



**Diversidad de Ictiofauna en la Laguna del Parque Ecológico y Recreativo
Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos, Ecuador**

Yessica Carolina Agila Córdova¹
lblg2017003@uea.edu.ec

Margarita Kasandra Alejandro Lechon¹
lblg2017008@uea.edu.ec

Msc. Ricardo Burgos Moran²
rburgos@uea.edu.ec

**Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida,
Carrera de Biología (1)**

Resumen

La situación en la que se encuentra los peces de agua dulce del Ecuador y de la Amazonía es crítica. A pesar de que los peces son uno de los grupos más representativos en todas las regiones del país, estos se ven seriamente amenazados, principalmente por la sobrepesca y la contaminación de los cuerpos acuáticos. El objetivo de este estudio fue determinar la riqueza y abundancia de ictiofauna en la Laguna del Parque Ecológico y Recreativo Lago Agrio. Se realizó visitas para el registro de variables ambientales físico-químicas de la laguna. La captura se llevó a cabo mediante un enfoque de pesca-devolución en tres estaciones de muestreo; inicio, centro y salida, utilizando artes de pesca como trasmallo, atarraya y anzuelo. Como resultados se determinó que éste ecosistema lacustre cuenta con baja productividad, debido a la baja concentración de Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3) y Fosfato (PO_4), con valores $<1,5\text{mg/l}$; atribuible a la absorción de nutrientes por las macrófitas circundantes. La ictiofauna de la laguna está compuesta por 3 órdenes, 6 familias y 14 especies, siendo la especie más abundante *Brycon atrocaudatus* con 655 individuos; especie nativa del Ecuador, es altamente migratoria de hábito omnívoro, comercializada como fuente de alimento para poblaciones rurales. La especie menos abundante es *Potamotrygon (Spp)* con 1 individuo, siendo una especie nativa de agua dulce con hábito carnívoro. Las estimaciones de índices como IBI y Shannon-Wiener identifican que ésta laguna es un ecosistema pobre con baja diversidad de peces; imputable a su afectación por plantas acuáticas invasivas como *Pistia stratiotes* y *Elodea canadensis*. De los datos analizados se infiere que los peces tienen el riesgo de reducir sus poblaciones sino se implementa acciones como remoción de macrófitas y ordenación de la pesca irregular en el corto y mediano plazo.

Palabras Clave: peces amazónicos, sistema lacustre periurbano, métodos de captura, macrófita, invasión biológica



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

**Ichthyofauna Diversity in the Lagoon of the Ecological and Recreational Park Lago
Agrio-Province of Sucumbíos**

Abstract

The situation in which the freshwater fish of Ecuador and the Amazon find themselves is critical. Although fish are one of the most representative groups in all regions of the country, they are seriously threatened, mainly by overfishing and pollution of aquatic bodies. The objective of this study was to determine the richness and abundance of ichthyofauna in the Lago Agrio Ecological and Recreational Park Lagoon. Fieldwork were made to record the physical-chemical environmental variables of the lagoon. Capture was carried out using a catch-and-release approach at three sampling stations; start, center and start, using fishing gear such as trammel net, cast net and hook. As results, it was determined that this lake ecosystem has low productivity, due to the low concentration of Nitrite (NO₂), Nitrate (NO₃) and Phosphate (PO₄), with values of <1.5mg/l; attributable to nutrient uptake by surrounding macrophytes. The ichthyofauna of the lagoon is made up of 3 orders, 6 families and 14 species, the most abundant species being *Brycon atrocaudatus* with 655 individuals; this species is highly migratory with an omnivorous eating habit, marketed as a food source for rural populations, and this species is native to Ecuador. The least abundant species is *Potamotrygon* (Spp) with one individual; it is a native freshwater species with a carnivorous habit. The estimates of indices such as IBI and Shannon-Wiener identify that this lagoon is a poor ecosystem with low diversity of fish; attributable to its affectation by invasive aquatic plants such as *Pistia stratiotes* and *Elodea canadensis*. From the analyzed data, it is inferred that the fish have the risk of reducing their populations if actions such as removal of macrophytes and management of irregular fishing are not implemented in the short and medium term.

Keywords: Amazonian fish, peri-urban lake system, capture methods, macrophyte, biological invasion.



1. INTRODUCCIÓN

En Sudamérica existe la mayor diversidad de ictiofauna de agua dulce con 4 035 especies (Jiménez-Prado et al., 2015). Ésta se ve seriamente amenazada por el problema de sobrepesca, contaminación, alteración de hábitats, expansión urbana entre otros factores, causando una drástica disminución de sus poblaciones a nivel global (Su et al., 2021).

Ecuador es un país megadiverso porque posee una gran cantidad de hábitats que albergan una infinidad de especies como la fauna íctica (Ordóñez-Delgado, Ramón-Vivanco, & Ortiz-Chalan, 2019). En la región tropical del Ecuador hasta el momento existe un registro de 951 especies de peces de agua dulce (Barriga, 2012a). En la Amazonía ecuatoriana la mayor cantidad de estudios se centran en el Río Napo. Sin embargo, un estudio de ictiofauna realizado en el Parque Nacional Yasuní (PNY) muestra que es un área con gran diversidad representando el 53,1% de especies encontradas en el Río Napo, a pesar de esta biodiversidad el PNY se encuentra amenazado especialmente por la actividad petrolera causando daños irreversibles a la fauna acuática (Barriga, 1994).

No obstante, muchas de las especies se encuentran en peligro de extinción. En la lista roja nacional de peces de agua dulce se identifican 163 especies que fueron categorizadas como vulnerable, en peligro, en peligro crítico, con datos insuficientes, en preocupación menor y casi amenazada (Aguirre et al., 2019). Para el caso específico de Ecuador las poblaciones de peces de agua dulce sufren varias presiones debidas principalmente a actividades antropogénicas en ríos y lagunas, deforestación, contaminación del agua por prácticas agrícolas y urbanas, minería, extracción de aceites, sobrepesca, especies introducidas y el cambio climático (Aguirre et al., 2021).

El Parque Ecológico y Recreativo Lago Agrio, conocido por su acrónimo de PERLA, fue designado bosque protector Lago Agrio en 1979, con intervención del Instituto Forestal de Áreas Naturales y Vida Silvestre INEFAN (Orozco-Fiallos, 2016a). Sin embargo, la colonización urbana presionó al cambio del uso del suelo mediante agricultura y extracción petrolera, alterando la flora y fauna del lugar. Debido a estas intervenciones, durante el 2007 Fundación Natura implementó una iniciativa para recuperar parte del parque y crear un refugio para las especies; financiado por la OCP (Oleoducto de Crudos Pesados); así para el 2009, fue un modelo para el estudio de impactos ambientales y diseño de obras (Orozco-Fiallos, 2016b). Desde entonces, este espacio ha pasado un proceso de reconversión a un bosque secundario, donde se realizan actividades de caminata por senderos, parque de juegos infantiles y la apreciación de flora y fauna; además de canopy y canotaje en su laguna.

Popularmente se tiene la percepción que la intervención de recuperación del PERLA, influyó directamente en el incremento de especies terrestres y acuáticas; sin embargo, a pesar de que en la laguna está prohibido realizar la actividad de pesca, existen ingresos furtivos no declarados ni regulados. Por otro lado, no se tiene datos para una línea de base que oriente



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

el monitoreo de ictiofauna, evalúe su estado de conservación y sus posibilidades de aprovechamiento. Es así que el presente estudio tiene como objetivo, determinar la riqueza y abundancia de la ictiofauna en la Laguna del Parque Ecológico y Recreativo Lago Agrio, en función de las condiciones ambientales físico-químicas de la laguna.

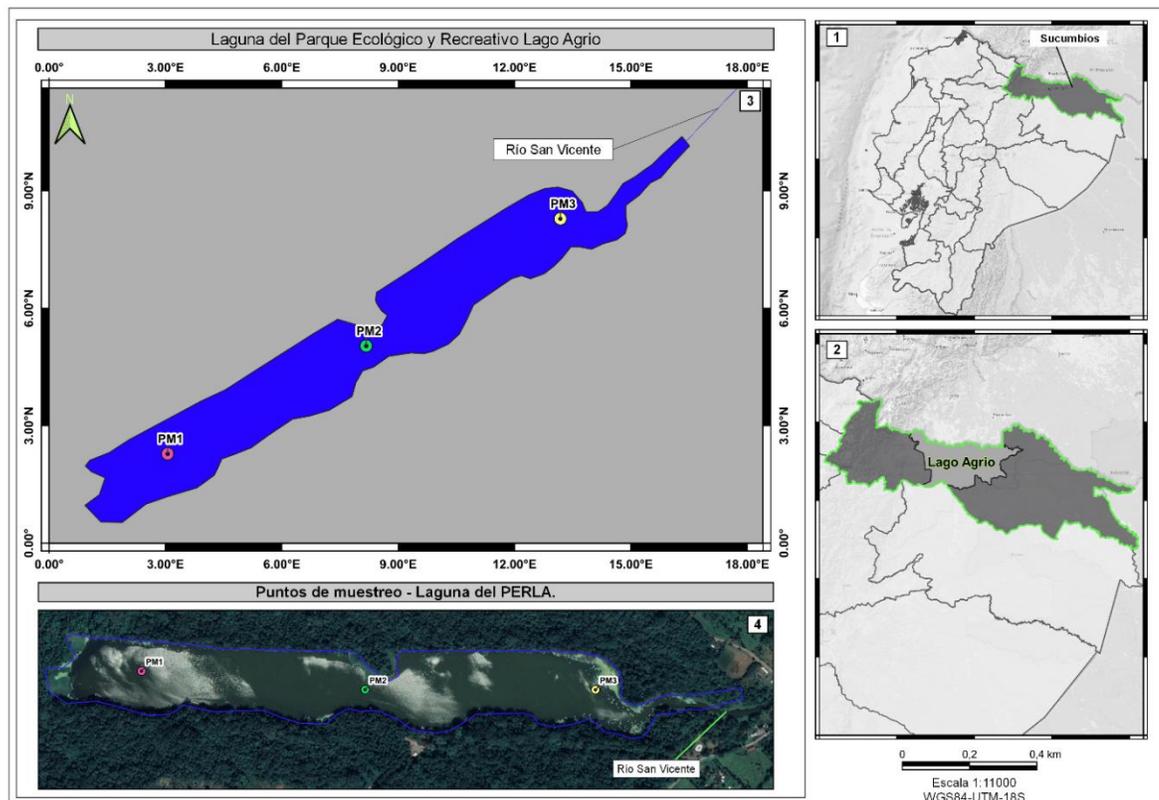
2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La laguna del Parque Ecológico y Recreativo Lago Agrio “PERLA”; está ubicada en la provincia de Sucumbíos, parroquia Nueva Loja; localizada a una altitud de 310 m.s.n.m, con coordenadas UTM 18N, 0.113648; -76.909659 (Aguilera-Flores, 2019).

Según Fundación Natura (2007), la laguna es natural y según observaciones preliminares de campo, debido a tipo de declive del terreno y alimentación de agua por acuífero, se atribuye su origen a procesos tectónicos y erosivos de sustrato (Dodds & Whiles, 2019; Roldán-Pérez & Ramírez-Restrepo, 2008), tiene un espejo de agua de 56,80 ha, de forma rectangular con aproximadamente 2.328m de largo y 244m de ancho, su profundidad máxima de 25,6 m y una profundidad media de 5m. Este cuerpo lacustre desemboca en la microcuenca del río San Vicente; alimentando a la subcuenca de río Aguas negras, después llamado Charapas; los cuales se conectan con la cuenca hidrográfica del río San Miguel. La vegetación circundante es de tipo bosque húmedo tropical-secundario (Ochoa-Jaramillo, 2017).

Figura 1. Puntos de muestreo en la laguna del PERLA





2.2. Caracterización físico-química del agua

La caracterización del agua de la laguna del perla, fue realizada según los criterios de Atanacio-Rojas (2018) con mediciones básicas para lo que se empleó un Disco de Secchi, un medidor de oxígeno disuelto, pH, termómetro, kits para nitritos, nitratos, amonio y fosfatos.

2.3. Muestreo de Ictiofauna

La captura de ictiofauna se realizó en época seca en los meses de diciembre del 2021 y enero del 2022 durante 10 días; con un esfuerzo de muestreo de 15 horas para cada método (trasmallo, atarraya y pesca con anzuelo); se dispuso tres puntos de la laguna: i) inicio del cuerpo lacustre, ii) centro o zona pelágica; y, iii) salida o desfogue del agua; en cada sitio se establecieron estaciones para el registro de datos y colocaciones de redes.

2.3.1. Métodos de captura

2.3.1.1. Artes de pesca

La colecta de peces se realizó de acuerdo al tipo y dimensión del hábitat; acorde a los protocolos de Nugra-Salazar, Segovia, Benítez, y Reinoso (2016a); así para la estación centro se utilizó una red de trasmallo con ojo de malla de dos pulgadas, de 240m de ancho y 15m de altura, esta red se amarró a una superficie fija de extremo a extremo, ya que este lugar es una zona libre de troncos, palos, hojarasca y lechuguines; además como complemento de obtención de datos se realizó la pesca con anzuelo número 3 y 4, en las orillas de la laguna. En cambio para los puntos de captura con influencia litoral, es decir inicio y salida se usó una Atarraya con un ojo de malla de 2 pulgadas y un diámetro de 7m, realizando lanzamientos con varias repeticiones en un tiempo de 5 horas, se tuvo en cuenta lugares abiertos libres de material orgánico, con el fin de que al momento del lanzamiento no haya interferencia alguna, según Zale, Parrish, y Sutton (2012).

2.4. Estimación de índices de diversidad

Para los valores de diversidad de ictiofauna, calidad de agua e integridad del ecosistema (IBI), se optó por calcular el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener, mediante programa Microsoft Excel; para los estimadores de crecimiento basados en abundancia (Chao1 y ACE) se empleó el programa Estimates Swin versión 9.10; con el programa Software Past 4.09 se realizó una comparación de los resultados por estación.

2.5. Identificación taxonómica por claves taxonómicas

Los individuos fueron identificados hasta el nivel taxonómico de especie mediante las claves ictiológicas de la guía de peces de la Amazonía y el Orinoco de Van der Sleen y Albert (2018), y la de peces del medio Amazonas de Galvis et al., (2006) de peces contrastados



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

con la lista de peces del Ecuador de Barriga (1991 y 2012)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Condiciones ambientales de la laguna del PERLA

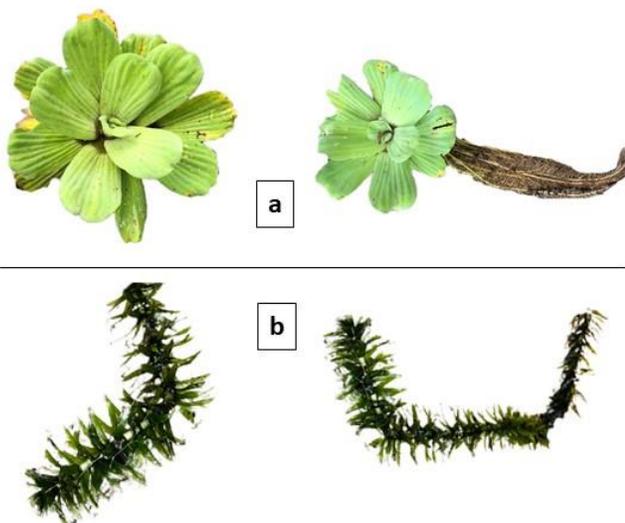
De las 56,8 ha que forman parte de la laguna del parque, aproximadamente un 30% está cubierta de lechuguín (*Pistia stratiotes*); se considera una especie flotante, formando mantos densos, en su mayoría en la parte litoral; así mismo alberga gran cantidad de residuos vegetales como troncos; además de la macrófita *Elodea canadensis*, conocida comúnmente como peste de agua, que se encuentra sumergida a aproximadamente 1 metro de profundidad en la zona limnética y en su zona litoral a unos 50cm. Cabe mencionar que ambas especies son identificadas como invasivas, ya que, son capaces de regenerarse y colonizar muy rápido mediante fragmentos vegetativos; provocando impactos drásticos en el ecosistema; absorbiendo nutrientes, disminuyendo el O₂ e impidiendo el ingreso de luz solar para las comunidades de necton y bentos, causando la reducción de fauna acuática (Bonilla-Barbosa, 2016). Cabe recalcar que las especies macrófitas invasivas han sido introducidas a través de los turistas o aves migratorias, el origen de *P. stratiotes* es desconocido, aunque en Nueva Guinea, Australia, esta especie es considerada nativa Gillett, Dunlop y Miller (1988), en cuanto a *E. canadensis* esta especie es originaria de América del Norte y se ha adaptado fácilmente a los diferentes ambientes Erhard y Gross (2006), contrastando con la biología de invasiones de Pérez, Nirchio, Alfonsi, & Muñoz (2006) donde, las especies invasivas se adaptan rápidamente a su nuevo entorno si este no difiere en características con su lugar nativo.

El bosque circundante a la laguna es secundario y se encuentra en un proceso de recuperación (Orozco-Fiallos, 2016c); el agua del ecosistema es estancado y natural; las especies macrófitas invasivas que habitan en la zona litoral de la laguna son de tipo flotantes y sumergidas. En la actualidad no existen pasivos ambientales cerca de este ecosistema acuático.

Figura 2. Laguna del PERLA



Figura 3. Macrófitas invasivas



Nota: (a) Lechugin (*Pistia stratiotes*) y (b) Peste de agua (*Elodea canadensis*)

Los parámetros físico – químicos de la Laguna del PERLA (Tabla 1), permiten deducir una muy baja productividad primaria; debido principalmente a que la concentración de nutrientes derivados del Nitrógeno (N) y Fósforo (P), es menor a los 1,5mg/l. Además, se puede inferir un efecto de remoción de estos nutrientes debido a la presencia de las macrófitas invasivas identificadas.

Tabla 1. Parámetros físico químicos de la laguna

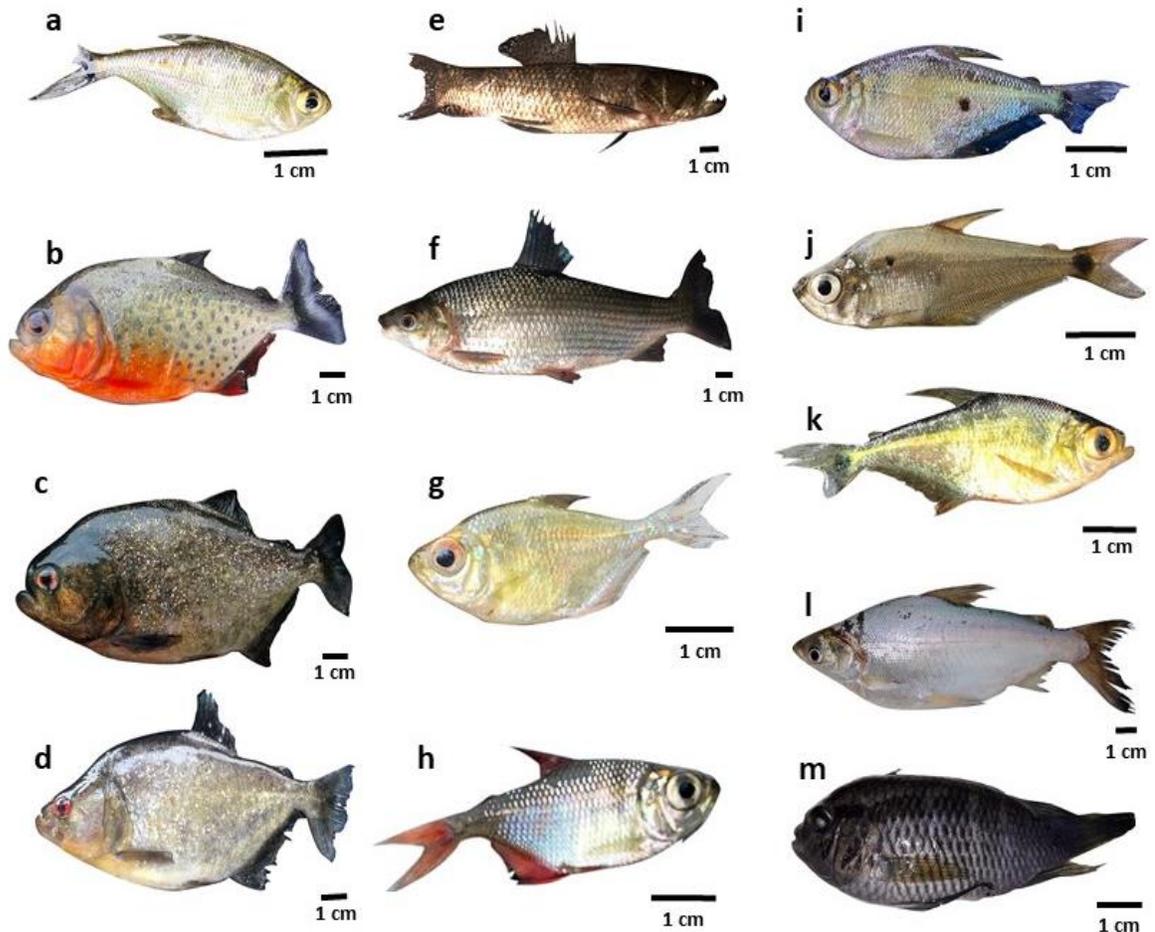
Parámetro		Inicio	Centro	Salida
NO ₃	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
NO ₂	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
NH ₄ / NH ₃	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
PO ₄	mg/l	0,2	1,5	0,2
pH		7,2	7,2	7,2
O ₂ saturado	%	70	80	82
[O ₂]	mg/l	5,21	5,96	6,11
Transparencia	cm	80	110	60
Temperatura	(°C)	27 a 29		

Otro aspecto relevante respecto a la calidad del agua estudiada es que la laguna se alimenta por escorrentía de agua lluvia, e infiltración ascendente de aguas subterráneas, razón por la cual la concentración de O₂ es relativamente baja, siguiendo el patrón normal de aguas amazónicas de tipo negra, debido a la acumulación de sedimentos suspendidos (Kasper et al., 2018; Maldonado-Arciniegas, 2011a); sin embargo, hay una gran alteración identificada por su pH neutro levemente alcalino, debido al impacto de plantas acuáticas invasivas.

3.2. Diversidad ictiológica

Durante el periodo de muestreo se registró un total de 14 especies, 3 órdenes y 6 familias; el orden Myliobatiformes no fue capturado, pero fue registrado visualmente durante el recorrido en canoa en el punto de salida, zona litoral de la laguna, ver Tabla 3.

Figura 4. Especies identificadas en la laguna del PERLA



Nota: (a) Bryconidae; Dama de montaña (*Brycon atrocaudatus*), (b) Characidae; Piraña roja (*Pygocentrus nattereri*), (c) Characidae; Piraña negra (*Serrasalmus rhombeus*), (d) Characidae; Piraña blanca (*Serrasalmus maculatus*), (e) Erythrinidae; Guanchinche (*Hoplias aff. malabaricus*), (f) Prochilodontidae; Bocachico (*Prochilodus nigricans*), (g) Characidae; Sardina (*Pseudochalceus longianalis*), (h) Characidae; Sardinita (*Hyphessobrycon ecuadoriensis*), (i) Characidae; Sabaleta (*Rhoadsia altipinna*), (j) Characidae; Dientón (*Roeboides myersii*), (k) Characidae; Sardina (*Knodus gamma*), (l) Curimatidae; Boquiche (*Potamorhina latior*), (m) Cichlidae; Vieja (*Morfoespecie 1*).

3.3. Registro de capturas de peces

En la laguna el arte de pesca tradicional no está autorizado; sin embargo, existen personas que lo realizan en la zona litoral, por medio de pasos ilegales. Cabe mencionar que estas especies tienen un hábito migratorio movilizándose hacia el río San Vicente; lugar donde se realiza la pesca tradicional ya que es considerado como turístico y no existe regulación específica para la Amazonía (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2020), ver Tabla 2.



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

Tabla 2. Estado de conservación de las especies en la laguna del PERLA

Especie ⁽¹⁾		Criterios de representación de paisaje				Estación		
Nombre Científico	Nombre común	Uso ⁽²⁾		Cat. ^(2,5) UICN	Nivel trófico ⁽²⁾			
		A a	O ^b			I	C	S
Characiformes								
<i>Brycon atrocaudatus</i>	Dama de montaña	1	1	<i>NE^l</i>	2,7±0,3 /Omn	+	+	+
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piraña roja	1		<i>NE^l</i>	3,5±0,6 /Car	+	+	+
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piraña negra	1		<i>NE^l</i>	4,0±0,4 /Car	+	+	+
<i>Serrasalmus maculatu</i>	Piraña blanca	1		<i>NE^l</i>	4,1±0,71 /Car	+	+	+
<i>Hoplias malabaricus</i>	Guanchinche	1		<i>LC^m</i>	4,5±0,80 /Car	+	+	+
<i>Prochilodus nigricans</i>	Bocachico	1	1	<i>NE^l</i>	2,4±0,18 /Det		+	
<i>Pseudochalceus longianalis</i>	Sardinita	1	1	<i>VU^jiii^g</i>	3,1±0,4 /Omn	+	+	+
<i>Hyphessobrycon ecuadoriensi</i>	Sardinita	1	1	<i>NE^l</i>	3,0±0,3 /Omn	+	+	+
<i>Rhoadsia altipinna</i>	Sabaleta	1	1	<i>NE^l</i>	3,1±0,4 /Omn		+	+
<i>Roeboides myersi</i>	Dientón	1		<i>NE^l</i>	4,2±0,73 /Car		+	+
<i>Knodus gamma</i>	Sardina	1		<i>LC^m</i>	3,0±0,4 /Omn	+	+	+
<i>Potamorhina latior</i>	Boquiche	1	1	<i>NE^l</i>	2,0±0,00 /Det		+	
Perciformes								
<i>Morfoespecie 1</i>	Vieja	1	1	<i>NE^l</i>	2,7±0,41 /Car	+	+	+
Myliobatiformes								
<i>Potamotrygon (Spp)</i>	Raya			<i>DD^l</i>	3,4±0,54 /Car			+

Fuente: ⁽¹⁾, Fuentes secundarias de la metodología; ⁽²⁾, (Froese & Pauly, 2021); ⁽³⁾, (Araujo-Lima & Ruffino, 2004); ⁽⁵⁾, (Mojica, Usma, Alvarez, & Lasso, 2012).

Notas: ^a, A= Alimenticio; ^b, O= Ornamental; ^c, ^f, Apéndice II; ^g, Apéndice III.; ^h, uno de los miembros género tiene algún grado de amenaza; ⁱ, CA= Casi Amenazado; ^j, Vu= Vulnerable; ^k, EC= En Peligro Crítico; ^lNE= No evaluado; ^mLC= Preocupación menor; +=presencia. Omn, omnívoro; Car, carnívoro; Det, detritívoro. I, inicio; C, centro; S, salida.

3.4. Índices de diversidad de la ictiofauna

Según el índice de integridad biológica (IBI) la diversidad de la laguna se caracteriza por ser un ecosistema acuático pobre, lo cual reflejaría una diversidad baja, debido a la dominancia de especies carnívoras y pocos detritívoros provocando una tasa de crecimiento en descenso (Tabla 3).



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

Tabla 3. Distribución íctica en las tres estaciones de la laguna del PERLA

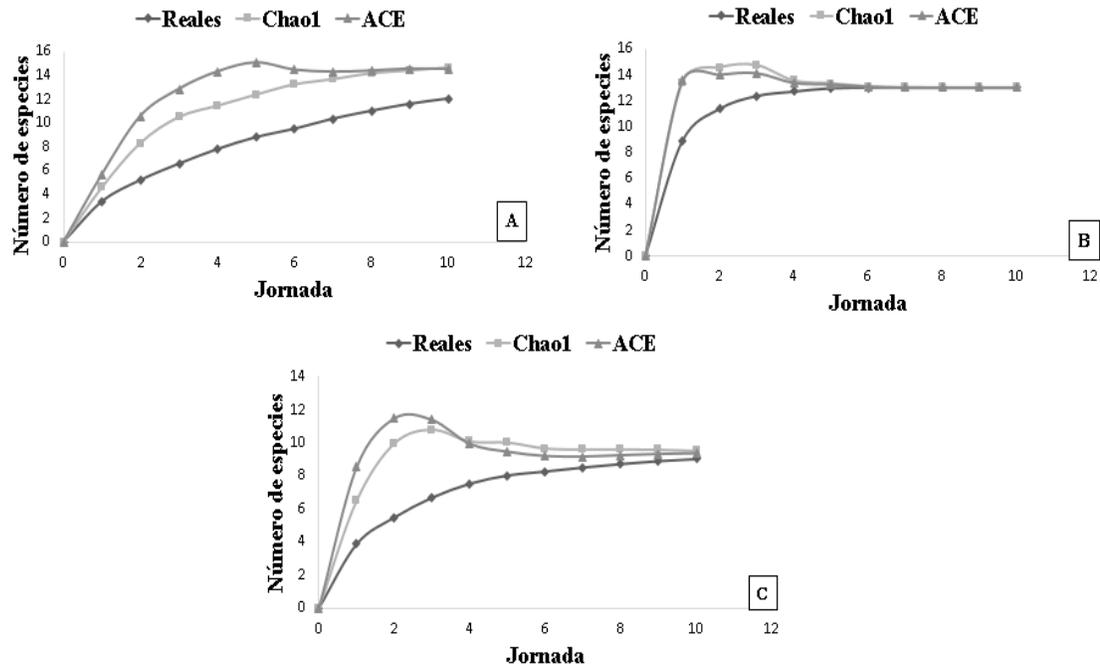
Índice de diversidad	Estaciones de muestreo			Observaciones
	Inicio	Centro	Salida	
Órdenes	2	2	3	salida > diversidad
Familias	4	6	4	centro > diversidad
Especies (riqueza)	9	13	12	centro > riqueza
Abundancia (indv)	121	664	161	centro > abundancia
Shannon-Wiener	1,022±23,27	1,29±116,56	1,00±31,91	< diversidad/medianamente contaminada
Dominancia (D)	0,5435	0,4712	0,5796	<1 diversidad baja
Simpson (1-D)	0,4515	0,5288	0,4204	<1 diversidad baja
Margalef	1,668	1,847	2,165	<2 diversidad baja/Salida diversidad media
Equitabilidad (J)	0,511	0,5081	0,4177	alta dominancia de pocas especies
Índice de Integridad Biológica (IBI)		36		Ecosistema pobre

En la tabla 3, las especies del inicio y salida comparten similitud entre sí, mientras que estas mismas especies difieren con aquellas registradas en el centro de la laguna. Según el índice de Shannon-Wiener en las tres estaciones se identifica cierto efecto de algún proceso de contaminación que altera la calidad de agua, una posible razón que interfiere en el ensamblaje de especies de la laguna del PERLA.

3.4.1 Análisis de Chao1 y ACE.

A continuación, la curva de acumulación de especies según los análisis estadísticos de Chao1 y ACE para los tres puntos de muestreo de ictiofauna (Figura 5).

Figura 5. Curva de acumulación de especies.



Nota: (A) inicio, (B) centro, (C) salida



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

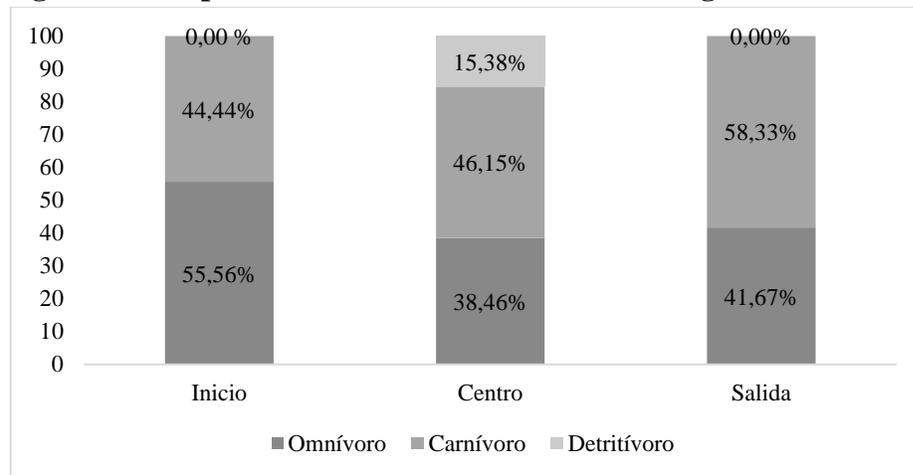
Trabajo de Integración Curricular

La figura 5, la curva de acumulación de especies en las tres estaciones, está representada por una asíntota; demostrando que por más esfuerzo de muestreo que se realice, la riqueza no va a aumentar, esto se puede atribuir al impacto de macrófitas invasivas, debido a que la competencia por nutrientes podría estar disminuyendo la productividad primaria neta atribuible al fitoplancton; y así, las relaciones tróficas que permiten una mayor acumulación de biomasa en las especies nativas de ictiofauna (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2011).

3.4.2. Composición trófica íctica de la laguna

La dieta de las especies depende principalmente de las condiciones ambientales de la laguna; mediante su estado de conservación se dará a conocer el espectro trófico de la comunidad biológica (Figura 6).

Figura 6. Composición trófica de ictiofauna en la laguna del PERLA



Los peces tienen diferentes hábitos alimenticios y adaptaciones morfofisiológicas adaptados para ingerir diferentes tipos de alimento (Gamal, Elsheikh & Nasr, 2012). En la laguna del PERLA se ha identificado poblaciones de peces con tres hábitos alimenticios, siendo los carnívoros los más diversos y de mayor tamaño (7 spp), los omnívoros más abundantes y de tamaño relativamente pequeño (5 spp); estos dos grupos dominan el ecosistema, mientras los detritívoros son más escasos, aunque con un rango de tamaños entre 20 a 30cm de longitud estándar (LE) representados por sólo dos especies, una de ellas *Prochilodus nigricans* (bocachico) considerada una de las bases tróficas de los ecosistemas amazónicos (Santana & Freitas, 2013). Su escasez probablemente se deba a que estas especies tengan un comportamiento oportunista, ya que pueden estar dependiendo de las condiciones ambientales de la laguna y la calidad del alimento presente (Botero, 2004). Debido a la mayor diversidad trófica se considera que el centro de la laguna tiene un mejor ensamblaje ecológico.



3.5. Discusión

La baja diversidad de ictiofauna en las tres estaciones de muestreo manifiesta que el cuerpo lacustre no posee la suficiente heterogeneidad, por lo que no provee nutrientes necesarios para las especies de necton; impidiendo así una mayor riqueza de las especies (Matthews, 2012). Las especies encontradas son características de aguas negras de la Amazonía (Maldonado-Arciniegas, 2011b); prefiriendo cuerpos de agua dulce con movimientos naturales de sedimentos y materia orgánica. Un hábitat similar con respecto a la extensión, altitud y ubicación dentro de la Provincia de Sucumbíos ya que no difiere mucho en cuanto a estos parámetros, es la laguna Limoncocha (370ha) de aguas negras dentro de la Reserva Biológica Limoncocha, (Sucumbíos-Ecuador) cuya diversidad es sustancialmente mayor con 43 especies, 36 géneros y 19 familias registradas a 220m s.n.m y 26°C (Carrillo-Moreno, 2013), diferencia atribuible al efecto de diferencia de tamaño entre las lagunas.

Uno de los estudios realizado en época seca y lluviosa en la laguna de Cube con 32 ha, (Provincia de Esmeraldas), subcuenca del río Quinindé, a 350 msnm y 23-25°C, su diversidad de ictiofauna es baja; con 9 especies, 7 familias y 4 órdenes. La especie más representativa fue *Eretmobrycon dahl*i con 101 individuos y la menos representativa *Rhoadsia altipinna* con 2 individuos. La familia más representativa fue Characidae con el 47,24% y las menos abundantes Curimatidae, Lebiasinidae y Heptapteridae con 0,91%. Según el índice de Shannon en la época seca fue donde hubo mayor dominancia y diversidad íctica (Hualpa-Vivanco, 2020).

Otro caso a considerar es la laguna fluvial Cocha Cashu localizada en Perú dentro de la Estación Biológica Cocha Cashu a una altitud de 340 msnm región llano amazónico, el registro es de 36 especies, 30 géneros, 12 familias y 4 órdenes, representados por la familia Characidae con el 42%, seguida de Loricariidae con 14%. Por otro lado, las familias que presentaron menor riqueza fueron Curimatidae y Anostomidae con 11% cada una. Un muestreo de ictiofauna realizado en la laguna Cocha Tatora ubicada dentro de la misma Estación Biológica, registra 36 especies, 31 géneros, 12 familias y 4 órdenes, la familia representativa es la Characidae con 51%, mientras que las familias de menor riqueza son Curimatidae con 11% y Pimelodidae 9%. Cabe mencionar que el muestreo en las dos lagunas lo realizaron en época vaciante y creciente, por ende, según los resultados estadísticos la comparación de diversidad entre estos dos lugares es variable, registrando así en Cashu, 14 especies en época vaciante y 18 en época creciente, mientras que en Tatora se registró 11 especies en época vaciante y 10 en época creciente (Ortega, 2008).

En cuanto al efecto de macrófitas invasivas, varios estudios de *Pistia stratiotes*, confirman que su potencial de duplicar su biomasa gracias a su formación vegetativa de libre flotación, causa efectos negativos en los procesos ecológicos de ríos y lagunas ocasionando una reducción o amenaza de la diversidad íctica. (Brundu et al., 2012). Sus mayores efectos son debido al bloqueo de la luz solar y reducción del movimiento de oxígeno (Muniappan,



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

Reddy, & Raman, 2009). Cabe mencionar que los resultados de baja diversidad íctica en el PERLA se sugiere son atribuibles principalmente a la presencia de esta invasora, ya que se desplaza con facilidad limitando los nutrientes necesarios para el necton. Por lo tanto, los estudios de las especies invasoras en lugares similares requieren de mayor atención ya que son una amenaza perceptible a la diversidad de la ictiofauna amazónica en cuerpos de agua con influencia de asentamientos urbanos.

Muchas de las especies son utilizadas para la actividad de pesca deportiva misma que no es permitida en la laguna. Según la UICN y la lista roja de peces de agua dulce del Ecuador, la especie sardinita *Pseudochalceus longianalis* se encuentra en un estado vulnerable (Jiménez, 2019); es posible que esta especie también este siendo explotada en la laguna PERLA debido a la pesca ilegal. Además, se observó un espécimen del orden Myliobatiformes; conocidos comúnmente como rayas de río, la cual fue vista una sola vez, por lo que se destaca la importancia de realizar estudios posteriores para identificar y conservar este tipo de especies. Por otro lado, la presencia de ictiofauna difiere para los tres puntos de muestreo, posiblemente tiene que ver con el hábito alimenticio de las especies (de Mérona & Rankin-de-Mérona, 2004); por ejemplo, especies como *Morfoespecie 1* prefieren el sustrato donde habitan pequeños invertebrados, así mismo se encuentra gran cantidad de troncos y sobre ellos posan insectos mismos que son incluidos en su dieta, además también desovan sobre madera en descomposición y vegetación de la zona litoral de la laguna (Gonçalves da Silva, 2013).

4. CONCLUSIONES

Mediante los análisis físico-químicos de la laguna el estado actual en el que se encuentra este ecosistema se lo caracteriza por ser pobre, debido a que los nutrientes de la laguna del PERLA son escasos por ende tiene baja diversidad de ictiofauna, y se encuentra amenazada por especies macrófitas invasivas; probablemente sea esta la principal causa de la pérdida de nutrientes en este hábitat y que la calidad de agua no se ajuste a la tipología de ecosistemas acuáticos amazónicos de aguas negras. Las macrófitas identificadas son rápidas colonizadoras y de reproducción eficaz; sin embargo, cabe mencionar que este ecosistema está en proceso de recuperación desde que fue declarado como bosque protector; es así que, la municipalidad local inició acciones de restauración del área para conservar la biodiversidad.

Según los valores de Shannon consideran que la calidad de la laguna PERLA es medianamente contaminada, probablemente debido a las actividades agropecuarias y recreativas que se realizaron en la zona hace algunos años atrás. Además, según los criterios de la calificación del IBI, este ecosistema acuático se identifica como pobre, donde existen pocos detritívoros y con un ensamblaje ecológico de especies tolerantes y generalistas, mismas que pueden soportar cambios en el ambiente, al mismo tiempo la tasa de crecimiento es limitada.

Su composición íctia representó la mayor riqueza y abundancia en la estación centro de la laguna con 2 ordenes, 6 familias y 13 especies, con un total de 664 individuos



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

respectivamente; seguida a esta riqueza está la estación de salida 3 órdenes, 4 familias y 12 especies, con 161 individuos; mientras que la de menor riqueza y abundancia fue la estación inicio 2 órdenes, 4 familias y 9 especies, con un total de 121 individuos. La especie más representativa en las tres estaciones de muestreo es *Brycon atrocaudatus* conocida comúnmente como dama de montaña, determinada con 655 individuos en las tres estaciones de muestreo.

REFERENCIAS

- Aguilera-Flores, W. A. (2019). Inventario De Especies Forestales Alimenticias Para Primates Existentes En El Parque Ecológico Recreativo Lago Agrio “P.E.R.L.A.”, Ubicado En El Cantón Lago Agrio, Provincia De Sucumbíos.
- Aguirre, W. E., Anaguano-Yancha, F., Burgos-Morán, R., Carrillo-Moreno, C., Guarderas, L., Jácome-Negrete, I., ... Valdiviezo-Rivera, J. (2019). Lista roja nacional de peces de agua dulce de Ecuador. *Ministerio Del Ambiente, Universidad DePaul, Wildlife Conservation Society-Ecuador (WCS), Universidad Estatal Amazónica, Universidad Indoamérica, Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai, Universidad Central Del Ecuador*.
- Aguirre, Windsor E., Alvarez-Mieles, G., Anaguano-Yancha, F., Burgos-Morán, R., Cucalón, R. V., Escobar-Camacho, D., ... Zárate Hugo, E. (2021). Conservation threats and future prospects for the freshwater fishes of Ecuador: A hotspot of Neotropical fish diversity. *Journal of Fish Biology*, 99(4), 1158–1189. <https://doi.org/10.1111/jfb.14844>
- Araujo-Lima, C. A. R. M., & Ruffino, M. L. (2004). Migratory Fishes of the Brazilian Amazon. In J. Carolsfeld, B. Harvey, C. Ross, & A. Baer (Eds.), *Migratory Fishes of South America* (p. 457). <https://doi.org/10.4324/9781315061610-15>
- Araújo, F. G. (1998). Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Biologia*, 58(4), 547–558. <https://doi.org/10.1590/s0034-71081998000400002>
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2020). Ley Orgánica para el Desarrollo de Acuicultura y Pesca. In *Suplemento del Registro Oficial 187, 21-IV-2020*. Quito.
- Astudillo-Chicaiza, K. P. (2019). Valoración Económica Del Parque Perla Ubicado En La Ciudad De Lago Agrio.
- Atanacio-Rojas, R. A. (2018). Determinación de los parámetros físicos químicos para evaluar la calidad de agua en la laguna la encantada provincia de Huaura-2016. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrion*, 66.
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D., & Stribling, J. B. (1999). Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. *Environmental Protection Agency*, (2), 337. Retrieved from <http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html>
- Bardou, P., Mariette, J., Escudié, F., Djemiel, C., & Klopp, C. (consultado el 16 de febrero de 2022). jvenn: un visor interactivo de diagramas de Venn. *BMC Bioinformatics* 2014. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-15-293>
- Barriga-S, R. (1991). Peces De Agua Dulce, Anfibios, Reptiles Y Mamíferos. *Departamento de Ciencias Biológicas de La Escuela Politécnica Nacional*, 16(3), 84.



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

- Barriga, R. (1994). Peces del Parque Nacional Yasuní. *Politécnica*, 19(2), 9–41.
- Barriga, Ramiro. (2012a). Lista de Peces de Agua dulce e Intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30(3), 83–119.
- Barriga, Ramiro. (2012b). Lista de Peces de Agua dulce e Intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30(3), 83–119.
- Bonilla-Barbosa, J. R. (2016). Análisis de riesgo detallado para especies invasoras de alto riesgo para México: Riesgo de introducción de plantas de acuario a México. Realizado dentro del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras. *Universidad Autónoma Del Estado de Morelos; Centro de Investigaciones Biológicas: CONABIO; GEF; PNUD*, 1–254.
- Botero, M. (2004). Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura del alimento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias; Universidad de Antioquia*, 17(1), 63–75.
- Brundu, G., Stinca, A., Angius, L., Bonanomi, G., Celesti-Grapow, L., D’Auria, G., ... Spigno, P. (2012). *Pistia stratiotes* L. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.: Emerging invasive alien hydrophytes in Campania and Sardinia (Italy). *EPPO Bulletin*, 42(3), 568–579.
<https://doi.org/10.1111/epp.12004>
- Burgos-Morán, R. E., Noboa, D., Valladares, B., & Ordoñez-Delgado, L. (2011). Plan de acción en ARPE y repoblamiento de especies biocuáticas para la RBY. *Fondo Para El Logro de Los ODM. Ministerio de Ambiente*, 98.
- Cáceres-Urbe, A. N. (2019). Estudio de los cuerpos lénticos en el escenario de cambio climático, una mirada a Colombia. *Revista Pertinencia Académica*, 3(3), 29–50.
- Carrillo-Moreno, C. (2013). Línea base de la diversidad de las especies de peces para la estimación del tamaño poblacional y biomasa de las pirañas *Pygocentrus nattereri* y *Serrasalmus rhombeus* en la laguna de limoncocha. *Universidad Internacional SEK*.
- Dall, P. C. (1995). *Commonly used methods for assessment of water quality* (En: M. J. Toman, & F. Steinman, Eds.). Biological Assessment of stream water quality. Special Issue TEMPUS S_JEP 4724, University of Ljubljana.
- Dávalos-Navarro, T. (2018). Caracterización de un sistema lagunar como hábitat de crianza para la ictiofauna en la zona norte del Caribe Mexicano. *Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. CICY*, 23–24.
- de Mérona, B., & Rankin-de-Mérona, J. (2004). of the central Amazon floodplain. *Neotrop. Ichthyol.*, 2(2), 75–84.
- Dodds, W. K., & Whiles, M. R. (2019). Freshwater ecology. In *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications of Limnology*. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03667-7>
- Erhard, D., & Gross, E. M. (2006). Allelopathic activity of *Elodea canadensis* and *Elodea nuttallii* against epiphytes and phytoplankton. *Aquatic Botany*, 85(3), 203–211.
<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.04.002>
- Froese, R., & Pauly, D. (2021). FishBase. Retrieved from January, 28, 2021 website: www.fishbase.org
- Fundación Natura. (2007). Estrategia para la implementación de turismo en el Parque Ecológico y Recreativo Lago Agrio. *Texto Impreso*, 16 de Diciembre de 2021.



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

- Galvis, G., Mojica, J. I., Duque, S. R., Castellanos, C., Sánchez-Duarte, P., Arce, M., ... Leiva, M. (2006). Peces del medio Amazonas. Región de Leticia. In *Serie de Guías Tropicales de Campo No 5. Conservación Internacional* (Editorial). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/266970701_Peces_del_medio_Amazonas
- Gamal, A. M., Elsheikh, E. H., & Nasr, E. S. (2012). Morphological adaptation of the buccal cavity in relation to feeding habits of the omnivorous fish *Clarias gariepinus*: A scanning electron microscopic study. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 65(3), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2012.04.002>
- García-Nieto, M. H. (2014). Aportaciones sobre las distribuciones del bastón roto y de pielou. *Departamento de Estadística*, 254.
- Gillett, J. D., Dunlop, C. R., & Miller, I. L. (1988). Occurrence, origin, weed status and control of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) in the Northern Territory. *Plant Protection Quarterly*, 3(4), 144–148.
- Gonçalves da Silva, T. C. (2013). Aspectos da Reprodução de Espécies de Ciclídeos de Importância Econômica em a Áreas de Várzea do Médio Solimões. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- González-Ortiz, A. G. (2017). Estado de conservación de la ictiofauna en las microcuencas Quebrada Balata y Quebrada Aguas Negras, del Río Aguarico-Parroquia Tarapoa, Provincia de Sucumbíos. *Universidad Central Del Ecuador. Facultad de Ciencias Biológicas. Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales*, 21–31.
- Hualpa-Vivanco, R. M. (2020). Variación espacial y temporal de la composición y estructura de la comunidad de peces de la Laguna de Cube en la Reserva Ecológica Mache-Chindul, entre las épocas lluviosa y seca del 2019. *Universidad Central Del Ecuador, Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales*, (Figura 1), 2–3.
- Huertas-Rodriguez, J. C., Sanín-Acevedo, C., & Cataño, A. (2018). Los peces y sus servicios ecosistémicos en la cuenca del río Porce. *Actualidades Biológicas*, 40(108), 72–84. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v40n108a07>
- Jaramillo-Villa, U., & Caramaschi, E. P. (2008). Índices De Integridade Biótica Usando Peixes De Água Doce: Uso Nas Regiões Tropical E Subtropical. *Oecologia Australis*, 12(03), 442–462. <https://doi.org/10.4257/oeco.2008.1203.06>
- Jiménez, P. (2019). *Pseudochalceus longianalis*. En Aguirre, W., Anaguano-Yancha, F., Burgos-Morán, R., Carrillo-Moreno, C., Guarderas, L., Jácome-Negrete, I., Jiménez-Prado, P., Laaz, E., Nugra, F., Revelo, W., Rivadeneira, J., Utreras, V., & Valdiviezo-Rivera. 2019. Lista roja de peces dulceacuícolas de Ecuador. Ministerio del Ambiente, DePaul University, Wildlife Conservation Society-Ecuador (WCS), Universidad Estatal Amazónica, Universidad Indoamérica, Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai, Universidad Central del Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede en Esmeraldas, Instituto Nacional de Pesca, Universidad del Azuay, Antonio Torres, Universidad de Guayaquil e Instituto Nacional de Biodiversidad. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://mesadeayuda.ambiente.gob.ec/Documentacion/Biodiversidad/pagina/listaRoja-PecesAD.pdf>
- Jiménez-Prado, P., Aguirre, W., Laaz-Moncayo, E., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Rebolledo-Monsalve, E., ... Valdiviezo-Rivera, J. (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. *Pontificia Universidad Católica Del*



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad Del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) Del Instituto Nacional de Biodiversidad, 420. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/278027849_Guia_de_peces_para_aguas_continentalles_en_la_vertiente_occidental_del_Ecuador

- Jiménez Prado, P. J., & Vásquez-Galarza, F. W. (2021). Cambios En Diversidad Y Distribución De Peces Nativos Con La Presencia De Dos Especies Invasoras En El Río Atacames, Noroccidente Del Ecuador. *Acta Biológica Colombiana*, 26(1), 81–88. <https://doi.org/10.15446/abc.v26n1.81888>
- Jiménez-Prado, P., & Valdiviezo-Rivera, J. (2021). Biodiversidad de peces en el Ecuador. Serie Especial de Ictiología Ecuatoriana 1; Red Ecuatoriana de ictiología; Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad Tecnológica Indoamérica, Instituto Nacional de Biodiversidad, 116. Obtenido de http://inabio.biodiversidad.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/LIBRO-DIVERSIDAD-DE-PECES-EN-ECUADOR121_compressed.pdf
- Karr, J. R. (1981). Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. *Fisheries*, 6(6), 21–27. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1981\)006<0021:aobiuf>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1981)006<0021:aobiuf>2.0.co;2)
- Little, P. (1992). Ecología política de Cuyabeno. El desarrollo no sostenible de la Amazonía. In *Abya-Yala, Ildis*.
- Lyons, J., Navarro-Perez, S., Cochran, P. A., Santana, E. C., & Guzman-Arroyo, M. (1995). Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. *Conservation Biology*, 9(3), 569–584. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09030569.x>
- Magurrán, A. E. (1988). Ecological Diversity and Its Measurement. *Royal Society 1983 University Research Fellow University College of North Wales Bangor*.
- Maldonado-Arciniegas, J. L. (2011a). Evaluación preliminar de los efectos del tránsito fluvial motorizado en la concentración de sedimentos suspendidos en el agua del Río Napo. *Universidad San Francisco de Quito*.
- Maldonado-Arciniegas, J. L. (2011b). Evaluación preliminar de los efectos del tránsito fluvial motorizado en la concentración de sedimentos suspendidos en el agua del Río Napo. *Universidad San Francisco de Quito*.
- Matthews, W. J. (1998). Patterns in freshwater fish ecology. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Mawyin-Alonso, A. C. (2017). Diversidad y Abundancia Ictiofaunística en el Río Culebra (Guayas - Ecuador). *Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias Naturales; Carrera de Biología*, 93(I), 259.
- Mojica, J. I., Usma, J. S. O., Alvarez, R. L., & Lasso, C. (2012). Libro rojo de peces dulceacuicolas de Colombia 2012. In *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*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Montoya-Moreno, Y., & Aguirre R, N. (2009). Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables State of the art of limnology and flood plain lakes (swamps) in Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 12(3), 85–105.
- Muniappan, R., Reddy, G., & Raman, A. (2009). Biological Control of Tropical Weeds using



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

- Arthropods. In *University Press Cambridge*. Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=CDECHI8qhsIC&oi=fnd&pg=PA332&dq=How+does+pistia+stratiotes+affect+fish%3F&ots=xQICJyEvKy&sig=jkmNXLEvYsSvzDS4L2VPIqf4HKo#v=onepage&q=fish&f=false>
- Nugra-Salazar, F., Segovia, E., Benítez, M., & Reinoso, D. (2016a). *Guía metodológica para el biomonitoreo de macoinvertebrados e ictiofauna en la Cuenca del Río Napo*. SENAGUA, OTCA.
- Nugra-Salazar, F., Segovia, E., Benítez, M., & Reinoso, D. (2016b). *Guía metodológica para el biomonitoreo de macoinvertebrados e ictiofauna en la Cuenca del Río Napo*. SENAGUA, OTCA.
- Ochoa-Jaramillo, M. E. (2017). Propuesta de desarrollo turístico del Parque Recreativo Ecológico Perla, cantón Lago Agrio, provincia de Sucumbíos. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, 18–21.
- Ordóñez-Delgado, L., Ramón-Vivanco, C., & Ortiz-Chalan, V. (2019). Systematic review of the state about the knowledge of the vertebrates of the Podocarpus National Park. *Ciencias de La Vida*, 30(2), 7–18.
- Orozco-Fiallos, G. D. (2016a). Condiciones de accesibilidad para las personas con discapacidad a los servicios turísticos en el Parque Ecológico Recreativo Lago Agrio, Sucumbíos. *Universidad Técnica Del Norte; Instituto de Postgrado, Euphytica*, 18(2), 22280. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2009.07.006%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.neps.2015.06.001%0Ahttps://www.abebooks.com/Trease-Evans-Pharmacognosy-13th-Edition-William/14174467122/bd>
- Orozco-Fiallos, G. D. (2016b). Condiciones de accesibilidad para las personas con discapacidad a los servicios turísticos en el Parque Ecológico Recreativo Lago Agrio, Sucumbíos. *Universidad Técnica Del Norte; Instituto de Postgrado, Euphytica*, 18(2), 22280. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2009.07.006%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.neps.2015.06.001%0Ahttps://www.abebooks.com/Trease-Evans-Pharmacognosy-13th-Edition-William/14174467122/bd>
- Ortega, H., Rengifo, B., Samanez, I., & Palma, C. (2007). Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú Diversity and state of conservation of Amazonian waterbodies in the Northeast of Peru. *Avances de Las Ciencias Biológicas En El Perú, Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM*, 13(3), 189–193.
- Osorio-Lescano, D. H. (2008). Aspectos ecológicos de los peces en la Estación Biológica Cocha Cashu, Parque Nacional del Manu, Madre de Dios. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 29–43. Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/921>
- Pérez, J. E., Nirchio, M., Alfonsi, C., & Muñoz, C. (2006). The biology of invasions: The genetic adaptation paradox. *Biological Invasions*, 8(5), 1115–1121. <https://doi.org/10.1007/s10530-005-8281-0>
- Puertas, C. (2021). Ecología de los peces amazónicos en el Ecuador. In P. Jiménez-Prado & J. Valdiviezo-Rivera (Eds.), *Diversidad de peces en el Ecuador* (pp. 10–21). Biodiversidad de peces en el Ecuador. Serie Especial de Ictiología Ecuatoriana I. Red Ecuatoriana de ictiología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad Tecnológica



UNIVERSIDAD ESTADAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

Indoamérica, Instituto Nacional de Biodiversidad.

- Roldán-Pérez, G., & Ramírez-Restrepo, J. J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. In *Editorial Universidad de Antioquia* (Vol. 2).
- Roth, N. E., Southerland, M. T., Chaillou, J. C., Kazyak, P. F., & Stranko, S. A. (2000). Refinement and Validation of a Fish Index of Biotic Integrity for Maryland Streams. *Govt Reports Announcements & Index (GRA&I), Issue 09, 2002*, (March 2016).
- Sandoval-Osorio, E. D. (2015). Estudio de factibilidad para la implementación del turismo de aventura y deportes en el Parque Ecológico y Recreativo Lago Agrio “PERLA” ubicado en la ciudad de Lago Agrio, provincia de Sucumbíos (Vol. 53). Retrieved from [https://www.scoutsecuador.org/site/sites/default/files/%5Bbiblioteca%5D/5.1 Conservacion de alimentos y Recetas sencillas.pdf%0Ahttp://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.d](https://www.scoutsecuador.org/site/sites/default/files/%5Bbiblioteca%5D/5.1%20Conservacion%20de%20alimentos%20y%20Recetas%20sencillas.pdf%0Ahttp://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf%0Ahttps://hdl.handle.net/20.500.12380/245180%0Ahttp://dx.d)
- Santana, I., & Freitas, C. (2013). A time series analysis of Prochilodus nigricans landings caught by small-scale fisheries in the lower stretch of the Amazon River. *Brazilian Journal of Biology*, 73(1), 53–59. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842013000100007>
- Su, G., Logez, M., Xu, J., Tao, S., Villéger, S., & Brosse, S. (2021). Human impacts on global freshwater fish biodiversity. *Science*, 371(6531), 835–838. <https://doi.org/10.1126/science.abd3369>
- Tundisi, J. G., & Matsumura-Tundisi, T. (2001). Limnology. *CRC Press Taylor & Francis Group. A Balkema Book*.
- Van der Sleen, P., & Albert, J. s. (2018). *Field Guide to the Fishes of the Amazon Orinoco y Guianas*. New Jersey: Princeton University Press, 41 Willian Street, Princeton.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., ... Umaña, A. M. (2006). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. In *Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Retrieved from <http://cdam.minam.gob.pe:8080/handle/123456789/764>
- Wilhm, J. L., & Dorris, T. C. (1968). Biological parameters for water quality criteria. *Psychometric Theory, Departament of Zoology and Reservoir Research Center, Oklahoma State University, Stillwater*, 13(48), 18.
- Zale, A. V, Parrish, D. L., & Sutton, T. M. (2012). Fisheries Techniques. In *American Fisheries Society* (Third). <https://doi.org/https://doi.org/10.47886/9781934874295>



ANEXOS

MARCO TEÓRICO

Diversidad de Ictiofauna en el Ecuador

Ecuador es un país muy diverso, por lo que muchos investigadores son atraídos para realizar diferentes estudios, como el estudio de peces, ya que, en este ámbito existe una inmensa biodiversidad pues Ecuador cuenta con una gran variedad de ictiofauna, ayudando así a conocer las especies de peces endémicas que habitan en aguas dulces como ríos y lagunas, por lo tanto estas investigaciones han llevado al descubrimiento de nuevas especies de ictiofauna; por ejemplo, en la cuenca del Río Napo se registran 500 especies de peces (Barriga S, 2012b).

Por otro lado, la diversidad de ictiofauna encontrada en la Amazonía está compuesta de dos principales de órdenes; Characiformes y Siluriformes, cabe recalcar que esta diversidad es variable y depende del tipo de hábitat y las condiciones en la que se encuentre, ya que la variación climática influye en los procesos fisiológicos que realicen los peces (Puertas, 2021).

En la Provincia de Sucumbíos se encuentran registros tomados del Río Aguarico, específicamente en las microcuencas Quebrada Balata con 69 especies identificadas en la cual existe poca predominancia de los grupos Myliobatiformes, Cyprinodontiformes y Beloniformes y en la Microcuenca Quebrada Aguas Negras con 62 especies de peces con poca predominancia del orden Cyprinodontiformes (González-Ortiz, 2017).

Importancia de los ambientes lénticos

Las aguas lénticas albergan una infinidad de organismos bióticos y abióticos, entre ellos la fauna ictia, estos ecosistemas son aguas poco profundas sin corriente que pueden o no estar conectados a un río, la característica principal de este tipo de ambientes es que están cubiertas por vegetación flotante con abundante materia orgánica y un sustrato lodoso (Montoya-Moreno & Aguirre R, 2009).

A pesar de que las aguas lénticas no son muy estudiadas son capaces de mitigar los efectos del cambio climático, para que esto suceda se les debe brindar una acción de protección y conservación ya que en épocas muy calurosas la temperatura del agua aumenta considerablemente y esto afecta a todo ser vivo que habita en este tipo de ecosistemas (Cáceres-Uribe, 2019).

En Ecuador los ambientes lénticos son considerados como un atractivo turístico y su composición no es muy estudiada; por ejemplo, en la Provincia de Sucumbíos la más conocida son las llamadas Lagunas de Cuyabeno, en este lugar se encuentra ubicada una estación para realizar estudios biológicos; a pesar de ser un lugar de conservación, éstas se encuentran en constante peligro debido a los innumerables derrames de oro negro o también



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

conocido como petróleo, acabando así tanto con la flora y fauna que ellas albergan (Little, 1992).

Importancia de la Ictiofauna

Los peces son el claro ejemplo de la evolución debido a condiciones adaptativas que se vieron forzados a realizar para poder sobrevivir; algunas especies tienen diferentes tipos de hábito alimenticio dependiendo de la morfología que caracterice a cada pez; en relación a su reproducción estas especies prefieren los sistemas lagunares para desovar y así los huevos pueden eclosionar y convertirse en larvas hasta que alcancen un tamaño considerable para sobrevivir a los ataques de los depredadores, es decir peces de mayor tamaño (Dávalos-Navarro, 2018).

La ictiofauna presta servicios ecosistémicos al hombre sirviéndose de ellas para alimento, comercialización y elaboración de medicina. En el ámbito biológico los peces son usados como indicadores de la calidad del agua; además son controladores de plagas ya que algunos peces se alimentan de insectos causantes del dengue y la malaria, otras especies son herbívoras alimentándose de plantas evitando el exeso de materia orgánica en el agua (Huertas-Rodríguez, Sanín-Acevedo, & Cataño, 2018).

Según Jiménez-Prado & Vásquez (2021), la ictiofauna nativa se encuentra en peligro, ya que, ha sido desplazada por especies introducidas que sin duda alguna invadieron su hábitat provocando una alteración del mismo.

Indices de diversidad

Índice de Shannon-Wiener (H'). Simbolizado como H' , se basa en la diversidad de especies y a su vez que la disposición de individuos de cada especie sea uniforme, este índice es más perceptible con especies poco frecuentes, además estima la heterogeneidad de la población muestreada (Magurran, 1988), tomando en cuenta especies al azar y que se encuentren dentro de la muestra (Villarreal et al., 2006) y es una medida de correlación con la calidad del agua (Wilhm & Dorris, 1968 en Dall, 1995). La fórmula para el cálculo de H' es:

$$H' = \sum p_i \cdot \log_{10}(p_i)$$

Donde:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

H' = representa al Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

Σ = sumatoria de las especies.

p_i = es la proporción de cada especie con respecto al total de individuos

n_i = número de individuos por especie.

N = número total de individuos de todas las especies.



Interpretación del índice de Shanno-Wiener, en relación a la diversidad

Valores	Interpretación
0-1,5	Diversidad baja
1,5-3	Diversidad media
3-5	Diversidad alta

Fuente: Mawyin-Alonso (2017)

Interpretación del Índice de Shannon-Wiener, en relación a la calidad del agua

Valor H'	Atributo de calidad de aguas
>3	Limpias
2 a 3	Ligeramente contaminadas
1 a 2	Medianamente contaminadas
0 a 1	Fuertemente contaminadas

Fuente: Wilhm y Dorris, 1968 en Dall 1995

Índice de Chao1. Es un estimador no paramétrico basado en la abundancia, es decir solo necesita la abundancia de los individuos presentes en una muestra, teniendo en cuenta abundancias singletons (con un solo individuo) y doubletons (con dos individuos), además este índice estima la riqueza verdadera cuando la muestra es pequeña (García-Nieto, 2014). La fórmula del índice de Chao1 se describe de la siguiente manera.

$$Chao1 = S_{obs} + \frac{a^2}{2b}$$

Donde:

S_{obs} = número total de especies

a = número de especies que representen un único individuo

b = número de especies que representan dos únicos individuos

Estimador ACE (Estimador de cobertura basado en abundancia). Es un estimador de cobertura basado en la abundancia, de tipo no paramétrico el cual reconoce especies abundantes, mismas que son probables en una muestra, además este estimador sobreestima la riqueza de especies sobre todo en muestras pequeñas (García-Nieto, 2014b). La fórmula del estimador ACE se define a continuación.

$$S_{ACE} = S_{abund} + \frac{S_{rare}}{C_{ACE}} + \frac{F_1}{C_{ACE}} Y_{ACE}^2$$

Donde:

S_{rare} = número de especies raras

S_{abund} = número de especies abundantes

F_1 = número de especies con un solo individuo

C_{ACE} = estimador de cobertura

Y_{ACE}^2 = coeficiente de variación de abundancia



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

Índice de Integridad Biótica (IBI). Para el estudio se realizó un ajuste previo del Índice de Integridad Biótica (IBI) propuesto por (Karr 1981, Barbur et al., 1999), mismo que se ha utilizado en varios países, el IBI mide la integridad de un ecosistema a través de varias métricas, y se puede acomodar para cada ecosistema, para este fin se usó el IBI propuesto por (Araujo, 1998) mismo que es modificado para cada tipo de ecosistema, es necesario mencionar que es una modificación preliminar pues es preciso ejecutar más estudios para valorar las métricas incluido el índice como tal, el IBI es importante en el manejo adecuado de la laguna, además se revisó varias modificaciones del IBI para la región (Araujo, 2001, Jaramillo-Villa & Caramaschi, 2008, Lyons et al., 1995, Roth et al., 2000, Ortega et al., 2007), con el propósito de verificar su eficacia en ecosistemas neotropicales.

Para el ajuste del índice se usó 12 métricas con valores de 1-3-5, dependiendo de la valoración de cada clase, si se suma los resultados de las 12 métricas, el índice da valores desde 0 en ecosistemas sin registro de ictiofauna, hasta 60 en ecosistemas prístinos o sin afectación.

Métricas y criterios usados para el IBI adaptado para la laguna PERLA

Métrica	Valor de elección por criterio			PERLA (IBI)
	1	3	5	
1 Número de especies	<30	30 a 60	>60	1
2 Siluciformes %	<10	10 a 30	>30	1
3 Characiformes %	<12	12 a 40	>40	5
4 Gymnotiformes %	<1	1 a 3	>3	1
5 Especies no tolerantes %	<10	10 a 20	>20	1
6 Especies tolerantes %	>10	10 a 1	<0	1
7 Iliófagos %	<1	1 a 5	>5	3
8 Omnívoros %	>45	45 a 20	<20	5
9 Piscívoros %	<1	1 a 5	>5	5
10 Índice de Shannon H'	<1	1 a 3	>3	3
11 Migratorios	<1	1 a 5	>5	5
12 Lesionados, enfermos %	>5	5 a 1	<1	5

Fuente: Modificación de Araujo, 1998 en Burgos et al., 2011

Interpretación de calificaciones IBI, modificado para la laguna PERLA

Valores IBI	Integridad	Atributos
53-60	Excelente	Ecosistemas sin afectación. Se encuentra la gran mayoría de las especies esperadas, incluyendo especies altamente sensibles a cambios ambientales.
45-52	Bueno	Ecosistema con algún tipo de afectación, con la pérdida de especies altamente sensibles a cambios; algunas especies con distribución y abundancia por debajo a lo óptimo; la estructura trófica muestra síntomas de estrés.
36-44	Regular	Ecosistema con síntomas de deterioro adicionales, menos especies altamente sensibles; estructura trófica algo deteriorada (aumenta la frecuencia de especies omnívoras o presencia escasa de grandes



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
Trabajo de Integración Curricular

		depredadores
25-35	Pobre	Especies carnívoras dominantes, presencia de especies tolerantes a cambios ambientales; pocos detritívoros; tasas de crecimiento en descenso.
<24	Muy pobre	Presencia escasa de peces, solo especies tolerantes a cambios ambientales, especies con enfermedades visibles, parasitadas, con movimientos notoriamente erráticos u otras anomalías .
0	Sin peces	Repetidos intentos de pesca sin captura de ningún pez.

Fuente: Modificación de Araujo, 1998 en Burgos et al., 2011

RECOMENDACIONES

En relación a la diversidad de ictiofauna se recomienda seguir realizando estudios, para poder evaluar el estado de conservación de la laguna y relacionar si aumenta o disminuye la riqueza.

Para el muestreo de ictiofauna es necesario contar con todos los materiales que sean de ayuda secundaria, debido a que se presenta repercusiones durante el muestreo.

Durante el muestreo se recomienda la ayuda de técnicos especialistas en manejo de canoas y un guía que tenga todo el conocimiento de la laguna.

En el transcurso del monitoreo se propone revisar constantemente y a tiempo las redes, ya que las especies pueden quedarse mucho tiempo atrapadas y provocaría el deceso de ella.

Se recomienda revisar técnicas de manipulación para la liberación de las especies capturadas en las redes.

Para el muestreo de pesca devolución se recomienda realizarlo en horas libres de turistas y libres de perturbaciones ambientales (ruidos del motor), así mismo se recomienda realizarlo en horas donde las especies se encuentran en actividad.



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

Cálculo del Índice de Shannon-Wiener para el inicio

N. científico	Abun	pi	lnPi	pi*lnPi
<i>Brycon atrocaudatus</i>	89	0,73553719	-0,30715418	-0,22592332
<i>Pygocentrus nattereri</i>	4	0,03305785	-3,40949618	-0,11271062
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	1	0,00826446	-4,79579055	-0,03963463
<i>Serrasalmus maculatus</i>	5	0,04132231	-3,18635263	-0,13166746
<i>Hoplias malabaricus</i>	3	0,02479339	-3,69717826	-0,09166558
<i>Prochilodus nigricans</i>	0	0	0	0
<i>Pseudochalceus longianalis</i>	8	0,0661157	-2,716349	-0,17959332
<i>Hyphessobrycon ecuadoriensis</i>	3	0,02479339	-3,69717826	-0,09166558
<i>Rhoadsia altipinna</i>	0	0	0	0
<i>Roeboides myersi</i>	0	0	0	0
<i>Knodus gamma</i>	2	0	0	0
<i>Potamorhina latior</i>	0	0	0	0
<i>Heros efasciatus</i>	6	0,04958678	-3,00403108	-0,14896022
<i>Potamotrygon (Spp)</i>	0	0	0	0
Total	121			-1,02182073
Riqueza S				9
Shannon-Wiener				1,02182073

Cálculo del Índice de Shannon-Wiener en el centro

N. científico	Abun	pi	lnPi	pi*lnPi
<i>Brycon atrocaudatus</i>	445	0,67018072	-0,40020787	-0,2682116
<i>Pygocentrus nattereri</i>	90	0,13554217	-1,99847248	-0,27087729
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	9	0,01355422	-4,30105757	-0,05829747
<i>Serrasalmus maculatus</i>	5	0,00753012	-4,88884424	-0,03681359
<i>Hoplias malabaricus</i>	17	0,02560241	-3,66506881	-0,09383459
<i>Prochilodus nigricans</i>	26	0,03915663	-3,24018561	-0,12687474
<i>Pseudochalceus longianalis</i>	8	0,01204819	-4,41884061	-0,05323904
<i>Hyphessobrycon ecuadoriensis</i>	9	0,01355422	-4,30105757	-0,05829747
<i>Rhoadsia altipinna</i>	8	0,01204819	-4,41884061	-0,05323904
<i>Roeboides myersi</i>	21	0,03162651	-3,45375971	-0,10923035
<i>Knodus gamma</i>	8	0,01204819	-4,41884061	-0,05323904
<i>Potamorhina latior</i>	14	0,02108434	-3,85922482	-0,0813692
<i>Heros efasciatus</i>	4	0,0060241	-5,11198779	-0,03079511
<i>Potamotrygon (Spp)</i>	0	0	0	0
Total	664			-1,29431853
Riqueza S				13
Shannon-Wiener				1,29431853



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

Cálculo del Índice de Shannon-Wiener para la salida

N.científico	Abun	pi	lnPi	pi*lnPi
<i>Brycon atrocaudatus</i>	121	0,7515528	-0,28561382	-0,21465386
<i>Pygocentrus nattereri</i>	20	0,1242236	-2,08567209	-0,2590897
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	1	0,00621118	-5,08140436	-0,03156152
<i>Serrasalmus maculatus</i>	3	0,01863354	-3,98279208	-0,07421352
<i>Hoplias malabaricus</i>	1	0,00621118	-5,08140436	-0,03156152
<i>Prochilodus nigricans</i>	0	0	0	0
<i>Pseudochalceus longianalis</i>	1	0,00621118	-5,08140436	-0,03156152
<i>Hyphessobrycon ecuadoriensis</i>	2	0,01242236	-4,38825718	-0,05451251
<i>Rhoadsia altipinna</i>	2	0,01242236	-4,38825718	-0,05451251
<i>Roeboides myersi</i>	2	0,01242236	-4,38825718	-0,05451251
<i>Knodus gamma</i>	3	0,01863354	-3,98279208	-0,07421352
<i>Potamorhina latior</i>	0	0	0	0
<i>Heros efasciatus</i>	4	0,02484472	-3,69511	-0,09180398
<i>Potamotrygon (Spp)</i>	1	0,00621118	-5,08140436	-0,03156152
Total	161			-1,00375818
Riqueza S				12
Shannon-Wiener				1,00375818

Puntos de muestreo de Ictiofauna en la Laguna del PERLA

Estación de muestreo	Código	Coordenadas de ubicación - Sistema WGS84	
		X	Y
Inicio	M1	107955	-76.917336
Centro	M2	109728	-76.915192
Salida	M3	118003	-76.906397

Acumulación de especies de la Laguna del PERLA

Índice		Estación		
		Inicio	Centro	Salida
Chao1	%	94,74	100	81,91
ACE	%	96,15	100	82,76