada una de las oportunidades que me permitieron avanzar y superarme a nivel personal y profesional.

Doy gracias a mis padres y hermanas que siempre estuvieron a mi lado para apoyarme en todas las etapas de mi vida y me ayudaron a cumplir una meta más con tenacidad, determinación, perseverancia y valentía.

Agradezco al señor José Guachagmira quien contribuyó con sus conocimientos y destrezas para el desarrollo del estudio, demostrando un fuerte respeto y aprecio por el lago Yahuarcocha.

Expreso mi gratitud a mi directora de tesis Ing. Elizabeth Velarde. MSc por haberme permitido formar parte del equipo de trabajo de Labinamb y por su contribución en el desarrollo de mi tesis “Evaluación de la diversidad icitiológica del lago Yahuarcocha, provincia de Imbabura”.

Claudia Fernanda Benavides López

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a Dios quien representa mi fuerza espiritual para vencer los obstáculos y seguir adelante, así como también, simboliza el amor, la perseverancia, el respeto y el trabajo duro.

De igual manera éste estudio le dedico a mis padres Cecilia y Alberto que a través de su esfuerzo, afecto y comprensión me ayudaron a cumplir mis metas, considerando también a mis hermanas Nataly, Johana, Juliana e Isayana quienes siempre me apoyaron en mis momentos más difíciles.

Claudia Fernanda Benavides López

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Págs.
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
1.1 Revisión de Antecedentes o Estado del Arte.	15
1.2 Problema de investigación y justificación.....	17
1.3 Objetivos	19
1.3.1. Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 Pregunta directriz de la investigación	20
CAPÍTULO II	21
REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1 Marco teórico referencial	21
2.1.1 Lagos tropicales de alta montaña.....	21
2.1.2 Impactos ambientales generados en los lagos.....	22
2.1.3 Especies ícticas en lagos tropicales de alta montaña	23
2.1.4 Impactos por la introducción de especies ícticas	24
2.1.5 Estudios sobre muestreos de peces en lagos	25
2.1.6 Diversidad y abundancia de especies ícticas en lagos	27
2.1.7 Importancia de las guías de identificación de peces	29
2.2 Marco legal.....	31
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 2008.....	31
2.2.2 Tratados y convenios internacionales	32
2.2.3 Código Orgánico Ambiental (COA).....	32

2.2.4 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025	33
CAPÍTULO III	34
METODOLOGÍA	34
3.1. Descripción del área de estudio.....	34
3.1.1 Flora y Fauna	35
3.1.2 Análisis demográfico	35
3.1.3 Actividad socio-económica.....	35
3.2 Métodos.....	36
3.2.1 Caracterización de las especies ícticas presentes en el lago Yahuarcocha por medio de información primaria y muestreos	36
3.2.2 Determinación de la diversidad y abundancia de peces en la zona de estudio	48
3.2.3 Elaboración de la guía de identificación de las especies ícticas del lago Yahuarcocha	50
3.3 Materiales y Equipos.....	50
CAPITULO IV	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1 Caracterización de las especies ícticas presentes en el lago Yahuarcocha	52
4.1.1 Obtención de información primaria sobre la ictiofauna del lago Yahuarcocha	52
4.1.2 Identificación y descripción de las especies encontradas	66
4.1.3 Sexo de las especies ícticas.....	72
4.1.4 Estadio de las especies ícticas.....	79
4.1.5 Análisis de los parámetros físico-químicos	85
4.2 Diversidad y abundancia de especies de peces en la zona de estudio.....	89
4.2.1 Índice de Shannon-Wiener.....	89
4.2.2 Índice de Simpson.....	90

4.2.3 Índice de Margalef	92
4.2.4 Índice de Pielou	93
4.2.6 Abundancia	94
4.3 Guía de identificación de las especies ícticas del lago Yahuarcocha.....	97
CAPITULO V	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
5.1 Conclusiones	112
5.2 Recomendaciones.....	114
REFERENCIAS	115
ANEXOS	141

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables.....	37
Tabla 2. Coordenadas de los sitios de muestreo	41
Tabla 3. Longitud y peso en diferentes estadios de <i>Poecilia reticulata</i> ¡Error! Marcador no definido.	46
Tabla 4. Longitud y peso en diferentes estadios de <i>Xiphophorus hellerii</i>	46
Tabla 5. Longitud y peso en diferentes estadios de <i>Carassius auratus</i>	47
Tabla 6. Longitud y peso en diferentes estadios de <i>Oreochromis niloticus</i>	47
Tabla 7. Escala de diversidad.....	48
Tabla 8. Materiales de campo y laboratorio.....	50
Tabla 9. Parámetros físico-químicos medidos en los sitios de muestreo	86

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1. Mapa de ubicación del lago Yahuarcocha.....	34
Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo en el lago de Yahuarcocha.....	42
Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la ciudad de Ibarra.....	43
Figura 4. Sexo de los entrevistados.....	52
Figura 5. Edad de los entrevistados.....	53
Figura 6. Ocupación de los entrevistados.....	54
Figura 7. Artes de pesca utilizados.....	55
Figura 8. Tipos de embarcaciones utilizados por los entrevistados.....	56
Figura 9. Tipo de cebo empleado durante la pesca.....	57
Figura 10. Horario recomendado para capturar a las especies ícticas.....	58
Figura 11. Épocas en donde se ha encontrado una gran cantidad de peces.....	59
Figura 12. Sector específico para la captura de peces.....	60
Figura 13. Especies de peces que han sido capturados en mayor frecuencia durante el día.....	61
Figura 14. Especies de peces que habitaban en el lago Yahuarcocha.....	62
Figura 15. Especies de peces que habitan actualmente en el lago Yahuarcocha.....	63
Figura 16. Reducción de la cantidad de peces.....	64
Figura 17. Causas de la reducción de la cantidad de peces.....	65
Figura 18. Años en donde se efectuó la mortandad de peces.....	66
Figura 19. <i>Poecilia reticulata</i>	67
Figura 20. <i>Xiphophorus hellerii</i>	68
Figura 21. <i>Carassius auratus</i>	70
Figura 22. <i>Oreochromis niloticus</i>	71
Figura 23. Porcentaje del sexo de la especie <i>P. reticulata</i> en el mes de noviembre de 2019.....	73
Figura 24. Porcentaje del sexo de la especie <i>P. reticulata</i> en el mes de enero de 2020.....	74
Figura 25. Porcentaje del sexo de la especie <i>X. hellerii</i> en el mes de noviembre de 2019.....	75
Figura 26. Porcentaje del sexo de la especie <i>X. hellerii</i> en el mes de enero de 2020.....	75
Figura 27. Porcentaje del sexo de la especie <i>C. auratus</i> en el mes de noviembre de 2019.....	76
Figura 28. Porcentaje del sexo de la especie <i>C. auratus</i> en el mes de enero de 2020.....	77

Figura 29. Porcentaje del sexo de la especie <i>O. niloticus</i> en el mes de noviembre de 2019.....	78
Figura 30. Porcentaje del sexo de la especie <i>O. niloticus</i> en el mes de enero de 2020	78
Figura 31. Porcentaje del estadio de la especie <i>P. reticulata</i> en el mes de noviembre de 2019	80
Figura 32. Porcentaje del estadio de la especie <i>P. reticulata</i> en el mes de enero de 2020	80
Figura 33. Porcentaje del estadio de la especie <i>X. hellerii</i> en el mes de noviembre de 2019.....	81
Figura 34. Porcentaje del estadio de la especie <i>X. hellerii</i> en el mes de enero de 2020	82
Figura 35. Porcentaje del estadio de la especie <i>C. auratus</i> en el mes de noviembre de 2019.....	83
Figura 36. Porcentaje del estadio de la especie <i>C. auratus</i> en el mes de enero de 2020	83
Figura 37. Porcentaje del estadio de la especie <i>O. niloticus</i> en el mes de noviembre de 2019.....	84
Figura 38. Porcentaje del estadio de la especie <i>O. niloticus</i> en el mes de enero de 2020	85
Figura 39. Resultados del índice de Shannon aplicado en peces. A) Meses de muestreo B) Sitios de muestreo	90
Figura 40. Resultados del índice de Simpson aplicado en peces. A) Meses de muestreo B) Sitios de muestreo	91
Figura 41. Resultado de la dominancia de Simpson aplicada en cada sitio de muestreo	91
Figura 42. Resultados del índice de Margalef aplicado en peces. A) Meses de muestreo B) Sitios de muestreo	92
Figura 43. Resultados del índice de Pielou aplicado en peces. A) Meses de muestreo B) Sitios de muestreo	93
Figura 44. Abundancia relativa de las especies ícticas en cada uno de los sitios de muestreo	95

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD ICTIOLÓGICA DEL LAGO
YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA**

Benavides López Claudia Fernanda

RESUMEN

El lago Yahuarcocha es un ecosistema lacustre de gran importancia ambiental y socioeconómica para la provincia de Imbabura, debido a los servicios ecosistémicos que brinda para el uso de materias primas y el desarrollo de actividades recreativas y turísticas. Sin embargo, se ha deteriorado el estado del ecosistema acuático debido a las perturbaciones ambientales, como es la introducción de especies ícticas las cuales afectan la cadena alimenticia, ya que, no disponen de un controlador biológico. Por consiguiente, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la diversidad y abundancia ictiofaunística del lago Yahuarcocha, en donde se aplicaron encuestas, se realizaron diversos muestreos en seis sitios para caracterizar a los peces, detallando el nombre de la especie, sexo, estadio y los parámetros físico-químicos, así como también se emplearon índices de diversidad y se elaboró una guía de identificación. En total se encontraron cuatro especies: *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii*, *Carassius auratus* y *Oreochromis niloticus* en concordancia con los encuestados, el porcentaje de hembras fue mayor que el de los machos e indeterminados, igualmente el porcentaje de adultos fue mayor que el de los juveniles y los valores de parámetros ambientales fueron bajos en oxígeno disuelto y transparencia, altos en conductividad y el pH fue alcalino. La diversidad de especies fue muy baja y se registró una alta abundancia de *P. reticulata*, adicionalmente en la guía se proporcionó ilustraciones e información sistemática sobre las especies. En definitiva, la información generada a partir del estudio permitirá realizar nuevas investigaciones y proyectos para el manejo adecuado de estas especies introducidas.

Palabras clave: especies introducidas, sexo, estadio, diversidad, abundancia.

ABSTRACT

The Yahuarcocha lake is a lake ecosystem that has enormous environmental and socio-economic importance for the Imbabura province, it offers ecosystems services with regard to the use of raw materials, and the development of tourist and recreational activities. However, the aquatic ecosystem status has deteriorated by environmental disturbances as the introduction of fish species, which affect to food web because there aren't biological drivers. Consequently, the aim of the investigation present was to assess the abundance and diversity of fish of Yahuarcocha lake, were applied interviews, also the sampling were carried out in six sites to characterize at fishes specifying to each specie, sex, stage, and the physicochemical parameters of water were also analyzed, as well as the diversity indices were utilized and an identification guide has been prepared. During this study, a total of four species were found: *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus hellerii*, *Carassius auratus* and *Oreochromis niloticus* coinciding with the respondents, mainly the percentage of females was higher than males and indeterminates, similarly, the proportion of adults was higher than juvenile and the values of physicochemical parameters were lows in dissolved oxygen, and water transparency, but high values in conductivity and the pH was alkaline. The fish diversity was too low, the specie *P. reticulata* was the most abundant, and additionally, the guide was designed with illustrations considering systemic information about each specie. In short, the generated information since this study will allow doing new investigations and projects to proper handling of these invasive species.

Key words: invasive species, sex, stage, diversity, abundance

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de Antecedentes o Estado del Arte.

A nivel mundial los sistemas de agua dulce albergan una alta diversidad de especies ícticas, tomando en cuenta que ocupan una pequeña parte de la superficie de la tierra en comparación con los sistemas de agua salada, no obstante, aún no se ha determinado el número exacto de especies ícticas, ya que hasta el momento se han enlistado cerca de 13 000 especies y 2 513 géneros que habitan en lagos y ríos, los cuales cubren únicamente el 1% de la superficie de la tierra (Le´veque, Oberdorff, Paugy, Stiassny y Tedesco, 2008).

En lo que concierne a América del sur Reis et al. (2016), menciona que este subcontinente posee una alta diversidad de especies de peces de agua dulce y especies marinas, con un total de 9 100 especies ícticas, de las cuales 5 160 especies y 739 géneros son de agua dulce, mientras que, 4 000 especies son de agua salada, y aunque cada año se han descrito a más de 100 nuevas especies ícticas, aún faltan muchos especímenes por descubrir e investigar (Barletta et al., 2010; PNUMA, 2010). Cabe mencionar que los ecosistemas de estas regiones tropicales presentan una elevada vulnerabilidad, debido a la sobre-explotación de los recursos naturales, la contaminación, la invasión biológica y el cambio climático, lo cual puede ocasionar la desaparición de especies ícticas que aún no han sido descubiertas (Restrepo & Álvarez, 2013; Uribe, 2015; PNUMA, 2016).

En lo que respecta a la diversidad ictiológica del Ecuador, Barriga (2011), afirma que existen 951 especies de peces de agua dulce intermareales, de las cuales 120 especies se encuentran en la región Costa la cual abarca a la zona intermareal, en contraste, con la región Sierra o zona andina en donde se identificó únicamente a la especie endémica *Grundulus quitoensis* y una especie introducida, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus*

mykiss), por otra parte, en la región Oriental, concretamente en la alta Amazonía se encontraron 125 especies y en la baja Amazonía 680 especies y finalmente, en las islas Galápagos se registró una especie endémica, denominada *Ogilpia galapagosensis*.

Aunque en las últimas décadas han aumentado las investigaciones sobre la ictiofauna de agua dulce en Ecuador, aún no se han estudiado varios ecosistemas lacustres y afluentes, especialmente en los sectores de más de 1 500 m de elevación, en las vertientes del río Amazonas y en las cuencas del Pacífico, por lo tanto, la escasez de información imposibilita realizar un manejo sustentable de los peces a nivel nacional (Prado, 2012; Tognelli, Lasso, Bota, Jiménez y Cox, 2016; Mawyin, 2017). De igual manera, la poca información sobre los peces de agua dulce que no poseen valor comercial, ha ocasionado que se importen algunas especies que son dañinas para el entorno natural, como es el caso de la tilapia mossambica y la trucha arcoíris, las cuales fueron introducidas tanto en la Costa como en la Sierra y han causado impactos negativos en los ecosistemas locales, afectando directamente a la ictiofauna nativa (Zambrano, 2017).

Específicamente en el lago Yahuarcocha ubicado en la ciudad de Ibarra, se han efectuado varias investigaciones, entre ellas: el estudio realizado por Maridueña et al. (2011), sobre la mortandad de peces en el lago Yahuarcocha en el año 2003, en donde se detallan a las especies que encontraron, como: el pez cola de espada (*Xiphophorus hellerii*), el guppy (*Poecilia reticulata*), la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y la carpa dorada (*Carassius auratus*). De igual manera en la investigación desarrollada por Terneus (2014), sobre la vegetación acuática y estado trófico de los lagos andinos de San Pablo y Yahuarcocha, se ha descrito la presencia de la tilapia mozambica (*Tilapia mozambique*) y el guppy (*Poecilia reticulata*) en el lago Yahuarcocha.

De la misma forma Saelens (2015), realizó un estudio sobre el funcionamiento ecológico del lago eutrófico de Yahuarcocha, en donde describe que capturó mediante una red de enmalle tres especies exóticas: el pez cola de espada, la tilapia nilótica y la

carpa dorada, sin embargo, también encontró guppys fuera de la red, por lo cual no consideró a esta especie dentro del estudio. Adicionalmente la investigadora recalcó que estas especies exóticas pueden contribuir en la disminución de la calidad del agua en los lagos.

1.2 Problema de investigación y justificación

Los lagos tropicales son ecosistemas acuáticos de gran importancia para el desarrollo de una gran diversidad de especies ícticas y para la prestación de servicios ambientales, puesto que, en dichos ecosistemas se produce un intercambio de nutrientes y además, intervienen procesos geológicos e hidrológicos (Andrade y Castro, 2012; Guanín, 2014). Sin embargo, estos cuerpos de agua han sido afectados por las actividades humanas y en consecuencia ha aumentado la pérdida de la diversidad y ha incrementado el índice de mortalidad de las especies (Andrade y Castro, 2012).

Concretamente el lago Yahuarcocha es considerado como uno de los ecosistemas lacustres de mayor relevancia a nivel provincial y nacional por su historia, turismo y tradición (PDOT Imbabura, 2015). A pesar de ello el lago Yahuarcocha, está afectado por el desarrollo de diversas actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería y la hotelería, así como también por el inadecuado manejo de los residuos sólidos, la sedimentación, la introducción de especies acuáticas, el derrame de lubricantes y combustibles y el crecimiento urbano (Maridueña et al., 2011; Oquendo, 2016; Leiton, 2018). Principalmente en este lago se descargan las aguas residuales que provienen del sector turístico y doméstico, dichas descargas de agua aportan con nutrientes que inciden directamente en la floración de fitoplancton, el cual es el responsable de la coloración verde grisácea del lago (Terneus, 2014; Ochoa, 2017).

Característicamente el lago Yahuarcocha posee especies de peces exóticas, tales como tilapias, carpas y guppys, los cuales constituyen un recurso biológico de gran valor para las personas que pescan con fines alimenticios, para obtener ingresos económicos y por

recreación (Leiton, 2018). No obstante, las poblaciones de estos peces disminuyeron drásticamente, debido a los sucesos ocurridos en el 2003, 2005 y 2016, en donde se registró la muerte masiva de las especies ícticas a causa de bacterias y por el desarrollo de parasitosis (Coello, Pesantes, Macias y Revelo, 2005; Maridueña et al., 2011).

Por otro lado, las especies ícticas que fueron introducidas en el lago generan un efecto negativo sobre el ecosistema, puesto que, no disponen de un controlador biológico y en consecuencia ejercen una alta depredación de algunas especies de zooplancton, los cuales contribuyen a la disminución del fitoplancton (Conde, Ramos y Morales, 2004; Nilssen, 2004; Maridueña et al., 2011; Gómez, Peña, Guzmán y Gallardo, 2013; Saelens, 2015).

Es preciso resaltar que las comunidades de peces que habitan tanto en sitios prístinos como en ecosistemas contaminados, están asociados a una amplia variedad de especies que se encuentran en diferentes niveles tróficos (Velázquez y Vega, 2004). Es por ello que la riqueza y la diversidad de los peces indican una alta o baja calidad ambiental de los sistemas acuáticos, de tal manera, que una baja diversidad de especies y una alta abundancia de un organismo en específico indican alteración en la calidad de agua (Maridueña et al., 2011).

Por todo lo anteriormente mencionado, es imprescindible investigar sobre la diversidad, abundancia y demás atributos ecológicos de los peces, para así obtener datos que conduzcan a un mejor entendimiento de estas especies exóticas, lo cual permitirá generar estrategias de control que contribuyan a un adecuado manejo y gestión de los mismos. Cabe señalar que la presente investigación cumple con el onceavo objetivo del Plan de Creación de oportunidades 2021-2025”, el cual pone en manifiesto la importancia de la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales, teniendo en cuenta que se debe revertir los daños perpetrados a los ecosistemas, mediante la implementación de iniciativas novedosas que permitan

recuperar y aprovechar los recursos de dichos entornos naturales (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

Adicionalmente esta investigación está enmarcada dentro del proyecto VLIR-UOS, el cual ha desarrollado una serie de estudios sobre el lago Yahuarcocha, en lo que respecta a los parámetros físico-químicos, macrófitas, macroinvertebrados, zooplancton y fitoplancton. Sin embargo, no se ha investigado detalladamente a los peces, los cuales están fuertemente interrelacionados con los factores químicos, físicos y biológicos ya descritos, por tal motivo esta investigación contribuirá con el establecimiento de una línea base sobre la ictiofauna del lago Yahuarcocha para la realización de nuevos estudios a futuro, considerando el efecto que producen estas especies ícticas dentro del entorno natural.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la diversidad y abundancia ictiofaunística del lago Yahuarcocha, provincia de Imbabura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las especies ícticas presentes en el lago Yahuarcocha por medio de información primaria y muestreos.
- Determinar la diversidad y abundancia de peces en la zona de estudio.
- Elaborar una guía de identificación de las especies ícticas del lago Yahuarcocha.

1.4 Pregunta directriz de la investigación

Para el estudio se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la diversidad y abundancia de los peces del lago Yahuarcocha?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico referencial

En esta investigación se abordarán diversos tópicos con respecto al tema, con la finalidad de analizar la información sobre la diversidad de las especies ícticas que se introdujeron en el lago Yahuarcocha y considerando de igual manera los aspectos biológicos de las especies y las variables ambientales.

2.1.1 Lagos tropicales de alta montaña

Esencialmente el planeta Tierra está compuesto por diversos cuerpos de agua, uno de ellos es el lago tropical, el cual se encuentra en las zonas tropicales y subtropicales de Asia, África, América Central y América del sur (Gunkel, 2000). Específicamente en este tipo de lago las características físico-químicas, así como también los procesos biológicos son significativamente diferentes de los lagos templados, a causa de la temperatura, radiación solar, la producción primaria y los procesos metabólicos que se desarrollan en el agua (López, Jurado, Páez y Madroño, 2017).

Un tipo particular del ecosistema léntico tropical es el lago de alta montaña, el cual posee características limnológicas únicas, debido a su ubicación geográfica y a su gran altitud (Aguilera et al., 2006). Principalmente los lagos altoandinos se encuentran en un rango altitudinal de 3 000 a 4 000 msnm y por consiguiente, son considerados como ecosistemas lacustres de agua fría con temperaturas inferiores a los 20°C (Gunkel, 2000). No obstante, Aguilera, Lazzaro y Coronel (2013), afirman que en estos lagos se producen grandes variaciones de temperatura, una mayor radiación solar y vientos más fuertes.

Es preciso señalar que los lagos tropicales de alta montaña están ubicados a lo largo de la cordillera de los Andes, concretamente en Colombia, Perú, Bolivia, y Ecuador (Aguilera et al., 2006; Oseguera, Alcocer y Escobar, 2016). Precisamente en nuestro país en la provincia de Imbabura se encuentran las dos lagunas altoandinas de San Pablo y Yahuarcocha, las cuales están situados entre 2 200 y 2 800 metros de altura y por lo tanto, son más productivas que los ecosistemas acuáticos del páramo, debido al alto nivel de nutrientes presentes en el agua como consecuencia de la intervención humana (Terneus, 2014).

2.1.2 Impactos ambientales generados en los lagos

Los lagos tropicales se encuentran amenazados por serios problemas ambientales como: la tala del bosque lo cual produce erosión del suelo, la introducción accidental o intencional de nuevas especies, la sobrepesca, el uso prolongado de biocidas, la lluvia ácida, la contaminación del agua por la presencia de metales pesados y sustancias tóxicas y la eutrofización (Nilssen, 2004; Chivian, 2015).

Es importante resaltar que la eutrofización es uno de los problemas ambientales más comunes que se da en lagos y embalses, en donde la calidad del agua se ve afectada y por consiguiente, se genera una pérdida de los usos potenciales del agua (Ledezma, Bonansea, Rodríguez y Sánchez, 2013). Fundamentalmente la eutrofización es un proceso de origen antrópico, el cual se ha ido intensificando a causa del crecimiento urbano, el avance de la agricultura en las cuencas hidrográficas y las descargas de aguas residuales, ocasionando una alta concentración de nutrientes en los ecosistemas lénticos (Dolbeth, Pardal, Lilleblo, Azeiteiro y Marques, 2003; Abella y Martínez, 2012; Espinal, Sedeño y López, 2013).

Cabe mencionar que la eutrofización en los lagos se manifiesta a través del aumento del fitoplancton (algas), el cual no es consumido en su totalidad por el zooplancton, esto se debe al aumento de los nutrientes como el nitrógeno y fósforo, los cuales inciden

en el incremento de la biomasa de las algas (Oliva, Rodríguez, Lugo y Sánchez, 2008). Subsecuentemente la descomposición de dichas algas provoca una elevada concentración de materia orgánica muerta y una disminución del oxígeno disuelto, causando la muerte de varios organismos como los peces (Saelens, 2015).

2.1.3 Especies ícticas en lagos tropicales de alta montaña

A pesar de que los lagos tropicales exhiben una mayor diversidad de peces que los lagos templados, en el caso específico de los Andes existe una baja diversidad taxonómica en lo que concierne a la ictiofauna y además, no se han realizado estudios sobre las poblaciones de peces en algunos lagos altoandinos como en el lago de San Pablo en Ecuador y del mismo modo no se han encontrado registros sobre los peces endémicos en los lagos de la Cordillera del Tunari en Bolivia ya que es posible que en dichos lagos no habitaban peces hasta hace poco (Gunkel, 2000; Chocano, 2005; Aguilera, Declerck, De Meester, Maldonado y Ollevier, 2006).

De acuerdo a algunas investigaciones, en los lagos tropicales de alta montaña residen especies foráneas, como por ejemplo en el lago de Tota en Colombia la cual alberga a seis especies invasoras que son: la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*), capitanejo (*Pygidium bogotensis*), guapucha (*Grundulus bogotensis*), carpa (*Cyprinus carpio*) y goldfish (*Carassius auratus*) (Moncaleano y Calvachi, 2009). Fundamentalmente estas especies causaron desequilibrios en el ecosistema lacustre, puesto que se presume que la trucha, el goldfish, la guapucha y el capitán ocasionaron la extinción de una especie nativa conocida como el pez graso de Tota, debido a que compitieron por alimento y hábitat (Mojica, Usma, Álvarez y Lasso, 2012).

De la misma manera, en el lago Titicaca en Perú coexisten especies ícticas invasoras que han desplazado a las especies nativas, principalmente en este lago se introdujeron dos especies de peces con fines pesqueros como son la trucha arcoíris (*O. mykiss*), y

el pejerrey (*Odonthestes bonariensis*), los cuales compiten por recursos con los peces nativos como la boga y el suche, quienes ahora están casi extintos (Ortega e Hidalgo, 2008). Además, según Treviño et al., (1991) citado por Ortega e Hidalgo (2008), mencionan en su investigación que la trucha y el pejerrey provocaron la extinción de la boga y un bagre (*Trichomycterus rivulatus*) que es considerado como la especie más grande de la familia Trichomycteridae.

2.1.4 Impactos por la introducción de especies ícticas

En nuestro país los lagos, lagunas y ríos se han visto invadidos por la presencia de las tilapias, carpas y truchas, las cuales fueron introducidas por motivos comerciales (Correoso, 2005; Maldonado y Bravo, 2014), tal es el caso de la trucha arcoíris (*O. mykiss*), que fue introducida por primera vez en el año de 1932, debido a su alta capacidad de producción, rendimiento y atracción turística e inclusive esta especie ha sido localizada en varias zonas del Parque Nacional El Cajas en la provincia del Azuay (Crespo, 2014; González, 2017).

Principalmente la introducción de estas especies ha modificado la dinámica natural de la cadena alimenticia en los lagos, puesto que, se producen alteraciones en la riqueza, composición y estructura de las comunidades que se encuentran en los niveles tróficos más bajos (Rodríguez, 2001; Castellanos 2006). Específicamente las tilapias causan impactos negativos en los lagos, debido a que remueven el sedimento para alimentarse de una gran variedad de organismos de la fauna bentónica y de pequeños macroinvertebrados, generando a su vez turbidez (Jiménez et al., 2015). De igual manera los peces carpa remueven el sedimento y reducen la biomasa de las algas bentónicas, las cuales contienen una sustancia pegajosa que posibilita la estabilización del sedimento (Zhang, Jeppesen, Taylor y Rudstam, 2016).

En lo que respecta al lago Yahuarcocha, según Maridueña et al., (2011), existen cuatro especies de peces introducidos, los cuales son: la tilapia negra (*Oreochromis niloticus*),

la carpa dorada (*Carassius auratus*), guppy (*Poecilia reticulata*) y el pez espada (*Xiphophorus helleri*). Se presume que estas especies fueron introducidas de manera accidental, debido a que, en el año de 1996 se llevaron a cabo siembras de peces como la tilapia y por un descuido en un criadero se introdujeron estos peces causando la desaparición de las especies que se encontraban originalmente en el lago (Erazo y Jaramillo, 2005; Maridueña et al, 2011; Leiton, 2018).

2.1.5 Estudios sobre muestreos de peces en lagos

Esencialmente los peces constituyen un componente esencial para el bienestar humano, debido a que, forman parte de la dieta alimenticia y medicinal de las personas y además, cumplen un rol ecológico dentro del ecosistema, por tal motivo es indispensable determinar la diversidad íctica, ya que, a partir de la información obtenida es posible implementar estrategias de manejo para la conservación de las especies de peces, también para el control y erradicación de las especies introducidas y de igual manera para establecer planes de manejo sostenibles sobre el uso comercial de las especies ícticas (Dimech et al., 2008).

Precisamente, para realizar los muestreos ictiológicos es necesario mantener comunicación con las personas locales del área para establecer las zonas de evaluación, de igual manera es imprescindible adquirir información sobre las características del clima, las rutas de acceso y los métodos físicos estandarizados referentes al uso de redes y trampas, considerando también que se deben tomar los parámetros físico-químicos como: el pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura, puesto que estas variables están relacionadas con la composición y abundancia de los peces (Samanez et al., 2014).

Debido a que el lago Yahuarcocha posee especies ícticas exóticas, se analizó los aspectos biológicos de dichas especies como el sexo y estadio (etapas del ciclo de vida) para la realización de posteriores investigaciones con respecto a su manejo. De acuerdo

a Ramírez, Ramírez, Medina, Hernández y Domínguez (2017), el estudio de la biología reproductiva de las especies invasoras provee un indicador sobre la etapa de invasión y permite obtener información sobre las limitaciones reproductivas de las hembras. En dicha investigación indagaron sobre la fertilidad, proporción de sexos, etapa de maduración de las gónadas, índice gonadosomático y factor de condición de las especies invasoras, además, midieron la longitud estándar de los machos y hembras y determinaron la relación entre la transparencia, el pH y oxígeno disuelto con las etapas juveniles y maduras de los peces.

De igual forma Brykov (2014), afirma que los mecanismos para la determinación del sexo pueden contribuir para el control de las especies exóticas, así pues, se ha planteado un método para reducir la abundancia de dichas especies, en donde se trabaja con hembras con una combinación YY de cromosomas sexuales a través de la utilización de estrógenos y al liberar a estas hembras en una población silvestre, únicamente se obtendrán machos en la estación de primavera a partir del cruce; cabe mencionar que el modelo matemático indica que si se introduce 3% de este tipo de hembras se puede erradicar una cantidad considerable de especímenes.

Adicionalmente en algunas investigaciones proponen la introducción de machos estériles para el control de la población, para lo cual es necesario apartar a los machos de las hembras preferiblemente durante la etapa temprana, con la finalidad de minimizar los costos (Bajer et al., 2019). Fundamentalmente para erradicar a las especies introducidas se debe aplicar procedimientos en los estadios tempranos, considerando además que es muy difícil tratar a una especie invasora que ya se ha establecido y por lo tanto, su control sólo disminuirá el nivel de gravedad del problema pero no lo eliminará por completo (Capdevila, Iglesias, Orueta y Zilleti, 2006).

Fundamentalmente los parámetros físico-químicos brindan una amplia información sobre las propiedades del agua, en lo que respecta al pH, el oxígeno disuelto (DO), la temperatura, la conductividad y la turbidez, cuyos valores permiten a su vez determinar

la calidad del recurso hídrico (Orozco, Pérez, González, Rodríguez y Alfayate, 2005; Samboni, Carvajal y Escobar, 2007). Por tal razón, dichos parámetros ejercen un profundo efecto sobre la distribución, abundancia y riqueza de los peces, debido a que, estos organismos requieren de buenas condiciones para desarrollarse, ya que, además, son altamente susceptibles a las variaciones de temperatura y oxígeno disuelto (Sohail et al., 2014).

Específicamente la temperatura incide en la estratificación del lago y en el comportamiento de los organismos, además, este parámetro influye directamente en la concentración de oxígeno disuelto, el cual también depende de la presión atmosférica, la productividad y la morfometría del lago. De igual forma, la conductividad está asociada con la concentración de iones disueltos y con la temperatura, la cual disminuye por la presencia de compuestos inorgánicos (Portilla, 2015). Por otra parte, el valor ácido o básico del pH está vinculado con la adición o disminución de los iones de hidrógeno, los cuales son liberados por medio de los procesos de respiración y fotosíntesis efectuados por el fitoplancton, macrófitas y perifitón (Portilla, 2015).

Finalmente, la turbidez se determina por medio del disco secchi, el cual muestra las características ópticas del lago y además, las mediciones que se realicen estarán influenciadas por la dispersión del material particulado (Portilla, 2015). En definitiva, los parámetros físico-químicos ayudan a reconocer los problemas que se producen en los sistemas lacustres, es por ello, que son considerados como indicadores del avance de la eutrofización, tal es el caso del lago Yahuarcocha en donde se determinaron los cambios y alteraciones del ecosistema tomando en cuenta los parámetros físico-químicos (Fontúrbel, 2005; Ochoa, 2017).

2.1.6 Diversidad y abundancia de especies ícticas en lagos

Fundamentalmente la organización biológica de una comunidad está dada por la diversidad de especies, cuya distribución es desigual a lo largo del planeta Tierra,

debido a que, en varios lugares habitan distintas especies y en diferente número y, por lo cual, se han generado diversas interrelaciones dentro y entre las comunidades (Escalante y Morrone, 2002; Baselga y Gómez, 2019). A la misma vez la diversidad de especies de un ecosistema indica una condición ambiental estable y óptima, por tal motivo, es indispensable obtener información acerca de la estructura de las especies, específicamente en lo referente a los peces a fin de realizar una gestión eficiente, y para ello es imprescindible medir la diversidad alfa a través de varios índices (Sayed, Haque, Khatun y Rahman, 2018).

-Diversidad alfa

En primera instancia la diversidad alfa constituye la diversidad de especies a nivel local, es decir, es el número de especies presentes en una localidad que posee cierta homogeneidad (Pérez y Zaragoza, 2015; Baselga y Gómez, 2019). Esta diversidad a nivel de hábitat es el componente más empleado para caracterizar a las comunidades y está conformada por dos elementos: la riqueza de especies y la abundancia relativa de las especies, cuyos valores son los más utilizados para el cálculo de los índices de Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y el índice de equidad de Pielou (Iannacone y Alvariño, 2007; Carmona y Carmona, 2013; Thukral, 2017). A continuación, se describen los respectivos índices:

- 1. Índice de Shannon-Wiener.-** Particularmente éste índice permite cuantificar la diversidad específica, puesto que, muestra la heterogeneidad de una comunidad en base al número de especies y a su abundancia relativa (Pla, 2006).
- 2. Índice de Simpson.-** Éste índice es utilizado para determinar si ciertas especies dominan o no en un cuerpo de agua en particular, en esencia estima la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente de una muestra pertenezcan a la misma especie (Bibi y Ali, 2013; Rahman, Rahman, Okazaki y Akhter, 2016).

3. **Índice de Margalef.-** Se calcula cuando existe una relación funcional entre el número de especies de una comunidad con el número total de individuos de la misma comunidad (Hubálek, 2000).
4. **Índice de Equidad de Pielou.-** Éste índice permite establecer si existe o no una alta uniformidad en las especies y se fundamenta en los valores del índice de Shannon-Wiener y en el número de especies capturadas (Olawusi y Ajibare, 2014).

-Abundancia relativa

El patrón de abundancia relativa de las especies considera el número de individuos por cada especie, pero además, refleja un equilibrio momentáneo a causa de la competencia en el pasado y/o presente por los recursos y la dinámica poblacional (Ferreira y Petrere, 208).

2.1.7 Importancia de las guías de identificación de peces

En general los peces exhiben una gran diversidad de formas, tamaños y colores, por lo tanto, constituye un requisito indispensable el reconocimiento de las respectivas especies para el desarrollo de estudios sobre taxonomía, sistemática, historia natural, ecología, para el manejo de la pesca y valoraciones sobre el reclutamiento y áreas de desove, entre otros aspectos. Fundamentalmente la identificación de peces se basa en las características morfológicas y por lo cual se han elaborado catálogos de identificación de especies, guías de campo y otros recursos de la web como Fish Base para determinar el correcto nombre científico de las especies (Sidahmed, 2017).

Cabe recalcar que los catálogos y las listas de verificación proporcionan una línea base para efectuar predicciones acerca de las especies exóticas invasoras, puesto que, para recopilar datos es necesario realizar una correcta identificación y para lo cual los investigadores utilizan guías locales y listas de especies invasoras, ésta información es

de gran relevancia para efectuar los programas de identificación, manejo, modelado y educación en lo concerniente a las especies invasoras (Douglas et al, 2009; Wallace, Bargeron, Moorhead y Laforest, 2018).

Precisamente se han diseñado catálogos y guías de identificación sobre especies exóticas para promover su adecuado manejo, como en el caso de España en donde se publicó una guía sobre los peces de la Cuenca del Ebro y también en Colombia se realizó el catálogo sobre la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia, lo cual permitió el desarrollo de otras investigaciones como el Plan Nacional para la prevención, control y manejo de las especies introducidas, trasplantadas e invasoras (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009; Gutiérrez, Lasso, Baptiste, Sánchez y Díaz, 2012).

Es importante recalcar que en las guías y catálogos de identificación de los investigadores del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012), Jiménez et al., (2014), Jiménez et al., (2015), Ruíz, Campos y Delgadillo (2016) y Zafra, Díaz, Dávila, Vela y Colchado (2018), presentan varios elementos en común en la estructura de sus respectivas listas o guías de identificación. Primordialmente para cada especie incluyen el nombre científico, nombre común, la posición taxonómica, el tipo de especie, la talla y peso máximo, la distribución, el hábitat y esencialmente se realiza una descripción de los peces considerando las características morfológicas como la forma, el color y la disposición de las aletas, entre otros atributos.

Adicionalmente, en las guías de Gutiérrez, Lasso, Baptiste, Sánchez y Díaz (2012) y Jiménez et al., (2015) se toman en cuenta los aspectos reproductivos de las especies ícticas, puesto que, algunas presentan dimorfismo sexual, es decir, existen diferencias en las características externas tanto del sexo masculino como del femenino y de la misma forma se detalla el tipo de alimentación de dichos organismos lo cual vendría hacer el grupa trófico al que pertenece una especie, como puede ser herbívoro, carnívoro, omnívoro o detritívoro.

2.2 Marco legal

La presente investigación se fundamenta en la normativa establecida en el país y en conformidad con la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, se consideran varios artículos de la Constitución de la República del Ecuador del 2008.

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 2008

En los artículos 14, 66 numeral 27 y en el artículo 397 se estipula que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, mientras que en los artículos 83 numeral 6 y 276 numeral 4 se establece que se debe preservar y mantener un ambiente sano y de igual manera en el artículo 57 numeral 8 expresa sobre conservar y promover prácticas de manejo de la biodiversidad (Constitución del Ecuador, 2008).

En los artículos 261, 267 numeral 4 y 400, se establece que el Estado central y los gobiernos parroquiales rurales tendrán competencias exclusivas sobre la biodiversidad y se declara que es de interés público la conservación de la biodiversidad, además en el artículo 313 se considera a la biodiversidad como uno de los sectores estratégicos, por otra parte, en el artículo 73 se detalla que está prohibido la introducción de organismos que puedan afectar el patrimonio genético nacional y contribuyan a la destrucción de ecosistemas, y el artículo 395, pone en manifiesto que el Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y que conserve la biodiversidad (Constitución del Ecuador, 2008).

De acuerdo al artículo 402 se prohíbe el otorgamiento de derechos, sobre productos derivados o sintetizados, obtenidos a partir del conocimiento colectivo asociado a la biodiversidad, en los artículos 403 y 419 numeral 8, se estipula que el Estado no se comprometerá en convenios o acuerdos de cooperación que incluyan cláusulas que afecten la conservación de la biodiversidad y en caso de ratificación o denuncia de los tratados internacionales se necesitará de la aprobación de la Asamblea Nacional

cuando se comprometa la biodiversidad. Específicamente en el artículo 408 se considera que es de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado la biodiversidad y el artículo 423 se refiere a que en todas las instancias y procesos de integración, el Estado ecuatoriano se comprometerá a promover estrategias conjuntas de manejo sustentable para la conservación de la biodiversidad (Constitución del Ecuador, 2008).

2.2.2 Tratados y convenios internacionales

2.2.2.1 Cumbre de la Tierra - Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992)

Este convenio constituye una herramienta indispensable para proteger, conservar y usar adecuadamente la diversidad, efectivamente fue firmado por 150 países en el Parlamento de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo acaecida en Río de Janeiro, Brasil en 1992, adicionalmente el Ecuador ratificó este convenio el 23 de febrero de 1993 (Tapia, 2018).

2.2.3 Código Orgánico Ambiental (COA)

El artículo 5 numeral 1 trata sobre el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado considerando la conservación y manejo sustentable de la biodiversidad, el artículo 7 establece que es deber del Estado y las personas proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural, los ecosistemas y la biodiversidad. De acuerdo al artículo 14 las competencias ambientales comprenden las facultades de rectoría sobre la regulación, control y gestión de la biodiversidad y primordialmente el artículo 17 que hace referencia a la investigación ambiental, establece que el Estado deberá contar con datos científicos y técnicos sobre la biodiversidad y el ambiente (Código Orgánico Ambiental, 2017).

En cambio, en el capítulo II, artículo 67 se señala sobre la regulación de las especies exóticas, cuyo manejo deberá desarrollarse conforme a una evaluación de riesgos de los impactos potenciales hacia la biodiversidad, considerando los parámetros estipulados en instrumentos internacionales. Dicha evaluación comprenderá los criterios técnicos acerca del potencial reproductivo de las especies invasoras y su capacidad de adaptabilidad con el propósito de salvaguardar la salud humana y los ecosistemas (Código Orgánico Ambiental, 2017).

2.2.4 Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025

En este plan se encuentra implementado el objetivo número once, el cual trata sobre la conservación, protección y uso sostenible de los recursos naturales, considerando también los daños provocados en los ecosistemas, por tal razón, es fundamental que se realicen estudios sobre la biodiversidad que posee el país con la finalidad de establecer programas de conservación y restauración, los cuales a su vez permitan el aprovechamiento eficiente de los servicios ecosistémicos (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio

El lago Yahuarcocha se localiza en la cordillera de los Andes del Ecuador, en la provincia de Imbabura, específicamente en los valles del cantón Ibarra (Figura 1), sus coordenadas de ubicación son 17N 822303 y 10040672, particularmente este lago presenta cinco entradas de agua y además la población aledaña aprovecha este recurso hídrico para realizar sus diferentes actividades (Pabón et al., 2012; Astudillo, 2018).

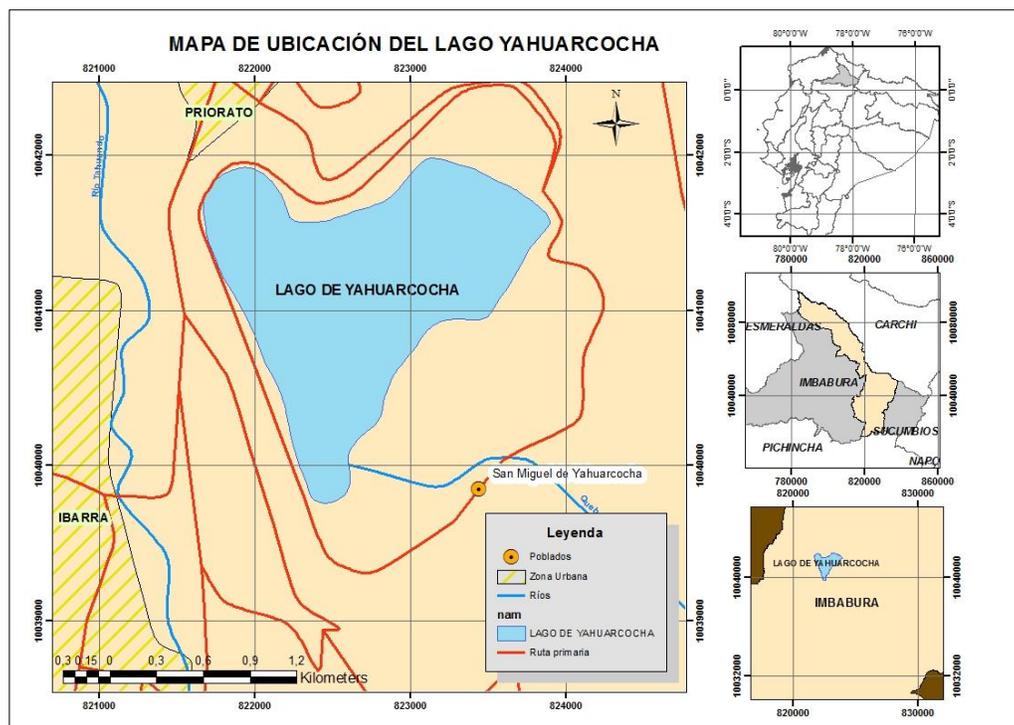


Figura 1. Mapa de ubicación del lago Yahuarcocha

El lago Yahuarcocha posee una superficie de 2 795 445.04 m² y un volumen de 13 498 931.25 m³ de agua (Revelo, 2017), su temperatura y precipitación varía según el tipo

de clima que posee, los cuales son tres: el clima Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo el cual presenta una precipitación de 500-750 mm y una temperatura que va desde los 12°C hasta los 14°C, en cambio, en el clima Ecuatorial frío semi-húmedo la precipitación varía de 500 a 1000 mm, en correspondencia con la temperatura que es de 10°C y 12°C y finalmente, para el clima Ecuatorial frío húmedo las precipitaciones fluctúan entre 1000 y 1250mm con un rango de temperatura que va desde los 6°C hasta los 8°C (Pabón et al., 2012).

3.1.1 Flora y Fauna

Característicamente en el lago Yahuarcocha se ha expandido la frontera agrícola con el pasar de los años, es así que se encontró en ésta área principalmente huertos de especies introducidas como guaba, eucalipto aguacate, mora, frejol, cholán, higuera, entre otras y también se encontró plantas “nativas como totoras, lechuguilla y saucillo, en lo que concierne a la fauna se identificó que en el lago conviven varias especies como tilapia mozambique, patos, patillos, garzas, colibrí, tortolas, golondrinas, curiquingues, etc (Criollo y Trujillo, 2012).

3.1.2 Análisis demográfico

En el lago Yahuarcocha habitan cerca de 3000 habitantes, los cuales se encuentran localizados en barrios como Aluburo, Priorato y San Miguel de Yahuarcocha, siendo este último el que realiza un mayor aprovechamiento de los recursos naturales presentes en este ecosistema (Terneus, 2014) y de igual manera alrededor del lago se encuentran varios centros poblados, los cuales son: Tambiche, Rumitola, Guaranguisito, El Tablón, El Tejar, Lulunquí, La Campiña y Socapamba Tolas y (Pabón et al., 2012).

3.1.3 Actividad socio-económica

La población se dedica mayormente a la agricultura, ganadería y pesca para obtener mayores ingresos económicos, también se implementó el comercio por medio de la

instalación de tiendas y locales los cuales ofertan todo tipo de bienes y servicios como la venta de comida, el alquiler de botes y motos acuáticas, adicionalmente se vende las esteras fabricadas a base de totora y también se comercializa arreglos florales elaborados con juncos, cabe destacar que la tilapia constituye un importante ingreso económico, puesto que es ampliamente apetecida por los visitantes, por lo cual las personas poseen piscinas para la crianza de esta especie ya que presenta un amplio rango de alimentación y es muy resistente con las enfermedades (Pabón et al., 2012).

3.2 Métodos

A continuación, se detallan los métodos que fueron utilizados en el proyecto de investigación en lo concerniente a la fase de campo y al análisis de datos, para el cumplimiento de los objetivos propuestos y para dar respuesta a la pregunta directriz planteada.

3.2.1 Caracterización de las especies ícticas presentes en el lago Yahuarcocha por medio de información primaria y muestreos

Particularmente en esta sección se emplearon diversos métodos, para recopilar información básica sobre la ictiofauna del lago y para desarrollar los respectivos muestreos, lo cual condujo a un análisis exhaustivo sobre las condiciones del área de estudio y los aspectos ecológicos de las especies a muestrearse.

3.2.1.1 Obtención de información primaria sobre la ictiofauna del lago Yahuarcocha

Para el cumplimiento del objetivo se elaboró una encuesta la cual, según Quispe y Sánchez (2011), es una técnica de investigación que se aplica a una población mediante un cuestionario previamente elaborado, con el propósito de adquirir datos de forma rápida y eficiente. Adicionalmente es necesario llevar a cabo una revisión bibliográfica

con anticipación, para establecer los aspectos más importantes que deben estar contenidos dentro de la encuesta y en lo que respecta a las preguntas del cuestionario, estas deben ser claras y concisas considerando que no deben sobrepasar las 25 palabras (Casas, Repullo y Donado, 2003; Salazar, Pérez y Alfonsi, 2008). En la presente investigación se desarrolló un cuestionario de 15 preguntas a partir del cuadro de operacionalización de variables (Tabla 1), el cual fue aprobado por el PhD. José Alí Moncada, docente de la Universidad Técnica del Norte como especialista en el campo social (Anexo 1).

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores
Perfil socio-económico		Edad
		Sexo
		Ocupación
Técnicas y artes de pesca	Artes de pesca	Tipo de redes utilizadas
	Uso de cebo	Tipo de cebo utilizado
	Transporte	Tipo de embarcación
Captura de los peces	Horario de pesca	Periodicidad de la pesca (horas, meses)
	Zonas donde se efectúa la pesca	Zona litoral Zona limnética Sector en específico
	Actividad pesquera en el pasado	Especies de peces que existían antes en el lago
Percepción ambiental	Actividad pesquera en la actualidad	Especies de peces que se encuentran en la actualidad
		Disminución de la cantidad de peces
		Mortandad de peces

En esta investigación se aplicaron 30 encuestas exclusivamente a las personas que pescaban (Anexo 4.1), por su conocimiento acerca de las especies de peces que habitan en el lago Yahuarcocha, las zonas donde se encuentran, las especies que existían antes, las herramientas e implementos que se usan para capturar a dichas especies, entre otros aspectos conforme a las metodologías propuestas por Abdul, Hossain, Ahmed y Asaduzzaman (2017) y Sultana, Mazumder y Kunda (2018). Por lo cual, el tamaño de la muestra fue del 100%, ya que muy pocas personas pescan en el lago y por lo general practican esta actividad los fines de semana tanto en la mañana como en la tarde, finalmente, los datos generados a partir de las encuestas fueron procesados y analizados mediante el software de análisis estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

3.2.1.2 Implementación de los sitios de muestreo

Fundamentalmente el muestreo de las comunidades ícticas es inherentemente complejo y para efectuarlo es necesario tomar en cuenta el tipo de lago y la variación estacional, debido a que, cada lago posee características diferentes (Oyugi, Mavuti, Aloo, Ojuok y Britton, 2014; Grapci, Ibrahim, Bilalli, Ibrahim y Musliu, 2019). Por consiguiente, en el lago Yahuarcocha se desarrollaron los muestreos ictiológicos en base a varias metodologías, las cuales mencionan ciertos criterios para establecer los sitios de muestreo.

Particularmente en este estudio se establecieron los sitios de muestreo considerando la vegetación circundante, el flujo de agua, el sedimento, la profundidad, la ecología de los peces y el impacto antrópico, además el proyecto de investigación contó con el apoyo de un pescador, con quien se referenció los horarios, las zonas más idóneas para realizar el muestreo y también se utilizaron sus diferentes artes de pesca (Ayala, Ramos y Flores, 2003; Zambrano, Córdova, Camargo, Bustamante y Bustamante, 2010;

Anbalagan y Sivakami, 2017; Solomon, Ayuba, Tahir y Okomoda, 2017; Grapci et al, 2019).

En primera instancia se identificó la vegetación y la fauna del lago Yahuarcocha recorriendo toda su periferia y se tomó en cuenta la tesis de Pabón (2015), la cual hace referencia a las especies de plantas que se encuentran distribuidas dentro del lago, de igual manera se identificaron los afluentes de agua recorriendo todo el lago por medio del bote del cuerpo de bomberos y se consideró la tesis de Revelo (2017), la cual menciona las principales entradas de agua que posee el cuerpo lacustre. Por otro lado, se determinó la zona en donde se produce la mayor cantidad de sedimentos de acuerdo a la tesis de Cifuentes (2016) y por último se consideró el estudio realizado por Terneus (2014), en donde se mencionan los impactos antrópicos que posee el lago.

En base a los factores anteriormente mencionados se establecieron en total seis sitios de muestreo ubicados en seis lugares de referencia y en cada uno de ellos se colocaron dos tipos de artes de pesca (Anexo 4). Concretamente se utilizaron trampas para capturar a los peces más pequeños que fueron los guppys (*Poecilia reticulata*) y los peces cola de espada (*Xiphophorus hellerii*), debido a que, estas especies se encuentran únicamente cerca de las orillas a muy bajas profundidades, por otro lado, se instalaron redes artesanales para capturar a las tilapias (*Oreochromis niloticus*) y carpas (*Carassius auratus*) en puntos más alejados de las orillas y a mayores profundidades. A continuación, se detalla las características de cada uno de los sitios seleccionados:

-Sitio 1: Dormidero de las garzas.- Desde el punto de vista ecológico se establecieron dos sitios de muestreo en esta zona, debido a que, las garzas que se encuentran en la totora aportan con materia orgánica mediante sus heces y además estas aves son ictiófagas, es decir, se alimentan de los peces (Martínez, Olivera, Quiroga y Gómez, 2010) (Anexo 4.2).

-Sitio 2: Ruta primaria (vegetación).- En el lago Yahuarcocha las tilapias y las carpas se alimentaban de las macrófitas y se reproducían en áreas que estaban cubiertas por esta planta, sin embargo, fueron removidas por medio del dragado en el año 2014 (Setlíková y Adámek, 2004; Lorenzoni, Dolciami, Ghetti, Pedicillo y Carosi, 2010). Por tal razón, se establecieron dos sitios de muestreo en una zona cubierta por totora, puesto que, los pescadores afirman que actualmente los peces hacen sus nidos en este tipo de planta, la cual se encuentra cerca de la ruta primaria, en la parte oeste del lago (Pabón, 2015) (Anexo 4.3).

-Sitio 3: Canal del río Tahuando.- Se establecieron sitios de muestreo en esta zona (Anexo 4.4), debido a que, en el lago Yahuarcocha se vierten las aguas residuales a través de este canal, el cual constituye la entrada de agua que mayor caudal aporta al lago con 599, 24 l/s al año, por ende este efluente es el responsable de una alta contaminación por nitratos y fosfatos (Yépez, 2016; Revelo, 2017). No obstante, muchas de las personas pescan cerca de este canal, en un sector denominado la Isla, en donde además es un sitio idóneo para la captura de guppys y peces cola de espada.

-Sitio 4: Planta de tratamiento.- Se implementaron sitios de muestreo en este sector (Anexo 4.5), ya que, a través de este efluente se vierten las aguas residuales, las cuales son causantes de la contaminación del agua por nitratos y fosfatos. Además, en esta zona se concentra una gran cantidad de totora en la orilla y una alta cantidad de sedimento en el agua, el cual afecta el desarrollo de los huevos y larvas de los peces, también causa la disminución del tamaño de los individuos en la madurez sexual y ocasiona una alta mortalidad, debido a que, las especies ícticas son más propensas a adquirir infecciones (Donohue y García, 2009; Pabón, 2015; Cifuentes, 2016).

-Sitio 5: Vuelta de la paloma.- La mayor parte de los pescadores comentaron que ésta zona es apropiada para pescar, ya que, eventualmente se congregan los peces debido al oleaje que se produce por el viento (Anexo 4.6).

-Sitio 6: Autódromo.- Se ubicaron sitios de muestreo en esta zona (Anexo 4.7), debido a que, el lago Yahuarcocha posee metales pesados como el plomo, que de acuerdo a Carrera de la Torre (1990), citado por Terneus (2014), podría deberse a la presencia de la pista automovilística.

Es preciso señalar que en cada salida de campo se utilizó un GPS y una cámara fotográfica para ubicar los sitios de muestreo y así georreferenciarlos en el mapa. A continuación, se muestra las coordenadas junto con las respectivas profundidades en donde fueron colocadas las redes y las trampas dentro del área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Coordenadas de los sitios de muestreo.

Sitios de muestreo	Lugar de referencia	Código (redes y trampas)	Coordenadas		Profundidad (m)
			Longitud	Latitud	
S1	Dormidero de las Garzas	SR1	822514	10041521	1.8
		ST1	822463	10041554	0.6
S2	Ruta primaria (vegetación)	SR2	821948	10040717	2.5
		ST2	821929	10040780	0.67
S3	Canal del río Tahuando	SR3	822485	10039714	1.6
		ST3	822426	10039641	0.55
S4	Planta de tratamiento	SR4	823043	10040743	1.9
		ST4	823048	10040713	1.9
S5	Vuelta de la paloma	SR5	823752	10041360	1.2
		ST5	823770	10041394	0.54
S6	Autódromo	SR6	823479	10041719	2.2
		ST6	823432	10041795	0.48

En cambio, la distribución geográfica de los sitios de muestreo en el mapa se muestra en la Figura 2.

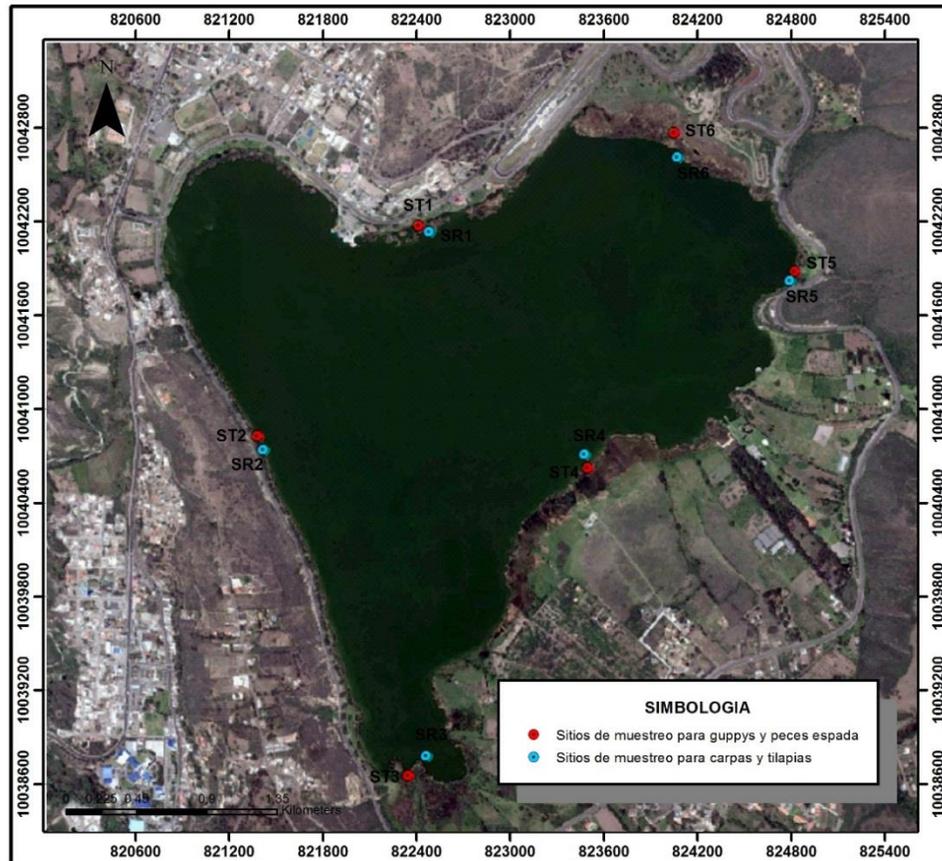


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo en el lago de Yahuarcocha

3.2.1.3 Captura de las especies ícticas

Para realizar los muestreos ictiológicos se adquirió el permiso de investigación del Ministerio del Ambiente y Agua, con el propósito de utilizar diferentes artes de pesca y cebo (Anexo 2). Específicamente se planificaron las salidas de campo teniendo en cuenta el diagrama ombrotérmico del Plan de manejo de la microcuenca del Lago Yahuarcocha (2012), por lo cual los muestreos ictiológicos se llevaron a cabo del 02 al 07 de noviembre del 2019, debido a que en este mes se ha registrado una de las

mayores precipitaciones y de igual forma se efectuaron los muestreos del 15 al 20 de enero del 2020, ya que en este mes la precipitación es muy baja (Figura 3).

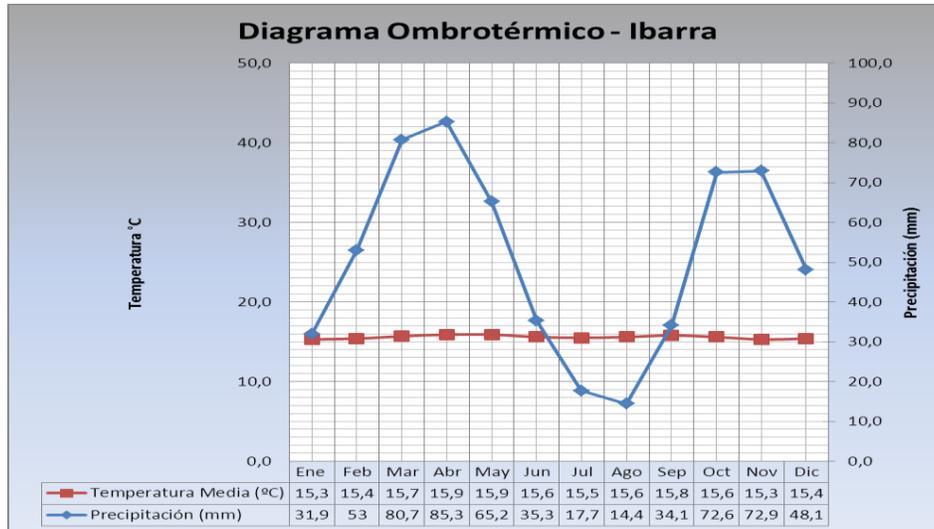


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la ciudad de Ibarra

Fuente: (GAD San Miguel de Ibarra, 2012).

Para capturar a los guppys y a los peces cola de espada se utilizaron trampas de forma cilíndrica en donde se colocó como cebo hígado de pollo con balanceado, debido a que, el olor a sangre atrae a este tipo de peces. Concretamente se colocaron las trampas en el agua durante una hora y fueron retiradas cada 10 minutos, debido a que, estos peces percibían el olor de la sangre y después huían inmediatamente (Fernández, Navarrete, Fernández y Contreras, 2006; Bonastre, 2008; Claro y Akio, 2013). Para el caso de las carpas y tilapias se instalaron cuatro redes de trasmallo de 250 m en cada sitio de muestreo durante seis horas (10:30 am-4:30 pm) y de igual manera se utilizó una atarraya (Paller, Labatos, Lontoc, Matalog y Ocampo, 2011; Ahmad y Shankar, 2015; Solomon et al., 2017).

Una vez que se capturaron y se identificaron a las especies se procedió a medir su longitud total por medio de un flexómetro, cuya longitud se midió desde la boca hasta

la aleta caudal del pez y además, se pesaron a las especies empleando una balanza con pilas (Miranda y Barrera, 2005). Una vez que se identificaron a las especies y se obtuvieron sus respectivas medidas, los peces fueron regresados de vuelta al lago y además, se utilizaron fichas para registrar el lugar, la zona, la hora, el nombre común de los peces, el nombre científico de la especie, número de ejemplares capturados, la longitud total (cm), el peso total (g), sexo y estadio (Anexo 3.1) (Chuctaya, 2014).

3.2.1.4 Identificación de las especies capturadas

Esencialmente se identificaron a las especies ícticas tomando en cuenta sus características morfológicas, las cuales se describen en las claves taxonómicas e investigaciones de Jiménez, y Beárez (2004), Maddern, Gill y Morgan (2011), Kottler, Fadeev, Weigel y Dreyer (2013), Jiménez et al., (2015), Keat, Aun, Wong y Khoo (2016) y Rosso, Rosso, Mabragaña, Schenone, Avigliano y Díaz (2017).

3.2.1.5 Estimación del sexo de las especies ícticas

Se determinó el sexo de las especies capturadas en campo, visualizando los rasgos externos del cuerpo en lo que respecta a los patrones de coloración, la disposición de las aletas, el tamaño corporal y la estructura del aparato urogenital, posteriormente se calculó los porcentajes de machos y hembras de las diferentes especies ícticas del área de estudio. A continuación, se describe las características de cada especie:

-*Poecilia reticulata*.- Los machos y las hembras fueron identificados en base a su morfología externa, puesto que esta especie presenta dimorfismo sexual, precisamente porque los machos desarrollan formas y colores más atractivos que las hembras, son más pequeños que las hembras y poseen una aleta anal modificada denominada gonopodio, mediante el cual fecundan a la hembra (Salgado, Marañón, Azpeitia y Maya, 2008; Ortega, Reyes y Reyes, 2014). En contraste, las hembras tienen coloraciones oscuras, son más grandes que los machos, carecen de gonopodio y tienen el abdomen hinchado (Shahjahan, Ahmed, Begum y Rashid, 2013).

-*Xiphophorus helleri*.- De la misma manera esta especie presenta dimorfismo sexual, debido a que los machos desarrollan una estructura semejante a una espada a partir de los radios de su aleta caudal, son más pequeños que las hembras y son más coloridos (Basolo, 1990; Maddern, Gill y Morgan, 2011). En cambio, las hembras poseen colores más oscuros, su cuerpo es más redondeado que el de los machos y cuando están grávidas presentan una mancha negra en la parte ventral, denominada punto de gravidez (Arevalo, Gómez, Gómez, Rodríguez y Hurtado, 2010).

-*Carassius auratus*.- Se determinó el sexo de ésta especie mediante observación directa del aparato urogenital de los individuos, específicamente en los machos la cloaca es cóncava y la aleta anal es bifurcada, mientras que en las hembras la cloaca es convexa y la aleta anal es redondeada. En la madurez sexual, el macho desarrolla manchas blancas denominadas tubérculos reproductores, los cuales se producen sobre los opérculos que recubren a las branquias y en las aletas pectorales, por el contrario las hembras no poseen tubérculos reproductores y su abdomen tienen una apariencia hinchada (Amin, Mazumder, Nargis, Khatun y Talukder, 2013).

-*Oreochromis niloticus*.- De igual forma se observó los caracteres externos del aparato urogenital de los individuos. Particularmente el macho posee dos orificios debajo del vientre: el ano y el poro urogenital que tiene la forma de un pequeño punto. Por otra parte, la hembra presenta tres orificios: el ano, el orificio urinario y el poro genital, el cual se encuentra dentro de una hendidura de forma perpendicular al eje del cuerpo (Montoya, 2013; Macias, 2016).

Cabe mencionar que tanto la hembra como el macho poseen un color cenizo azulado, sin embargo, el macho presenta la coloración más clara al de la hembra y además, la cabeza del macho es más grande que la cabeza de la hembra (Hurtado, 2017).

3.2.1.6 Estimación del estadio de las especies ícticas

Para calcular los porcentajes de los distintos estadios de las especies ícticas, se tomó como referencia las tablas de clasificación de los estadios considerando la longitud y el peso de los individuos (Parada, Virgüez y Cruz, 2012) (Anexo 4.8). A continuación, se detallan las medidas de cada especie en particular (Tablas: 3, 4, 5 y 6).

Tabla 3. Longitud y peso en diferentes estadios de *Poecilia reticulata*.

Estadio	Longitud (cm)	Peso (gr)
Alevín	0.4-0.69	0.002-0.0028
Juvenil	0.5-1.9	0.026-0.027
Adulto	2.0-6	0.12-1.03

Fuente: Urriola, Cabrera y Protti, (2004), Ghosh, Sinha y Sahu, (2007), Araújo, Peixoto, Pinto y Teixeira, (2009), Oliveira et al. (2014) y Cuchía, (2018).

Cabe mencionar que los machos de esta especie son adultos desde que miden 2 cm en adelante, en cambio, el tamaño de las hembras adultas es desde 2.33 ± 0.21 cm (Sievers et al., 2012).

Tabla 4. Longitud y peso en diferentes estadios de *Xiphophorus hellerii*.

Estadio	Longitud (cm)	Peso (gr)
Alevín	0.77 ± 0.35	0.0056 ± 0.0019
Juvenil	1.25-4.56	0.05 ± 0.001 -0.41
Adulto	4.7-12	0.61-2.1

Fuente: Maya, (2004), Raja y Kunchitham, (2004), Ghosh, Sinha y Sahu, (2007), Arévalo et al. (2010), Llanos y Scotto, (2010).

Tabla 5. Longitud y peso en diferentes estadios de *Carassius auratus*.

Estadio	Longitud (cm)	Peso (gr)
Alevín	4.31 ± 0.44	1.12 ± 0.18
Juvenil	5.9 ± 0.95	4.2 ± 1.08
Adulto	11.72 ± 1.35 -45	25.9 ± 6.8-300

Fuente: Lorenzoni, Corboli, Ghetti, Pedicillo y Carosi, (2007), Maico et al. (2014), Montoya et al. (2014) y Castro et al. (2016).

Tabla 6. Longitud y peso en diferentes estadios de *Oreochromis niloticus*.

Estadio	Longitud (cm)	Peso (gr)
Alevín	0.5-4.59	0.4-4.7
Juvenil	5-13.8	6.4-50
Adulto	15.8-37.1	70-1021

Fuente: Bahnasawy, Abdel y Abd, (2003), Cantor, (2007), Molina y Ramos, (2008), Grammer, Slack, Peterson y Dugo, (2012), Macias, (2016) y Mabansag, Paraso, Marcelino, Clavecillas y Suzanneth, (2019).

3.2.1.7 Toma de datos de los parámetros físico-químicos

Adicionalmente en cada sitio de muestreo se tomaron los parámetros físico-químicos (Anexo 4.9), para lo cual se utilizó el multiparámetro YSI 556 MPS para medir la temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y el pH en dos niveles: en la superficie a 20 cm de profundidad y en el fondo a 10 cm del piso (Ayala, Ramos y Flores, 2003). De la misma manera se midió la profundidad del agua usando el sonar Hondex PS-7 y se determinó la transparencia del agua utilizando el disco Secchi, (Paller et al., 2011), cuyos datos fueron registrados en una ficha (3.2).

3.2.2 Determinación de la diversidad y abundancia de peces en la zona de estudio

De acuerdo a la metodología propuesta por Ayala, Ramos y Flores (2003) y Carmona y Carmona (2013) se desarrollaron diferentes índices de diversidad considerando sus diferentes rangos, los cuales se describen a continuación con su respectiva fórmula:

- **Índice de diversidad alfa de Shannon-Wiener:**

$$H' = -\sum P_i * \ln P_i$$

n= número de individuos

N= número total de individuos

Tabla 7. Escala de diversidad

Diversidad	Rango
Baja diversidad	0-1,5
Mediana diversidad	1,5-3
Alta diversidad	3-5

Fuente: Laaz y Torres, (2012).

- **Índice de Simpson:**

$$D = 1 - \left(\frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \right)$$

n= número de individuos de cada especie

N= número total de individuos

En lo que respecta al índice de dominancia de Simpson el intervalo de valores va desde 0 hasta 1, cuanto más se acerquen los valores a 1, menor será la diversidad (Rahman,

Rahman, Okazaki y Akhter, 2016). De igual manera, en el índice de diversidad de Simpson el rango de valores está dado de 0 a 1, donde los valores que se acercan al 1 denotan una mayor diversidad, mientras que, los valores que se acercan al 0 indican la existencia de especies en particular muy abundantes con respecto a las demás especies, en otras palabras, la diversidad es baja (Rahman et al., 2016; Rosselló, 2017).

- **Índice de Margalef:**

$$d = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

S= número de especies por captura

N= número total de individuos

Los valores menores a 2 indican una baja riqueza de especies, en cambio, los valores cercanos a 5 indican una alta riqueza de especies (Mora, Burbano, Méndez y Castro, 2017).

- **Índice de Equidad de Pielou:**

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

H= índice de diversidad de Shannon-Wiener

S= número de especies por captura

Los valores van de 0 a 1, de tal manera que 1 corresponde a las situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes, es decir, existe una alta uniformidad, en cambio, si los valores están más cerca del cero la uniformidad es baja (Reyes y Torres, 2009; Olawusi y Ajibare, 2014).

- **Abundancia relativa:**

Se dividió la abundancia de una especie en específico por el total de las abundancias de todas las especies encontradas en el área de estudio (Odat et al., 2009).

3.2.3 Elaboración de la guía de identificación de las especies ícticas del lago Yahuarcocha

Se describió la taxonomía y morfología de los peces en lo que respecta a la identificación, tomando en cuenta también su distribución, los aspectos reproductivos, los impactos generados por las especies y las estrategias de manejo y control, tomando como referencia las ilustraciones y claves taxonómicas de guías de campo, catálogos e investigaciones de la Confederación Hidrográfica del Ebro (2009), Gutiérrez et al., (2012), Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012), Jiménez et al., (2014), Jiménez et al., (2015), Ruíz, Campos y Delgadillo (2016), Mendoza (2018) y Zafra, Díaz, Dávila, Vela y Colchado (2018).

3.3 Materiales y Equipos

En esta investigación se usaron diversos materiales y equipos durante la fase de campo y también se utilizaron varios tipos de Software para la interpretación de los datos (Tabla 8).

Tabla 8. Materiales de campo y laboratorio

Materiales	Equipos	Software
Encuestas impresas	Cámara fotográfica Sony	ArcGIS 10.5
Libreta de campo	Computadora laptop	SPSS
Fichas de campo	Impresora	Sigma Plot 11.0
Guía de identificación de especies	Multiparámetro YSI 556 MPS	AutoCAD

Agua destilada

Sonar Hondex PS-7

GPS Garmin 64s

Disco Secchi

Flexómetro

Balanza de campo

Red artesanal

Potrillo

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de las especies ícticas presentes en el lago Yahuarcocha

A continuación, se describen los resultados obtenidos con respecto a las especies ícticas encontradas en el lago Yahuarcocha, mediante la aplicación de encuestas y desarrollo de muestreos.

4.1.1 Obtención de información primaria sobre la ictiofauna del lago Yahuarcocha

Conforme a las encuestas aplicadas a las personas que pescan en el lago Yahuarcocha, se determinó que la mayoría pertenece al sexo masculino en un 90%, equivalente a 27 personas y el sexo femenino corresponde al 10% restante, es decir 3 personas (Figura 4).

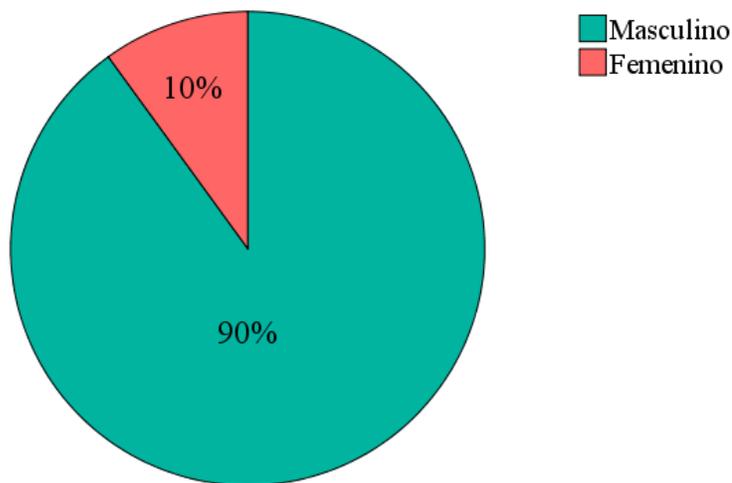


Figura 4. Sexo de los entrevistados

Aproximadamente en el Ecuador hay más de 1 000 pescadores que capturan especies únicamente en lagos y ríos (FAO, 1975). No obstante, si se toma en cuenta a las personas que pescan de manera ocasional y a los pescadores de subsistencia, la cantidad de la población que se dedica a la pesca en cuerpos de aguas dulces aumentaría (Arroyo, 2015). Específicamente en el lago Yahuarcocha se ha reportado que a más de 20 pescadores les interesa capturar las tilapias, lo cual es similar al resultado obtenido con respecto a la cantidad de personas que pescan en el lago y en esencia se tiene conocimiento que tanto mujeres como hombres practican la actividad pesquera artesanal (Diario El Norte, 2017). Además, en la microcuenca del río Magdalena de igual manera pescan más hombres que mujeres (Salazar, 2017).

En cuanto a la edad de las personas entrevistadas se obtuvo que el 50% corresponde a las edades de 50 o más años, el 13.33% de 40 a 49 años, el 26.67% de 30 a 39 años y por último el 10% corresponde a las edades entre 20 y 29 años (Figura 5).

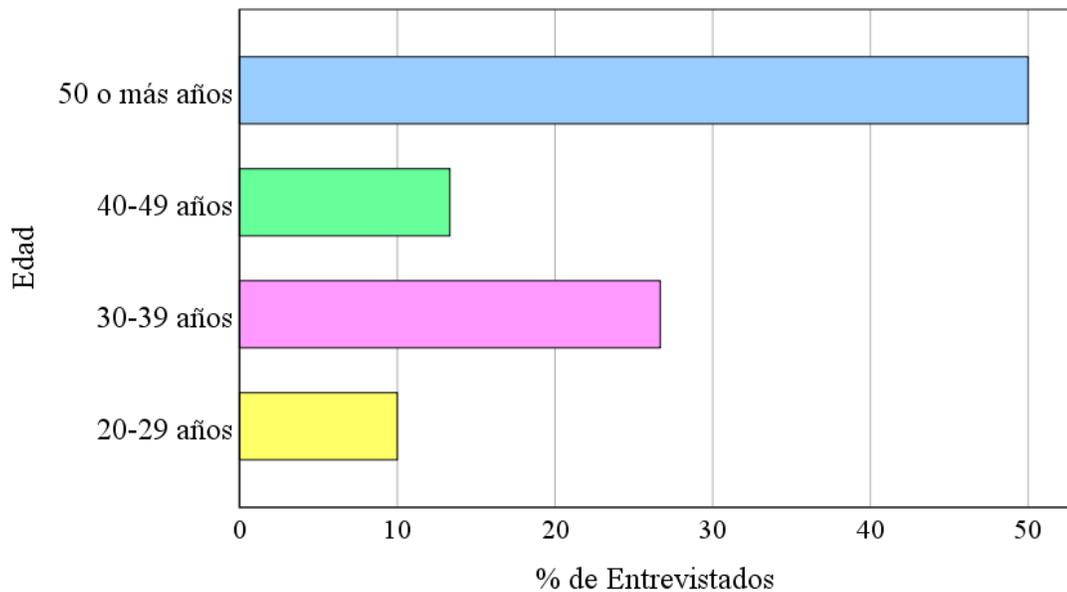


Figura 5. Edad de los entrevistados

En lo que respecta a la edad de los entrevistados en el estudio de Jácome (2013), se menciona que la edad de los entrevistados es en promedio de 39 años con un intervalo entre 18 a 72 años, lo cual se asemeja con la presente investigación, debido a que gran parte de los entrevistados comprendían edades por encima de los 50 años.

En lo que respecta a la ocupación de los entrevistados, se determinó que el 13.33% es empleado público (4 personas), el 10% es comerciante (3 personas), al igual que el 10% se dedica a la albañilería (3 personas), el 6.67% desarrolla actividades agrícolas (2 personas), a la misma vez el 6.67% corresponde a 2 individuos que ejercían la actividad pesquera como profesión, el 33.33% que equivale a 10 individuos desempeña actividades laborales de diversa índole y finalmente, el 20% incluye a seis individuos que no poseían ningún tipo de trabajo y al igual que el resto de entrevistados capturaban a los peces por hobby y por costumbre familiar (Figura 6).

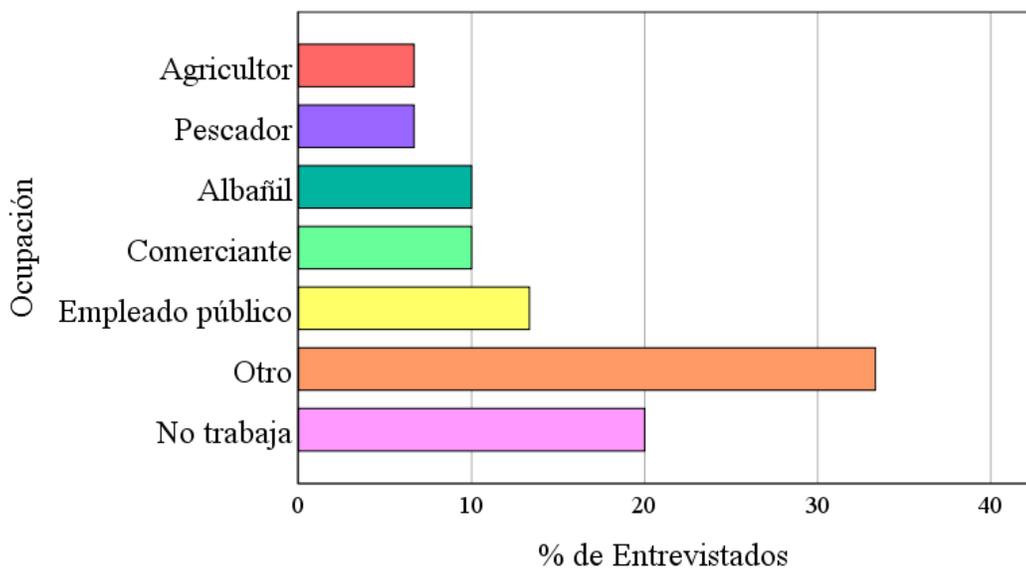


Figura 1. Ocupación de los entrevistados

En el estudio de Salazar (2017), se determinó que la pesca no constituye una actividad principal por parte de los moradores en la microcuenca del río Magdalena, por lo que

la mayoría de los encuestados se dedican a la artesanía, comercio, agricultura u otro oficio.

De las personas entrevistadas, el 43.14% utiliza caña de pescar para capturar a las especies grandes como carpas y tilapias, seguido del 39.22% utiliza carrizo, mientras que, el 13.73% utiliza trampas para las especies pequeñas como los guppys y el 3.92% usa atarraya (Figura 7).

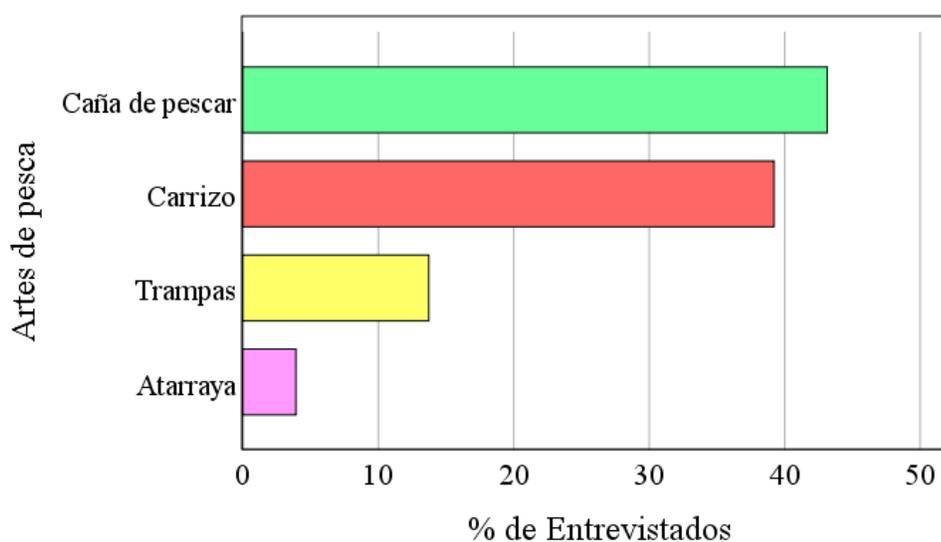


Figura 2. Artes de pesca utilizados

En lo que concierne a las artes de pesca, la caña de pescar es la más utilizada por las personas que practican esta actividad, debido a que, el Ministerio del Ambiente y Agua prohibió el uso de redes de mayor envergadura como chinchorros y atarrayas. Estos resultados son coincidentes con las investigaciones de Armas y Castro (2013) y Verdezoto (2018), quienes afirman que los habitantes del sector pescan junto a las orillas del lago de manera tradicional, empleando únicamente cañas de pescar fabricadas por ellos mismos.

Del 100% de los entrevistados, el 86.67% no utiliza ningún tipo de embarcación, mientras que el 10% utiliza potrillos elaborados a base de totora y de igual manera, el 3.33% emplea canoas artesanales, particularmente no emplean lanchas, debido a que, el ruido producido por el motor ahuyenta a los peces (Figura 8).

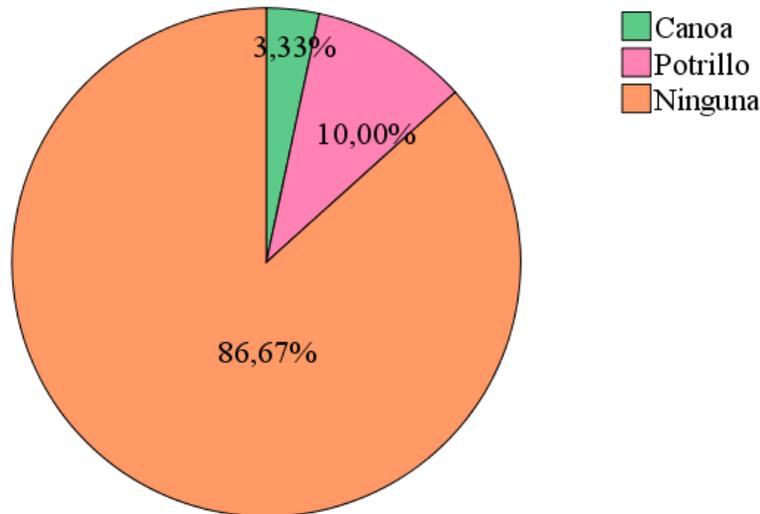


Figura 3. Tipos de embarcaciones utilizados por los entrevistados

La mayoría de las personas entrevistadas afirmaron que no emplean ningún tipo de embarcación, debido a que, pescan exclusivamente por los alrededores del lago Yahuarcocha, y además, en las investigaciones de Armas y Castro (2013) y Guerrero (2014), se menciona que parte de los servicios turísticos que se ofertan en el lago es la pesca deportiva, sin embargo no se especifica si utilizan algún medio de transporte para realizar dicha actividad, en cambio, se señala que los botes a pedal, motos acuáticas y lanchas se alquilan para los paseos familiares. Del mismo modo Bolaños (2011), señala como principales actividades en el lago Yahuarcocha paseos familiares en canoas, no obstante, puntualiza que en el lago San Pablo los indígenas si emplean canoas de totora para pescar.

El cebo empleado con mayor frecuencia son las lombrices, lo cual corresponde al 62.22%, en cambio, el 15.56% emplea masa que está compuesta por harina y agua, el

13.33% utiliza langostinos, seguido del 8.89% que usa diferentes tipos de cebo combinados (Figura 9).

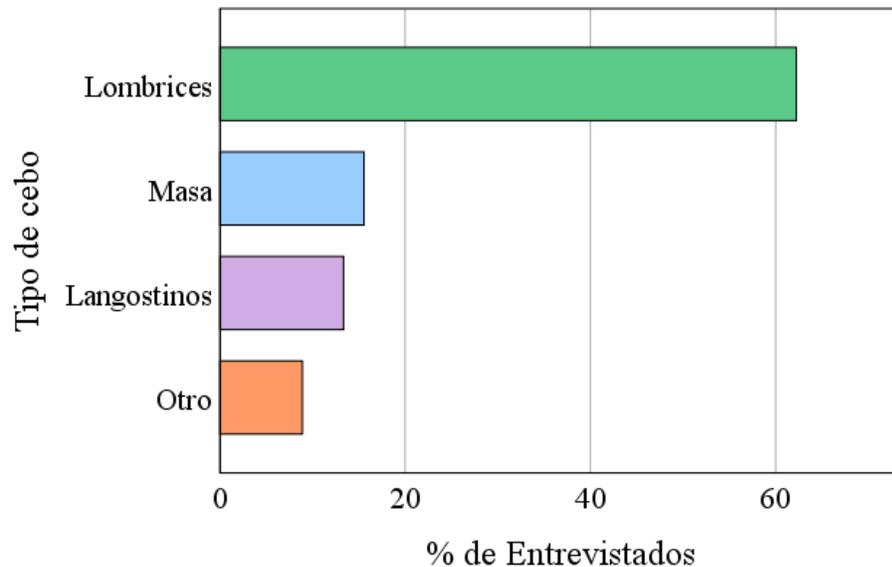


Figura 4. Tipo de cebo empleado durante la pesca

Esencialmente el tipo de carnada depende de la especie objetivo, es así que, en la pesca deportiva se emplean lombrices, trozos de mariscos y pescados e inclusive se utiliza cebos artificiales de varios colores para atraer a las especies ícticas (Arrese, 2012; Puentes, Polo, Roldán y Zuluaga, 2014). De acuerdo a Maina et al. (2015), en la pesca artesanal se utilizan una gran variedad de cebos adheridos a los anzuelos o colocados en las trampas, entre los más utilizados son las lombrices y los peces pequeños.

En cuanto al horario de pesca, se obtuvo que el 50% realiza esta actividad en la tarde (de 1 pm a 6 pm), por otro lado, el 46.67% pesca durante todo el día, es decir, en la mañana y en la tarde (de 6 am a 7 pm), porque, utilizan carnadas y tan solo el 3.33% pesca en la noche de 7 pm a 9 pm, cabe mencionar que ninguna persona entrevistada expresó haber pescado únicamente en la mañana (Figura 10).

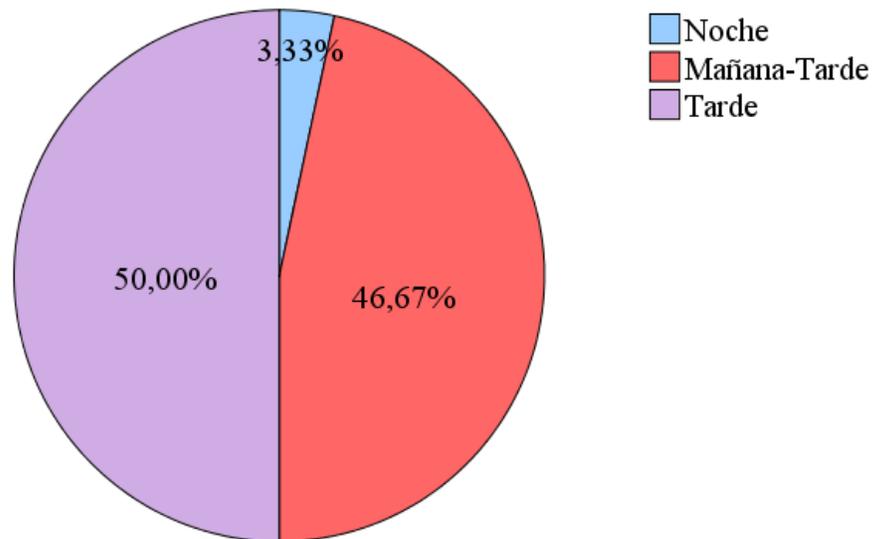


Figura 5. Horario recomendado para capturar a las especies ícticas

Según Rodríguez, Meléndez, Rosales y Lindao (2018), las personas que practican la pesca artesanal no poseen horarios fijos, es así que en algunos lugares del país como en la parroquia de Santa Rosa, provincia de El Oro los pescadores tampoco tienen un horario fijo, algunos realizan esta actividad en la mañana y otros durante la noche (González y Yagual, 2016). Precisamente en el cantón Quevedo los habitantes prefieren pescar en el horario de 6:00 am a 12:00 am (61.7%), también de 12:00 am a 18:00 pm (33.3%) y de 18:00 pm a 0:00 horas (5%) (Córdova, 2018).

El 49.09% de los entrevistados manifestaron que encuentran una mayor cantidad de peces en época seca, mientras que, el 40% expresó que encuentra más peces en época lluviosa y el 10.91% no sabe, primordialmente expresaron que siempre la época de pesca varía (Figura 11).

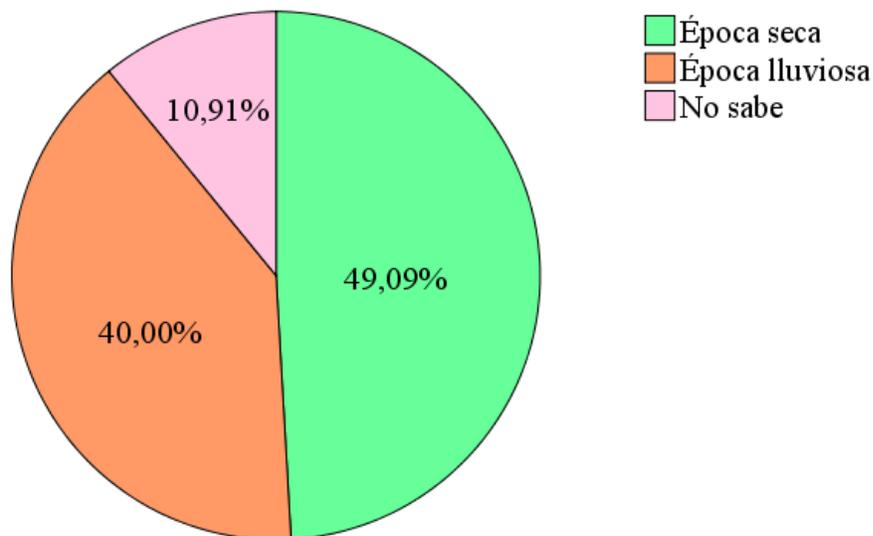


Figura 6. Épocas en donde se ha encontrado una gran cantidad de peces

La mejor época para pescar cantidades altas de peces depende del hábitat en particular, sin embargo, el resultado obtenido en este estudio concuerda con lo descrito por Jácome (2013), quien investigó sobre la etnoictiología en ocho lagunas de la zona baja del río Curaray en la Amazonia y detalló que los pescadores expresaron que capturan más peces en la época seca, en el periodo comprendido entre agosto a octubre, mientras que, en el invierno las capturas son bajas.

El 100% de los entrevistados ha pescado en la zona litoral (orillas) y evidentemente nadie pesca en la zona limnética (aguas abiertas), dado que, está prohibido pescar con redes de gran tamaño, las cuales pueden ser utilizadas sólo en la parte central del lago.

El resultado obtenido en éste estudio coincide con lo señalado por Armas y Castro (2013), los cuales afirman que la pesca se realiza a orillas del lago Yahuarcocha, asimismo, Guanín (2014), detalla que los visitantes se deleitan al capturar y consumir pescados en las orillas, mientras que los pescadores efectúan sus rutinas mañaneras y en la investigación de Leiton (2018), se mencionó específicamente que desde la comunidad de Aloburo los hombres bajaban todos los días a sembrar y a pescar en la orilla del lago.

Del 100% de los entrevistados el 30.43% pesca con mayor frecuencia en el sector denominado la isla, el 19.57% en el dormitorio de las garzas, el 15.22% en la entrada del lago, el 10.87% en la vuelta de la paloma, el 4.35% en la parte de los baños y finalmente, el 19.57% de los encuestados afirmaron que pescan en todo el lago puesto que la distribución de los peces es diferente en todos los meses (Figura 12).

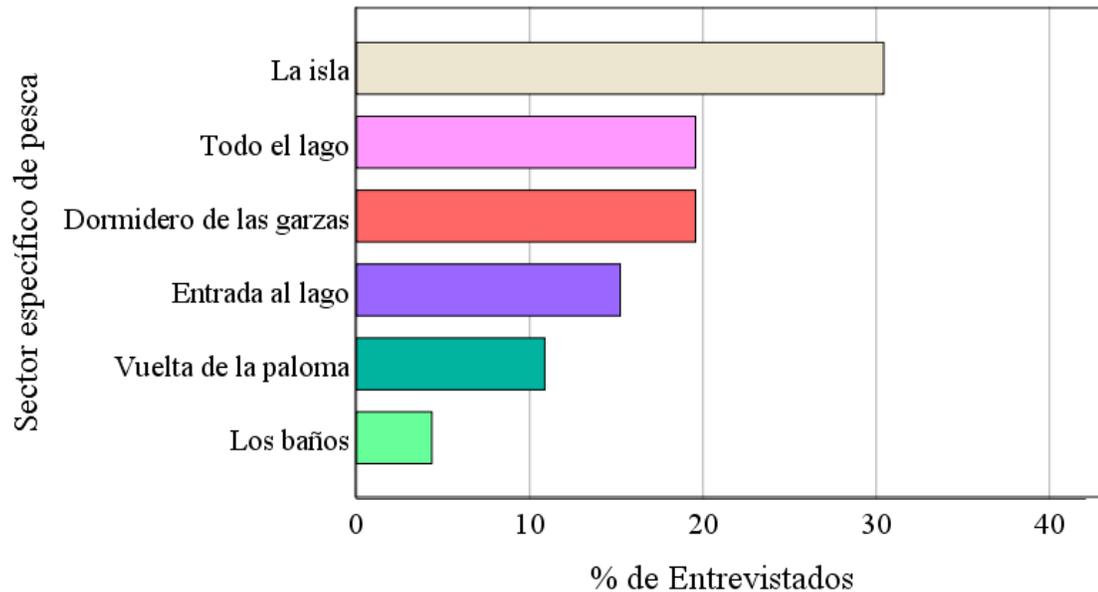


Figura 7. Sector específico para la captura de peces

En la investigación de Leiton (2018), los entrevistados expresaron que en el sector de la vuelta de la paloma había tilapias y carpas hembras, las cuales poseían cantidades exuberantes de huevos cerca de dos millones y es por ello que abundan los peces en ése sector y las personas los capturan. Además, en el estudio de Armas y Castro (2013), se describe que las personas sobre todo las residentes de la zona pescan dentro del lago en sitios ya definidos por ellos mismos.

Con respecto a las especies que han sido mayormente capturadas, se determinó que el 58.82% pesca principalmente tilapias, el 23.53% carpas, debido a que, estas especies son consumidas y comercializadas por las familias, mientras que el 14.71%

ha capturado guppys con fines de ornamentación y en un 2.94% se ha pescado bocachicos (Figura 13).

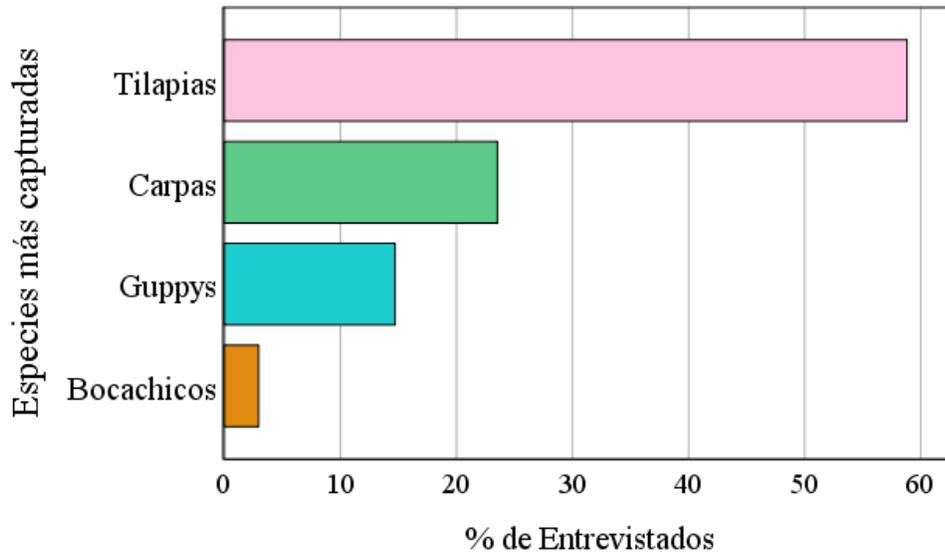


Figura 8. Especies de peces que han sido capturados en mayor frecuencia durante el día

Precisamente no se tienen registros sobre la población de peces que residen en el lago Yahuarcocha o sobre la cantidad de peces capturados, sin embargo, se describe en la investigación de Armas y Castro (2013), que las tilapias que se introdujeron poblaron rápidamente el lago y actualmente constituyen una fuente económica muy importante debido a la demanda turística, además, de acuerdo a Maridueña et al., (2011), las carpas fueron las más afectadas en la época en que ocurrió la mortandad y por lo tanto, la cantidad de los individuos se redujo drásticamente.

El 34.67% de los entrevistados afirmaron que en el pasado habitaban tilapias, el 33.33% carpas, el 16% guppys, el 4% peces cola espada y del mismo modo el 4% estableció que había los peces blancos, así como también, se detalló que había truchas y bocachicos en un 1.33% cada uno y finalmente, el 5.33% no lo sabe (Figura 14).

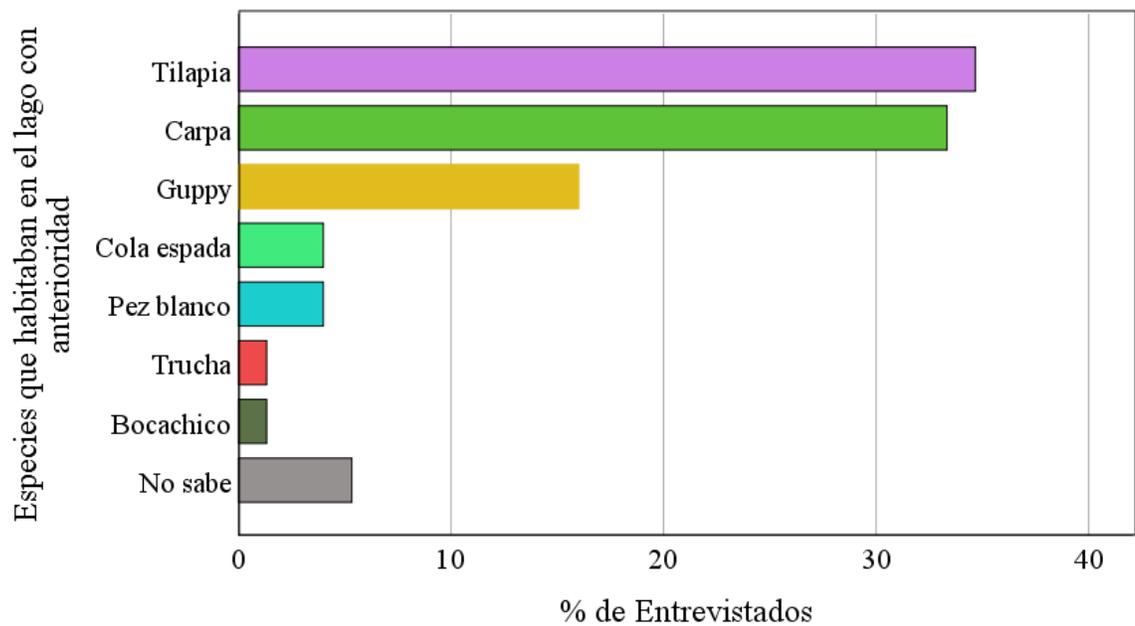


Figura 9. Especies de peces que habitaban en el lago Yahuarcocha

Armas y Castro (2013), mencionan que en un inicio las Preñadillas residían en el lago y además, en otras investigaciones se detalla la introducción de la tilapia desde el año 1996 (Erazo y Jaramillo, 2005). De igual forma, se detalla en una investigación las respuestas que otorgaron 10 personas entrevistadas que han vivido por más de 50 años en las comunidades del lago Yahuarcocha, las cuales mencionaron que en el lago se introdujeron carpas y tilapias negras.

De manera similar, se encontró como resultados que actualmente en el lago existen tilapias (38.16%), carpas (34.21%), guppys (22.37%), peces cola espada (2.63%), en menor cantidad bocachicos (1.32%) y de la misma forma el 1.32% expresó que no lo sabe (Figura 15).

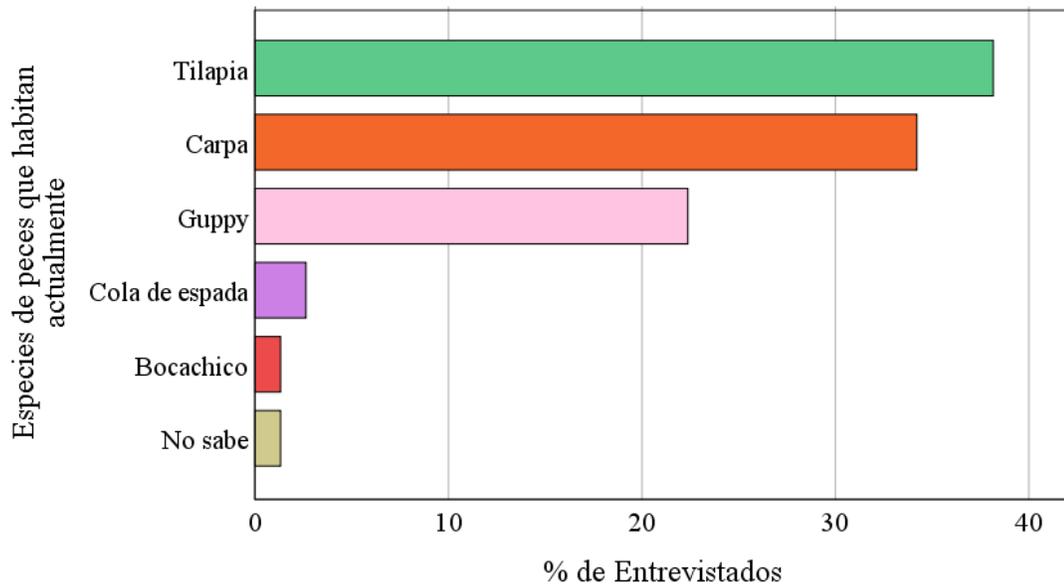


Figura 10. Especies de peces que habitan actualmente en el lago Yahuarcocha

A diferencia de los resultados encontrados, en los estudios de Erazo y Jaramillo (2005) y Ángel y Villarruel (2009), se describe como especies representativas del lago la tilapia negra (*Oreochromis niloticus*), tilapia roja (*Tilapia mossambica*), carpa (*Cyprinus carpio*), guppy (*Poecilia reticulata*) y pez espada o xifo (*Xiphophorus helleri*).

El 86.67% de los entrevistados que han pescado por varios años en el lago, manifestaron que a lo largo del tiempo ha disminuido notablemente la cantidad de peces, sin embargo, el 13.33% no lo sabe ya que han pescado con menor frecuencia (Figura 16).

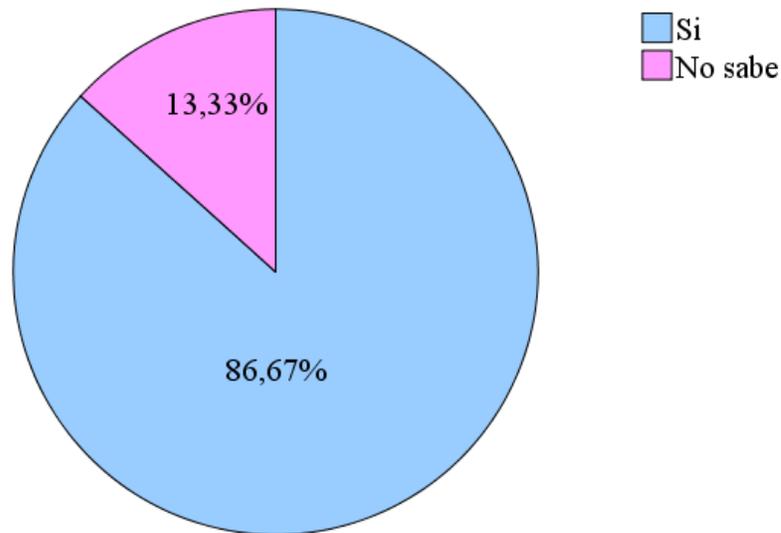


Figura 11. Reducción de la cantidad de peces

Según Terneus (2014), el lago Yahuarcocha posee una menor riqueza de especies que pueden ser invasoras y conforme a la investigación de Maridueña et al. (2011), sobre la mortandad de peces se registró el deceso de aproximadamente 500 peces/m², este suceso se mantuvo por algunas semanas y el número de muertes fue disminuyendo, por lo tanto, si hubo una reducción de peces.

La mayoría de los entrevistados expresaron que la reducción en la cantidad de peces, se debe a la pesca indiscriminada (51.61%), la cual se ha efectuado ilegalmente durante las noches, el 16.13% deduce que se debe a la contaminación del agua, el 6.45% menciona que el motivo es porque antes se fumigó el lago para erradicar a los langostinos, en cambio, el 3.23% considera que la presencia de basura ha afectado a las poblaciones de peces y finalmente, el 22.58% no sabe (Figura 17).

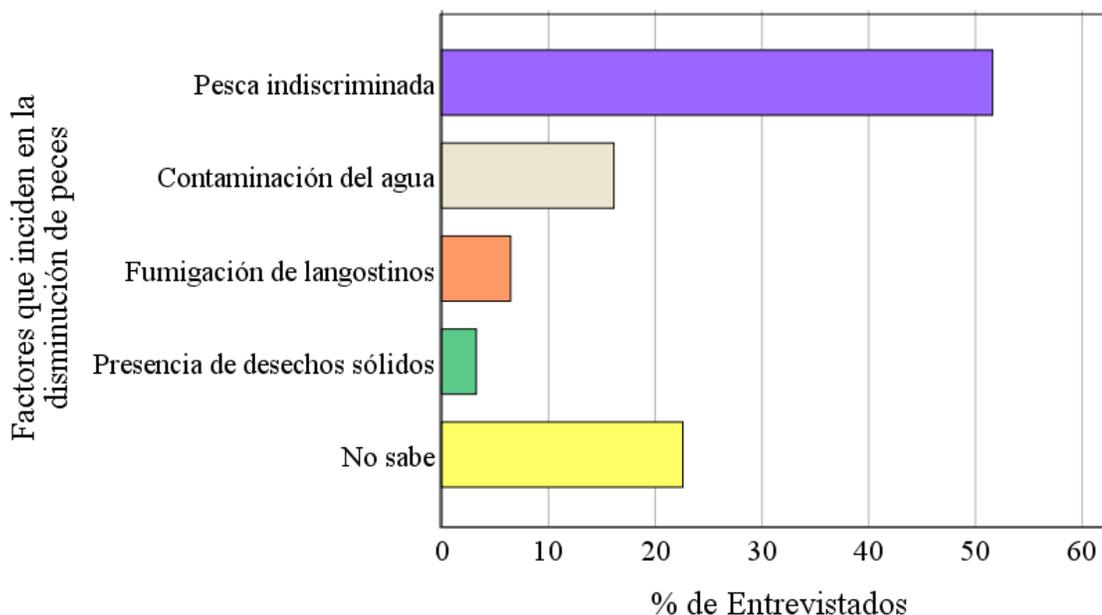


Figura 12. Causas de la reducción de la cantidad de peces

La disminución de las poblaciones de peces se debe principalmente a la pesca indiscriminada, lo cual coincide con el estudio realizado por Ángel y Villarruel (2009), en donde menciona que las variedades de peces que habitan en el lago, específicamente como la tilapia roja y la tilapia negra, han disminuido significativamente a causa de la pesca indiscriminada ejercida por algunos pobladores del sector. De igual manera Leiton (2018), señala que las actividades turísticas y el inadecuado manejo de los desechos afectan a las plantas y animales que se encuentran en el lago.

Se obtuvo como resultado que el 41.94% no recuerda la época en la que sucedió la mortandad de peces, en cambio, el 16.13% cree que cada año mueren los peces de forma masiva, asimismo el 16.13% sugirió que la mortandad de peces se desarrolló en el año 2018, por otra parte, algunos entrevistados manifestaron que la mortandad se produjo en los años 2017 (3.23%), 2016 (6.45%), 2009 (9.68%) y 2004 (6.45%) (Figura 18).

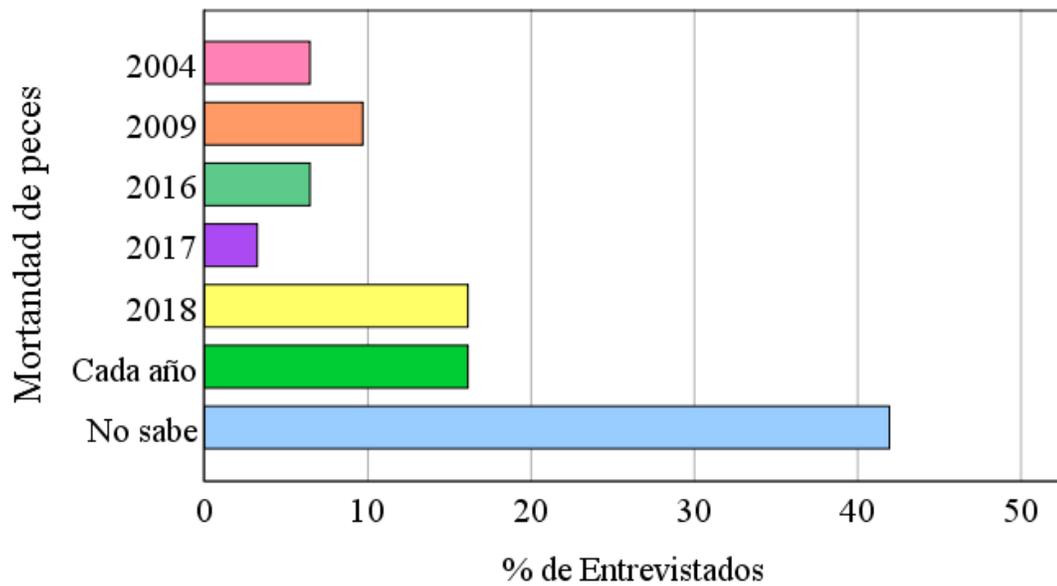


Figura 13. Años en donde se efectuó la mortandad de peces

Concretamente en las investigaciones de Erazo y Jaramillo (2005) y Maridueña et al. (2011), se establece que la mortandad de los peces en el lago Yahuarcocha ocurrió en el mes de febrero de 2003, según Coello et al. (2005) y el plan de ordenamiento territorial de la provincia de Imbabura 2015-2035 se produjo nuevamente la mortandad de peces en el mes de junio en 2005 y en el estudio de Astudillo (2018), se especifica que la mortandad de peces se efectuó otra vez en los años 2016-2017.

4.1.2 Identificación y descripción de las especies encontradas

En total se encontraron cuatro especies en el lago Yahuarcocha, las cuales se detallan a continuación:

Poecilia reticulata (Peters, 1859)

Nombre común: Guppy

Posición taxonómica:

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia
Animalia	Chordata	Actinopterygii	Cyprinodontiformes	Poeciliidae

Descripción: La aleta dorsal es corta y se encuentra un poco por detrás de la mitad del cuerpo, las aletas ventrales están ubicadas por delante de la aleta dorsal, por detrás están las aletas pectorales y por último se sitúa la aleta anal y la aleta caudal que tiene forma redondeada, en la zona ventral se encuentra una parte convexa, su boca es terminal-superior y los machos pueden llegar a medir hasta 3,5 cm y las hembras no sobrepasan los 6 cm de longitud, además, esta especie presenta dimorfismo sexual debido a que los machos son más pequeños y son más coloridos que las hembras y el promedio de vida es de aproximadamente de 3 a 4 años (Maridueña et al., 2011) (Figura 19).



Figura 14. *Poecilia reticulata*

Tipo de especie: Introducida

Reproducción: Estas especies son ovovivíparas, usualmente una hembra tiene entre 70 y 80 alevines, su periodo de incubación dura entre cuatro o seis semanas de acuerdo a la temperatura del agua y el sexo de los alevines empieza a diferenciarse desde la cuarta semana, los machos maduran a los dos meses y las hembras a los tres meses, además, pueden reproducirse a partir de las seis semanas de vida (Maridueña et al., 2011).

Hábitat: Los guppys son catalogados como una especie bentopelágica, son de agua dulce, no tienen una tendencia migratoria, a causa de su amplia adaptabilidad pueden vivir en ambientes acuáticos salobres y marinos (Maridueña et al., 2011).

***Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1948)**

Nombre común: Cola de espada

Posición taxonómica:

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia
Animalia	Chordata	Actinopterygii	Cyprinodontiformes	Poeciliidae

Descripción: La característica principal de los individuos de esta especie es que presentan una línea muy marcada a lo largo de todo su cuerpo y en el caso de los machos los radios de su aleta caudal se prolongan en forma de espada (Kang, Schartl, Walter y Meyer, 2013). Esta especie presenta un alto dimorfismo sexual, los machos son más pequeños que las hembras pueden llegar a medir hasta 10 cm y además, su aleta anal se ha diferenciado en un órgano copulador denominado gonopodio; por otro lado, las hembras son más grandes que los machos llegando a medir hasta 12 cm y principalmente carecen de la cola espada que presentan los machos (Figura 20).



Figura 15. *Xiphophorus hellerii*

Tipo de especie

Introducida

Reproducción: Esta especie es ovovivípara, debido a que, las hembras incuban sus huevos de tal manera que los nuevos peces nacen totalmente formados, este proceso de gestación dura entre 4 y 6 semanas y dependiendo de la edad y madurez de la hembra pueden tener de 20 a 150 crías. Fundamentalmente esta especie presenta un alto nivel de reproducción, debido a que los machos casi siempre están en celo.

Hábitat: Esta especie se encuentra en cuerpos de agua dulce de climas templados o tropicales, debido a que constituyen una especie invasora pueden habitar en lagos, ríos, arroyos y aguas estancadas, de igual manera pueden habitar en aguas cristalinas o turbias (Arévalo, Gómez, Gómez, Caicedo y Giraldo, 2010).

***Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)**

Nombre común: Carpa dorada, carpín, pez dorado, pez rojo

Posición taxonómica:

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia
Animalia	Chordata	Actinopterygii	Cypriniformes	Cyprinidae

Descripción: Presenta una espina “aserrada dura” en las aletas dorsales y anales, posee dientes faríngeos y una línea lateral completa, puede llegar a medir hasta 59 cm de longitud y puede tener un peso de 3000 gramos y su promedio de vida es hasta los seis o siete años, inclusive hasta los 30 años (Maridueña et al., 2011) (Figura 21).



Figura 16. *Carassius auratus*

Tipo de especie

Introducida

Reproducción: Esta especie es ovípara con larvas pelágicas, de igual manera presente múltiples desoves, por lo cual los machos poseen manchas en sus cabezas y a los lados del cuerpo, en promedio una hembra engendra 268000 huevos, los cuales se fijan sobre la vegetación sumergida u otros objetos, posteriormente los huevos eclosionan a los cinco o seis días y su madurez sexual llega a los tres años o un año de edad (Maridueña et al., 2011).

Hábitat: La carpa dorada constituye una especie demersal, es decir, habita en el fondo de los lagos, lagunas, ríos y zanjas de corrientes estancadas, principalmente se encuentra en las orillas, cabe mencionar que esta habita en ecosistemas acuáticos con alto nivel de contaminación (Maridueña et al., 2011).

***Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)**

Nombre común: tilapia negra, tilapia del nilo, tilapia nilótica

Posición taxonómica:

Reino	Filo	Clase	Orden	Familia
Animalia	Chordata	Actinopterygii	Perciformes	Cichlidae

Distribución: Esta especie es nativa de Israel en África y fue introducida en América, Europa y Oceanía (Maridueña et al., 2011).

Descripción: Presenta un cuerpo comprimido lateralmente, alto y discoidal, la boca es protráctil, ancha, los labios son gruesos y dispone de dientes de forma cónica y en algunas ocasiones son incisivos, posee aletas dorsales, anales y caudales, puede medir hasta 60 cm y puede pesar hasta 4324 gramos y su promedio de vida es de nueve años, no obstante, en lo que respecta a la comercialización de esta especie puede vivir hasta los cinco u ocho meses. Esta especie presenta un alto nivel de evolución adaptativa, debido a que dispone de un sistema mandibular-faríngeo muy versátil (Maridueña et al., 2011) (Figura 22).



Figura 17. *Oreochromis niloticus*

Tipo de especie

Introducida

Reproducción: La fertilización es externa y el desove se realiza en aguas de 0,6 hasta 2m de profundidad, en este caso el macho es quien construye el nido y por lo tanto tiene un comportamiento territorialista, después del cortejo entre el macho y la hembra,

los huevos se dispersan en las aguas someras y son fertilizadas por el macho, la incubación se produce en la cavidad bucal de la hembra, la cual puede albergar hasta 200 huevos y finalmente, las larvas eclosionan y se alojan en la boca de la hembra hasta que el saco embrionario es absorbido (Maridueña et al., 2011).

Hábitat: Esta especie se encuentra en un sin número de ecosistemas acuáticos como: ríos, lagos, canales de desagües y canales de riego, además, es considerada como una especie bentopelágica y posee hábitos diurnos (Maridueña et al., 2011).

4.1.3 Sexo de las especies ícticas

En esta investigación se determinó el sexo de las especies ícticas en cada sitio de muestreo y por cada mes de muestreo, puesto que, dichas especies no fueron encontradas en todos los sitios de muestreo.

-Poecilia reticulata

Exactamente en el mes de noviembre, en *Poecilia reticulata* el porcentaje de hembras fue mayor que el de los machos en los cinco sitios de muestreo, a excepción del sitio seis en donde no se encontraron individuos de ésta especie, es así que en el sitio dos se registró la más baja cantidad de machos con un 3.28% mientras que el 96.72% fueron hembras, pero además, en el sitio uno se determinó que en un 5.56% el sexo de los individuos fue indeterminado, debido a que, su tamaño fue muy pequeño y no presentaban patrones de coloración y gonopodio en el caso de los machos (Figura 23).

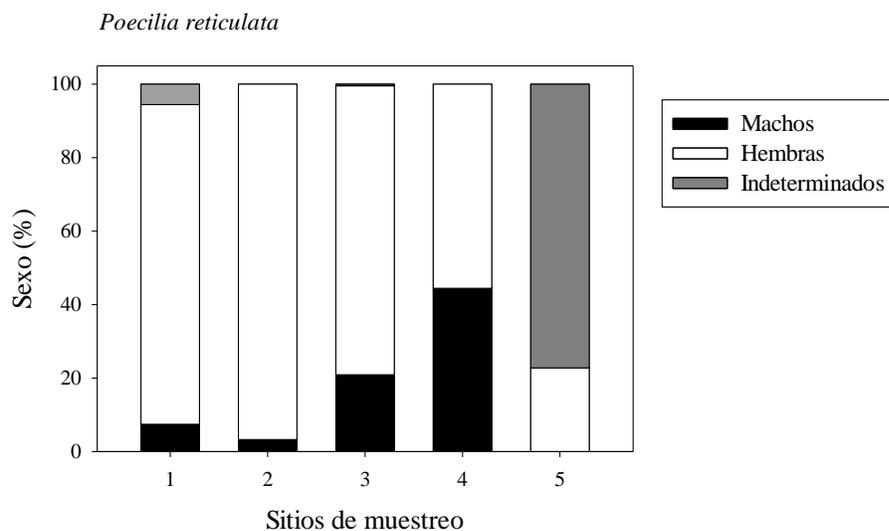


Figura 18. Porcentaje del sexo de la especie *P. reticulata* en el mes de noviembre de 2019

En cambio, en el mes de enero la especie *P. reticulata* fue encontrada en todos los sitios de muestreo, en donde los porcentajes de machos, hembras e indeterminados variaron, aunque en este mes las hembras también predominaron se encontraron menos individuos de este sexo en comparación con el mes de noviembre. Concretamente en el sitio uno el 10.06% fueron machos, el 77.65% fueron hembras y el 12.29% fueron indeterminados, en cambio, en el sitio seis hubo un mayor porcentaje de individuos de sexo indeterminado en comparación con los demás sitios de muestreo y además, no se encontraron machos, por lo que el 62.5% fueron indeterminados y el 37.5% fueron hembras (Figura 24).

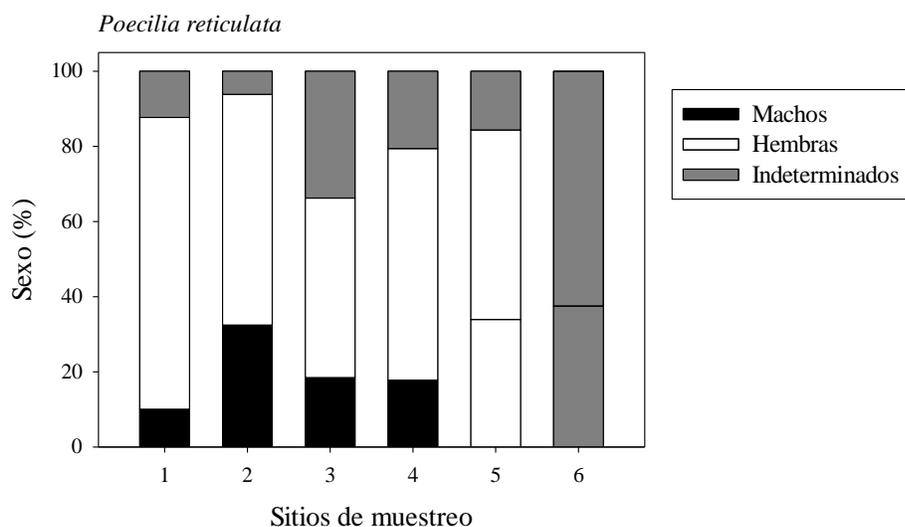


Figura 19. Porcentaje del sexo de la especie *P. reticulata* en el mes de enero de 2020

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con la investigación de García, Troncoso, Sánchez y Perdomo (2008), en donde determinan varios aspectos como la proporción de sexos y número de machos y hembras de guppies en un estanque de agua natural en Colombia, esencialmente, encontraron 231 individuos de los cuales 119 fueron hembras, 82 eran machos y 30 no pudieron ser sexados, es decir, las hembras fueron casi un 50% más abundantes que los machos. Asimismo, en el estudio de Jourdan et al. (2014), sobre la historia de la introducción de poblaciones de *P. reticulata* en un afluente de un río en Alemania, describe que encontraron más hembras que machos, puesto que, capturaron inicialmente 145 hembras y 93 machos y en la segunda captura encontraron 235 hembras y 131 machos, entre ellos 13 hembras y 7 machos fueron recapturados.

-*Xiphophorus hellerii*

Parta el caso de *Xiphophorus hellerii* los porcentajes de machos y hembras variaron en ciertos sitios de muestreo en el mes de noviembre, ya que la especie fue reportada en solo tres sitios de muestreo y se determinó que el 100% de los individuos fueron machos en los sitios uno y dos y en el sitio cuatro varió la proporción (Figura 25).

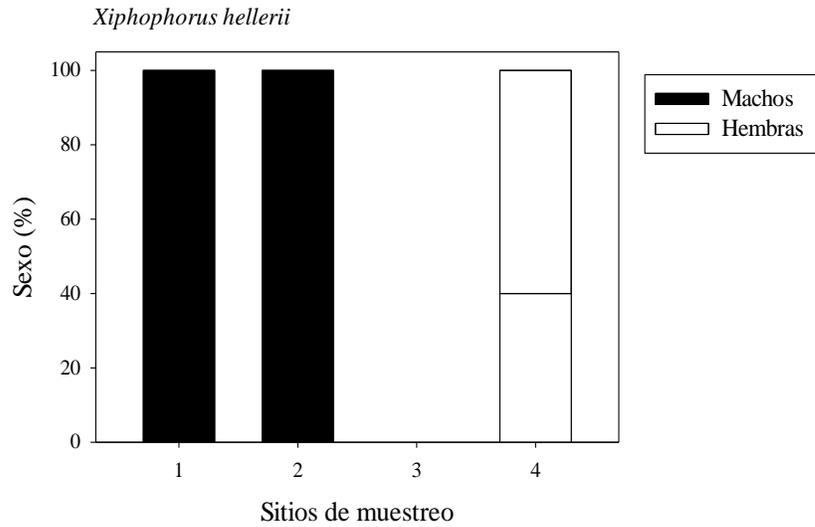


Figura 20. Porcentaje del sexo de la especie *X. hellerii* en el mes de noviembre de 2019

Por el contrario en el mes de enero *X. hellerii* fue encontrada únicamente en dos sitios de muestreo, concretamente en el sitio cuatro donde se estimó un valor del 100% que corresponde a los individuos machos (Figura 26).

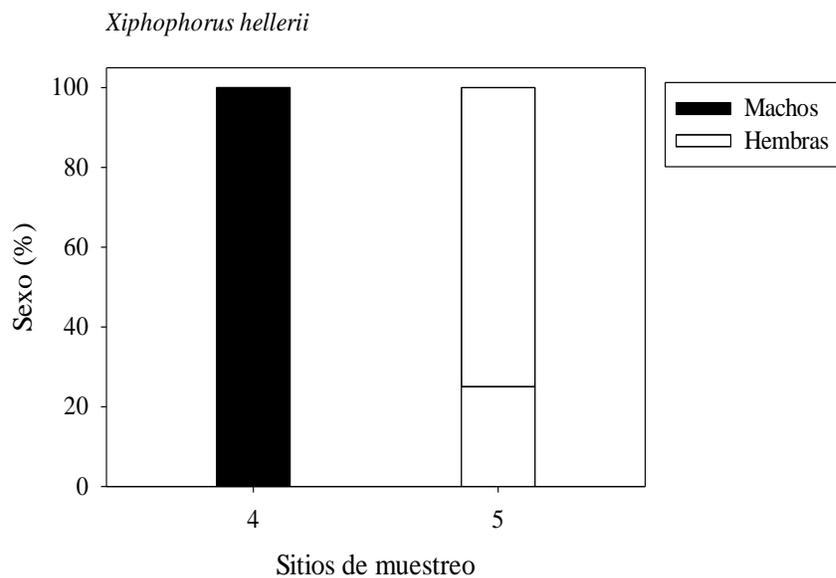


Figura 21. Porcentaje del sexo de la especie *X. hellerii* en el mes de enero de 2020

En esencia los resultados que se obtuvieron en este estudio son contrarios a los de la investigación de Barroso y Jacobi (2017), quienes evaluaron la reproducción de la población no nativa de *X. helleri* en cinco arroyos de cabecera, localizados en la cuenca del río Paraíba do Sul en Brasil, por lo que identificaron que en todos los arroyos la cantidad de hembras superaba a la de los machos, de tal manera que en el arroyo Gaviao encontraron 536 hembras y 76 machos.

-*Carassius auratus*

En noviembre esta especie fue encontrada en tres sitios de muestreo y en dos de ellos se determinó que el 50% corresponde a los machos y el 50% a las hembras (Figura 27).

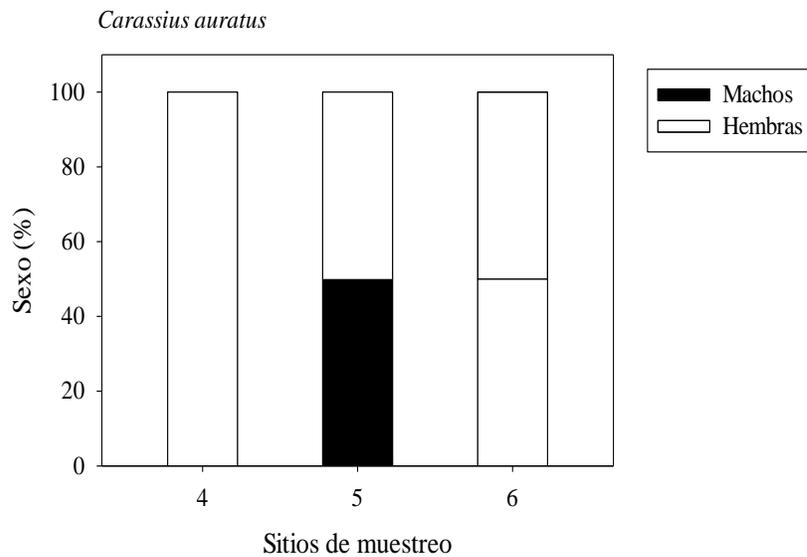


Figura 22. Porcentaje del sexo de la especie *C. auratus* en el mes de noviembre de 2019

En el mes de enero *C. auratus* fue registrada en los sitios uno y dos en donde se determinó que en el sitio dos el 100% de los especímenes fueron hembras y en el sitio de muestreo uno se encontraron tanto machos como hembras (Figura 28).

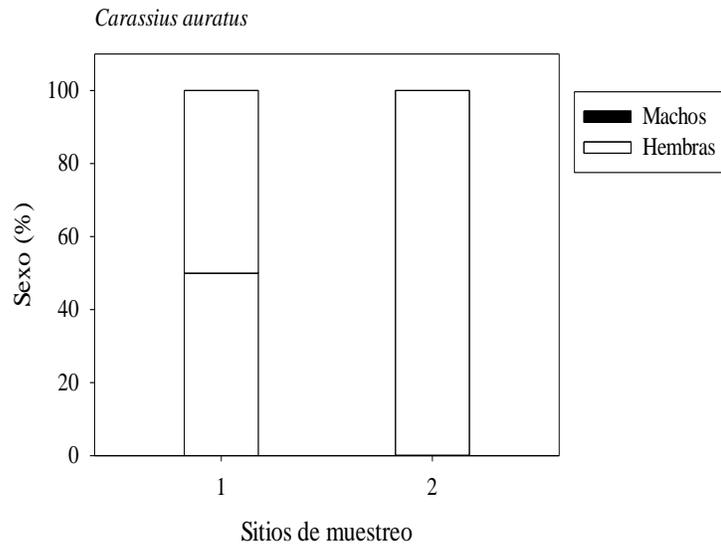


Figura 23. Porcentaje del sexo de la especie *C. auratus* en el mes de enero de 2020

Debido a que *C. auratus* también se ha introducido en varios ecosistemas, se investigaron sus características biológicas referentes a su crecimiento y reproducción en el lago Trasimeno en Italia, para lo cual efectuaron varios muestreos en donde capturaron 3 111 individuos y en 2 055 de éstos ejemplares se identificó el sexo, así pues, determinaron que la población estaba compuesta principalmente por hembras con 1 953 individuos y encontraron únicamente 102 machos (Lorenzoni, Ghetti, Pedicillo y Carosi, 2009). De la misma manera, determinaron la tasa de crecimiento de esta especie durante un periodo de estudio de más de un año, en la marisma East Hammar en el sur de Iraq, en donde capturaron a 1 372 ejemplares y la mayoría de ellos fueron hembras (Al-Noor, 2010) y además, en otro estudio colectaron 88 hembras y 15 machos (Macchioni, Chelucci, Torracca, Prati y Magi, 2015).

-Oreochromis niloticus

En lo que respecta al mes de noviembre se estimó que el 100% de los individuos de *Oreochromis niloticus* en el sitio de muestreo seis fueron machos, mientras que, en los demás sitios de muestreo el porcentaje de machos y hembras varió (Figura 29).

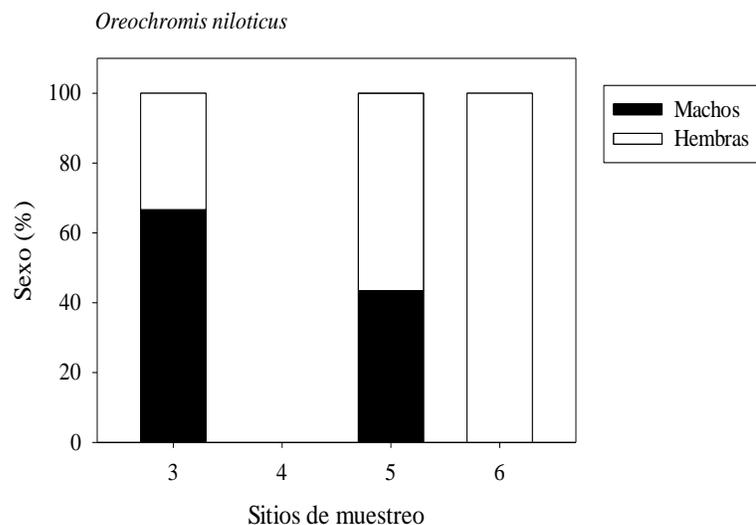


Figura 24. Porcentaje del sexo de la especie *O. niloticus* en el mes de noviembre de 2019

En cambio, en enero los especímenes de *O. niloticus* fueron encontrados en cuatro sitios de muestreo, entre ellos los sitios tres y cinco presentaban individuos machos con un 100% cada uno, en cambio los sitios dos y seis fueron 100% hembras y en los demás sitios de muestreo la proporción varió (Figura 30).

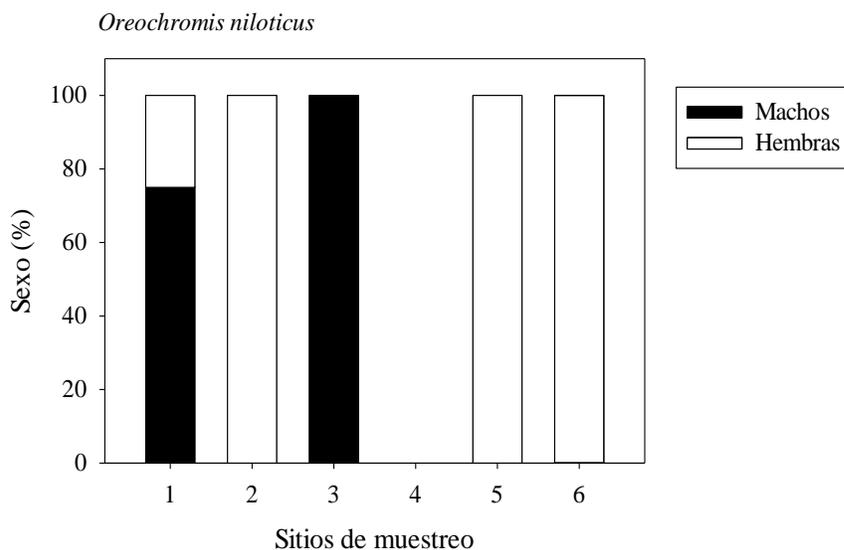


Figura 25. Porcentaje del sexo de la especie *O. niloticus* en el mes de enero de 2020

En cuanto a esta especie la cantidad de machos y hembras no difieren significativamente tanto en el presente estudio como en la investigación desarrollada por Gómez, Peña, Salgado y Arredondo (2008), en donde estimaron la edad y crecimiento de las tilapias nilóticas (*O. niloticus*) en el lago Coatetelco en México y para ello colectaron 1 039 individuos, de los cuales 538 fueron hembras que corresponde al 51.8% y 501 fueron machos que equivale a 48.2%. En cambio, en la publicación de Yongo, Outa, Kito y Matsushita (2018), que trata sobre la biología de la tilapia del Nilo en el lago Victoria en Kenya, capturaron 1 481 ejemplares, entre ellos 809 eran machos representados en un 54% y 672 eran hembras en un 44%.

4.1.4 Estadio de las especies ícticas

Al igual que en la identificación del sexo, se estimó el estadio de las especies ícticas mediante su talla y peso, en cada sitio de muestreo y en los dos meses de muestreo, ya que, las especies de peces no fueron halladas en todos los sitios.

-Poecilia reticulata

Particularmente en el mes de noviembre se determinó que todas las especies pertenecían a dos etapas de su ciclo: adultos y juveniles; es así que en la especie *P. reticulata* la mayoría de los individuos fueron adultos, obteniendo el máximo porcentaje de adultos en el sitio cinco con un 97.03%, mientras que, el mayor porcentaje de juveniles se encontró en el sitio cuatro con un 22.22% (Figura 31).

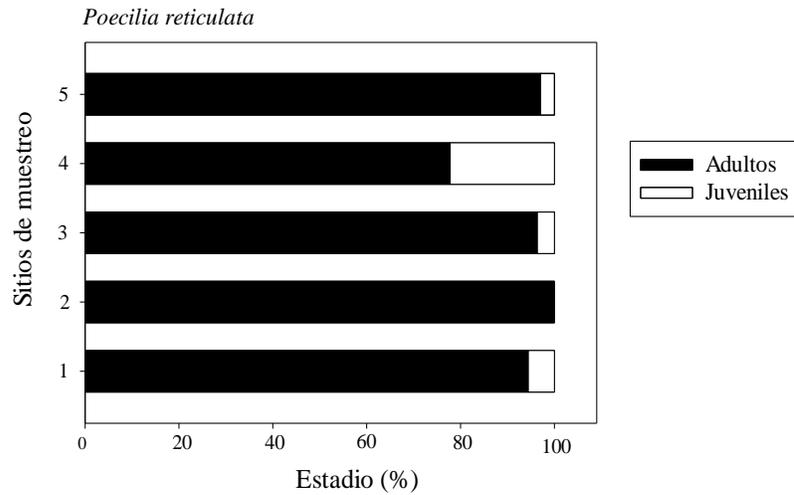


Figura 26. Porcentaje del estadio de la especie *P. reticulata* en el mes de noviembre de 2019

Sin embargo, en el mes de enero los porcentajes de adultos y juveniles variaron para *P. reticulata*, se encontraron más juveniles que adultos, es así que en el sitio de muestreo seis se estimó el mayor porcentaje de juveniles que fue de 87.50%, mientras que, en el sitio dos se calculó el porcentaje más alto de adultos que fue de 71.05% (Figura 32).

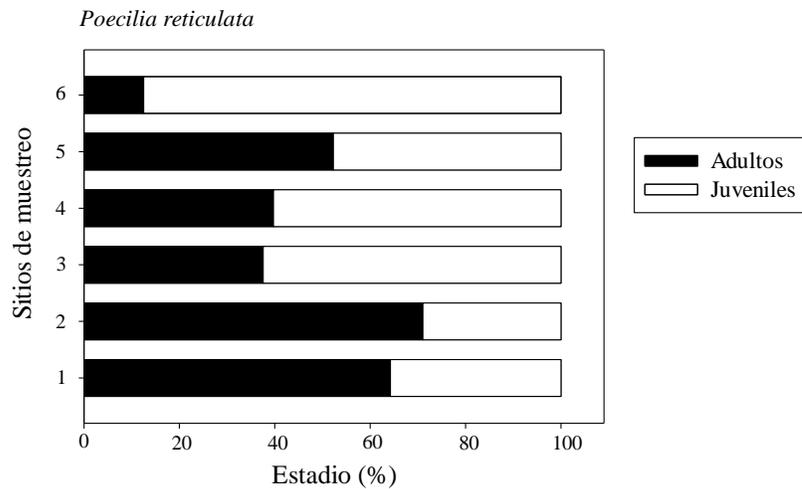


Figura 27. Porcentaje del estadio de la especie *P. reticulata* en el mes de enero de 2020

De igual forma en un tramo del río Paraíba do Sul en Brasil la proporción de adultos y juveniles de *P. reticulata* varía según la zona de estudio del río, debido a que, en la zona uno hubo una mayor incidencia de adultos que juveniles con 53.2% y 46.8% respectivamente, mientras que, en la zona dos y tres, predominaron los juveniles con 56.8% y 63.4% y el porcentaje de adultos fue de 43.2% y 36.6% correspondientemente en las dos zonas (Araújo, Peixoto, Pinto y Teixeira, 2009). Así también en un embalse Lagoa do Nado situado en Brasil hubo más juveniles que adultos en todos los periodos de estudio y en total colectaron 1 536 juveniles y 1 127 adultos (Oliveira et al., 2014).

-Xiphophorus hellerii

En lo que corresponde al mes de noviembre se estimó que en el sitio uno el 100% de los individuos fueron juveniles, así como también en el sitio cuatro el 60% fueron juveniles y en los demás sitios de muestreo se encontraron individuos adultos, (Figura 33).

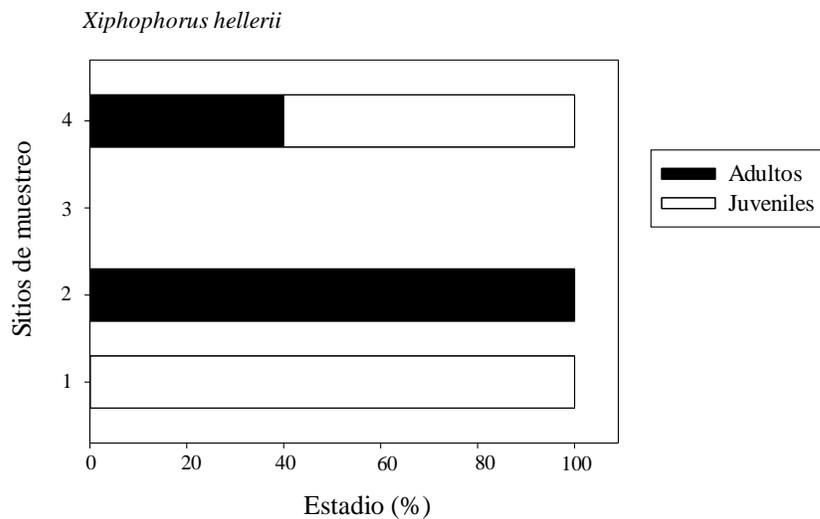


Figura 28. Porcentaje del estadio de la especie *X. hellerii* en el mes de noviembre de 2019

En cambio, en enero se encontraron más individuos adultos que juveniles para la especie *X. hellerii* específicamente en los sitios de muestreo cuatro y cinco (Figura 34).

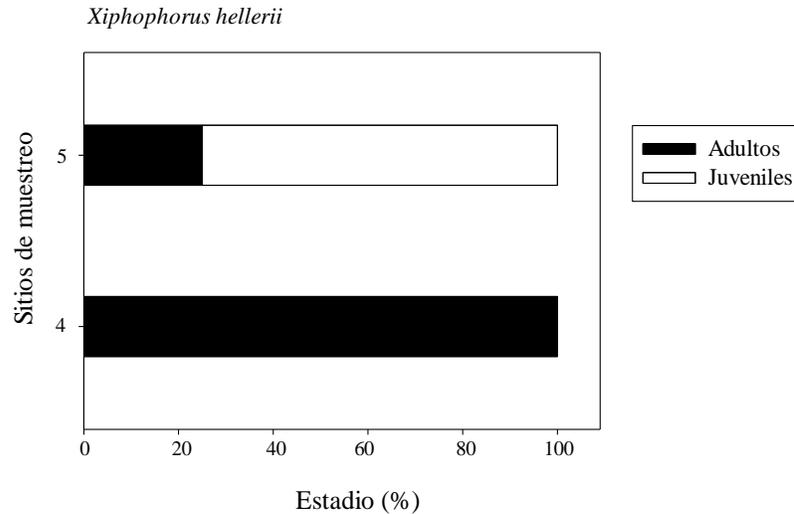


Figura 29. Porcentaje del estadio de la especie *X. hellerii* en el mes de enero de 2020

Fundamentalmente Barroso y Jacobi (2017), determinaron que en los cinco arroyos del río Paraíba do Sul en Brasil, habitaban más juveniles que adultos de la especie *X. hellerii*, de tal manera que el arroyo de Chato presentaba 558 adultos y 697 juveniles, no obstante, únicamente en el arroyo de Gaviao hubo más adultos con 612 individuos y juveniles con 530 individuos.

-*Carassius auratus*

En el mes de noviembre se determinó que todos los individuos de la especie *C. auratus* fueron adultos en los sitios cuatro, cinco y seis (Figura 35).

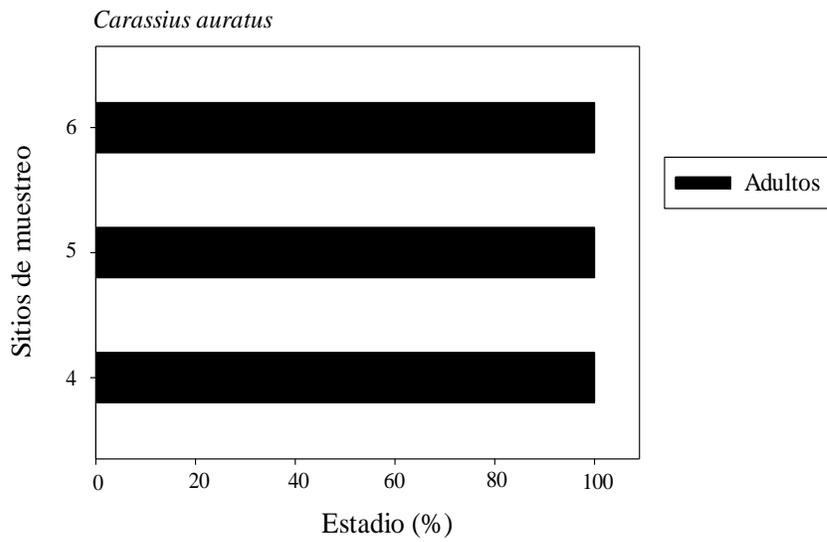


Figura 30. Porcentaje del estadio de la especie *C. auratus* en el mes de noviembre de 2019

De igual manera, en enero se registró que todos los individuos de *C. auratus* en los sitios de muestreo uno y dos fueron adultos (Figura 36).

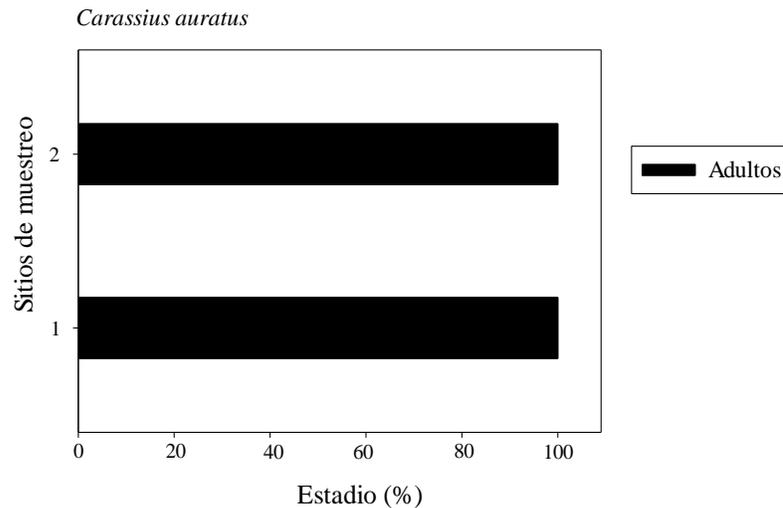


Figura 31. Porcentaje del estadio de la especie *C. auratus* en el mes de enero de 2020

Por otro lado, en una bahía natural cerca del lago Erie, Estados Unidos, los investigadores no encontraron individuos juveniles de la especie *C. auratus*, no obstante, encontraron sólo 35 ejemplares adultos, lo cual se asemeja con los resultados del presente estudio en donde no se encontró ningún individuo juvenil (U. S. Fish and Wildlife Service, 2017).

-Oreochromis niloticus

En lo que respecta a esta especie el porcentaje de individuos juveniles predominó en el mes de noviembre registrándose hasta el 100% de juveniles en los sitios tres y seis (Figura 37).

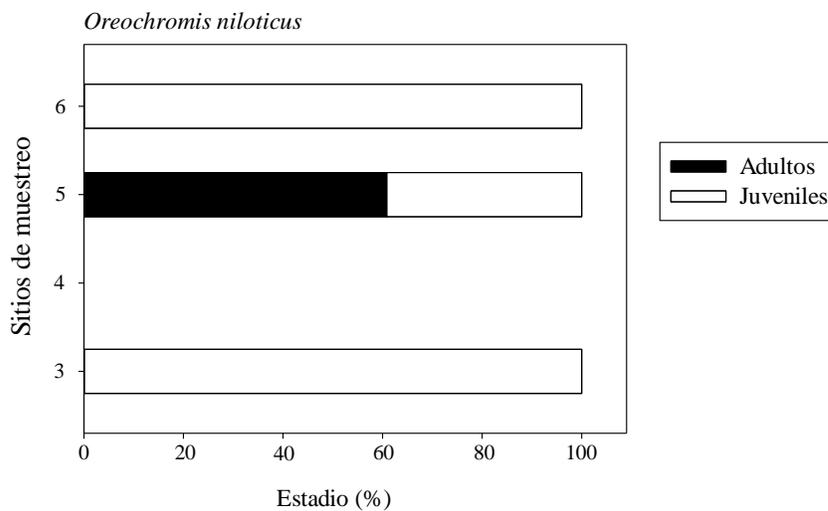


Figura 32. Porcentaje del estadio de la especie *O. niloticus* en el mes de noviembre de 2019

En contraste con el anterior resultado durante el mes de enero casi todos los ejemplares de *O. niloticus* fueron adultos estimándose el 100% en los sitios de muestreo uno, tres y cinco (Figura 38).

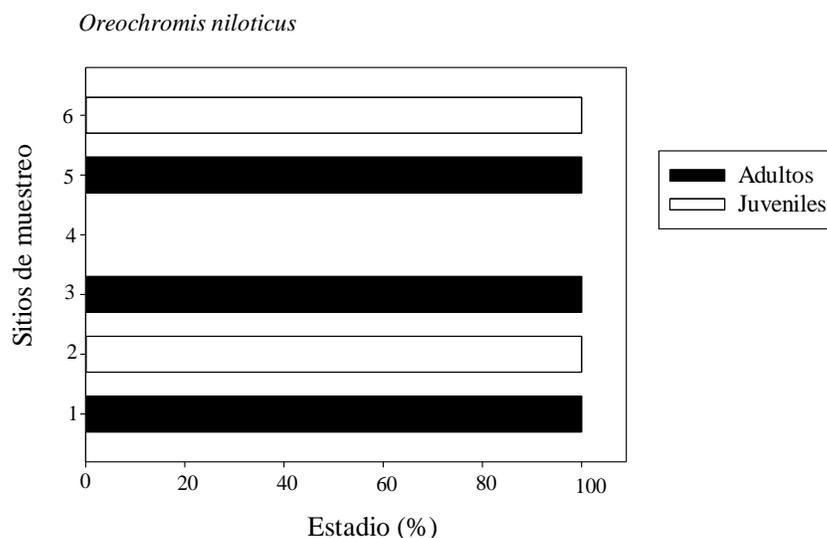


Figura 33. Porcentaje del estadio de la especie *O. niloticus* en el mes de enero de 2020

Es preciso señalar que las cantidades de adultos y juveniles de *O. niloticus* varían según el ecosistema, es así que en esta investigación el número de individuos juveniles de esta especie fue más alto en el mes de noviembre 2019 que en el mes de enero 2020, en comparación con el lago Chamo en Etiopía en donde capturaron 594 individuos, de los cuales 449 fueron adultos y 145 eran juveniles (Teferi, Admassu y Mengistou, 2000). En cambio, en el lago Gbedikere en Nigeria se colectaron 146 ejemplares de esta especie, de los cuales 57 fueron juveniles y 43 adultos (Adeyemi, Akombu y Toluhi, 2009).

4.1.5 Análisis de los parámetros físico-químicos

A continuación, se expone los resultados obtenidos de la medición de los parámetros físico-químicos, como temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y transparencia del agua en los meses de noviembre 2019 y enero 2020 (Tabla 9). Particularmente para el análisis de estas características limnológicas, se definió los valores máximos, mínimos, promedios y se estableció que las variables que poseían un

coeficiente de variación mayor al 30% presentan una variación temporal alta (Jaramillo y Gaviria, 2003).

Tabla 1. Parámetros físico-químicos medidos en los sitios de muestreo

Variables (unidades)	Noviembre del 2019		Enero del 2020	
	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Temperatura del agua (°C)				
Mínimo	21.6	20.8	20.9	20.8
Máximo	24	21.8	23.8	21.5
Promedio	22.53	21.52	21.77	21.07
CV%	4.74	1.70	4.73	1.33
Oxígeno disuelto (mg/L)				
Mínimo	3.76	2.18	3.89	3.08
Máximo	4.74	4.38	5.64	5.52
Promedio	4.40	3.50	4.78	4.23
CV%	8.16	28.79	13.07	20.90
pH (Unidades de pH)				
Mínimo	8.71	8.42	8.30	8.29
Máximo	9.11	9.07	8.85	8.85
Promedio	8.89	8.74	8.61	8.61
CV%	1.80	3.06	2.57	2.58
Conductividad (µS/cm)				
Mínimo	694	695	684	686
Máximo	703	725	698	691
Promedio	698.50	704.17	689.67	689.17
CV%	0.59	1.61	0.74	0.27
Transparencia (m)				
Mínimo	0.18		0.20	
Máximo	0.21		0.23	
Promedio	0.19		0.21	
CV%	5.26		4.64	

Temperatura del agua

Concretamente la temperatura del agua no varió significativamente durante los dos meses de muestreo, tanto en la superficie como en el fondo con 22.53°C y 21.52° C

respectivamente en noviembre y 21.77°C y 21.07°C en enero. De la misma forma los valores del coeficiente de variación no tuvieron grandes diferencias, considerando que los valores más altos fueron los de la superficie de 4.74% y 4.73% en los dos meses de muestreo denotando que no hay una variación significativa.

Saelens (2015), determinó en el periodo 2014-2015 que la temperatura del agua del lago Yahuarcocha, fue de 21.4°C , aunque, en este estudio la temperatura fue levemente más alta la autora menciona que en cada mes se presentaron pequeñas fluctuaciones entre 0 a 1 metro de profundidad y además, estas fluctuaciones fueron más altas en el mes de noviembre con una diferencia de 2°C entre 0 y 1 metro de profundidad. Fundamentalmente en comparación con otros lagos la temperatura del agua difiere, es así que en 32 lagos tropicales altoandinos en la Cordillera del Tunari (Andes Orientales de Bolivia), registraron una temperatura de 8.7 a 15.8°C (Aguilera et al., 2006).

Oxígeno disuelto

En lo que concierne al oxígeno disuelto se obtuvieron valores bajos tanto en la superficie como en el fondo, sin embargo, en el mes de noviembre se registró el nivel más bajo de la concentración de oxígeno disuelto que es 2.18 mg/L en el fondo cuyo valor en promedio más bajo fue de 3.50 mg/L, y a su vez se determinó el coeficiente de variación más alto que es de 28.79%, indicando así que la variación temporal no es significativa.

A diferencia del presente estudio en el periodo 2014-2015 el oxígeno disuelto del lago fue más alto con 6.8 mg/L en promedio, no obstante, hubo variaciones en cada mes de 5.5 mg/L a 8.3 mg/L y en enero el valor fue más alto de 8.3 mg/L (Saelens, 2015). Específicamente en los lagos de la cordillera del Tunari el oxígeno disuelto fue de 2.63 mg/L a 9.24 mg/L (Aguilera et al., 2006), y en siete lagos de San Pablo en Filipinas los valores variaron entre 6.80 a 9.63 mg/L (Paller, Corpuz y Bandal, 2017).

Potencial de Hidrógeno (pH)

De igual manera no se han observado grandes diferencias sobre el pH registrado en los meses de noviembre y enero, puesto que, el valor promedio en noviembre en la superficie fue de 8.89 y en el fondo fue de 8.74 y en lo que respecta al mes de enero se estimó en promedio 8.61 tanto en la superficie como en el fondo. En lo concerniente al coeficiente de variación el valor más alto fue de 3.06% dando a conocer una variación muy baja. Por otra parte, los valores observados en el presente estudio se asemejan al valor obtenido de 8.9 en el estudio de Saelens (2015) en el lago Yahuarcocha durante el periodo 2014-2015.

Conductividad

Concretamente no se identificaron grandes diferencias entre la conductividad registrada en noviembre y enero, ya que, el valor promedio más alto fue en el mes de noviembre, en la superficie con 698.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el mes de enero el valor promedio fue de 689.67 en la superficie, teniendo en cuenta que las conductividades registradas en el fondo durante los dos meses de muestreo presentan leves diferencias y que además, el coeficiente de variación es bajo. Sin embargo, los valores de conductividad encontrados en esta investigación son más altos que el valor registrado por Saelens (2015), que fue de 498 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cabe señalar que en un embalse eutrófico urbano en Brasil la conductividad fue muy alta registrando valores de 877 a 1 164 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en cambio, en los lagos de la cordillera del Tunari considerados como mesoligotróficos determinaron una conductividad entre 6 y 30.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual sugiere que en ecosistemas lénticos la conductividad es mayor cuando existe un exceso de nutrientes y la calidad de agua está deteriorada (Aguilar et al., 2006; De Oliveira et al., 2014).

Transparencia

En lo que respecta a este parámetro se determinó que el valor promedio en noviembre fue de 0.19m y en enero fue de 0.21m denotando así una ligera diferencia y debido a que, el valor del coeficiente de variación fue bajo la variación también es baja. En lo que corresponde a la investigación de Saelens (2015) efectuada en el lago Yahuarcocha, se registró un valor más alto que fue de 0.47m, mientras que, en otros lagos de diferentes condiciones como son los siete lagos de San Pablo el valor de la transparencia fue entre 0.12 m y 0.35m (Paller, Corpuz y Bandal, 2017).

4.2 Diversidad y abundancia de especies de peces en la zona de estudio

4.2.1 Índice de Shannon-Wiener

Al aplicar el índice de Shannon considerando cada sitio de muestreo en los dos meses de muestreo, se obtuvo un valor de 0.38 en el mes de noviembre y un valor de 0.16 en enero, teniendo un valor medio de 0.27 lo cual sugiere que existe una baja diversidad de especies ícticas en el lago Yahuarcocha. A pesar de que la diversidad íctica en general es baja, se observaron diferencias entre cada sitio de muestreo, principalmente porque en los sitios cuatro y seis se registraron los mayores valores de diversidad que fueron de 0.46 y 0.49 respectivamente, mientras que el sitio de muestreo tres fue el que menor diversidad tuvo con un valor fue de 0.05 (Figura 39).

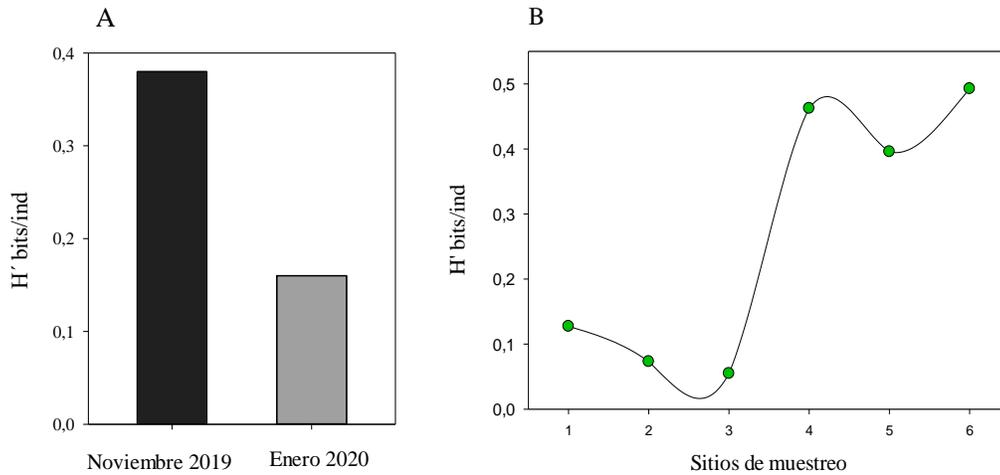


Figura 34. Resultados del índice de Shannon aplicado en peces. A) Meses de muestreo B) Sitios de muestreo

Los resultados obtenidos se asemejan a los descritos por Tang (2015), el cual menciona que en el lago Taihu en China, el índice de Shannon fue significativamente más bajo en los sitios S1 y S2, en donde el fósforo y nitrógeno total fueron mucho más altos que el resto de sitios de estudio. Al igual que el lago Taihu, el lago Yahuarcocha presenta altos valores de fósforo y nitrógeno, lo cual contribuye a la floración de fitoplancton, principal responsable de la eutrofización del lago en donde la diversidad es baja (Maridueña et al., 2011; Yépez, 2016).

4.2.2 Índice de Simpson

Mediante este índice se obtuvo un valor total de 0.17 el cual denota una baja diversidad, debido a que, se registró una alta abundancia de la especie *Poecilia reticulata*, la cual fue encontrada en casi todos los sitios de muestreo. Cabe mencionar que se observaron diferencias entre noviembre y enero, ya que se obtuvieron valores de 0.27 y 0.08 respectivamente y de igual manera en el sitio de muestreo seis se registró el valor más alto que fue de 0.44 y en el sitio de muestreo tres se obtuvo un valor muy bajo de 0.02 (Figura 40).

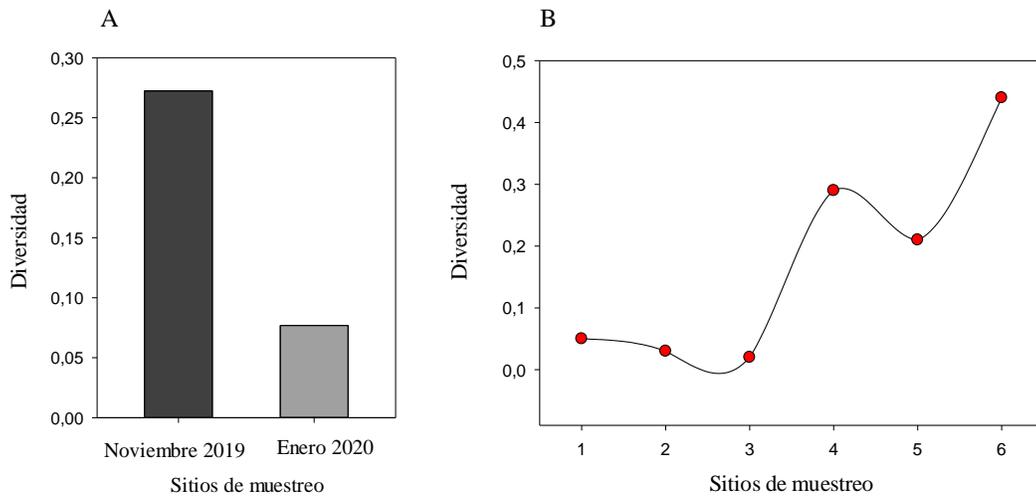


Figura 35. Resultados del índice de Simpson aplicado en peces. A) Meses de muestreo B) Sitios de muestreo

Es preciso señalar que los valores que se obtuvieron a partir del índice de Simpson, son inversamente proporcionales con los valores de la dominancia, de tal manera que en el sitio de muestreo seis el valor de la dominancia fue de 0.56. En cambio, en el sitio de muestreo tres se registró un valor alto de dominancia de 0.98, cuya especie predominante fue *Poecilia reticulata* y por lo tanto existe una baja diversidad (Figura 41).

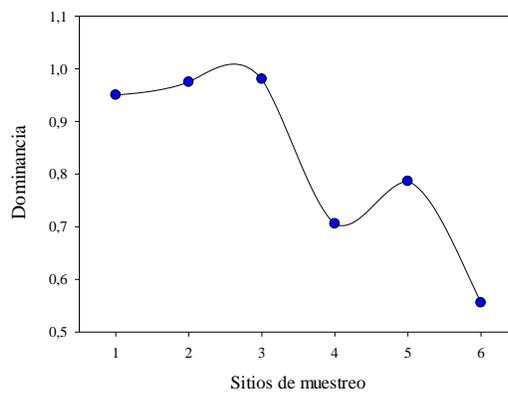


Figura 36. Resultado de la dominancia de Simpson aplicada en cada sitio de muestreo

En un estudio realizado sobre los índices de diversidad de peces en dos hábitats diferentes, encontraron que en el hábitat que estaba más afectado (Humedal Lakhandaha) por las prácticas de pesca destructiva el valor del índice de Simpson y de la dominancia de Simpson fue más bajo y por lo tanto, es necesario un plan de conservación para la comunidad íctica de ése lugar (Sayed et al., 2018).

4.2.3 Índice de Margalef

La utilización de este índice proporcionó información sobre la riqueza específica de las especies ícticas, se obtuvo un valor de 0.45 en el mes de noviembre y 0.29 en el mes de enero, lo cual indica una baja riqueza de especies en los dos meses de muestreo. En lo que concierne a la riqueza específica por cada sitio de muestreo, se obtuvo que los sitios cuatro y seis fueron los más diversos con valores de 0.49 y 0.68 consecutivamente, mientras que, en el sitio dos se registró el valor más bajo que fue de 0.12 (Figura 42).

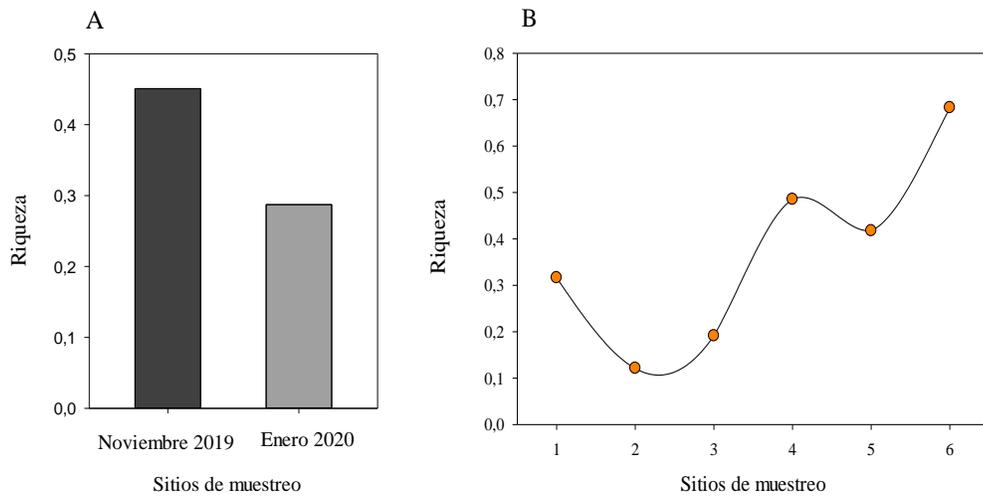


Figura 37. Resultados del índice de Margalef aplicado en peces. A) Meses de muestreo B) Sitios de muestreo

Los resultados son similares a los encontrados por Naigaga et al. (2011), puesto que, determinaron que el índice de Margalef fue bajo en los sitios más afectados ambientalmente, como el humedal de Masese en el lago Victoria, el cual receipta los efluentes urbanos y la escorrentía de aguas pluviales por medio de una canal de drenaje. Adicionalmente se menciona en la investigación que las especies introducidas del género *Oreochromis* estuvieron presentes en los sitios más impactados.

4.2.4 Índice de Pielou

El valor arrojado por el índice de Pielou fue mayor en el mes de noviembre con un valor de 0.42, en cambio, en el mes de enero el resultado fue de 0.19, teniendo como valor medio 0.30, lo cual indica una baja uniformidad, debido a que la especie *Poecilia reticulata* fue la más abundante de las cuatro especies encontradas. De igual forma se determinó mediante este índice que el sitio de muestreo seis posee el valor más alto con 0.71 y los sitios de muestreo dos y tres con el valor más bajo de 0.08 (Figura 43).

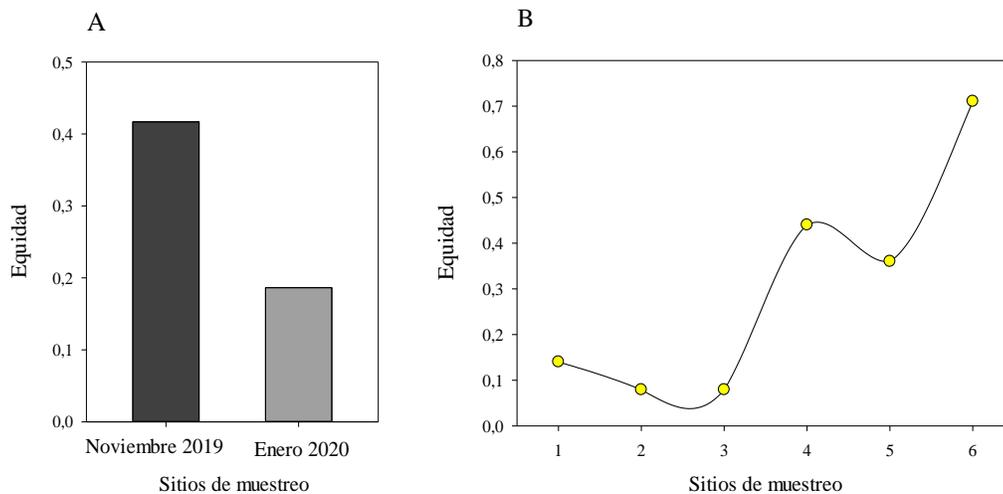


Figura 38. Resultados del índice de Pielou aplicado en peces. A) Meses de muestreo
B) Sitios de muestreo

De la misma manera Paller et al. (2011), obtuvo resultados parecidos a los del presente estudio, debido a que, determinó como mínimo valor del índice de Pielou 0.2672 en uno de sus sitios de estudio que sufrió graves cambios en su paisaje natural a causa de un tifón (ciclón tropical), lo cual ocasionó que las especies introducidas persistieran en un ambiente desfavorable relacionado con las actividades antrópicas, ya que además, se vertían los desechos sólidos y la introducción de macrófitas junto con la sedimentación agravaron la situación.

4.2.6 Abundancia

La especie más abundante en el lago de Yahuarcocha fue *Poecilia reticulata* que en promedio representó el 90.12% de individuos encontrados en los sitios de muestreo (Figura 29). En el sitio de muestreo tres se registró el mayor valor de individuos de esta especie que fue de 98.95% y en el sitio seis el valor más bajo fue de 66.67%. Con respecto a la especie *Oreochromis niloticus* se obtuvo un valor promedio de 5.03%, seguido de *Xiphophorus helleri* con 1.54% *Carassius auratus* con 3.31%. Cabe destacar que durante los muestreos se encontraron individuos muertos (Anexo 4.10) y además, el porcentaje de individuos de las tres especies restantes fue bajo, sin embargo, *Xiphophorus helleri* fue la especie menos abundante, puesto que, en los sitios de muestreo uno y dos se determinó el valor de 0.42% en cada uno (Figura 44).

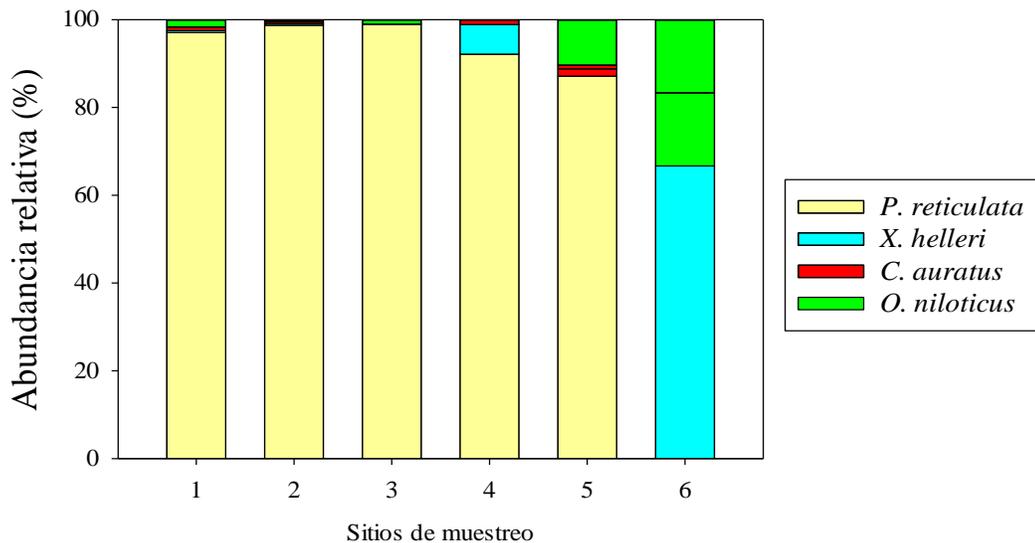


Figura 39. Abundancia relativa de las especies ícticas en cada uno de los sitios de muestreo

Los resultados encontrados coinciden con los de Jourdan et al. (2014), puesto que, determinó que la especie introducida más abundante fue *Poecilia reticulata*, la cual posee una gran habilidad para adaptarse en nuevos ambientes y según Gomes et al. (2020), esta especie tiene una mayor probabilidad de ocurrencia en sitios contaminados. De igual manera en el estudio de Masai, Ojuok y Ojwang (2005), encontraron que *Oreochromis niloticus* fue la segunda especie invasora más abundante.

Adicionalmente Onsoy, Filiz, Tarkan, Bilge y Tarkan (2011), detallaron en su investigación que la carpa dorada es una de las especies más abundantes y además, mencionaron que las especies introducidas con mayor cantidad de individuos pertenecen a las familias Poeciliidae y Cyprinidae lo cual coincide con el presente estudio. No obstante, en el caso de *Xiphophorus helleri* los datos de su abundancia contrastan con los de Saelens (2015), ya que en su investigación encontraron 655 individuos y en el presente estudio se obtuvo únicamente 12 individuos en los dos meses de muestreo



Y
A
H
U
L
A
R
G
O
C
O
C
H
A



GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES



4.3 Guía de identificación de las especies ícticas del lago Yahuarcocha

Introducción

Los peces son un grupo de organismos que cuenta con el mayor número de especies en el mundo, su alta diversidad se debe a las numerosas estrategias de adaptación que han desarrollado, para sobrevivir en los diferentes sistemas acuáticos. Aunque el número de especies marinas es mucho mayor, la riqueza de las especies dulce-acuícolas es superior por unidad de volumen de hábitat, puesto que, en el agua dulce hay una especie por cada 15 km³, mientras que, en el agua marina se ha encontrado una especie por cada 100 000 km³ (Jiménez et al., 2015).

Sin embargo, la diversidad íctica está amenazada por las invasiones biológicas, las cuales son responsables de la extinción de las especies nativas, ocasionando desequilibrios en los ecosistemas y afectando el bienestar humano. Por tal motivo es indispensable la detección temprana de estas especies invasoras, para así generar una respuesta rápida de control y por consiguiente, es fundamental incrementar el conocimiento sobre estas especies para priorizar las diferentes acciones de manejo (Gutiérrez et al., 2012).

Específicamente en la parte norte de la región de los Andes se encuentra el lago Yahuarcocha, el cual a su vez forma parte de la cuenca hidrográfica del Río Mira y cuenta con un área de 2.61 km², en donde el ecosistema acuático es el más abundante y la fauna más representativa comprende a las diferentes especies de peces (Pabón, 2015; Leiton, 2018). En base a los resultados obtenidos en la investigación: “Evaluación de la diversidad ictiológica del lago Yahuarcocha, provincia de Imbabura” se identificaron a 4 especies de peces exóticos los cuales están minuciosamente detallados en la presente guía de identificación.

Explicación de la guía

La finalidad de esta guía es mostrar las especies ícticas encontradas en el área de estudio durante los dos meses de muestreo (noviembre 2019-enero 2020). Fundamentalmente esta guía está dirigida al público en general, razón por la cual, fue diseñada con diversas ilustraciones indicando ciertas partes morfológicas de los peces. A partir de la información recopilada en campo y de las investigaciones publicadas por diversos autores, se detallaron sintéticamente varios aspectos de cada especie. Las descripciones de cada ficha contienen los siguientes ítems:

-Clave de los íconos: Indica información específica



=Nivel de Riesgo
Alto



=Grupo Trófico
Omnívoro



=Hábitat Léntico



=Hábitat Lótico

-**Nombre científico:** Es el nombre conferido por el autor que la descubrió con el respectivo año de publicación. Está compuesto por el género y la especie.

-**Nombre común:** Nombre por el cual una población local identifica a una especie.

-Descripción: Detalle de la información más relevante sobre las especies ícticas en lo que respecta a su identificación, considerando las características de su morfología como la forma de sus escamas, la coloración del cuerpo, los tipos de aletas, etc.

-Tipo de especie: Información referente a la procedencia de las especies. Es nativa cuando es originaria de un lugar en específico y puede estar presente en varios países, en cambio, una especie es introducida cuando ha sido insertada por el ser humano lejos de su área de distribución original.

-Talla y peso: Datos de la talla y peso máximos de las especies de peces en el lago Yahuarcocha.

-Distribución: Se describe el origen e introducción de las especies ícticas a nivel regional y mundial tomando en cuenta la información científica publicada.

-Hábitat: Se especifica los tipos de ambientes en donde han sido registradas las especies ícticas, considerando de igual manera los reportes científicos publicados.

-Aspectos reproductivos: Se hace énfasis al dimorfismo sexual que poseen algunas especies del lago Yahuarcocha y se describe las características de cada especie según su madurez sexual.

-Impactos: Se menciona sobre todos los peligros que representan estas especies introducidas para el medio ambiente.

-Estrategias de manejo: Se detalla la importancia de la educación ambiental para prevenir la introducción de fauna íctica, debido a los impactos ambientales que se producen. Esencialmente se describen dos métodos de control que son el mecánico y el biológico, considerando que se debe realizar el seguimiento correspondiente para cualquier método a aplicar.

Poecilia reticulata (Peters, 1859)



Nombre común: Guppy

Descripción: Es una especie de tamaño pequeño, su cuerpo está ligeramente deprimido y está cubierto por escamas cicloides, la boca posee una leve curvatura hacia arriba, la aleta caudal es redondeada y la aleta pectoral presenta 2 radios no ramificados (Jiménez et al., 2014). Los machos tienen una aleta anal modificada denominada gonopodio, el cual es usado para la reproducción, además, el cuerpo de los machos poseen varias coloraciones como amarillo, verde, azul, naranja y rojo (Jiménez et al., 2015). En cambio, la

coloración de las hembras es más opaca, son más grandes que los machos, no presentan gonopodio y en la época reproductiva desarrollan una mancha oscura arriba de su aleta anal.

Tipo de especie: Introducida

Talla y peso: Los machos alcanzan 2.53 cm y las hembras hasta 4.64 cm con un peso máximo de 0.25 g y 0.99 g respectivamente.

Distribución: Es una especie originaria de Centroamérica, específicamente de

las Antillas Holandesas e islas venezolanas. Actualmente se encuentra en Brasil, Costa Rica, Ecuador, Colombia, México, Madagascar, Italia, entre otros (Gutiérrez et al., 2012).

Hábitat: Esta especie se encuentra en una amplia gama de hábitats, desde ecosistemas prístinos hasta ecosistemas contaminados y turbios, esencialmente son tolerantes a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y pueden soportar un pH de 5.5 hasta 8.5 (Gutiérrez et al., 2012).

Aspectos reproductivos: Esta especie presenta dimorfismo sexual, ya que los machos poseen una aleta anal denominada gonopodio para la copulación y las hembras poseen en la parte anal una mancha oscura más o menos dilatada según su estado de gestación. Fundamentalmente la reproducción es vivípara, así pues, las hembras reservan el esperma en los espacios reproductores, cuando hay escasez de machos y además, las hembras pueden mantener embriones con diferentes edades, este fenómeno

se denomina superfetación (Gutiérrez et al., 2012).

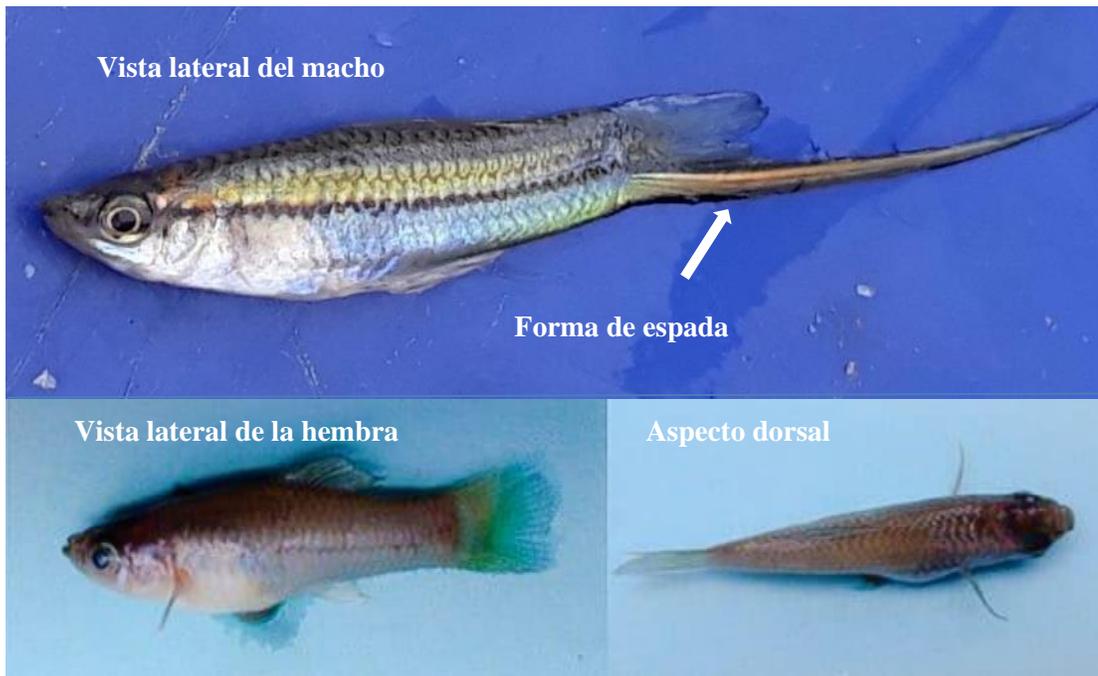
Impactos: Esta especie se ha introducido con el objetivo de controlar a los mosquitos, sin embargo, su efectividad ha sido insuficiente y su capacidad de poblar y dañar los ecosistemas acuáticos es muy alta (El-Sabaawi et al., 2016). Los guppys disminuyen la densidad de los peces locales, convirtiéndose en la especie más dominante en el lugar de la introducción, esencialmente, los individuos de esta especie afectan al ecosistema al aumentar la productividad y además, incrementan el nitrógeno disuelto disponible hasta ocho veces y promueven la expansión de invertebrados no nativos (El-Sabaawi et al., 2016).

Estrategias de manejo: En primera instancia, es indispensable realizar campañas educativas que den a conocer sobre los efectos negativos que se producen por la introducción de especies ícticas, haciendo énfasis en la prevención. Una vez que se haya realizado la investigación de los

aspectos biológicos y ecológicos de los guppys se deben plantear los programas de manejo en base a dos métodos de control el mecánico y el biológico. Mediante el control mecánico se procede a extraer a los individuos de esta especie ya que son muy cotizados para fines comerciales y de ornamentación, especialmente los individuos machos debido a su apariencia colorida (CABI, 2019). En cambio, por el método biológico se sugiere establecer un controlador biológico que limite las poblaciones de guppys, como puede ser la especie *Cichla monoculus*, ya que, según Riofrío, Zaldívar, Villanueva y

Velarde (2000), dicha especie puede ser empleada para controlar “peces indeseables”, así como también, la especie *Cichla ocellaris* contribuye en la disminución de peces omnívoros y por ende se reduce la presión por depredación de zooplancton, considerando además, que en el lago Yahuarcocha no existen registros de peces nativos por lo que la introducción de depredadores puede ser una buena opción (Van Colen, 2016). No obstante, este tipo de manejo debe ser efectuado mediante el desarrollo de investigaciones más profundas, a razón, de que los guppys son una especie con una alta capacidad reproductiva.

Xiphophorus hellerii (Heckel, 1848) L



Nombre común: Cola de espada

Descripción: Son peces pequeños de cuerpo alargado, un tanto robusto y comprimido en la parte cefálica, además, presenta una aleta dorsal con 13 radios y una aleta anal con 9 radios. En los machos los radios inferiores de su aleta caudal se prolongan dando la forma de una espada y poseen una aleta anal modificada denominada

gonopodio. El cuerpo puede ser de color verdoso, anaranjado, plateado, marrón o rojo con una franja amarilla situada por encima y debajo de la línea media lateral y el color de la espada suele ser amarillo bordeado de negro.

En cambio, las hembras poseen colores más oscuros, su cuerpo es más redondeado y cuando están grávidas desarrollan una mancha negra en la

parte ventral posterior (Arévalo et al., 2010; Jiménez et al., 2014).

Tipo de especie: Introducida

Talla y peso: Los machos alcanzan 7.09 cm y las hembras hasta 3.29 cm con un peso máximo de 0.99 g y 0.32 g respectivamente.

Distribución: Esta especie es nativa de México, honduras y Guatemala. También se encuentra en el sur de Estados Unidos, en Colombia, Ecuador hasta el norte de Argentina (Jiménez et al., 2014).

Hábitat: Se encuentra en todo tipo de sistemas lénticos y lóticos con preferencia en aguas cristalinas. Tolerancia un pH de 7 a 8.1 y puede resistir niveles de oxígeno disuelto mayores a 2 ppm (Gutiérrez et al., 2012).

Aspectos reproductivos: Los individuos de esta especie son polígamos y realizan el cortejo durante la reproducción, para lo cual las hembras realizan la selección sexual de manera visual, considerando la

coloración, tamaño del cuerpo y la aleta caudal (espada). Específicamente el macho introduce el gonopodio en la abertura genital y deposita entre 3 000 y 5 000 espermatozoides y los huevos son fecundados internamente. Además, el periodo de gestación dura entre 20 y 30 días y las hembras están capacitadas para reproducirse a lo largo de 11 meses del año (Gutiérrez et al., 2012).

Impactos: Esta especie ejerce una competencia con los peces autóctonos por el espacio, puesto que, desplaza a las especies locales afectando gravemente su distribución (Maddern, Gill y Morgan, 2011). De igual manera esta especie invasora compite por las fuentes alimenticias y además, consume los huevos y los alevines de los peces nativos (Mackenzie et al., 2001). En síntesis, ésta especie se convierte en dominante, ya que, promueve la reducción de la abundancia de las especies locales (Pino del carpio, Miranda y Puig, 2010).

Estrategias de manejo: Para el manejo de especies invasoras la principal

estrategia es la prevención y por consiguiente, es imprescindible informar al público sobre las consecuencias de introducir especies ícticas. De igual manera se pueden emplear los métodos de control mecánico y biológico y químico. En lo concerniente al control mecánico es posible gestionar la población de esta especie mediante la extracción de los individuos, por parte de los pescadores y público en general, puesto que esta especie, también es muy utilizada para el comercio del acuarismo a nivel mundial, debido a su apariencia llamativa y colorida (Contreras, Gaspar, Huidrobo y Mejía, 2014) ya que, específicamente en el lago Yahuarcocha ésta especie llama la

atención de los habitantes, especialmente a los niños. Por otra parte, mediante el control biológico es posible manejar a esta especie a través de la introducción de un depredador, teniendo en cuenta que se deben realizar estudios previos sobre la biología, ecología y reproducción de este pez cola de espada (CABI, 2019).

Carassius auratus (Linnaeus, 1758)



Nombre común: Carpa dorada

Descripción: Es una especie de cuerpo pequeño, compacto, de forma triangular y está cubierto de escamas redondas, sin embargo, su cabeza carece de escamas y su mandíbula superior no presenta barbillas. La línea lateral está compuesta de 26 a 29 escamas, la aleta dorsal posee 14-20 radios, la aleta anal 4-7 radios, las aletas pectorales 15-17 radios, aletas pélvicas 8-9 radios y la

aleta caudal 17-19 radios (Ruíz, Campos y Delgadillo, 2016). Particularmente el color del cuerpo de los ejemplares en estado silvestre, varían entre castaño-verdoso y dorado (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009).

Tipo de especie: Introducida

Talla y peso: Los machos alcanzan 24.63 cm y las hembras hasta 26.64 cm con un peso máximo de 309.24 g y 306.8 g respectivamente.

Distribución: Esta especie es originaria de Asia Central, específicamente de China, Hong Kong y Japón. Fue introducida en Dinamarca, Corea del Sur, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Colombia, entre otros (Gutiérrez et al., 2012).

Hábitat: Esta especie se encuentra tanto en ambientes lénticos como lóticos, con una dureza de agua de 6-9, un pH de 6.6 y con concentraciones variables de oxígeno disuelto que van desde 5mg/l hasta la saturación (Gutiérrez et al., 2012).

Aspectos reproductivos: Presenta dimorfismo sexual y en la época de apareamiento el macho desarrolla tubérculos y en el primer radio de las aletas pectorales, en cambio, la hembra posee el abdomen abultado y es de mayor tamaño que el macho. Alcanzan la madurez entre los 9 y 11 meses y la eclosión de sus huevos se da tres días

después de la deposición (Gutiérrez et al., 2012). Específicamente los individuos alcanza su madurez sexual con una talla mínima de 12.5 cm, no obstante, la cantidad de huevos producidos varía entre la misma longitud y entre los ejemplares del mismo grupo de edad, de tal manera que los peces que miden entre 110 a 309 mm con un peso de 20.3 a 554.6 g producen cerca de 227.800 y 545.916 huevos respectivamente (Al-Noor, 2010).

Impactos: Al igual que las anteriores especies, *C. auratus* compite por espacio y fuentes alimenticias con las especies autóctonas, pero en esencia, ésta especie produce cambios negativos en los hábitats, debido a que, las cianobacterias pasan por sus intestinos promoviendo su crecimiento, lo cual ocasiona la proliferación de las algas (Gutiérrez et al., 2012). Debido a que es una especie herbívora y bentónica disminuye la vegetación acuática y produce turbidez (Van der veer y Nentwig, 2015).

Estrategias de manejo: A razón de que la carpa dorada es un pez introducido, es necesario socializar campañas sobre los impactos generados por esta especie, de tal manera que se logre prevenir nuevas introducciones. Específicamente la carpa dorada es consumida y utilizada para fines de ornamentación por quienes la pescan en el lago Yahuarcocha y tomando en cuenta que su abundancia fue baja, se considera que uno de los métodos de control más efectivo es el mecánico, mediante el cual se debe retirar directamente a los individuos de esta especie (Wittenberg y Cock, 2001;

Lapidge, 2003). Otro método a emplear es el biológico mediante el establecimiento de un depredador exótico, como puede ser la especie *Cichla ocellaris* que ha sido introducida con gran éxito para controlar a otras poblaciones de cíclidos invasores (Thresher et al., 2013).

Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)



Nombre común: Tilapia nilótica

Descripción: Su cuerpo es comprimido, está cubierto por escamas ctenoides y posee dientes en ambas mandíbulas. La aleta dorsal es grisácea con numerosas líneas negras, también presenta de 16 a 17 espinas con 12 a 14 radios, la aleta anal presenta 3 espinas y entre 9 a 12 radios y la aleta caudal es redondeada y tiene de 7 a 12 barras negras. El cuerpo es de color verdoso

plateado con casi 8 bandas verticales oscuras y en la temporada de desove las aletas pectoral, dorsal y caudal se tornan de color rojizo-blanco-amarillento (Jiménez et al., 2014; Jiménez et al., 2015).

Tipo de especie: Introducida

Talla y peso: Los machos alcanzan 35.53 cm y las hembras hasta 30.56 cm

con un peso máximo de 600.21 g y 500.25 g respectivamente.

Distribución: Esta especie es nativa de África y ha sido introducido en más de 100 países, incluyendo: Arabia Saudí, Bélgica, Estados Unidos, Corea del Sur, Guatemala, Brasil, Ecuador, Colombia, entre otros (Gutiérrez et al., 2012).

Hábitat: Esta especie se encuentra en una gran variedad de ecosistemas acuáticos. Particularmente puede resistir niveles de oxígeno disuelto menores a 0.1 ppm y con un pH de 5 a 11 (Gutiérrez et al., 2012).

Aspectos reproductivos: Se reproduce con gran facilidad y su fertilización es externa, el cortejo se realiza por varias horas y el desove se produce cada seis u ocho semanas y una vez que se depositan los huevos estos son fertilizados por el macho (Maridueña et al., 2011; Gutiérrez et al., 2012). Fundamentalmente, los huevos son incubados en la boca de la hembra y por ende las larvas poseen un alto grado de supervivencia generando a su vez que la

población aumente significativamente (Gutiérrez et al., 2012).

Impactos: La tilapia nilótica es una especie altamente invasiva que compite por espacio y alimento con las especies nativas y del mismo modo consume los huevos y los individuos juveniles de las especies nativas, ocasionando la extinción de las mismas. Esta especie también produce alteraciones en la dinámica de los nutrientes y en la eutrofización, y destruye la vegetación del fondo del lago (Vicente y Fonseca, 2013). Adicionalmente, ésta especie causa impactos indirectos a las especies autóctonas mediante la transmisión de patógenos y su población va en aumento debido a la falta de depredadores y/o competidores (Bittencourt, Leite, Abdon y Tavares, 2014).

Estrategias de manejo: Considerando que la mejor forma de manejar a las especies invasoras es la prevención, es preciso dar a conocer sobre los efectos negativos que genera la especie invasora de la tilapia, que aunque es ampliamente consumida por los pescadores representa un gran peligro

desde el punto de vista ecológico. En lo referente al manejo es de gran importancia desarrollar estudios sobre el comportamiento de la tilapia nilótica, para implementar estrategias de control mecánico y biológico (Champneys, Genner y Ioannou, 2021). Por medio del control mecánico se realiza la remoción física o captura de los ejemplares de la tilapia, de igual forma mediante el control biológico se introduce a un potencial depredador (Wittenberg y Cock, 2001; Obando, 2009). Es necesario enfatizar que en

esta investigación la abundancia de la tilapia nilótica fue baja por lo que se recomienda que se controle su población mediante la intervención de los pescadores, ya que también, constituye una fuente de subsistencia alimenticia.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se estima que los pobladores que pescan en el lago Yahuarcocha utilizan cañas de pescar, carrizos y trampas con carnada, para capturar a varias especies como tilapias, carpas y guppys a orillas del lago. Aunque estas especies pueden ser encontradas tanto en época seca como lluviosa, ya sea durante la mañana o tarde, sus poblaciones han ido disminuyendo con el paso del tiempo por la pesca indiscriminada y la contaminación del agua, considerando también la muerte masiva de peces que ocurre cada año. Es por ello, que los pobladores solicitan urgentemente la intervención de las autoridades para resolver los problemas socio-ambientales del lago Yahuarcocha, que pese a que los peces son introducidos estos constituyen un recurso importante para los ciudadanos.

En este estudio se identificaron cuatro especies ícticas: guppys (*Poecilia reticulata*), peces cola de espada (*Xiphophorus hellerii*), carpas (*Carassius auratus*) y tilapias (*Oreochromis niloticus*). En lo referente al sexo y estadio se determinó que en *P. reticulata* hubo un mayor porcentaje de hembras y adultos, en cambio, en *X. hellerii* predominaron los machos y adultos, en *C. auratus* se encontraron más hembras que machos y todos los especímenes fueron adultos y en el caso de *O. niloticus* los porcentajes de machos y hembras variaron, teniendo en cuenta que se encontraron más juveniles en el mes de noviembre que en enero.

Respecto a los parámetros físico-químicos no existieron diferencias significativas de los valores de temperatura y pH en comparación con otros estudios, mientras que, en el caso del oxígeno disuelto se registraron valores muy bajos en todos los sitios de muestreo siendo el más bajo con 2.18 mg/L, en cambio, en la conductividad se obtuvieron valores elevados cuyo valor máximo fue de 725 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en cuanto a la transparencia del agua los valores fueron muy bajos, en donde el valor mínimo fue de

0.18 m y el máximo fue de apenas 0.23 m, por lo tanto, dichos valores indican que la calidad de agua del lago Yahuarcocha se ha deteriorado notablemente.

Al aplicar el índice de Shannon se determinó una baja diversidad de especies ícticas, de igual manera los valores obtenidos por el índice de Simpson indicaron una baja diversidad pero una elevada dominancia, debido a que, se registró una alta abundancia de *Poecilia reticulata* que en promedio constituyó el 90.12% del total de individuos encontrados, en lo concerniente al índice de Margalef se estimó una baja riqueza de especies y en cuanto al índice de Pielou los valores obtenidos denotaron una baja uniformidad, debido a que, las especies presentaban grandes diferencias en sus abundancias.

Fundamentalmente la información proporcionada por la guía de identificación permitirá conocer los aspectos biológicos y reproductivos, los impactos generados en el ambiente y las estrategias de manejo de estas especies ícticas introducidas, haciendo énfasis en tres tipos de métodos de control, que para el caso de las carpas y tilapias la mejor opción es por el método de control mecánico, puesto que, estas especies presentan bajas abundancias y son de gran importancia para las personas que pescan. Por lo tanto, la información generada en esta investigación permitirá entender de mejor manera el funcionamiento del lago Yahuarcocha, para el desarrollo de nuevos estudios que contribuyan al mejoramiento sus condiciones.

5.2 Recomendaciones

Es necesario identificar a la subespecie *Carassius auratus gibelio* mediante el uso del código de barras genético y realizar investigaciones más profundas sobre cada una de las especies de peces, referentes a su comportamiento con otros organismos que conforman la cadena alimenticia como el fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados, para analizar y evaluar su rol dentro del sistema lacustre.

Teniendo en cuenta que el lago Yahuarcocha está en un estado eutrófico con tendencia a hipertrófico, debido a que, no se realiza un tratamiento apropiado de las aguas residuales y de residuos sólidos, es importante que se implementen estudios sobre las posibles patologías de los peces que son capturados y consumidos por las personas que pescan.

Desarrollar programas de educación ambiental para prevenir la introducción incidental o intencional de especies ícticas, tomando en cuenta los potenciales peligros tanto para el entorno ambiental como socio-económico.

Promover y ejecutar proyectos para el control de las especies ícticas introducidas, involucrando a las autoridades, el sector académico y público en general con el fin de tratar los efectos negativos que se producen en el ecosistema acuático y en la salud humana.

Se sugiere llevar a cabo estudios similares al de esta investigación en otros lagos, para ampliar los conocimientos sobre las especies ícticas nativas, endémicas e introducidas que habitan en los sistemas lacustres lénticos, de tal modo que se implementen estrategias para su conservación o control.

REFERENCIAS

- Abdul, M., Hossain, M., Ahmed, N. y Asaduzzaman, M. (2017). Fish species diversity, fishing gears and crafts from the Buriganga River, Dhaka. *Bangladesh Journal of Zoology*, 45(1), 11-26.
- Abella, P., y Martínez, M. (2012). Contribución de un afluente tributario a la eutrofización del lago de tota (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 243-262.
- Adeyemi, S., Akombu, P. y Toluhi, O. (2009). Food and feeding habits of *Oreochromis niloticus* in Lake Gbedikere, Bassa, Kogi State. *Continental Journal of Animal and Veterinary Research*, 1, 25-30.
- Aguilera, X., Declerck, S., De Meester, L., Maldonado, M. y Ollevier, F. (2006). Tropical high Andes: A limnological survey and an assessment of exotic rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Limnologica*, 36(4), 258-268.
- Aguilera, X., Lazzaro, X. y Coronel, J. (2013). Tropical high-altitude Andean lakes located above the tree line attenuate UV-A radiation more strongly than typical temperate alpine lakes. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 12(9), 1649-1657.
- Ahmad, O y Shankar, U. (2015). A study on Ichthyofaunal diversity of Sagar lake, Madhya Pradesh, India. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 7(3), 126-129.
- Al-Noor, S. (2010). Population Status of Gold Fish *Carassius auratus* in Restored East Hammar Marsh, Southern Iraq. *Journal of King Abdulaziz University- Marine Science*, 21(1), 65-83.
- Amin, R., Mazumder, F., Nargis, A., Khatun, M. y Talukder, D. (2013). Reproductive Periodicity, Fecundity and Sex Ratio of Goldfish *Carassius auratus*

- (Perciformes: Cyprinidae) Under Laboratory Condition. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 3(1), 36-41.
- Anbalagan, R. y Sivakami, R. (2017). A Study on Fish Diversity in a Fresh Water Lake in Tamil Nadu, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 2561-2565.
- Andrade, G., & Castro, L. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socioecológica. En *Ambiente y Desarrollo XVI (30)*, 53-71.
- Ángel, J. y Villarruel, L. (2009). *Efectividad de dos eclosionadores prototipo en la eclosión de ovas de tilapia roja (Oreochromis sp) y tilapia negra (Oreochromis niloticus) en Yahuarcocha Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Araújo, F., Peixoto, M., Pinto, B. y Teixeira, T. (2009). Distribution of guppies *Poecilia reticulata* (Peters, 1860) and *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) along a polluted stretch of the Paraíba do Sul River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69(1), 41-48.
- Arévalo, E., Gómez, I., Gómez, E., Rodríguez, D. y Hurtado, H. (2010). Estudio Preliminar de la Relación del Tamaño Corporal y la Maduración Testicular de *Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1948). *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 6(2), 226-239.
- Armas, J. y Castro, C. (2013). *Propuesta turística "Ruta las Lomas" de la cuenca hidrográfica de la laguna de Yahuarcocha* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Arrese, L. (2012). *Diagnóstico de la situación actual de la pesca de arrastre de la CIA.CEBRUL S.A. frente a las políticas actuales del estado* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Milagro, Guayaquil, Ecuador.

- Arroyo, C. (2015). *Diagnóstico de la actividad pesquera en el río Atacames y su impacto en el ambiente acuático* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador.
- Astudillo, E. (2018). Pastoreo del mesozooplankton sobre el fitoplancton en el lago Yahuarcocha, provincia Imbabura (tesis de pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Ayala, L., Ramos, J., y Flores, D. (2003). La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Rev. Biol. Trop.* 51(3), 783-794.
- Bahnasawy, M., Abdel, T. y Abd, G. (2003). Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings raised in an earthen pond. *Archives of Polish Fisheries*, 11(2), 277-285.
- Bajer, P., Ghosal, R., Maselko, M., Smanski, S., Lechelt, J., Hansen, G. y Kornis, M. (2019). Biological control of invasive fish and aquatic invertebrates: a brief review with case studies. *Management of Biological Invasions*, 10(2), 227-254.
- Barletta, M., Jaureguizar, A., Baigun, C., Fontoura, N., Agostinho, A., Almeida-Val, V.,... Corrêa, M. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76(9), 2118-2176.
- Barriga, R. (2011). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica* 30(3), 83-119.
- Barroso, A. y Jacobi, C. (2017). Colorful invasion in permissive Neotropical ecosystems: establishment of ornamental non-native poeciliids of the genera *Poecilia*/*Xiphophorus* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) and management alternatives. *Neotropical Ichthyology*, 15(1), 1-13.

- Baselga, A. y Gómez, C. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas?. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 26, 39-45.
- Basolo, A. (1990). Female preference for male sword length in the green swordtail, *Xiphophorus helleri* (Pisces: Poeciliidae). *Animal Behaviour*, 40(2), 332-338.
- Bibi, F. y Ali, Z. (2013). Measurement of diversity indices of avian communities at Taunsa barrage wildlife sanctuary, Pakistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 23(2).
- Bittencourt, L., Leite, U., Abdon, L. y Tavares, M. (2014). Impact of the invasion from Nile tilapia on natives Cichlidae species in tributary of Amazonas River, Brazil. *Biota Amazônia*, 4(3), 88-94.
- Bolaños, D. (2011). *Proyecto de fortalecimiento de la Actividad Turística en la Provincia de Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Bonastre, M. (2008). Caracterización y distribución de la fauna íctica en la subcuenca del río Quiroz, Ayabaca (Perú) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Brykov, V. (2014). Mechanisms of Sex Determination in Fish: Evolutionary and Practical Aspects. *Russian Journal of Marine Biology*, 40(6), 407-417.
- CABI. (2019). *Poecilia reticulata* (guppy). Recuperado de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/68208>
- Cantor, F. (2007). Manual de producción de tilapia. Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. México. Recuperado de https://es.slideshare.net/JCAMIOMOR/manual-de-produccion-de-tilapia?fbclid=IwAR0zvra51Xan2W5SE6rRsCntK0baDncmVYW6nDPKCYzIm_LQLxSGxcjlSRM

- Capdevila, L., Iglesias, A., Orueta, J. y Zilleti, B. (2006). Especies exóticas invasoras: Diagnóstico y bases para la prevención y el manejo. Ed. Ministerio de Medio Ambiente: Naturaleza y Parques Nacionales-Serie Técnica. Madrid, España.
- Carmona, V. y Carmona, T. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14(2), 20-26.
- Casas, J., Repullo, J. y Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Aten Primaria*, 31(8), 527-538.
- Castellanos, C. (2006). Extinción: causas y efectos sobre la diversidad biológica. *Revista Luna Azul*, 23, 33-37.
- Castro, M., Castro, J., De Lara, A., Monroy, D., Ocampo, C. y Davila, F. (2016). Length, weight and condition factor comparison of *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) juveniles cultured in biofloc system. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(6): 345-350.
- Champneys, T., Genner, M. y Ioannou, C. (2021). Invasive Nile tilapia dominates a threatened indigenous tilapia in competition over shelter. *Hydrobiologia* 848, 3747–3762.
- Chivian, E. (2015). *Preservar la vida: de cómo nuestra salud depende de la biodiversidad*. México DF, México: FCE-Fondo de Cultura Económica.
- Chocano, L. (2005). Las zonas altoandinas peruanas y su ictiofauna endémica. *Revista Digital Universitaria*, 6(8), 2-13.
- Chuctaya, J. (2014). Diversidad de la Ictiofauna y variaciones espacio temporales en los ambientes Lénticos de la cuenca del río Ampiyacu (Loreto) en el período agosto 2009 – julio 2010 (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

- Cifuentes, F. (2016). Evaluación del contenido de materia orgánica en los sedimentos del lago Yahuarcocha y propuesta de recuperación ecológica (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Contreras, M., Gaspar, M., Huidrobo, L. y Mejía, H. (2014). Peces invasores en el centro de México, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 413-424.
- Claro, A. y Akio, O. (2013). The fish fauna of streams from the upper río Tocantins basin, Goiás State, Brazil. *Check List*, 9(1), 28-33.
- Código Orgánico Ambiental. (2017). Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Coello, D., Pesantes, F., Macias, P. y Revelo, W. (2005). Mortandad de peces en la laguna Yahuarcocha-Junio, 2005. Instituto Nacional de pesca. Ecuador.
- Conde, J., Ramos, E. y Morales, R. (2004). El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos. *Ecosistemas*, 8(2), 1-9.
- Confederación Hidrográfica del Ebro. (2009). Guía de campo-Peces de la cuenca del Ebro. España.
- Constitución del Ecuador. (2008). Recuperado de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Córdova, M. (2018). *La pesca artesanal y su importancia en la economía de los integrantes de la asociación de producción pesquera 18 de Octubre cantón Quevedo, provincia Los Ríos, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

- Criollo, P y Trujillo, C. (2012). Diseño y creación de una revista turística para mejorar el desarrollo social y económico del sector de Yahuarcocha durante el periodo 2011- 2012 (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Cuchía, J. (2018). Análisis de alimentación y nutrición en pez ornamental guppy de velo (*P. reticulata* Peters, 1859) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia.
- De Oliveira, F., Ara, A., Moreira, C., Lira, O., Padilha, M., y Shinohara, N. (2014). Seasonal changes of water quality in a tropical shallow and eutrophic reservoir in the metropolitan region of Recife (Pernambuco-Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86(4), 1863-1872.
- Diario El Norte. (2017, Julio 07). Las tilapias de la laguna de Yahuarcocha llama la atención de más de 20 pescadores. Recuperado de <https://www.elnorte.ec/las-tilapias-de-la-laguna-de-yahuarcocha-llama-la-atencion-de-mas-de-20-pescadores/>
- Dimech, M., Camilleri, M., Hiddink, J., Kaiser, M., Ragonese, S. y Schembri, P. (2008). Differences in demersal community structure and biomass size spectra within and outside the Maltese Fishery Management zone (FMZ). *Scientia Marina*, 72(4), 669-682.
- Dolbeth M., Pardal, M., Lilleblo, A., Azeiteiro, U y Marques, J. (2003). Short- and long- term effects of eutrophication on the secondary production of an intertidal macrobenthic community. *Marine Biology* 143, 1229–1238.
- Donohue, I.y García, J. (2009). Impacts of increased sediment loads on the ecology of lakes. *Biological Reviews*, 84(4), 517-531.

- Douglas, H., Dang, P., Gill, B., Huber, J., Mason, P., Parker, D. y Sinclair, B. (2009). The importance of taxonomy in responses to invasive alien species. *Biodiversity*, 10(2), 92-99.
- El-Sabaawi, R., Frauendorf, T., Marques, P., Mackenzie, R., Manna, L., Mazzoni, R., Phillip, D., Warbanski, M. y Zandona, E. (2016). Biodiversity and ecosystem risks arising from using guppies to control mosquitoes. *Biology Letters*, 12(10), 1-4.
- Erazo, A. y Jaramillo, B. (2005). *Evaluación de impacto ambiental y propuesta del plan de manejo de los procesos de la primera etapa de recuperación de la "laguna de Yahuarcocha"* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Escalante, T. y Morrone, J. (2002). Métodos para medir la biodiversidad. *Acta zoológica mexicana*, 85, 195-196.
- Espinal, J., Sedeño, J., y López, E. (2013). Evaluación de la calidad del agua en la laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (3,) 147- 163.
- Fernández, E., Navarrete, N., Fernández., J y Contreras, G. (2006). Crecimiento, Abundancia y Biomasa de *Poecilia reticulata* en el Lago Urbano del Parque Tezozomoc de la Ciudad de México. *Revista Chapingo*, 12 (2), 155-159.
- Ferreira, F. y Petreire, M. (2008). Comments about some species abundance patterns: classic, neutral, and niche partitioning models. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4, Suppl.), 1003-1012.
- Fontúrbel, F. (2005). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 135-141.

- GAD San Miguel de Ibarra. (2012). *Plan de manejo de la microcuenca del Lago Yahuarcocha*. Ibarra, Ecuador. (Pabón et al, 2012).
- García, C., Troncoso, W., Sánchez, S. y Perdomo, L. (2008). Contribution to vital statistics of a guppy *Poecilia reticulata* Peters (Pisces: Cyprinodontiformes: Poecillidae) pond population in Santa Marta, Colombia. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(3), 335-339.
- Ghosh, S., Sinha, A y Sahu, C. (2007). Effect of probiotic on reproductive performance in female livebearing ornamental Fish. *Aquaculture Research*, 38(5), 518-526.
- Gomes, G., Cyubahiro, E., Wronski, T., Riesch, R., Apio, A. y Plath, M. (2020). Water pollution affects fish community structure and alters evolutionary trajectories of invasive guppies (*Poecilia reticulata*). *Sci Total Environ*, 1-2.
- Gómez, J., Peña, B., Guzmán, J. y Gallardo, V. (2013). Composición, abundancia del zooplankton y calidad de agua en un microreservorio en el estado de Morelos. *Hidrobiológica*, 23(2), 227-240.
- Gómez, J., Peña, B., Salgado, I. y Arredondo, J. (2008). Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de biología tropical*, 56(2), 1-10.
- González, D. y Yagual, C. (2016). *La Pesca Artesanal y el Desarrollo Sostenible de la parroquia Santa Rosa*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- Grammer, G., Slack, W., Peterson, M. y Dugo, A. (2012). Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) establishment in temperate Mississippi, USA: multi-year survival confirmed by otolith ages. *Aquatic Invasions*, 7(3), 367–376.

- Grapci, L., Ibrahim, B., Bilalli, A., Ibrahim, H y Musliu, M. (2019). The Composition, Distribution and Abundance of Fish Species According to the Effects of Water Physicochemical Parameters in the Livoq Lake, Kosovo. *Journal of Ecological Engineering*, 20 (5), 235-241.
- Guanín, J. (2014). *Elaboración de una guía turística de las lagunas de la provincia de Imbabura para un eficiente desempeño turístico, dirigida a estudiantes de los establecimientos de educación básica de la zona centro de la ciudad de Quito* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Guerrero, M. (2014). *Incidencia socio-económica de la implementación de la Fase II del proyecto de Manejo Integral "Laguna de Yahuarcocha" en el barrio San Miguel de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, año 2013* (Tesis de posgrado). Centro Universitario de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ibarra, Ecuador.
- Gunkel, G. (2000). Limnology of an Equatorial High Mountain Lake in Ecuador, Lago San Pablo. *Limnologica*, 30(2), 113-120.
- Gutiérrez, F., Lasso, C., Baptiste, M., Sánchez, P. y Díaz, A. (2012). VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia.
- Hubálek, Z. (2000). Measures of Species diversity in ecology: an evaluation. *Folia Zool*, 49(4), 241-260.
- Hurtado, N. (2017). Tilapia la alternativa social y económica del tercer milenio. Ingenieros consultores. Perú. Recuperado de https://issuu.com/nicolas061271/docs/uso_de_hormonas_en_tilapias
- Iannacone, J. y Alvarino, L. (2007). Diversidad y abundancia de comunidades zooplanctónicas litorales del humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Gayana (Concepción)*, 71(1), 49-65.

- Jácome, I. (2013). Etnoictiología Kichwa de las lagunas de la cuenca baja del río Curaray (Amazonia), Ecuador. *Biota Colombiana*, 14 (1), 5-24.
- Jaramillo, J. y Gaviria, S. (2003). Caracterización física, química y estructura de la comunidad zooplanctónica de un pequeño lago tropical, Lago Santander (Río Negro, Antioquia, Colombia). *Caldasia*, 25(2), 355-380.
- Jiménez, P y Beárez, P. (2004). Peces marinos del Ecuador Continental. SIMBIOE/NAZCA/IFEA Tomo I: Clave para la identificación de peces. Quito, Ecuador.
- Jiménez, L., Álvarez, J., Ochoa, L., Loaiza, A., Londoño, J., Restrepo, D.,... Jaramillo, U. (2014). Guía Ilustrada Peces Cañón del río Porce, Antioquia. EPM. Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia-Medellín, Colombia.
- Jiménez, P., Aguirre, W., Laaz, E., Navarrete, R., Nugra, F., Rebolledo, E.,... Valdiviezo, J. (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad. Esmeraldas, Ecuador.
- Jourdan, J., Wilhem, F., Zimmer, C., Gasch, K., Herder, F., Schleucher, E., Plath, M. y Bierbach, D. (2014). On the natural history of an introduced population of guppies (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) in Germany. *Bioinvasions Records*, 3(3), 175–184.
- Kang, J., Schartl, M., Walter, R. y Meyer, A. (2013). Comprehensive phylogenetic analysis of all species of swordtails and platies (Pisces: Genus *Xiphophorus*) uncovers a hybrid origin of a swordtail fish, *Xiphophorus monticolus*, and demonstrates that the sexually selected sword originated in the ancestral

- lineage of the genus, but was lost again secondarily. *BMC Evolutionary Biology*, 13(25), 1-19.
- Keat, C., Aun, P., Wong, L. y Khoo, G. (2016). A Review of Fish Taxonomy Conventions and Species Identification Techniques. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 4(1), 54-93.
- Kottler, V., Fadeev, A., Weigel, D. y Dreyer, C. (2013). Pigment Pattern Formation in the Guppy, *Poecilia reticulata*, Involves the Kita and Csf1ra Receptor Tyrosine Kinases. *Genetics*, 194(4), 631-646.
- Laaz, E. y Torres, A. (2012). Peces de las cuencas hidrográficas de la provincia de Bolívar, Ecuador. *Investigación, Tecnología e Innovación*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/304014196_PECES_DE_LAS_CUENCAS_HIDROGRAFICAS_DE_LA_PROVINCIA_DE_BOLIVAR_ECUADOR
- Lacy, N., Corcoran, D., Aló, D., Lessmann, J., Meza, F. y Marquet, P. (2019). Main drivers of freshwater fish diversity across extratropical Southern Hemisphere rivers. *Hydrobiologia*, 843 (1), 155-172.
- Lapidge, K. (Ed). (2003). Proceedings of the National Carp Control Workshop, March 2003, Canberra. Cooperative Research Centre for Pest Animal Control. Canberra.
- Ledesma, C., Bonansea, M., Rodríguez, C., y Sánchez, A. (2013). Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina). *Revista Ciencia Agronómica*, 44 (3), 419-425.
- Leiton, M. (2018). *Percepción ambiental de los habitantes de la microcuenca del Lago Yahuarcocha: Estrategias para la conservación y uso sustentable* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

- Le´veque, C., Oberdorff, T., Paugy, D., Stiassny, M. y Tedesco, P. (2008). Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595 (1), 545-567.
- Llanos, C. y Scotto, C. (2010). Eugenol como anestésico para labores de manipulación de *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848) (Cyprinodontiformes: poeciliidae). *The Biologist*, 8 (2), 179-188.
- López, M., Jurado, G., Páez, I. y Madroñero, S. (2017). Estructura térmica del lago Guamués, un lago tropical de alta montaña. *Luna Azul*, 44, 94-119.
- Lorenzoni, M., Corboli, M., Ghetti, L., Pedicillo, G. y Carosi, A. (2007). Growth and reproduction of the goldfish *Carassius auratus*: a case study from Italy. En F. Gherardi (Ed.), *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats- Invading Nature in Invasion Ecology*, vol 2. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Lorenzoni, M., Dolciami, R., Ghetti, L., Pedicillo, G. y Carosi, A. (2010). Fishery biology of the goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) in Lake Trasimeno (Umbria, Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 2(396), 1-13.
- Lorenzoni, M., Ghetti, L., Pedicillo, G. y Carosi, A. (2009). Analysis of the biological features of the goldfish *Carassius auratus auratus* in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) with a view to drawing up plans for population control. *Folia Zoologica*, 59(2), 142-156.
- Mabansag, C., Paraso, M., Marcelino, R., Clavecillas, A. y Suzanneth, L. (2019). A Preliminary Survey of Estrogenic Effects in Cultured Adult Male Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Seven Lakes of San Pablo City, Philippines. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 103, 400–404.
- Macias, J. (2016). Estado y estructura poblacional de la tilapia negra *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1758) (PERCIFORMES: CICHLIDAE) en la represa

la Esperanza, Quiroga-Manabí (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Macchioni, F., Chelucci, L., Torracca, B., Prati, M. y Magi, M. (2015). Parasites of introduced goldfish (*Carassius auratus* L.) in the Massaciuccoli water district (Tuscany, Central Italy). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 35(2), 35-40.
- Mackenzie, R., Jackson, P. y Cotterell, E. (2001). Control of Exotic Pest Fishes – An Operation Strategy for Qld Freshwaters 2002– 2005. Department of Primary Industries: Queensland.
- Maddern, M., Gill, H. y Morgan, D. (2011). Biology and invasive potential of the introduced swordtail *Xiphophorus hellerii* Heckel (Poeciliidae) in Western Australia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1-10.
- Maico, E., Correia, A., Zaminhan, M, Signor, A., Feiden, A. y Rogério, W. (2014). Annatto in diets *Carassius auratus* goldfish fingerlings: growth performance and skin pigmentation. *Semina Ciências Agrarias*, 35 (6), 3401-3414.
- Maina, K., Yvone, H., Agnes, M., Julius, O., Aniel, N. y Vincent, N. (2015). Morphometric and developmental characteristics of fish landed by artisanal bait fishers at the Mida Creek, Kenya. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 6(2), 15-24.
- Maridueña, A., Chalén, N., Coello, D., Cajas, J., Solís, P y Aguilar, F. (2011). Mortandad de peces en la laguna de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Febrero 2003. *Boletín Especial*, 02 (1), 1-128.
- Martínez, O., Olivera, M., Quiroga, C., y Gómez, I. (2010). Evaluación de la avifauna de la ciudad de La Paz, Bolivia. *Revista Peruana de Biología*, 17(2), 197-206.

- Masai, D., Ojuok, J. y Ojwang, W. (2005). Fish species composition, distribution and abundance in Lake Victoria basin, Kenya. *Kenya Marine and Fisheries Research Institute*, 1-14.
- Mawyin, A. (2017). *Diversidad y abundancia ictiofaunística en el río Culebras (Guayas-Ecuador)* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Maya, M. (2004). Efecto del tóxico Cloruro de Mercurio, en los peces *Xiphophorus helleri* (Familia Poeciliidae), en diferentes etapas de desarrollo (Crías, Juveniles y Adultos) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, CD México, México.
- Mendoza, R. (2018). Guía visual para la identificación de especies y catálogo ilustrado para la identificación y uso de las especies de peces invasoras de la región hidrológica de Amacuzac. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/317271/Guia.pdf>
- Miranda, G. y Barrera, S. (2005). Riqueza y abundancia de peces en dos lagunas de los Andes tropicales. *Ecología en Bolivia*, 40 (2), 41-52.
- Mojica, J., Usma, J., Álvarez, R. y Lasso, C. (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. Bogotá, D. C., Colombia.
- Molina, G. y Ramos. F. (2008). Adaptación progresiva a la salinidad de alevines masculinizados de “tilapia del Nilo” (*Oreochromis niloticus*), bajo condiciones de precria intensiva (Tesis de pregrado). Universidad de el Salvador, San Salvador, El Salvador.

- Moncaleano, A. y Calvachi, B. (2009). Uso de la fauna silvestre del Lago de Tota. Peces, herpetos, aves y mamíferos. *Ambiente y Desarrollo*, 13(25), 81-99.
- Montoya, D. (2013). Reversión sexual en tilapias con hormona 17Alfa Metiltestosterona a diferentes dosis 40-60-80 mg/Kg. De alimento En Tena sector Uglopamba (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Montoya, C., Vega, F., Nolasco, H., Espinosa, L., Carrillo, O. y Olvera, F. (2014). Effects of dietary antioxidant of tomato extract and lycopene on *Carassius auratus* and *Xiphophorus maculatus*. *MVZ Córdoba*, 19 (2), 4059-4071.
- Mora, C., Burbano, O., Méndez, C. y Castro, D. (2017). Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35), 68-75.
- Naigaga, I., Kaiser, H., Muller, W., Ojok, L., Mbabazi, D., Magezi, G. y Muhumuza, E. (2011). Fish as bioindicators in aquatic environmental pollution assessment: A case study in Lake Victoria wetlands, Uganda. *Physics and Chemistry of the Earth*, 36(1), 918–928
- Nilssen, J. (2004). Tropical lakes- functional ecology and future development: The need for a process-orientated approach. *Hydrobiologia*, 113, 231-242.
- Obando, R. (2009). *Evaluación de los Parámetros Físico-Químicos y Biológicos de la Laguna El Junco, antes, durante y después de la erradicación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*)* (tesis de pregrado). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Ochoa, M. (2017). *Evaluación del crecimiento de cianobacterias en relación a los parámetros físico-químicos del agua en el lago Yahuarcocha* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

- Odat, N., Taleb, M., Muhaidat, R., Ababneh, F., Al-Tawaha, A. y Aladaileh, S. (2009). Predicting Species Relative Abundance in Ecological Communities. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 2(2), 83-88.
- Olawusi, O. y Ajibare, A. (2014). Species richness, diversity and abundance of some Decapod Crustaceans in coastal waters of Ondo State, South West, Nigeria. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 1(5), 44-51.
- Oliva, M., Rodríguez, A., Lugo, A., y Sánchez, M. (2008). Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica*, 18(1, Supl. 1), 1-13.
- Oliveira, T., Reis, A., Guedes, C., Sales, M., Braga, E., Ratton, T., Maia, B. y Magalhaes, A. (2014). Establishment of non-native guppy *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in a Municipal Park located in Minas Gerais State, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9(1):21-30.
- Onsoy, B., Filiz, H., Tarkan, A., Bilge, G. y Tarkan, A. (2011). Occurrence of Non-Native Fishes in a Small Man-Made Lake (Lake Ula, Muğla): Past, Present, Future Perspectives. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(2), 209-215.
- Oquendo, R. (2016). *Evaluación de *Thypa Latifolia* en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de Yahuarcocha* (Tesis de maestría). Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, F., y Alfayate, J. (2005). Contaminación Ambiental. Una visión desde la química. Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. Madrid, España.

- Ortega, H. e Hidalgo, M. (2009). Freshwater fishes and Aquatic habitats in Peru: Current knowledge and conservation. *Aquatic Ecosystems Health and Management*, 11(3), 257-271.
- Ortega, A., Reyes, H. y Reyes, H. (2014). Sex reversal, growth, and survival in the guppy *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) under laboratory conditions. *UNED Research Journal*, 5(2), 245-248.
- Oseguera, L., Alcocer, J. y Escobar, E. (2016). Macroinvertebrados bentónicos de dos lagos tropicales de alta montaña en el volcán Nevado de Toluca, en la región central de México. *Hidrobiológica*, 26(3), 419-432.
- Oyugi, D., Mavuti, K., Aloo, P., Ojuok, J y Britton, J. (2014). Fish habitat suitability and community structure in the equatorial Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia* 727(1), 51–63.
- Pabón. (2015). Distribución y evaluación de la vegetación macrófita en el lago Yahuarcocha, provincia de Imbabura (tesis de pregrado), Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Paller, V., Corpuz, M. y Bandal, M. (2017). Freshwater Fish Assemblages and Water Quality Parameters in Seven Lakes of San Pablo, Laguna, Philippines. *Asian Journal of Biodiversity*, 8(1), 1-22.
- Paller, V., Labatos, B., Lontoc, B., Matalog, O. y Ocampo, P. (2011). Freshwater Fish Fauna in Watersheds of Mt. Makiling Forest Reserve, Laguna, Philippines. *Philippine Journal of Science*, 140(2), 195-206.
- Parada, S., Virgüez, A. y Cruz, P. (2012). Experiencias sobre cultivo de peces ornamentales en la Cooperativa COOPESCA, Acacias - Meta. *Orinoquia*, 16(2), 248-255.
- PDOT Imbabura. (2015). Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Imbabura 2015-2035. Ecuador. Recuperado

dehttp://app.sni.gob.ec/snlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadpl
usdoc umentofinal/1060000180001_PDOT%20IMBABURA%202015-
2035_SIGAD_15-08-2015_22-50-

- Pérez, C. y Zaragoza, S. (2015). Diversidad alfa y beta de Cantharidae (Coleoptera) en el bosque tropical caducifolio de la vertiente del Pacífico mexicano. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(3), 771-781.
- Pino del carpio, A., Miranda, R. y Puig, J. (2010). Non-Native freshwater fish management in Biosphere Reserves. *Management of Biological Invasions*, 1, 13-33.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590.
- Portilla, K. (2015). Evaluación del comportamiento de los parámetros físicos del agua, para determinar el estado trófico del lago Yahuarcocha, provincia Imbabura (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Prado, M. (2012). *Relaciones tróficas en el sistema hídrico de la provincia de los Ríos: Ichthyoelephas humeralis y Brycon alburnus* (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2010). Perspectivas del medio ambiente: América Latina y el Caribe- GEO ALC 3.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2016). El estado de la biodiversidad en América Latina y el Caribe: Una evaluación del avance hacia las metas de Aichi para la diversidad biológica. Cambridge, Reino Unido.

- Puentes, V., Polo, C., Roldán, A. y Zuluaga, P A. (Eds.). (2014). Artes y Métodos de Pesca en Colombia. Serie Recursos Pesqueros de Colombia – AUNAP 2014. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP. Conservación Internacional Colombia. 216 p.
- Quispe, D. y Sánchez, M. (2011). Encuestas y entrevistas en investigación científica. *Rev. Act. Clin, Med*, 10(1), 490-494.
- Rahman, M., Rahman, B., Okazaki, E. y Akhter, N. (2016). Assessment of Species Specificity of Fishing Gears and Fish Diversity Status in the Andharmanik River of Coastal Bangladesh. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 11(5), 361-369.
- Raja, J. y Kunchitham, S. (2004). Effect of feed type on growth and fertility in ornamental fish, *Xiphophorus helleri*. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 56(4), 264-273.
- Ramírez, A., Ramírez, J., Medina, M., Hernández, R. y Domínguez, O. (2017). Reproductive biology of the invasive species *Pseudoxiphophorus bimaculatus* and *Poecilia sphenops* in the Teuchitlán River, México. *Journal of Applied Ichthyology*, 1-10.
- Reis, R., Albert, J., Di Dario, F., Mincarone, M., Petry, P. y Rocha, L. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 12–47.
- Restrepo, D & Álvarez, R. (2013). Algunos aspectos sobre la introducción de especies, y estado del conocimiento sobre los peces introducidos en el departamento de caldas, Colombia. *Luna Azul*, 37, 268-281.
- Revelo, J. (2017). Evaluación del balance hidrológico y establecimiento de estrategias para la conservación del recurso hídrico del lago Yahuarcocha, (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

- Reyes, P. y Torres, J. (2009). Diversidad, distribución, riqueza y abundancia de condrictios de aguas profundas a través del archipiélago patagónico austral, Cabo de Hornos, Islas Diego Ramírez y el sector norte del paso Drake. *Revista de biología marina y oceanografía*, 44(1), 243-251
- Riofrío, J., Zaldívar, J., Villanueva, C. y Velarde, D. (2000). Biología pesquera, extracción y uso potencial de “tucunaré” (*Cichla monoculus*, Pisces: Cichlidae) en Ucayali, Perú. *Rev. peru. biol.*, 7(2), 142-150.
- Rodríguez, J. (2001). La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana. *Interciencia*, 26(10), 479-483.
- Rodríguez, A., Meléndez, J., Rosales, W. y Lindao, C. (2018). Diagnóstico de la captura y comercialización de la pesca blanca sector pesquero artesanal puerto de Chanduy. *Semana de la Ciencia UTMACH*, 543-554.
- Rosselló, A. (2017). Comparación de diversidad funcional en comunidades de peces de plataforma de dos ecosistemas del Mediterráneo Occidental (Tesis de maestría). Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, España.
- Rosso, J., Rosso, F., Mabragaña, E., Schenone, N., Avigliano, E. y Díaz, J. (2017). Molecular and taxonomic characterisation of introduced specimens of *Poecilia reticulata* in the lower Paraguay River basin (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Neotropical Ichthyology*, 15(4), 1-8.
- Ruíz, G., Campos, E. y Delgadillo, J. (2016). Guía ilustrada para la identificación de peces exóticos del bajo río colorado de México. Universidad Autónoma de Baja California, Cuerpo Académico Estudios Relativos a la Biodiversidad y Red de Especies Exóticas de México.
- Saelens, P. (2015). Ecological functioning of a eutrophic, high-altitude shallow lake in Ecuador, Laguna Yahuarcocha (Tesis de maestría). Universidad KU Leuven, Lovaina, Bélgica.

- Salazar, S., Pérez, J. y Alfonsi, C. (2008). Introducción y extracción de peces ornamentales y especies de invertebrados acuáticos en Venezuela. *Saber*, 20(2), 139-148.
- Salazar, J. (2017). *Etnoictiología y diversidad de peces de la parte media-baja microcuenca del río Magdalena, cantón Cotacachi-Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Salgado, H., Marañón, S., Azpeitia, A. y Maya, E. (2008). Anabolic and androgenic effect of steroid trenbolone acetate on guppy (*Poecilia reticulata*). *Veterinaria México*, 39 (3), 269-277.
- Samanez, I., Rimarachín, V., Palmas, C., Arana, J., Torres, H., Correa, V., y Hidalgo, M. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.
- Samboni, N., Carvajal, Y., y Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.
- Sayed, A., Haque, A., Khatun, R. y Rahman, S. (2018). A comparative study of fish assemblage and diversity indices in two different aquatic habitats in Bangladesh: Lakhandaha Wetland and Atari River. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 11(4), 427-434.
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creacio%CC%81n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>

- Setlíková, I. y Adámek, Z. (2004). Feeding selectivity and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on temperate-zone aquatic macrophytes. *Anim. Sci*, 49(6), 271–278.
- Shahjahan, R., Ahmed, M., Begum, R. y Rashid, M. (2013). Breeding biology of guppy fish, *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) in the laboratory. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*, 39(2), 259-267.
- Sidahmed, A. (2017). Review on Fish Identification Tools and Their Importance in Biodiversity and Fisheries Assessments. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 36(6), 118-126.
- Sievers, C., Willing, E., Hoffmann, M., Dreyer, C., Ramnarine, I. y Magurran, A. (2012). Reasons for the invasive success of a guppy (*Poecilia reticulata*) population in Trinidad. *PLOS ONE*, 7(5), 1-11.
- Sohail, M., Khattak, M., Tauseef, I., Korai, A., Shah, A. y Lashari, K. (2014). Ichthyodiversity in relation to physic-chemical parameters of River Swat. *Sindh Univ. Res. Jour. (Sci.Ser)*, 46(4), 525-530.
- Solomon, S., Ayuba, V., Tahir, M & Okomoda, V. (2017). Abundance Composition of Fish in Lake Kalgwai Jigawa State, Nigeria. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 13(1), 45-54.
- Sultana, A., Mazumder, S. y Kunda, M. (2018). Diversity of fish fauna and fishing gears used in the River Banar, Mymensingh, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Fisheries*, 30(2), 229-240.
- Tang, S., Zhang, T., Lu, J., Li, D., Pan, J. y Duan, C. (2015). Temporal and spatial variation in fish assemblages in Lake Taihu, China. *Journal of Freshwater Ecology*, 30(1), 181 - 196.
- Tapia, P. (2018). Diversidad y valor de uso de la flora del bosque protector privado “Aya Puma Samay” en el cerro Imbabura – Ecuador (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

- Teferi, Y., Admassu, D. y Mengistou, S. (2000). The food and feeding habit of *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae) in Lake Chamo, Ethiopia. *SINET: Ethiopian Journal of Science*, 23(1), 1-12.
- Terneus, E. (2014). Vegetación acuática y estado trófico de las lagunas andinas de San Pablo y Yahuarcocha, provincia de Imbabura, Ecuador. *REMCA 35 (1)*, 121-131.
- Thresher, R., Hayes, K., Bax, N., Teem, J., Benfey, T. y Gould, F. (2013). Genetic control of invasive fish: technological options and its role in integrated pest management. *Biol Invasions 16*, 1201–1216.
- Thukral, A. (2017). A review on measurement of alpha diversity in biology. *Agric Res J*, 54(1), 1-10.
- Tognelli, M., Lasso, C., Bota, C., Jiménez., L. y Cox, N. (2016). *Estado de Conservación y Distribución de la Biodiversidad de Agua Dulce en los Andes Tropicales-Red List*. Recuperado de <https://www.iucn.org/es/content/estado-de-conservacion-y-distribucion-de-la-biodiversidad-de-agua-dulce-en-los-andes-tropicales>.
- Uribe, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Naciones Unidas. Santiago de Chile.
- Urriola, M., Cabrera, J. y Protti, M. (2004). Composición, crecimiento e índice de condición de una población de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae), en un estanque en Heredia, Costa Rica. *Biología Tropical*, 52(1), 157-162.
- U. S. Fish and Wildlife Service. 2017. Early detection and monitoring of non-native fishes and benthic macroinvertebrates in Lake Erie, 2016. U. S. Fish and Wildlife Service, Alpena Fish and Wildlife Conservation Office, Alpena,

- Michigan and U. S. Fish and Wildlife Service, Lower Great Lakes Fish and Wildlife Conservation Office, Basom, New York. 88 pp.
- Van Colen, W. (2016). *General limnology and factors controlling primary production of tropical Andes lakes, Ecuador* (Dissertation to the degree of Doctor of Science). KU LEUVEN, Leuven, Belgium.
- Van der veer, G. y Nentwig, W. (2015). Environmental and economic impact assessment of alien and invasive fish Species in Europe using the generic impact scoring system. *Ecology of Freshwater Fish*, 24, 646-656.
- Velázquez, E. y Vega, M. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. CONABIO. *Biodiversitas*, 57(1), 12-15.
- Verdezoto, C. (2018). *Transformación del paisaje de la laguna de Yahuarcocha mediante la incorporación de infraestructuras de depuración de aguas* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Vicente, I. y Fonseca, C. (2013). Impact of introduced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on non-native aquatic ecosystems. *Pakistan Journal Biological Sciences*, 16(3), 121-126.
- Wallace, R., Barger, C., Moorhead, D. y Laforest, J. (2018). Information management relevant to invasive species early detection and rapid response programs. Contractor's Report.
- Wittenberg, R. y Cock, M. (eds.). (2001). *Especies exóticas invasoras: Una guía sobre las mejores prácticas de prevención y gestión*. CAB Internacional, Wallingford, Oxon, Reino Unido, xvii - 228.
- Yépez, L. (2016). *Evaluación de la incidencia de las actividades turísticas que alteran la calidad del agua del sistema lacustre Yahuarcocha, para establecer estrategias de mitigación y prevención* (Tesis de maestría). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

- Yongo, E., Outa, N., Kito, K. y Matsushita, Y. (2018). Studies on the biology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Lake Victoria, Kenya: in light of intense fishing pressure. *African Journal of Aquatic Science*, 1-4.
- Zafra, A., Díaz, M., Dávila, F., Vela, K. y Colchado, J. (2018). Catálogo de peces ornamentales en Trujillo, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 25 (2), 757-786.
- Zambrano, L., Córdova, F., Camargo, T., Bustamante., E., y Bustamante, L. (2010). Análisis ecológico de la población de carpas (*Cyprinus carpio*) Lobina (*Micropterus salmoides*) y Tilapia (*Tilapia melanopleura*) en el lago de Pátzcuaro, Mich. Instituto de Biología, UNAM. México D. F.
- Zambrano, R. (2017). Estado de peces de agua dulce es aún desconocido en Ecuador. *El Universo*. Recuperado de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/07/30/nota/6303907/estado-peces-agua-dulce-es-aun-desconocido>
- Zhang, X., Liu, Z., Jeppesen, E., Taylor, W., & Rudstam, L. (2016). Effects of benthic-feeding common carp and filter-feeding silver carp on benthic-pelagic coupling: Implications for shallow lake management. *Ecological Engineering* 88, 256-264.

ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA

Anexo 1.1

Estructura de la encuesta



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍAS EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Cuestionario dirigido a las personas que practican la pesca en el lago Yahuarcocha

La presente encuesta tiene como objetivo obtener información sobre las técnicas, artes de pesca, horarios y zonas en donde capturan a las especies icticas, para así establecer los sitios de muestreo y planificar las salidas de campo.

Encuesta N°: _____ Fecha: _____ Barrio: San Miguel de Yahuarcocha

Tipología del entrevistado:

Sexo: Masculino Femenino Edad: 20-29 30-39 40-49 50 o más

Ocupación: Comerciante Agricultor Pescador Albañil Empleado público No trabaja Otro _____

Técnicas y artes de pesca

1. ¿Cuáles son las artes de pesca que utiliza?

Atarraya Caña de pescar
Carrizo Trampas Otro _____

2. ¿Qué tipo de embarcación utiliza para pescar?

Canoa Potrillo Lancha
Otra _____ Ninguna

3. ¿Qué tipo de cebo utiliza para pescar?

Lombrices Langostinos
Masa Otro _____

Captura de los peces

4. ¿En qué horario usted pesca?
Especifique las horas

Mañana _____
Tarde _____
Noche _____
Mañana-Tarde _____

5. ¿En qué época ha encontrado peces con mayor frecuencia?

Época seca
Época lluviosa
No sabe



6. ¿En dónde efectúa la pesca?
Zona litoral (orillas):
Zona limnética (aguas abiertas):
7. ¿En qué sector del lago ha pescado?
- La isla
Vueltas de la paloma
Entrada al lago
Dormidero de las garzas
Los baños
Todo el lago

8. De la siguiente lista de especies de peces, indique cuál de ellas ha pescado en mayor cantidad al día.
- Guppys Tilapias
Carpas Otra _____

Percepción de la pesca

9. ¿Conoce usted qué especies de peces había antes en el lago Yahuarcocha?
- Guppys Tilapias
Carpas Truchas
Otra _____
10. ¿Conoce usted qué especies de peces hay actualmente en el lago Yahuarcocha?
- Guppys Tilapias
Carpas Truchas
Otra _____
11. ¿Considera usted que la cantidad de peces ha disminuido últimamente?
- Sí No No sabe

12. Si la respuesta es afirmativa, explique cuál es el factor que produce la disminución de la cantidad de peces

13. ¿En qué año ha presenciado la mortandad de peces en el lago Yahuarcocha?

Anexo 1.2

Constancia de validación

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

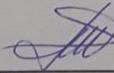
Quién suscribe, José Alí Moncoda R. con
cédula de identidad N°: 1757128267, de profesión
Docente Universitario con Grado de:
Doctor, ejerciendo actualmente como:
Docente, en la Institución:
Universidad Genaro del Norte.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación el Instrumento (entrevista), a los efectos de su aplicación en el estudio denominado: "EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD ICTIOLÓGICA DEL LAGO YAHUARCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA".

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Congruencia de Ítems			✓	
Amplitud de contenido				✓
Redacción de los Ítems				✓
Claridad y precisión				✓
Pertinencia			✓	

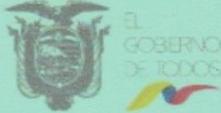
Fecha: 7-5-2019



Firma
C.I.: 1757128267

ANEXO 2

PERMISO AMBIENTAL



SE AUTORIZA LA INVESTIGACIÓN EN LAS PROVINCIAS, CANTONES Y ÁREAS PROTEGIDAS:

Provincia	Cantones	Parroquias o sector
Imbabura	Ibarra	Priorato, Lago Yahuarcocha

Áreas Protegidas
No aplica

SE AUTORIZA EL ESTUDIO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS CON EL PROPÓSITO DE:

21.- Describir los objetivos que se enumeran en el plan de investigación: "Evaluación de la Diversidad Ictiológica del Lago de Yahuarcocha, provincia de Imbabura":

- Evaluar la diversidad ictiológica mediante monitoreos que permitan la generación de estrategias de manejo del algo Yahuarcocha de la provincia de Imbabura.
- Caracterizar la situación actual de la pesca en el lago Yahuarcocha.
- Determinar las características físico-químicas del agua del ecosistema lacustre.
- Estimar la biodiversidad de peces del lago Yahuarcocha.

SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN.

Materiales/equipos	Materiales/Equipos	Materiales/Equipos	Materiales/Equipos
Libreta de campo	Cámara fotográfica		
Fichas	Multiparametro YSlv 556 MPS		
Encuestas impresas	Sonar Hondex PS-7		
Guía de identificación			
GPS			

OBLIGACIONES Y CONDICIONES PARA LA VIGENCIA DE ESTA AUTORIZACIÓN:

22.- LAS MUESTRAS PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERÁN SER CATALOGADAS POR INDIVIDUO, DESDE EL NÚMERO 001-024-19- IC-FAU-FLO-DPA/MAE HASTA V°-000-024-19-IC-FAU-FLO-DPDI/MAE-NO APLICA

23.- ESTA AUTORIZACIÓN FACULTA LA COLECCIÓN/ MANIPULACIÓN DE ESPECIMENES DE FAUNA, MISMOS QUE NO PODRÁN SER UTILIZADOS COMO MATERIAL PARENTAL PARA MANEJO COMERCIAL-NO APLICA

24.- ESTA AUTORIZACIÓN ES EMITIDA BAJO LOS TÉRMINOS EXPRESADOS EN LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, EN TAL SENTIDO HABILITA EL MANEJO DE FAUNA QUE HAYAN ESTADO EXPRESADOS EN LA PROPUESTA TÉCNICA TANTO EN TAXONES COMO EN NÚMERO DE INDIVIDUOS.

25.- LOS INVESTIGADORES DEBERÁN REALIZAR SUS INTERVENCIONES EN CAMPO BAJO UN MANEJO RESPONSABLE Y ÉTICO CON LOS ESPECÍMENES ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.

26.- PARA EL INGRESO A ÁREAS DE PROPIEDAD PARTICULAR LOS INVESTIGADORES DEBERÁN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN RESPECTIVA DEL PROPIETARIO O GADUANO PROVINCIAL, MUNICIPAL O PARROQUIAL.

27.- PARA EL INGRESO A ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS LOS INVESTIGADORES DEBERÁN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPONSABLE DE ÁREA Y CON EL ACOMPAÑAMIENTO DE UN GUARDAPARQUE.

28.- NO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE ARMAS DE FUEGO, EXPLOSIVOS O SUBSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN.

29.- SE PROHIBE EL INGRESO A LAS ÁREAS NATURALES DEL ESTADO EN ESTADO ETÍLICO, PORTANDO ARMAS, EXPLOSIVOS, TÓXICOS, CONTAMINANTES, MATERIALES VEGETATIVOS, ESPECIES ANIMALES Y EN GENERAL TODO AQUELLO QUE ATENTE A LA INTEGRIDAD DEL ÁREA.

30.- ESTA AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PODRÁ SER RENOVADA PREVIO AL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRAÍDAS POR EL INVESTIGADOR, ENTREGA Y APROBACIÓN DE INFORMES PARCIALES O FINALES EN LAS FECHAS INDICADAS.

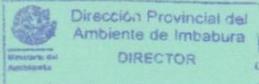
31.- SE SOLICITARÁ PRORROGA QUINCE DÍAS ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO QUE INDICA ESTE DOCUMENTO.

32.- TODO USO INDEBIDO DE ESTA AUTORIZACIÓN, ASÍ COMO EL INCUMPLIMIENTO DE ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS O TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA, Y AL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA, Y DEMÁS NORMATIVAS PERTINENTES.

33.- EL INCUMPLIMIENTO DE CUALQUIERA DE ESTAS DISPOSICIONES ASÍ COMO EL USO INDEBIDO DE ESTE DOCUMENTO, O EL INCUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES LEGALES, ADMINISTRATIVAS O TÉCNICAS ESTABLECIDAS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS CONFORME AL CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA), Y AL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA Y CON LA SUSPENSIÓN INMEDIATA DE LA PRESENTE AUTORIZACIÓN.

34.- TASA POR AUTORIZACIÓN: 20 DÓLARES NO REEMBOLSABLES DEPOSITADOS EN LA CUENTA 0010000785, CÓDIGO SUBLÍNEA 190499, DE BAN ECUADOR, DEPÓSITO No. 672574445, DE FECHA 30-09-2019.


Abogado Álvaro Cadena Cabezas
COORDINADOR ZONAL ZONA 1 /DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE IMBABURA


Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura
Ministerio del Ambiente
DIRECTOR

SP.

CC: Coordinadores de Patrimonio Natural

Responsables de Vida Silvestre: Ing. Marcelo Pantoja

Fecha: 07-10-2019

Dirección: Calle Madrid 1159 y Arcebuena • Código Postal: 170525 / Otavalo - Ecuador • Teléfono: 593-2-395-7600



AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

No. 024-2019-IC-FAU-FLO-DPAI/MAE

FLORA FAUNA X

El Ministerio del Ambiente, a través de la Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura en uso de las atribuciones que le confiere el Código Orgánico Ambiental (COA), y las normas y leyes ambientales vigentes, autoriza a:

Investigadores/ Principales

Investigadores	Nacionalidad	Cedula/Pasaporte	Título	Registro SENECYT	Función dentro de la Investigación
Tito Jorge Mendoza Cadena	Ecuatoriana	1002802294	MSc.		Director del Proyecto
Delia Elizabeth Velarde Cruz	Ecuatoriana	1002587622	MSc.		Investigador
Tania Elizabeth Oña Rocha	Ecuatoriana	1002364154	MSc.		Investigador
Claudia Fernanda Benavides López	Ecuatoriana	0401439419	Estudiante		Investigador-Tesista
Kevin Patiño	Ecuatoriano	1723297063	Estudiante		Estudiante colaborador
José Eilias Guachagmira Torres	Ecuatoriana	0400573697	Pescador		Pecador

Para que lleve a cabo la investigación científica "Evaluación de la Diversidad Ictiológica del Lago de Yahuarcocha, provincia de Imbabura" de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Solicitud de la: Médico Veterinario Zootecnista Tito Jorge Mendoza Cadena MSc., Director del Proyecto, Universidad Técnica del Norte
- Auspicio de Institución Científica Nacional: Universidad Técnica del Norte
- Auspicio de Institución Científica Internacional: No aplica
- Institución que financia la investigación: No aplica
- Contraparte del Ministerio del Ambiente: Unidad de Patrimonio Natural y Responsable de Vida Silvestre.
- Inicio y final de investigación: 07 de octubre de 2019 hasta el 07 de abril de 2020.
- Entrega de informe final: 07 de abril de 2020.
- Valoración técnica del proyecto: Ing. Marcelo Pantoja
- Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN O MOVILIZACIÓN DE FLORA / FAUNA O MICROORGANISMOS**, sin el correspondiente permisc competencia de cada una de las direcciones provinciales del MAE, y que deberá gestionarse en cada dependencia.
- Las muestras no podrán ser utilizadas en cualquier actividad de bioprospección ni **ACCESO A RECURSO GENÉTICO**, la competencia de Acceso a Recurso genético es exclusiva del MAE, Unidad de Recursos Genéticos.
- De los resultados que se desprenda de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.

Complementos autorizados para llevar a cabo la Investigación en campo

- Metodología para realizar el estudio: "Evaluación de la Diversidad Ictiológica del Lago de Yahuarcocha, provincia de Imbabura".
 - Se recorrerá el Lago Yahuarcocha para observar el tipo de vegetación, la presencia de fauna y las principales entradas de agua, de igual forma se tomarán puntos GPS para la realización de un mapa mediante el programa ArcGIS.
 - De acuerdo a las metodologías propuestas por Ayala, ramos y Flores (2003), Zambrano, Córdova, Camargo, Bustamante y Bustamante (2010), Salomon, Ayuba, Tahir y Okomoda (2017) y Grapci et al., (2019) los sitios de muestreo se ubicaran tomando en cuenta la vegetación circundante, flujo de agua, profundidad el agua, tipo de sedimento, además la ecología de los peces e impacto antrópico, destacando que la investigación contare con el apoyo de los pescadores de la zona, referenciando horarios, redes y las zonas más idóneas para realizar e muestreo de peses.
 - Se realizara muestreos para carpas, tilapias, y guppies en siete zonas representativas del lago de 6am-8am y 16-18pm, para lo cual se empleara una red artesanal de pesca y carnada.

Obligaciones del investigador

- Entregar al Ministerio del Ambiente-Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura, (02) dos copias del informe final impreso en formato PDF, (incluyendo una versión digital), de los resultados de la autorización otorgada. (Solicitar formato Informe Final en la Dirección Provincial del Ambiente de Imbabura). Y adjuntar el c os certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las instituciones científicas ecuatorianas como internacionales depositarias de material biológico.
- Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos científicos el número de Autorización de Investigación Científica otorgada por el Ministerio de Ambiente, con el que se colecto el material biológico.
- Entregar (2) copias de las publicaciones a la Dirección Nacional de Biodiversidad.
- Entregar copias del material fotográfico que puedan ser utilizados para difusión. (Se respetara los derechos de autoría).
- Lista taxonómica de las especies de fauna, debidamente identificadas, objeto de la autorización de colecta con sus respectivas coordenadas. (Solicitar Formato en la Dirección del Ambiente de Imbabura).
- Los holotipos y ejemplares únicos sólo pueden llevarse fuera del país en calidad de préstamo por un período de hasta 12 meses. (En caso de requerir más tiempo se deberá realizar la solicitud y entregar informes preliminares).
- Depositar Holotipos y ejemplares únicos en una institución ecuatoriana depositaria de material biológico, Centros de Manejo y Tenencia de Vida Silvestre Centros de Manejo que tengan autorización del Ministerio del Ambiente, con patente actualizada: No aplica.
- Las muestras de fauna a ser depositadas deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 se responsabilizan: Médico Veterinario Zootecnista Tito Jorge Mendoza Cadena MSc., Director del Proyecto, Universidad Técnica del Norte.

Anexo 3.2

Ficha de parámetros físico-químicos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE													
FICAYA													
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES													
Tesista:				Observaciones:									
Fecha	Sitio	Coordenadas	Hora	Profundidad (m)	Niveles de profundidad	Oxígeno Disuelto (%)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Temperatura °C	Conductividad (us/cm)	pH	Disco secchi (m)	Velocidad del Viento (m/s)	Nubosidad
					Superficie								
					Fondo								
					Superficie								
					Fondo								
					Superficie								
					Fondo								
					Superficie								
					Fondo								
					Superficie								
					Fondo								

ANEXO 4

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Anexo 4.1

Aplicación de las encuestas



Anexo 4.2

S1. Dormidero de las garzas



Anexo 4.3

S2. Ruta primaria (vegetación)



Anexo 4.4

S3. Canal del río Tahuando

Anexo 4.5

S4. Planta de tratamiento



Anexo 4.6

S5. Vuelta de la paloma



Anexo 4.7

S6. Autódromo



Anexo 4.8

Medición y pesaje de las especies



Anexo 4.9

Toma de parámetros fisicoquímicos



Anexo 4.10

Muerte de peces

