



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA DE MEDIO AMBIENTE  
INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO  
AMBIENTE**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA  
ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR EN EL HUMEDAL EL  
TABACAL - ROCAFUERTE**

**AUTORES:**

**INTRIAGO LÓPEZ LUISA MICHAELLA**

**SALTOS CHÁVEZ ZETTY MONSERRATE**

**TUTORA:**

**BLGA. MARÍA FERNANDA PINCAY CANTOS, M.Sc**

**CALCETA, JULIO DE 2020**

## DERECHOS DE AUTORÍA

INTRIAGO LÓPEZ LUISA MICHAELLA y SALTOS CHÁVEZ ZETTY MONSERRATE, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



---

**INTRIAGO LÓPEZ LUISA  
MICHAELLA**

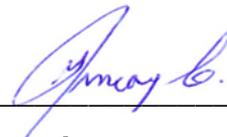


---

**SALTOS CHÁVEZ ZETTY  
MONSERRATE**

## CERTIFICACIÓN DE TUTORA

**BLGA. MARÍA FERNANDA PINCAY**, certifica haber tutelado el proyecto **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR EN EL HUMEDAL EL TABACAL - ROCAFUERTE**, que ha sido desarrollada por **INTRIAGO LÓPEZ LUISA MICHAELLA Y SALTOS CHÁVEZ ZETTY MONSERRATE**, previo a la obtención del título de ingeniero en medio ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

**BLGA. MARÍA FERNANDA PINCAY**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE**, que ha sido propuesto, desarrollado por **INTRIAGO LÓPEZ LUISA MICHAELLA Y SALTOS CHÁVEZ ZETTY MONSERRATE**, previa la obtención del título de ingeniero en medio ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



---

Ing. Julio Abel Loureiro Salabarría,  
M.Sc.  
Miembro del tribunal



---

Ing. Carlos Fabián Solórzano  
Solórzano, M.Sc.  
Miembro del tribunal



---

Ing. Teresa Vivas Saltos, M.Sc  
Presidente del tribunal

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A nuestros padres, quienes con su apoyo moral e incondicional lucharon junto a nosotras para que este sueño se hiciera realidad.

A la tutora del trabajo de titulación Blga. María Fernanda Pincay, que supo guiarnos y, sobre todo, por la paciencia en este proceso de investigación.

A los miembros del Tribunal, quienes, con su experiencia y predisposición, nos ayudaron durante todo el proceso.

**Las autoras**

## DEDICATORIA

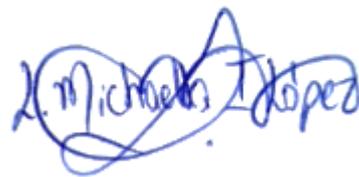
Dios, quien me regala cada instante de vida y felicidad más que pedirte tengo que agradecerte porque sin tu guía nada sería posible;

Mi madre, mujer que simplemente me llena de orgullo, sé que no encontraré la manera de devolverle todo lo que me has brindado incluso antes de estar en sus brazos, este es un logro más que sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ti y a mi papá;

A mi papá Luis López y a mi mamá Mariana Zambrano, porque siempre están conmigo apoyándome en cada paso que doy y cuando siento caer lo primero que puedo ver son sus manos abrazándome;

Mi sobrino Tiziano Luis, no importa cuánto crezcas, lo exitoso que te vuelvas, las grandes cosas que alcances en tu vida en mi mente siempre serás mi pequeño y mi fuente de inspiración;

Elvis Vera Y Luis Rivas por brindarme su apoyo y motivación en este largo camino para cumplir mis metas.



---

**INTRIAGO LÓPEZ LUISA MICHAELLA**

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme continuar con firmeza y entereza en la ejecución de esta investigación y en el arduo recorrido de la carrera universitaria, por ser mi guía en todo momento;

A San Judas Tadeo; mi santo patrono que ha estado ahí para brindarme consuelo en momentos donde vi que no podía continuar;

A mis padres Monsita y Geovanny que han sido los pilares fundamentales en toda mi vida, los cuales han apoyado el desarrollo de mi carrera universitaria y cada paso que he dado, por enseñarme que a pesar de las dificultades se debe de seguir en el camino del bien;

A mi hermana Gema Saltos, por estar siempre en mis victorias y en mis desaciertos, por ser parte de los momentos más felices y brindarme apoyo incondicional y;

A mi esposo Antonio, por haber estado en los momentos más difíciles de toda la carrera universitaria y por haber sido el apoyo que necesitaba en el progreso del trabajo de titulación, por ser uno de los motores para seguir a pesar de las dificultades presentadas, por ser quien en cada instante me impulsa a seguir adelante a pesar de todo, el que me ha enseñado que, si se puede lograr los objetivos, gracias por decirme que podía.

Gracias a todos por ser parte de mi vida.

Zetty Saltos Ch.

**SALTOS CHÁVEZ ZETTY MONSERRATE**

## CONTENIDO GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTORÍA.....</b>	<b>ii</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE TUTORA .....</b>	<b>iii</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vii</b>
<b>CONTENIDO GENERAL .....</b>	<b>viii</b>
CONTENIDO DE CUADROS, ECUACIONES, GRÁFICOS Y ANEXOS.....	xi
CUADROS .....	xi
ECUACIONES.....	xi
GRÁFICOS.....	xi
ANEXOS .....	xi
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4. IDEA A DEFENDER.....	3
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. HUMEDAL .....	4
2.1.1. IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES.....	4
2.1.2. TIPOS DE HUMEDALES.....	4
2.1.3. CALIDAD DE AGUA EN LOS HUMEDALES .....	5
2.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE .....	5
2.2. ICTIOFAUNA .....	5
2.2.1. ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR DE CALIDAD DE AGUA EN HUMEDALES.....	6
2.2.2. DIVERSIDAD DE ICTIOFAUNA EN LAS ZONAS ICTIOHIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR .....	6
2.2.3. CLAVES DICOTÓMICAS .....	7

2.2.4.	COMPOSICIÓN TRÓFICA DE LA ICTIOFAUNA.....	8
2.2.5.	MALFORMACIONES DE LA ICTIOFAUNA .....	9
2.2.6.	DISECCIÓN DE ICTIOFAUNA .....	9
2.3.	PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS PARA LA ICTIOFAUNA DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA.....	10
2.4.	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y CAPTURA DE ICTIOFAUNA.	10
2.4.1.	SELECCIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO .....	10
2.4.2.	REDES Y ARTES DE PESCA .....	11
2.4.3.	MUESTREO DE ICTIOFAUNA.....	11
2.4.4.	CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ICTIOFAUNA .....	12
2.5.	ÍNDICES COMUNES DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA ICTIOFAUNA .....	12
2.5.1.	ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE SHANNON – WIENER 13	
2.5.2.	ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA .....	14
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>		<b>18</b>
3.1.	UBICACIÓN.....	18
3.2.	DURACIÓN DEL TRABAJO.....	18
3.3.	VARIABLES DE ESTUDIO .....	19
3.3.1.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	19
3.3.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE .....	19
3.4.	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	19
3.4.1.	MÉTODOS .....	19
3.4.1.1.	MÉTODO DE CAMPO.....	19
3.4.1.2.	MÉTODO DESCRIPTIVO .....	19
3.4.1.3.	MÉTODO DOCUMENTAL.....	19
3.4.1.4.	ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA.....	19
3.4.1.5.	SISTEMA DE GEORREFERENCIACIÓN.....	20
3.4.2.	TÉCNICAS .....	20
3.4.2.1.	OBSERVACIÓN DIRECTA.....	20
3.4.2.2.	ENCUESTA.....	20
3.4.2.3.	TÉCNICAS ESTADÍSTICAS.....	20
3.5.	PROCEDIMIENTOS .....	21
3.5.1.	FASE I. VALORACIÓN DE LA ICTIOFAUNA EXISTENTE EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE.....	21
	ACTIVIDAD 1. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	21

ACTIVIDAD 2. ANÁLISIS DE LOS USOS DEL AGUA POR PARTE DE LA COMUNIDAD CIRCUNDANTE AL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE .....	21
ACTIVIDAD 3. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO Y DEL ÁREA DE CAPTURA .....	21
ACTIVIDAD 4. MUESTREO DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	22
ACTIVIDAD 5. APLICACIÓN DE CLAVES DICOTÓMICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA ICTIOFAUNA ENCONTRADA.....	22
3.5.2. FASE II. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA (IBI) EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE .....	23
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
4.1. VALORAR LA ICTIOFAUNA EXISTENTE EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE.....	24
4.1.1. Reconocimiento del área de estudio .....	24
4.1.2. Análisis de los usos del agua por parte de la comunidad circundante al humedal El Tabacal – Rocafuerte .....	24
4.1.3. Selección de las estaciones de muestreo y del área de captura ..	28
4.1.4. Muestreo del área de estudio .....	29
4.1.5. Aplicación de claves dicotómicas para la identificación de la ictiofauna encontrada.....	29
4.2. DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA (IBI) EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE .....	33
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	35
5.2. RECOMENDACIONES.....	35
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>45</b>

## CONTENIDO DE CUADROS, ECUACIONES, GRÁFICOS Y ANEXOS.

### CUADROS

<b>Cuadro 2. 1.</b> Puntos de muestreo en base a la profundidad y el área (ha) .....	11
<b>Cuadro 2. 2.</b> Diversidad de especies de Shannon - Wiener.....	14
<b>Cuadro 2. 3.</b> Valoración de los indicadores del IBI (Karr, 1981) .....	14
<b>Cuadro 2. 4.</b> Clases de integridad biótica, atributos y puntuaciones .....	15
<b>Cuadro 4. 1.</b> Descripción de las zonas de muestro: Características, coordenadas y profundidad.....	29
<b>Cuadro 4. 2.</b> Especies identificadas en el humedal El Tabacal – Rocafuerte .	30
<b>Cuadro 4. 3.</b> Índice de Shannon-Wiener.....	30
<b>Cuadro 4. 4.</b> Composición trófica de las especies capturadas.....	31
<b>Cuadro 4. 5.</b> Cantidad de ictiofauna localizada en cuatro puntos de muestreo	32
<b>Cuadro 4. 6.</b> Índice de Integridad Biótica IBI de las estaciones de muestreo..	34

### ECUACIONES

<b>Ecuación [2.1].</b> Índice de Shannon – Wiener ..	3
<b>Ecuación [2.2].</b> Índice de Integridad Biótica (IBI)	5
<b>Ecuación [3.3].</b> Total poblacional por diferencias finitas	20
<b>Ecuación [3.4].</b> Porcentaje de individuos.....	23

### GRÁFICOS

<b>Gráfico 4.1.</b> Ocupación laboral .....	24
<b>Gráfico 4.2.</b> Calidad del agua.....	25
<b>Gráfico 4.3.</b> Usos del agua.....	26
<b>Gráfico 4.4.</b> Cambios observados en el humedal .....	27

### ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Encuesta .....	466
<b>Anexo 2-A .</b> Selección de las estaciones de muestreo.....	477
<b>Anexo 2-B.</b> Ubicación de redes de captura .....	477
<b>Anexo 2-C.</b> Ficha de datos de captura .....	488
<b>Anexo 2-D.</b> Disección de las especies de ictiofauna.....	499
<b>Anexo 2-E.</b> Toma de muestras de los intestinos y estómago .....	499
<b>Anexo 2-F.</b> Análisis del contenido intestinal de las especies de ictiofauna ...	499
<b>Anexo 3-A.</b> Mapa de las vías de acceso al humedal El tabacal – Rocafuerte.....	50
<b>Anexo 3-B.</b> Mapa de las estaciones de muestreo en el humedal El tabacal - Rocafuerte .....	51
<b>Anexo 4.</b> Muestreo del área de captura.....	52

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito la evaluación de la calidad del agua mediante la ictiofauna como bioindicador en el humedal El Tabacal – Rocafuerte, para esto se valoró la ictiofauna existente en el humedal, por medio de una visita técnica in situ con la cual se conoció los lugares de acceso al sitio, por medio de una encuesta se analizó los usos del agua por parte de la comunidad circundante, con una población total de 125 y se tomó una muestra de 46 habitantes, por criterio de los pobladores del área se estima que la agricultura es la principal ocupación laboral con 74% y que el agua se utiliza primordialmente para consumo animal (61%), se seleccionaron 4 estaciones de muestreo (A, B, C y D) con tres repeticiones cada una, los horarios establecidos para el muestreo fueron dos en la mañana (7:00 y 9:00 am) y uno en la tarde (15:00 pm), se identificaron 5 especies, donde la diversidad de especies del humedal basadas en el índice de Shannon – Wiener fue baja con 1,96. La composición trófica se obtuvo mediante la disección de los individuos obteniendo así que predominan especies omnívoras, se capturó un total de 2203 individuos la especie predominante fue la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) con 1147 individuos y la especie con menos presencia de individuos fue la Huaija con 106, no se encontraron individuos con anomalías o malformaciones, una vez analizadas las diferentes categorías se obtuvo que la calidad de agua del humedal El Tabacal es pobre.

**Palabras claves:** Índice de integridad biológica (IIB), ictiofauna, calidad de agua, humedal.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the quality of the water using the ichthyofauna as a bioindicator in El Tabacal - Rocafuerte wetland, for which the ichthyofauna existing in the wetland was evaluated, through an on-site technical visit with which it was known the places of access to the site, by means of a survey the uses of water by the surrounding community were analyzed, with a total population of 125 and a sample of 46 inhabitants was taken, according to the criteria of the inhabitants of the area, it is estimated that agriculture is the main labor occupation with 74% and that water is used primarily for animal consumption (61%), 4 sampling stations were selected (A, B, C and D) with three repetitions each, the times established for the sampling was two in the morning (7:00 and 9:00 am) and one in the afternoon (15:00 pm), 5 species were identified, where the diversity of wetland species based on the Shannon-Wiener index was down with 1.96. The trophic composition was obtained by dissecting the individuals, thus obtaining that omnivorous species predominate, a total of 2203 individuals were captured, the predominant species was Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with 1147 individuals and the species with the least presence of individuals was Huaija with 106, no individuals with anomalies or malformations were found. Once the different categories were analyzed, it was found that the water quality of El Tabacal wetland is poor.

**Keywords:** Biological integrity index (IIB), ichthyofauna, water quality, wetland.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los cuerpos de agua constituyen un recurso natural invaluable ya que es considerado un recurso no renovable, importante para los seres vivos, siendo parte esencial del hombre, animales y plantas (Contreras *et al.*, 2008). Cada día y con el pasar de los años, se observa que la disponibilidad de agua dulce a nivel mundial se reduce cada vez más, debido a la creciente contaminación de los cuerpos de agua por las actividades humanas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019).

Los humedales son los medios hidrológicos naturales de la Tierra que suministran un reservorio y una fuente limpia de agua dulce ya que representan 5,7 millones de Km<sup>2</sup>, de la superficie terrestre y su degradación pone en riesgo el bienestar de la humanidad (Finlayson, D'Cruz y Davidson, 2005). A pesar de ello los humedales siguen disminuyendo a escala mundial, tanto en extensión como en calidad, como resultado han disminuido dichos servicios ecosistémicos que los humedales proporcionan a la sociedad (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional [RAMSAR], 2015).

Los indicadores biológicos son organismos cuya simple presencia en el medio analizado aporta información de sus características y estado de salud (Universidad Complutense de Madrid [UCM], 2007). Es así que, la ictiofauna es uno de los elementos de calidad biológica, el cual se está viendo afectado por la degradación de los ecosistemas acuáticos en algunos países industrializados, también son considerados como herramientas para monitorear, caracterizar y definir la calidad del agua en ríos, lagos y humedales (Aguilar, 2005).

En el ámbito local, el humedal El Tabacal, se encuentra afectado por las actividades antrópicas que van en aumento y por la sobreexplotación de sus recursos, que ecológicamente puede provocar serios problemas para la vida de los organismos acuáticos (Mitchell y Stapp 1993) ya que puede reducir la diversidad de especies fotosintéticas permitiendo una sobrepoblación de otras especies (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2015). Con estos antecedentes planteados llegamos a la siguiente interrogante:

¿Cuál es la calidad de agua determinada por la ictiofauna como bioindicador en el humedal El Tabacal – Rocafuerte?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Los humedales son entornos que poseen como característica principal la presencia de agua durante periodos extendidos. Estos a su vez son considerados uno de los ecosistemas biológicamente más diversos, motivo por el cual han sido establecidos como áreas significativas en el mundo puesto que constituyen el hábitat fundamental de muchas especies (López, Vásquez, Gómez y Priego, 2010).

RAMSAR (2015), menciona que los humedales forman parte de los recursos acuáticos del Ecuador, por tal motivo su conservación es un punto de interés nacional puesto que la mayoría de estos ecosistemas se encuentran en propiedad privada o comunitaria. Muchos miembros son conscientes de su importancia para que sus actividades sean sostenibles; sin embargo, es necesario impulsar la comprensión de este vínculo al nivel de los pescadores locales, para así evitar el deterioro y modificación del mismo.

La calidad y cantidad del agua en la actualidad se considera un motivo de preocupación, es por ello que preservar los humedales es prioritario ya que ofrecen una base sólida para garantizar la protección y restauración del recurso hídrico, proporcionando suministros seguros, a la vez que se mejora la asignación y la gestión del agua (RAMSAR, 2010).

De acuerdo a García, Sarmiento, Salvador, Porras, (2017) citado por Chovanec, Hofer, Schiemer, (2003) manifiestan que el uso de peces como bioindicadores se ha ido desarrollando debido a la utilidad de proporcionar información del ambiente natural donde se encuentran, por ende, brindan facilidad para medir impactos humanos. Adicionalmente, por su tamaño estos ofrecen la posibilidad de ejecutar procedimientos analíticos que permitan la obtención de patologías relacionando de esta manera los efectos de la contaminación con el ambiente, la administración de sus recursos y las afectaciones a la salud humana.

La Constitución del Ecuador, en el Art. 276, numeral 4 establece: “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que

garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”, en concordancia con el Plan Nacional para el Buen Vivir, Objetivo 7 y su política 7.2 en el que indica: “Conocer, valorar, conservar y manejar sustentablemente el patrimonio natural y su biodiversidad terrestre, acuática continental, marina y costera, con el acceso justo y equitativo a sus beneficios”.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad de agua mediante la ictiofauna como bioindicador en el humedal El Tabacal – Rocafuerte.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Valorar la ictiofauna existente en el humedal El Tabacal – Rocafuerte.
- Determinar la calidad del agua mediante la aplicación del índice de integridad biótica (IBI) en el humedal El Tabacal – Rocafuerte.

### **1.4. IDEA A DEFENDER**

Según el índice de integridad biótica a través de la ictiofauna la calidad de agua del Humedal El Tabacal-Rocafuerte es buena.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. HUMEDAL

Los humedales son ambientes que se caracterizan por su abundante biodiversidad y su elevada productividad para exportar altas cantidades de nutrientes del medio marino. De la misma manera sirven como reclutamiento de invertebrados y peces, anidación de aves; de esta forma proporcionan servicios ambientales como control de la erosión costera e inundaciones y la producción de recursos pesqueros, estableciéndose como un lugar de atractivos turísticos (Pulido y Bermúdez, 2018).

#### 2.1.1. IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES

Entre la importancia que presentan los humedales, resalta su papel en el ciclo hidrológico, ya que sirven como reguladores de flujos de agua y en diferentes casos son fuente de abastecimiento (Hernández, 2015). Adicionalmente, por la capacidad calórica del agua, el efecto de la vegetación sobre el ambiente y la elevada productividad, estos humedales desempeñan un papel elemental en el clima mundial como reguladores de las emisiones a la atmósfera (López, Vásquez, Gómez y Priego, 2010).

#### 2.1.2. TIPOS DE HUMEDALES

Según RAMSAR, 2006, existen diferentes tipos de humedales:

- ✓ **Marinos:** Humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas, pastos marinos y arrecifes de coral.
- ✓ **Estuarinos:** Incluidos deltas, marismas de mareas y manglares.
- ✓ **Lacustres:** Humedales asociados a lagos.
- ✓ **Ribereños:** Humedales adyacentes a ríos y arroyos.
- ✓ **Palustres:** Pantanosos – marismas, pantanos y ciénagas.
- ✓ **Artificiales:** Estanques de cría de peces y camarones, estanques de granjas, tierras agrícolas de regadío, depresiones inundadas salinas, embalses, estanques de grava, piletas de aguas residuales y canales.

### **2.1.3. CALIDAD DE AGUA EN LOS HUMEDALES**

La calidad de agua de los humedales viene determinada por las características físico-químicas y biológicas que esta posea, donde los factores naturales y antropogénicos influyen en su estructura, se encuentra condicionada en relación de las necesidades o utilización que se le dé, dependiendo de la necesidad se asigna criterios de evaluación de calidad de agua en los humedales (físico, químicos o biológicos), comúnmente esos criterios se relacionan con el bienestar del ecosistema acuático (Barrero y Márquez , 2017).

### **2.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE**

El humedal El Tabacal se localiza a 5 km del cantón Rocafuerte y a 2 Km de distancia de la comunidad de Puerto Loor, al margen izquierdo. La población se dedica principalmente a la agricultura. Este posee un suelo franco arenoso, limoso, arcilloso, formado por la confluencia de los Ríos Chico y Portoviejo, tiene una extensión aproximada de 35.10 hectáreas (ha). El humedal muestra dos zonas, en las cuales una es inundada continuamente y la otra es inundable solo en la época lluviosa. En las áreas adyacentes se presentan cultivos de palma (*Cocus nucifera*) y de arroz (*Oriza sativa*) (MAE, 2015).

## **2.2. ICTIOFAUNA**

La ictiofauna o comúnmente conocidos como los peces son organismos vertebrados acuáticos, en el cual su fisiología es diferente en cada especie, lo que la determina son las condiciones ambientales en las que se encuentre su hábitat, fundamentalmente la temperatura, pH, oxígeno disuelto y nutrientes (Lorencio, 2002).

El hábitat de los peces se encuentra en aguas continentales o en el mar, debido a ello, son animales de sangre fría, así también, se pueden encontrar especies en los arroyos de las montañas y en los océanos profundos, los cuales se caracterizan por poseer vértebras, branquias y aletas, que pueden tener un esqueleto óseo, o cartilaginoso (FAO, 2011).

### **2.2.1. ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR DE CALIDAD DE AGUA EN HUMEDALES**

Según Nelson (1994), citado por Aguilar (2005), a lo largo de la historia los peces han sido utilizados como bioindicadores de la calidad de agua en los humedales en diferentes países alrededor del mundo, debido a que son el grupo más diverso de los vertebrados. Chovanec, Hofer y Schiemer (2003), manifiesta que la utilización de los peces como bioindicadores se ha incrementado debido a que estos dan información acerca del ambiente natural en donde se desenvuelven y tienen la facilidad de medir los impactos ocasionados por el hombre.

Este bioindicador se ha utilizado en investigaciones realizadas por Burgos y Pazmiño (2017), en la cual los peces han sido indicadores biológicos de la calidad del agua en el humedal La Segua, donde el recurso hídrico es manejado para diferentes actividades dentro y fuera del humedal. También se utilizaron como bioindicadores en la determinación de la calidad del agua en el humedal La Laguna de Cube desarrollada por Vergara y Zambrano (2018), donde los peces fueron indicadores de calidad de agua del medio ya que existe una abundancia de individuos notable, en dichas investigaciones los peces fueron escogidos como indicadores de calidad de agua en humedales ya que son individuos de fácil captura e identificación, las técnicas de muestreo, la manipulación de las muestras son sencillos.

### **2.2.2. DIVERSIDAD DE ICTIOFAUNA EN LAS ZONAS ICTIOHIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR**

La lista de peces de agua dulce del Ecuador se respalda en las referencias bibliográficas y en la base de datos de la recopilación de peces del Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), se ha logrado identificar diferentes especies las cuales se las ha clasificado en 11 zonas Ictiohidrográficas tomando en consideración las características de las cuencas hidrográficas que intervienen, las mismas que son el resultado de diferentes factores históricos y biogeográficos (Barriga, 2012).

El mismo autor manifiesta que la lista incluye 951 especies de peces de agua dulce, en la que la región costera tiene la zona Intermareal que se encuentra en

el límite occidental es la línea de costa en el océano Pacífico y el oriental se halla en el rango de 10 hasta los 200 msnm, aspecto que depende del nivel del terreno; a esta altitud convergen la marea y la corriente de los ríos permanentes e intermitentes, donde habitan 120 y 211 especies.

Jiménez, Aguirre, Laaz, Navarrete, Nugra, Rebolledo y Valdiviezo (2015), manifiestan que Manabí se encuentra en la zona ictiohidrográfica Intermareal, en las cuales se enumeran a diferentes especies, con lo que 92 son periféricas (marinas que penetran a estuarios); 24 secundarias (de vida principalmente estuarina); 12 introducidas; quedando finalmente 824 especies primarias (estrictamente de agua dulce), tanto para la vertiente oriental como para la vertiente occidental.

### 2.2.3. CLAVES DICOTÓMICAS

Según Vilches, Legarralde y Berasain (2012), las claves dicotómicas son las características externas de cada individuo, ayudan a la identificación de las especies, es herramienta clave de caracterización de la familia, orden y especie, entre las principales características se utilizan las siguientes:

- a. La superficie corporal (desnuda o cubierta por escamas o placas).
- b. La boca (posición, presencia de dientes).
- c. Los ojos (posición dorsal o lateral).

Por su parte, Sáez y Pequeño (2009), establecen que las claves dicotómicas son una herramienta utilizada para la clasificación e identificación de las especies icticas, para realizar el reconocimiento de las especies se deben de visualizar las características físicas de cada especie:

- **Guanchiche (*Hoplias microlepis niloticus*):**  
Características: tiene escamas duras y lisas al tacto, boca terminal; dientes cónicos mandibulares insertos en el cráneo; coloración del cuerpo marrón oscuro con manchas oscuras y claras diseminadas en el cuerpo, el vientre es blanco.
- **Vieja común (*Cichlasoma dimerus*):**  
Características: cuerpo comprimido lateralmente y de tamaño mediano; presenta una cabeza de gran tamaño provista de una boca con labios

finos y de tres a cuatro hileras de dientes; ojos bastante grandes ubicados a los lados en la zona media del cráneo.

- **Tilapia (*Oreochromis niloticus*):**

Características: cuerpo alargado, algo comprimido lateralmente; cabeza grande; escamas cicloideas; aletas con presencia de espinas duras.

- **Bante (*Cichlasoma festae*):**

Características: el cuerpo es alargado, cuenta con una cabeza muy angulada y con gruesos labios que le permiten remover el fondo en busca de camarones y otros seres vivos; aleta caudal es redondeada.

- **Huaija (*Lebiasina bimaculata*):**

Características: boca terminal; relativamente grande; dientes en ambas maxilas; escamas grandes; línea lateral ausente; presenta dos manchas oscuras una en la zona humeral y otra en el pedúnculo caudal.

#### 2.2.4. COMPOSICIÓN TRÓFICA DE LA ICTIOFAUNA

Valdez (2012), indica que la composición trófica se define como el tipo de alimentos consumidos, que identifica a cada especie, donde el crecimiento, la supervivencia y la reproducción de las especies icticas depende de la cantidad de energía y nutrientes que haya consumido por medio de la ingesta de alimentos, es así que la competencia por obtener recursos para subsistir es alta, por ello, el método más común para conocer la composición trófica de los organismos de un ecosistema es el análisis del contenido intestinal y estomacal, donde los componentes identificados representan al periodo de ingestión y digestión del alimento.

Para ello Trujillo y Toledo (2007), menciona que es necesario conocer los diferentes tipos de composición trófica existente:

- Peces omnívoros: son animales oportunistas, que se adaptan a diferentes cambios en su ecosistema, se alimentan tanto de vegetales como de pequeños animales, buscan su propio alimento, dependiendo de la situación en la que se encuentren.
- Peces detritívoros: este tipo de pez aprovechan los residuos orgánicos de otros peces, ya que se alimentan de éstos, sirven como recicladores de

ambientes acuáticos y muchas especies brindan servicios ecosistémicos ya que depuran el agua donde habitan.

- Peces herbívoros: solo se alimentan de fuentes vegetales, ya sea algas o restos de plantas, esto va a depender de la profundidad en la que habiten.
- Peces carnívoros: son peces cazadores ya que poseen dientes adecuados para morder a la presa, su alimentación se basa principalmente en peces de menor tamaño, así como de insectos, gusanos, moluscos y crustáceos.

### **2.2.5. MALFORMACIONES DE LA ICTIOFAUNA**

Argüello, Bohórquez y Silva (2014), manifiestan que las malformaciones son las anomalías estructurales presentadas en los individuos, las cuales se pueden identificar a simple vista. Existen malformaciones congénitas, las cuales se adquieren en el desarrollo embrionario y origina una o varias alteraciones morfológicas en los organismos, también se pueden originar por estar en ecosistemas contaminados por metales pesados u otra alteración química (Burgos, 2019).

FAO (2011), menciona que entre las malformaciones mayormente encontradas en los peces son las externas, las cuales tienen origen congénito o se pueden desarrollar a lo largo de la vida de los individuos. Estas son desviaciones irreversibles de cualquier parte de la anatomía del pez como en la boca, ojo, aleta pectoral, aleta ventral y aleta caudal (Argüello, *et al.*, 2014).

### **2.2.6. DISECCIÓN DE ICTIOFAUNA**

Pérez (2008) establece que la disección en peces consiste en una práctica donde se separa los tejidos del individuo para poder estudiarlas, esta técnica se utiliza para conocer la composición trófica de las especies, para ello es necesario el reconocimiento de la morfología interna de los organismos en estudio, realizando lo siguiente:

- Efectuar con tijeras quirúrgicas un corte desde la boca hasta la abertura anal.
- Con ayuda de pinzas retirar el contenido que se desea estudiar.

- Para la identificación de composición trófica se debe de analizar el contenido intestinal mínimo cuatro veces por cada individuo.

### **2.3. PROTOCOLO DE MUESTREO Y ANÁLISIS PARA LA ICTIOFAUNA DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA**

Euskal (2019), menciona que este protocolo pertenece al muestreo de fauna ictiológica de aguas de lagos, ríos y humedales, el cual se aplica para obtener muestras del estado ecológico de dichos ecosistemas, con la recopilación de la información mediante el uso de este protocolo se consiguen datos valederos para el cálculo de las siguientes métricas e índices:

- Índice de Integridad Biótica (IBI).
- Métricas de composición y riqueza de especies.
- Métricas basadas en la composición trófica (diversidad de especies).
- Métricas de abundancia y condición de peces.

### **2.4. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y CAPTURA DE ICTIOFAUNA**

De acuerdo al protocolo de muestreo y análisis para la ictiofauna de la Directiva Marco del Agua (2005), el muestreo con redes y diferentes artes de pesca ayuda a la identificación de la ictiofauna de agua dulce de los ríos, lagos y humedales.

#### **2.4.1. SELECCIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO**

La Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro (2005), establece los protocolos de muestreo y análisis para ictiofauna en lagos y embalses, en los cuales se deberá de elegir diferentes estaciones de muestreo para realizar una red de captura según las características hidromorfológicas y de hábitat, antes de efectuar la selección de las estaciones de muestreo se debe de efectuar una visita técnica in situ para así lograr visualizar los accesos al área de estudio, en el cual el número de estaciones de muestreo en volumen de agua estará dado por el área en hectáreas, profundidad, heterogeneidad del hábitat, y de los objetivos del estudio (Ver cuadro 2.1).

**Cuadro 2. 1.** Puntos de muestreo en base a la profundidad y el área (ha)

PROF (m)	ÁREA					
	<20	21 – 50	51 – 100	101– 250	251-1000	1001-5000
0 – 5,9	8	8	16	16	24	24
6 – 11,9	8	16	24	24	32	32
12 – 19,9	16	16	24	32	40	40
20 – 34,9	16	24	32	40	48	56
35 – 49,9	16	32	32	40	48	56
50 – 74,9	16		40	40	56	64
>75					56	64

Sin embargo, Vergara y Zambrano (2018), manifiestan que de acuerdo a las características del área de estudio se puede disminuir a la mitad el número de estaciones de muestreo, pero esto dependerá de la accesibilidad al terreno y la heterogeneidad del hábitat.

#### **2.4.2. REDES Y ARTES DE PESCA**

El arte de pesca más antiguo son las redes pasivas, ya que estas son las más apropiados para la captura de peces a pequeña escala y son el tipo de artes más utilizados en la pesca artesanal, este tipo de redes son estacionarias ya que se deben de anclar en la profundidad del cuerpo de agua (Bjordal, 2002).

De acuerdo a la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro (2005), las redes pasivas o estáticas mayormente utilizadas son los trasmallos ya que estos son de fácil instalación y manipulación, la eficiencia que muestra la utilización de éstos son del 95% ya que se pueden capturar diferente tipo y tamaños de peces, es conveniente utilizar un trasmallo de 3.50 milímetros (mm) y 50 metros (m) de largo ya que éstos no ocasionan ningún tipo de estrés en los peces capturados.

#### **2.4.3. MUESTREO DE ICTIOFAUNA**

Sánchez (2007), manifiesta que para que el muestreo sea igual en cada punto de muestreo y se evite tener inconsistencias en el trabajo, se debe de tener un tiempo determinado, a lo que se le nombra unidad de esfuerzo de pesca, es así

que si en el primer punto de muestreo se monitorea por un periodo de dos horas treinta minutos en los otros puntos de muestreo se tomará el mismo tiempo.

Cuando se realicen las actividades de inventario es necesario separar muestras de peces capturadas para su identificación taxonómica con sus respectivas guías de datos de captura, es necesario no conservar un número elevado de individuos ya que estos podrían deteriorarse en el traslado al laboratorio, por lo general se escogen individuos adultos, mínimo deben de conservarse dos individuos por cada especie (Pucha, 2016).

#### **2.4.4. CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ICTIOFAUNA**

De acuerdo a la FAO (2011), el método de conservación de las muestras de ictiofauna capturada mayormente utilizado por la eficacia que tiene es la congelación, esta debe darse a una temperatura inferior a los 0° C la más óptima es – 20° C, entre las ventajas que tiene la utilización de la congelación se encuentran las siguientes:

- La capacidad de congelación es alta.
- El hielo mantiene al producto a temperatura constante.
- La congelación permite que el producto no pierda sus características externas y externas.

#### **2.5. ÍNDICES COMUNES DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA ICTIOFAUNA**

Según Castro, Almeida, Ferrer y Díaz (2014) mencionan que los indicadores ambientales (ia), proporcionan información de fenómenos complejos de un sector productivo, singularmente o desde un determinado número de fenómenos ambientales. Valdés, Samboni y Carvajal (2011), para la evaluación y valoración de la calidad del agua, se emplean diversas metodologías e infinitos indicadores que a partir de un grupo de variables medidas, se genera un valor que califica y cualifica la fuente, en donde la calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros.

De acuerdo a Davis (1995), citado por Aguilar (2005) menciona que entre los principales índices de evaluación de calidad de agua mediante la ictiofauna se encuentra el índice de diversidad biológica de Shannon – Wiener para medir la

diversidad de los peces sometidos a la contaminación del agua en los años de 1960.

Así también, Karr (1981), citado por Velásquez y Vega (2004) establece que el índice de integridad biológica es utilizado comúnmente para el análisis de la calidad del agua ya éste es la capacidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad adaptada, integrada y balanceada de organismos que tienen una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable a los hábitats naturales de la región.

La medida de estado de salud de un ecosistema es la integridad biótica, la cual se encuentra asociada a las poblaciones de especies nativas que interactúan entre sí, siguiendo los procesos funcionales y naturales de la comunidad, es de aquí que parte el significado del índice de integridad biótica el cual es una herramienta metodológica que integra diferentes atributos de las comunidades de peces involucradas en un sistema y proporciona una herramienta rápida y de bajo costo para evaluar el estado de salud de un medio acuático determinado (Velásquez y Vega, 2004).

### **2.5.1. ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE ESPECIES DE SHANNON – WIENER**

García, Sarmiento, Salvador y Porras (2017) manifiestan que, a partir de la utilización de diferentes organismos como bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua de ecosistemas acuáticos, se han desarrollado distintos índices bióticos para establecer la calidad en la que se encuentran.

Entre las metodologías principales desarrolladas para la evaluación de la calidad del agua se encuentra el índice de diversidad (Shannon-Wiener) desarrollado por Espinoza, Valdez, Pérez y Castillo (2010) ya que es un índice biológico principalmente aceptado a nivel mundial debido a que refleja la uniformidad de la distribución de los taxa, su dimensionalidad, y su relativa independencia del tamaño de la muestra en el cual establece la siguiente fórmula 2.1:

$$H = - \sum P_i * \ln P_i \quad [2.1]$$

Donde:

H= Índice de Shannon-Wiener

$P_i$ = proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie  $i$ ),  $n_i/N$

$n_i$ = Número de individuos de la especie  $i$

$N$ = Número de todos los individuos de todas las especies

$\ln$ = Logaritmo natural

En el cuadro 2.2 Se muestra la diversidad de especies dada por Shannon – Wiener:

**Cuadro 2. 2.** Diversidad de especies de Shannon - Wiener

Rango	Diversidad de especies
< 2	Baja
< 3	Alta
2 - 3	Media
0	Ausencia

## 2.5.2. ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA

De acuerdo a Pinilla, Rodríguez y Camacho (2014), el índice de integridad biótica es uno de los más utilizados para evaluar el estado de salud de los ambientes acuáticos, para realizar el cálculo de este índice se establecen una serie de ocho métricas agrupadas en tres categorías, en la cual se les asigna los valores indicados por Karr (1981) los cuales van de 5, 3 y 1, de acuerdo al número de individuos identificados en cada métrica, dependiendo de la condición registrada de pésima a óptima (Ver cuadro 2.3).

**Cuadro 2. 3.** Valoración de los indicadores del IBI (Karr, 1981)

CATEGORÍAS	5	3	1
<b>Composición y riqueza de especies</b>			
a) Número de especies	>9	5 – 8	<4
b) Índice de diversidad (Shannon-Wiener)	>2,19	2,18 – 1,39	<1,38
<b>Composición trófica</b>			
c) Proporción de omnívoros (%)	<20	20 – 45	>45
d) Proporción de detritívoros (%)	>2	1	0
e) Proporción de herbívoros (%)	>3	1 – 2 %	0
e) Proporción de carnívoros (%)	>3	1 – 2 %	0
<b>Abundancia y condición de los peces</b>			
f) Número de individuos	>280	279 – 140	<140
g) Proporción de peces con anomalías (%)	0	1 – 2	3

Una vez asignados los valores correspondientes a cada métrica, se suman dichos valores por medio de la fórmula de IBI indicada por (Karr 1981) citado por Schmitter, Ruíz, Herrera y González (2011), obteniendo así la clase de integridad biótica por cada estación de muestreo:

$$IBI = \sum VRA \quad [2.2]$$

Donde:

IBI: Índice de Integridad biótica.

$\Sigma$  VRA: Sumatoria de las variables o parámetros de respuesta ambiental.

Karr, (1981) citado por Schmitter, Ruíz, Herrera y González (2011) indica que con el valor obtenido del IBI se procede a visualizar el sistema que clasifica el ambiente en estudio en seis clases de calidad (Ver cuadro 2.4), el cual se encuentra entre la clase mínima de 0 (ausencia de peces) y 36 – 40 (excelente):

**Cuadro 2. 4.** Clases de integridad biótica, atributos y puntuaciones

CLASES DE INTEGRIDAD	ATRIBUTOS
<b>EXCELENTE (36 – 40)</b>	Comparables a las mejores condiciones naturales, sin influencia del hombre; todas las especies nativas esperadas para el hábitat o tamaño del cuerpo de agua presentes, incluyendo las formas intolerantes; estructura trófica balanceada.
<b>BUENA (31 – 35)</b>	Riqueza de especies un tanto por debajo de lo esperado, debido especialmente a la pérdida de las formas intolerantes; algunas especies con distribución de la abundancia o de tamaño inferior al óptimo; la estructura trófica muestra algunos signos de estrés.
<b>REGULAR (26 - 30)</b>	Signos de deterioro adicional, incluye pocas especies intolerantes; estructura trófica más alterada (p. ej., aumento en la frecuencia de omnívoros); las mayores clases de edad de carnívoros tope pueden ser raras.
<b>POBRE (20 – 25)</b>	Dominada por omnívoros, especies tolerantes a la contaminación y de hábitat generalistas, pocos carnívoros tope; tasas de crecimiento y factores de condición comúnmente disminuidos; presencia de formas híbridas y peces con enfermedades.
<b>MUY POBRE (&lt; 20)</b>	Pocos peces presentes, la mayoría introducidos o formas muy tolerantes; los híbridos son comunes; parásitos y enfermedades frecuentes, los daños en las aletas y otras anomalías (tumores) son comunes.
<b>AUSENCIA DE PECES (0)</b>	Los peces están ausentes en repetidos muestreos.

### **2.5.2.1. COMPOSICIÓN Y RIQUEZA DE ESPECIES**

De acuerdo al sistema dado por Karr (1981), la primera categoría para realizar el cálculo del IBI en un ecosistema acuático es conocer la composición y riqueza de especies, para obtener información del número de especies capturadas se utiliza las claves dicotómicas como método de identificación, ya que con esto se logra verificar la familia, el orden y la especie a la que corresponde cada individuo.

El protocolo de muestreo y análisis para la ictiofauna de la Directiva Marco del agua (2005) menciona que la diversidad de especies por estación de muestreo se logra obtener mediante el índice de Shannon-Wiener ya que este permite conocer las especies que son tolerantes a los ambientes degradados, donde ciertas especies logran permanecer después de que el ambiente en su alrededor cambia.

### **2.5.2.2. COMPOSICIÓN TRÓFICA**

Munguía, López y Nava (2007), mencionan que la segunda categoría en estudio es conocer la composición trófica, la cual es un indicador favorable de calidad del agua, para poder obtener este apartado se debe de establecer la proporción de omnívoros, detritívoros, herbívoros y carnívoros, las cuales se reflejarán como porcentajes, ya que este representa la proporcionalidad de una parte respecto al total, es así que si un sitio decrece en calidad a medida que la simetría de omnívoros se incrementa, la dominancia de estas especies crece previsiblemente como resultado de la degradación de la base alimentaria de estos invertebrados.

Velásquez y Vega (2004), establecen que donde las muestras presentan menos del 20% de individuos omnívoros la calidad del humedal o cuerpo de agua es buena, sin embargo, aquellos lugares con un porcentaje mayor a 45% de omnívoros se encuentran ampliamente degradados.

El protocolo de muestreo y análisis para ictiofauna de la Directiva Marco del Agua (2005), especifica que para el reconocimiento de la composición trófica se realiza una disección a los individuos, la cual va desde la apertura branquial o la boca hasta la aleta anal, se debe de extraer el estómago e intestino, para luego

proceder con la extracción del contenido intestinal, para así realizar un análisis microscópico de dicho contenido.

### **2.5.2.3. ABUNDANCIA Y CONDICIÓN DE LOS PECES**

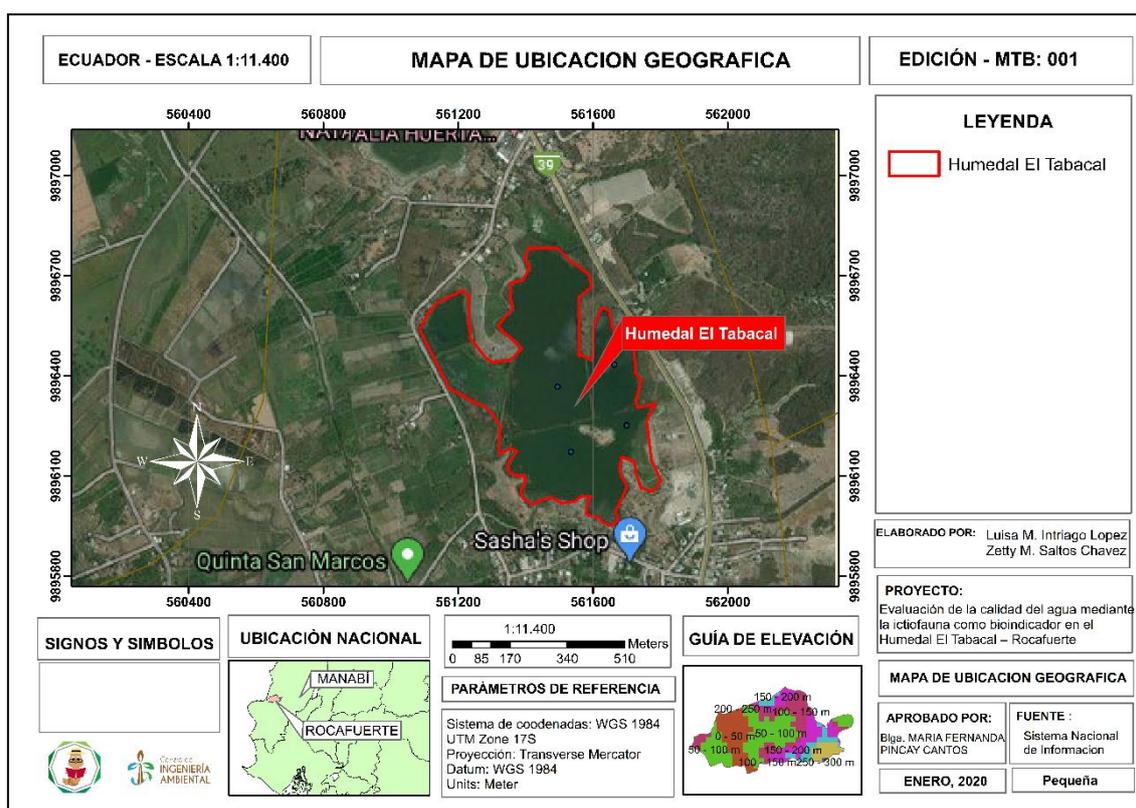
El protocolo de muestreo y análisis para la ictiofauna de la Directiva Marco del agua (2005) manifiesta que la abundancia y condición de los peces es la tercera categoría para obtener el IBI, el número de individuos es por esfuerzo de captura, se lo calcula mediante el conteo en cada punto de muestreo de todos los individuos capturados, se debe contabilizar los individuos de cada punto y cada repetición, separando el número de individuos por cada especie identificada.

Después se debe de conocer la proporción de peces con anomalías de los individuos capturados, este apartado se lo registra mediante porcentaje, en la cual se identifican las malformaciones externas de los organismos, para ello se debe de llevar un registro de los individuos detectados con anomalías (Laaz, 2012).

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

El humedal El Tabacal está ubicado en la provincia de Manabí, en el cantón Rocafuerte, a 5 km de la ciudad del mismo nombre, a una altitud de 26 msnm con una extensión de 35,10 ha. Ecológicamente el humedal presenta dos zonas claramente diferenciadas: una zona inundada perennemente y una zona inundable solo en época de lluvias, principalmente por el aporte de agua de los ríos Chico y Portoviejo, geográficamente se encuentra en las coordenadas 0° 56' 14" de latitud sur y de longitud oeste 80° 26' 56.



**Imagen 1.** Imagen satelital de la ubicación del proyecto (Humedal El Tabacal – Rocafuerte), obtenida del sistema Nacional de información geográfica (SNIG).

### 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La presente investigación se la elaboró en dos periodos. El primero estuvo comprendido por la planificación (proyecto de titulación) y el segundo periodo de elaboración (etapa de desarrollo) en los meses de octubre y noviembre del año 2019 se realizó el muestreo de la ictiofauna, cada periodo con una duración de seis meses.

### **3.3. VARIABLES DE ESTUDIO**

#### **3.3.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Calidad de agua.

#### **3.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Ictiofauna.

### **3.4. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **3.4.1. MÉTODOS**

##### **3.4.1.1. MÉTODO DE CAMPO**

Por medio de este método se extrajo muestras desde el lugar donde se origina el problema, con el fin de describir de qué modo o porque causas se produce una situación o acontecimiento particular (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2014).

##### **3.4.1.2. MÉTODO DESCRIPTIVO**

Se utilizó el método descriptivo, para llevar a cabo el análisis y la evaluación de las variables propuestas en la investigación, para así lograr el progreso de la investigación en la cual se seleccionó datos de interés para poder obtener el índice de integridad biótica (Zorrilla, 1996).

##### **3.4.1.3. MÉTODO DOCUMENTAL**

Se empleó este método para obtener información veraz y pertinente, la cual se basó en fuentes documentales de varios tipos; como impresos, electrónicos o gráficos (UNAM, 2014).

##### **3.4.1.4. ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA**

Por medio del índice de integridad biológica se evaluaron los efectos de las actividades humanas sobre los ecosistemas acuáticos, ya que las comunidades biológicas que éstos albergan son muy sensibles, de muchas formas a los cambios en los factores ambientales.

### 3.4.1.5. SISTEMA DE GEORREFERENCIACIÓN

El sistema de georreferenciación se utilizó como herramienta técnica para generar un mapa de ubicación del área de estudio y así analizar la información a la que se hace referencia espacialmente.

### 3.4.2. TÉCNICAS

#### 3.4.2.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

Esta técnica se tomó en consideración para la determinación del área de estudio, para así comprobar las vías de acceso al lugar y para verificar las actividades que se realizan en los alrededores del humedal.

#### 3.4.2.2. ENCUESTA

Para el desarrollo de la encuesta se utilizó la fórmula para diferencias finitas dada por Mora, Claros, Álvarez y Cuéllar (2013), para así obtener las encuestas necesarias de acuerdo a la población estudiada:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad [3.3]$$

Donde:

N = Total de la población

Z $\alpha$  = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

d = precisión (en su investigación use un 5%).

#### 3.4.2.3. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Mediante esta técnica se expuso los resultados obtenidos de los elementos a estudiar, por medio de tablas, histogramas o gráficos, media o promedio y así el análisis de los mismos se dé de forma menos compleja y de simple capacidad de síntesis para los interesados (Jiménez, 2010).

### **3.5. PROCEDIMIENTOS**

#### **3.5.1. FASE I. VALORACIÓN DE LA ICTIOFAUNA EXISTENTE EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE**

Para el desarrollo de esta fase se establecieron las estaciones de muestreo y la aplicación del índice de integridad biótica, para lo cual se procedió al desarrollo de las siguientes actividades:

##### **ACTIVIDAD 1. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO**

En esta actividad se realizó una visita técnica in situ en el cual se siguió lo establecido por el protocolo de muestreo y análisis para la ictiofauna de la Directiva Marco del Agua (2005) donde indica que se debió reconocer los lugares de acceso al área de estudio, para así conocer la población colindante y las actividades que los habitantes ejecutan.

##### **ACTIVIDAD 2. ANÁLISIS DE LOS USOS DEL AGUA POR PARTE DE LA COMUNIDAD CIRCUNDANTE AL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE**

Para la realización de esta actividad se utilizó la fórmula de diferencias finitas (Ver fórmula 3.3), donde la comunidad circundante al humedal cuenta con 125 habitantes, de los cuales se tomó una muestra de 46 personas. La encuesta efectuada contaba con 4 preguntas (Ver Anexo 1), y los pobladores a los que se realizó la encuesta fueron escogidos aleatoriamente, de manera que cada poblador tuvo la probabilidad de ser incluido en la muestra, con esto se logró constatar las diversas actividades que se efectúan en los alrededores del humedal.

##### **ACTIVIDAD 3. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO Y DEL ÁREA DE CAPTURA**

Para el desarrollo de esta actividad se utilizó el protocolo de muestreo y análisis para la ictiofauna de la Directiva Marco del Agua promulgada en el 2005, en la cual se tomó en cuenta el área total del humedal (35,10 ha) y una profundidad estimada de 4 y 6 metros se establecieron 8 estaciones de muestreo, sin embargo, se tomó el criterio de Vergara y Zambrano (2018) donde menciona que por la falta de accesibilidad del terreno se puede disminuir el número de estaciones de muestreo a la mitad, obteniendo un total de 4 puntos de muestreo

(Ver anexo 2-A), después de haber establecido el número de estaciones a muestrear se procedió a la toma de las coordenadas, para luego georreferenciarlas en un mapa de ubicación, por medio del programa ArcGis 10.4.1.

#### **ACTIVIDAD 4. MUESTREO DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Siguiendo el protocolo de muestreo y análisis de la Directiva Marco del Agua (2005) se utilizó una red estática (trasmallo) con un diámetro de 3.50 milímetros (mm) y 50 metros (m) de largo, ya que con este tipo de red los individuos capturados no se vieron afectados por estrés (Ver anexo 2-B). Se efectuaron cuatro estaciones de muestreo en la época seca, en las cuales se realizó tres monitoreos en tres semanas diferentes, en los meses de octubre y noviembre del año 2019, dos se los ejecutó en horas de la mañana (7:00 am y 9:00 am) y uno se efectuó en horas de la tarde (15:00 pm) (FAO, 2018). Después se tomó registro de los datos de captura en hojas de campo previamente establecidas por Directiva Marco del Agua promulgada en el 2005 (Ver anexo 2-C).

#### **ACTIVIDAD 5. APLICACIÓN DE CLAVES DICOTÓMICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA ICTIOFAUNA ENCONTRADA**

Realizada la extracción de los peces se efectuó la conservación de los mismos mediante lo establecido por la FAO (2011), en la que se transportó los individuos al laboratorio de microbiología de la ESPAM "M.F.L", se envolvieron los peces en papel aluminio y se procedió a su inmediata congelación a una temperatura de  $-20^{\circ}$  C, para la identificación del número de especies se utilizó las claves dicotómicas establecidas por Sáez y Pequeño (2009). Luego se procedió a calcular la diversidad de especies por medio de la aplicación del índice de Shannon – Wiener (Ver fórmula 2.1). Posteriormente se realizó un análisis microscópico para conocer la composición trófica de las especies capturadas, para esto se tomó en cuenta el criterio de Pucha (2016), ya que establece que mínimo deben de conservarse dos individuos de cada especie para realizar este tipo de análisis. Luego se empleó el protocolo de muestreo y análisis para ictiofauna de la Directiva Marco del Agua (2005), en el cual una vez trasladados los individuos al laboratorio se los descongeló a una temperatura de  $25^{\circ}$  C, después se efectuó una disección de los individuos (Ver anexo 2-D), se extrajo

el estómago e intestino (Ver anexo 2-E), luego se colocó lo extraído en una caja Petri y con una pinza de disección recta punta roma se sacó el contenido estomacal e intestinal y se lo ubicó en un portaobjetos, se lo cubrió con el cubreobjetos y se trasladó la muestra hacia el microscopio para observar el contenido extraído de cada individuo (Ver anexo 2-F), esto se lo realizó cuatro veces por individuo.

Consecuentemente se procedió a contabilizar el número de individuos capturados de acuerdo al protocolo de muestreo y análisis para ictiofauna de la Directiva Marco del agua (2005) la cual se realizó por cada esfuerzo de captura, lo que quiere decir que se efectuó el conteo de individuos por cada estación de muestreo y por cada especie identificada. Para conocer el porcentaje que ocupa cada especie dentro del total de los individuos capturados se utilizó la fórmula 3.4 establecida por Espinel, Bruno y Plasencia (2010):

$$\%individuos = \frac{NT_{individuos\ por\ especie}}{NT\ de\ individuos\ capturados} * 100\% \quad [3.4]$$

Donde:

NT individuos por especie = Número total de individuos por especie.

NT de individuos = Número total de individuos capturados.

La proporción de peces con anomalías se la conoció mediante el método de Laaz (2012), en el que para conocer las anomalías de los individuos se visualizó la alteración en sus características morfológicas (boca y aletas) y también se los cuantificó.

### **3.5.2. FASE II. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA (IBI) EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE**

El cálculo del IBI se lo realizó mediante la valoración indicada por Karr (1981), en el cual se le asignó valores de 5, 3 y 1 a las categorías, basado al número de individuos que se haya obtenido en las estaciones monitoreadas (Ver cuadro 2.3). Después de asignarles valores a las métricas se procedió a sumar cada valor dado por medio de la fórmula del IBI indicada por Karr (1981) (Ver fórmula 2.2). Obteniendo la clase de integridad por cada estación de muestreo y la clase de IB del humedal (Ver cuadro 2.4).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. VALORAR LA ICTIOFAUNA EXISTENTE EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE

#### 4.1.1. Reconocimiento del área de estudio

Previo a la valoración de la ictiofauna existente en el humedal El Tabacal – Rocafuerte se realizó una visita técnica en la cual se logró visualizar la existencia de una vía de acceso principal y una vía secundaria (Ver anexo 3-A). Se logró seleccionar cuatro estaciones de muestreo (Ver anexo 3-B) las cuales estuvieron separadas con una distancia aproximada de 180 metros una con otra.

#### 4.1.2. Análisis de los usos del agua por parte de la comunidad circundante al humedal El Tabacal – Rocafuerte

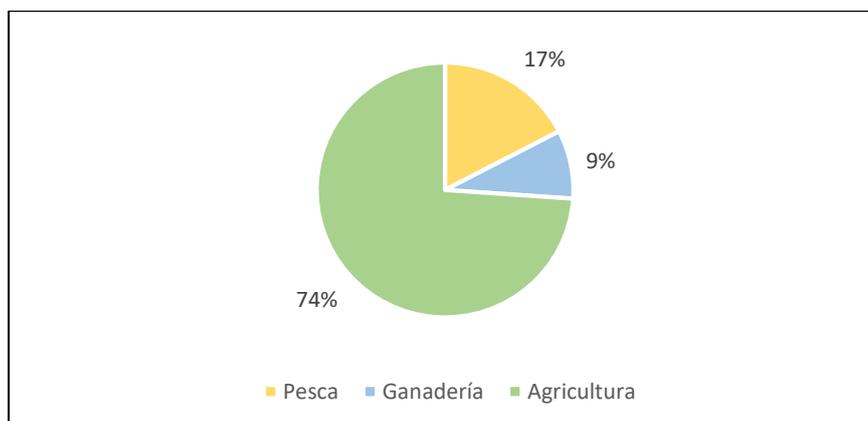
Posteriormente para el análisis de los usos del agua del humedal se realizaron 46 encuestas, mismas que fueron aplicadas a los moradores de la comunidad El Tabacal.

$$n = \frac{125 \text{ hab} * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,05^2 * (125 \text{ hab} - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95} \quad [4.1]$$

$$n = 46,31 \text{ hab} \cong 46 \text{ hab}$$

En los siguientes gráficos se muestran los resultados obtenidos por las encuestas realizadas:

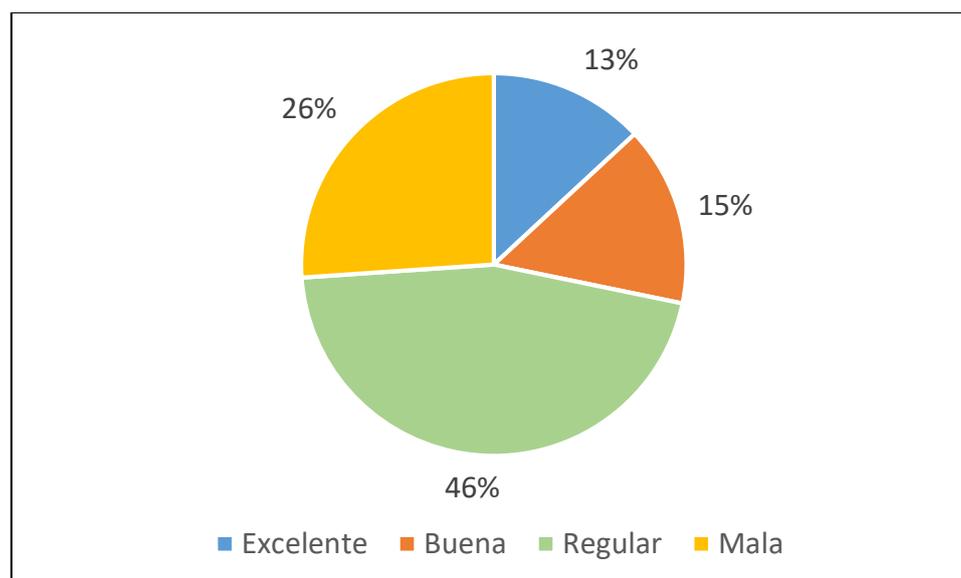
**PREGUNTA 1.-** ¿Según su criterio, mencione la ocupación laboral predominante en el humedal?



**Gráfico 4.1.** Ocupación laboral

En los alrededores del humedal, mediante la encuesta se pudo determinar que con un 74% la agricultura es la ocupación laboral predominante en el humedal, siendo los cultivos más representativos el maíz (*Zea mays*) y el arroz (*Oryza sativa*), con un 17% se encontró especies para el comercio local tales como la Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Vieja común (*Cichlasoma dimerus*), Bante (*Cichlasoma festae*), entre otros, finalmente la ganadería constituye el 9% que simboliza la crianza de ganado porcino y vacuno. En el Ecuador la economía se encuentra íntimamente relacionada a la presencia de los recursos naturales, en los que predomina el recurso agua (Mendoza *et al.*, 2019). Es así que el 84% de la economía de la región se da por la agricultura y la provincia de Manabí provee del 13% del total de la producción agrícola (Gómez, 2016). La pesca artesanal ocupa el segundo lugar a nivel nacional ya que el 57% de la población realiza esta actividad, sin embargo, la actividad ganadera se posiciona en el cantón Rocafuerte como uno de los principales cantones productores de ganado de la provincia (Zambrano, 2014).

**PREGUNTA 2.-** ¿Cómo considera usted que se encuentra la calidad del agua en el humedal?



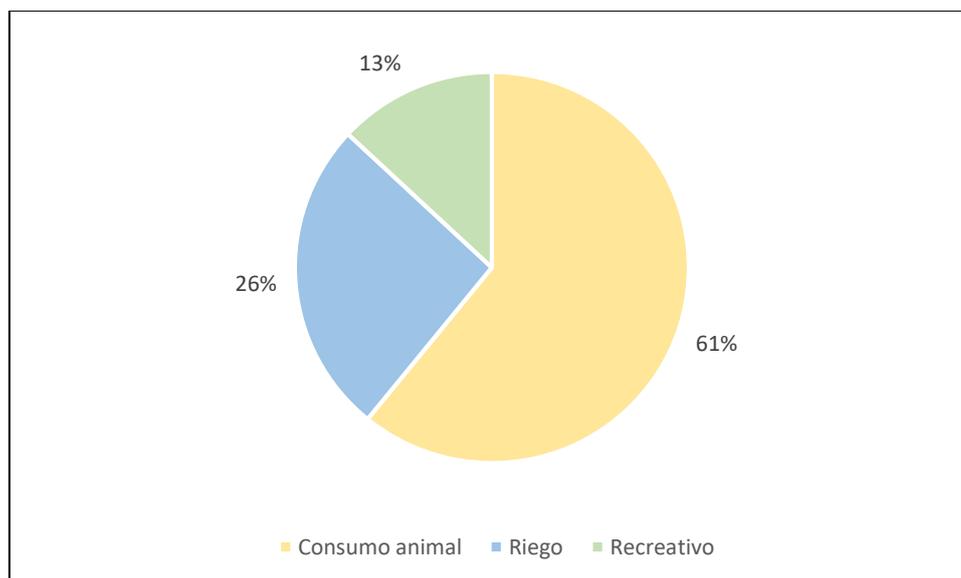
**Gráfico 4.2.** Calidad del agua

El 46% de los habitantes señalaron que la calidad del agua del humedal se encuentra en estado regular, ya que el 26% menciona que el agua presenta cambios en su color, aumento de la sedimentación manifestado como agua de color verdoso y disminución de la ictiofauna existente; seguido del 15% que

mencionaron que el agua se encuentra en buen estado y un 13% recalca que el agua se encuentra en excelente estado, debido al poco conocimiento sobre el tema de calidad de agua.

De acuerdo a Wheaton (1993) citado por Vélez (2014) menciona que en un estudio previo sobre la calidad de agua en el humedal El Tabacal observa un agua de calidad media, lo cual puede provocar problemas a nivel ecológico en los organismos que viven en el agua. Sin embargo, a medida que avanza el cambio de uso de suelo en los alrededores del humedal particularmente por el incremento de la agricultura y el pastoreo, éste se degrada cada vez más (RAMSAR, 2013), por otro parte Pacheco, Vera y Palma, (2017) mencionan que en el Humedal La Segua se presentan complejos problemas relacionados con mala calidad del agua por eutrofización y uso de agroquímicos, contaminación del suelo, aumento de sedimentación, reducción del tamaño del cuerpo de agua, y cambios en la biodiversidad, especialmente en especies de la ictiofauna.

**PREGUNTA 3.-** ¿Mencione para qué uso emplea usted el agua del humedal?

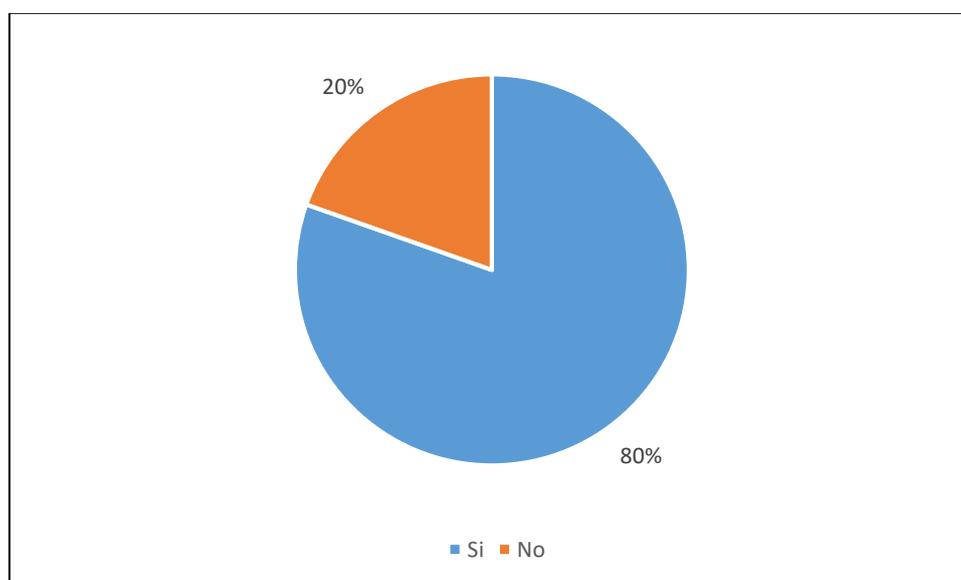


**Gráfico 4.3.** Usos del agua

Para este cuestionamiento el 61% de los habitantes del humedal señalaron que el agua del humedal se emplea para consumo animal tales como bebida de ganado porcino y vacuno, seguido del 26% que indicaron su utilización para el riego de cultivos y un 13% mencionó su uso recreativo para la pesca.

De acuerdo a la UNESCO (2013) los servicios eco sistémicos brindados por los humedales son esenciales para el desarrollo de la sociedad y el uso que se le dé al agua que proviene de estos cuerpos hídricos es fundamental para el cuidado de los mismos, así también, el (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009) señala que el consumo de agua en diferentes tipos de animales y especialmente en el ganado vacuno disminuye gradualmente a medida que la calidad de ésta se reduce, por el contrario, si el agua es buena o moderadamente buena el ganado va a consumir satisfactoriamente el agua proveniente del cuerpo de agua.

**PREGUNTA 4.-** Desde su punto de vista ¿ha notado cambios severos en el humedal dentro de la última década como por ejemplo pérdida de peces?



**Gráfico 4.4.** Cambios observados en el humedal

El 80% de los habitantes del humedal indicaron que han notado cambios significativos, debido a las actividades que se realizan en sus alrededores, tales como la introducción de especies como la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) que ha desplazado totalmente al Chame (*Dormitator latifrons*) motivo por el cual ya no existe presencia de esta especie. El 20% de la población manifiesta que no visualiza cambios extremos en el humedal, ya que estos no se benefician de la existencia del mismo.

Según Vélez (2014), en los alrededores del humedal se presentan cambios de uso de suelo, en donde la agricultura es la fuente principal para que ocurra esto,

lo que hace visible un cambio en la estructura del humedal, por la construcción de canales para desviar el agua para el riego de las especies cultivadas.

RAMSAR (2014), manifiesta que la utilización de los humedales en actividades agrícolas altera las funciones ecosistémicas ya que el drenaje del agua y la conversión de las tierras a monocultivos, la introducción de especies de flora y fauna invasoras, traen consigo enfermedades animales que provocan alteración en la reproducción, migración y alimentación de la fauna, es por ello que es prioritario el conocimiento de las actividades laborales que se ejecutan dentro y fuera del humedal, sin embargo, Florez (2007), menciona que el conocimiento de los usos que se le den al agua de los humedales trae consigo beneficios para la población ya que las actividades productivas (agricultura, pesca artesanal y ganadería) si se la realiza de forma ordenada y sostenible puede demarcar beneficios para el cuidado y mantenimiento de los humedales.

#### **4.1.3. Selección de las estaciones de muestreo y del área de captura**

En el cuadro 4.1. se describen las características, coordenadas y la profundidad de las cuatro estaciones de muestreo. La estación A se seleccionó debido a que es un área de pesca artesanal, en ésta se puede visualizar la presencia de vegetación enraizada y de especies graminales las cuales sirven de refugio de los peces (Rodríguez y Ponce, 2017). La selección de la estación B se debió a que los habitantes ocupan el agua de esta parte del humedal para riego de los cultivos y para la distribución en el ganado vacuno.

Las estaciones C y D se las escogió por encontrarse cerca de la población, la cual ocupan el recurso hídrico para diversas actividades, en estas estaciones se presenta la similitud en las características de poseer vegetación hidrófila que, de acuerdo a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (2013) este tipo de plantas se enraízan en el fondo con hojas grandes lo que ayuda a cubrir grandes áreas y permiten resguardar, criar y proteger a muchas especies de peces, sin embargo, Paz (2011), menciona que la flora hidrófila crece desproporcionadamente y esto limita el espacio en los cuerpos de agua lo cual dificulta el crecimiento de los peces que habitan el lugar.

**Cuadro 4. 1.** Descripción de las zonas de muestro: Características, coordenadas y profundidad

Estaciones de muestreo	Características	Coordenadas		Profundidad (m)
		X	Y	
A	Muestra vegetación enraizada en las riberas que llega a medir hasta los 2.5 m de alto, también existen especies graminales y esporádicas comunidades de totorales.	561663.35	9896433.34	3.5
B	Presenta vegetación hidrófila, una corriente lenta, es de difícil acceso debido a la vegetación que existe.	561495.33	9896366.98	2
C	Se encuentra en aguas abiertas, con presencia de especies hidrofílicas y vegetación enraizada en las riberas.	561700.27	9896251.18	2
D	Constituido por pequeños islotes flotantes, especies vegetales hidrófilas.	561535.09	9896171.77	2.3

Fuente: Las autoras.

#### 4.1.4. Muestreo del área de estudio

El muestreo se desarrolló en época seca (octubre y noviembre del 2019), ya que se considera que las comunidades acuáticas se localizan más estables y no existe presencia de inundaciones provocadas por las lluvias. Los horarios establecidos para la ejecución del muestreo fueron dos en la mañana (7:00 y 9:00 am) y uno en horario de la tarde (15:00 pm) (Ver anexo 4), ya que de acuerdo a la FAO (2018), existe mayor probabilidad de capturas abundantes en las primeras horas de la mañana de 6:00 am hasta las 9:00 am y asimismo menciona que en horas de la tarde también es recomendable realizar captura de peces ya que éstos buscan horas de tranquilidad donde el medio se encuentre en silencio para así realizar su desarrollo en calma.

#### 4.1.5. Aplicación de claves dicotómicas para la identificación de la ictiofauna encontrada

En el cuadro 4.2. se detalla el número de especies identificadas en el tiempo de muestreo realizado, por medio de las claves dicotómicas se obtuvo un total de 3 familias, 2 órdenes y 5 especies, donde el orden predominante son los perciformes ya que se encuentra presente en tres especies; Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Vieja común (*Cichlasoma dimerus*) y Bante (*Cichlasoma*

*festae*), de acuerdo a Barriga (2012), el orden perciforme se encuentra en la mayoría de los cuerpos de agua y en Manabí es el orden que lidera.

**Cuadro 4. 2.** Especies identificadas en el humedal El Tabacal – Rocafuerte

FAMILIA	ORDEN	ESPECIE
Cichlidae	Perciformes	Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )
Cichlidae	Perciformes	Vieja común ( <i>Cichlasoma dimerus</i> )
Erythrinidae	Characiformes	Guanchiche ( <i>Hoplias microlepis niloticus</i> )
Cichlidae	Perciformes	Bante ( <i>Cichlasoma festae</i> )
Lebiasinidae	Characiformes	Huaija ( <i>Lebiasina bimaculata</i> )

Fuente: Las autoras.

En el cuadro 4.3. se muestra el índice de diversidad de especies de Shannon – Wiener, el cual se calculó a partir de las especies encontradas en el muestreo realizado, las estaciones de muestreo **A**, **B** y **C** tienen una diversidad baja ya que los valores se mantuvieron entre 1,62 y 1,78. Mientras que en la estación **D** muestra una diversidad media, cuyo valor se encuentra en 2,20, esto se debe a que existe un equilibrio en la abundancia de las especies muestreadas, sin embargo, en las otras estaciones la especie que predomina es la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) ya que de acuerdo a Pérez, Muñoz, Huaquín y Nirchio, (2004) mencionan que esta especie coloniza los ecosistemas, e impide el desarrollo de una diversidad amplia de especies.

**Cuadro 4. 3.** Índice de Shannon-Wiener

ESPECIE	ESTACIÓN DE MUESTREO			
	A	B	C	D
	-Pi * Ln Pi	-Pi * Ln Pi	-Pi * Ln Pi	-Pi * Ln Pi
<i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia)	0,45	0,51	0,45	0,52
<i>Cichlasoma dimerus</i> (Vieja común)	0,45	0,44	0,36	0,32
<i>Hoplias microlepis niloticus</i> (Guanchiche)	0,41	0,51	0,41	0,51
<i>Cichlasoma festae</i> (Bante)	0,22	0,18	0,30	0,47
<i>Lebiasina bimaculata</i> (Huaija)	0,08	0,15	0,25	0,38
<b>ÍNDICE DE SHANNON -WIENER</b>	1,62	1,78	1,76	2,20

Fuente: Las autoras.

La composición trófica de las especies se conoció mediante el tipo de alimentación de cada especie, la misma se la obtuvo mediante un análisis del

contenido intestinal. Llamazares, (2014) indica que el conocimiento de la dieta alimenticia de la ictiofauna identificada en el trabajo de campo ayuda a obtener una idea clara de las relaciones tróficas existente en los ecosistemas acuáticos.

En el cuadro 4.4. se presenta la composición trófica de las especies capturadas, el análisis se lo realizó en el laboratorio de microbiología de la ESPAM “M.F.L”, se obtuvo que las especies estudiadas son omnívoras ya que el contenido intestinal estaba compuesto por algas de aguas superficiales y de agua limpia, se visualizó que algunos individuos de la especie Tilapia (*Oreochromis niloticus*) consumen ciertas algas de agua contaminada como las del género *phacus*, sin embargo, en el estudio no se encontró especies detritívoras, insectívoras o carnívoras. Sarmiento (2018), menciona que las microalgas del género *Phacus* se encuentran en cuerpos de aguas estancadas y con gran porcentaje de nutrientes, así mismo Serrano, Nuñez, Mondragon y Pereira (2014), manifiestan que este tipo de microalgas son consideradas indicadoras de calidad de agua, ya que habitan en cuerpos de aguas ligeras y medianamente contaminadas.

**Cuadro 4. 4.** Composición trófica de las especies capturadas

ESPECIES	CONTENIDO INTESTINAL	COMPOSICIÓN TRÓFICA
<i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia)	Algas filamentosas, larvas de insectos, plancton y algas de aguas superficiales como zygnuma, oocystis, y ciertas algas de agua contaminada como <i>phacus</i> .	Omnívoro
<i>Cichlasoma dimerus</i> (Vieja común)	Algas de aguas limpias como cocconeis, navícula y diversas larvas de insectos.	Omnívoro
<i>Hoplias microlepis niloticus</i> (Guanchiche)	Micro algas, algas filamentosas, algas de aguas superficiales y limpias como zygnuma, oocystis, cocconeis, navícula y diversas larvas de insectos	Omnívoro
<i>Cichlasoma festae</i> (Bante)	Emergentes sumergidos, micro plásticos, algas de aguas limpias como cocconeis y navícula.	Omnívoro
<i>Lebiasina bimaculata</i> (Huajja)	Larvas de insectos, plancton, microalgas y algas de aguas superficiales.	Omnívoro

**Fuente:** Las autoras.

En el cuadro 4.5. se presenta el número de individuos encontrados por cada especie y por cada estación muestreada. Teniendo un total de 2203 individuos, en el que la especie con una mayor presencia de individuos es la tilapia (*Oreochromis niloticus*) con 1147 individuos lo que representa el 52%, esto puede deberse a que esta especie es invasora y se puede adaptar a cualquier

ecosistema rápidamente (CONABIO, 2014) y la especie menos representativa es la huaija (*Lebiasina bimaculata*) con 106 individuos, lo que constituye el 5% del total de especies.

La estación de muestreo más representativa es la **A** con 678 individuos, seguidos por la estación **C** con 616 individuos, la estación **B** con 570 individuos y la menos representativa fue la **D** con 339 individuos. El número de especies encontradas en la estación **A** se debe a que se encontraba en un área provista por vegetación enraizada en las riberas la cual provee de nutrientes necesarios para el desarrollo de la ictiofauna en diferentes cuerpos de agua dulce y la cantidad de individuos muestreados en la estación **C** es directamente proporcional a la estación A, debido a que mantienen similitudes en sus características vegetales.

El MAE (2009) manifiesta que la tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una especie resistente a los cambios fisicoquímicos extremos del entorno acuático, lo cual le permite obtener una distribución geográfica extensa, es considerada una especie invasora, que ha puesto en peligro la fauna ictiológica presente en los humedales. Por su parte Jiménez *et al.*, (2015) mencionan que la huaija (*Lebiasina bimaculata*) es una especie que puede soportar bajas concentraciones de oxígeno, pero ésta se encuentra en peligro por ser parte de la dieta alimenticia de diferentes especies de peces como la *Oreochromis niloticus*.

**Cuadro 4. 5.** Cantidad de ictiofauna localizada en cuatro puntos de muestreo

ESTACIÓN DE MUESTREO	ESPECIES					TOTAL	
	<i>Oreochromis niloticus</i> (Tilapia)	<i>Cichlasoma dimerus</i> (Vieja común)	<i>Hoplias microlepis niloticus</i> (Guanchiche)	<i>Cichlasoma festae</i> (Bante)	<i>Lebiasina bimaculata</i> (Huaija)		
<b>A</b>	402	127	104	36	9	678	
<b>B</b>	276	98	158	21	17	570	
<b>C</b>	364	70	92	52	38	616	
<b>D</b>	105	32	91	69	42	339	
<b>N° TOTAL DE INDIVIDUOS</b>	NT	1147	327	445	178	106	2203
<b>%</b>		52%	15%	20%	8%	5%	100%

Fuente: Las autoras.

En la investigación realizada, no se registró la existencia de peces con anomalías o malformaciones físicas, lo que se asume la ausencia de contaminantes químicos en el agua ya que de acuerdo a Burgos (2019), la sobreexposición de los individuos a metales pesados y a diversas sustancias químicas como herbicidas, pesticidas, entre otros, pueden formar daños severos en los peces, así como también provocar graves enfermedades.

#### **4.2. DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA (IBI) EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE**

Para la determinación de la calidad del agua del humedal El Tabacal – Rocafuerte se utilizó el índice de integridad biótica (IBI), en el cuadro 4.6. se presenta el IBI, con las respectivas categorías con sus valores encontrados (VE) y el Valor indicado (VI) que se aplicaron para cada estación de muestreo, donde la categoría que más influyó en la investigación fue la composición trófica de las especies identificadas, ya que tomando en consideración lo establecido por Velásquez y Vega (2004), los ecosistemas que presentan menos del 20% de especies omnívoras serán ambientes con calidad de agua buena, mientras que si presentan más del 45% de especies omnívoras serán ambientes degradados, así se obtuvo que la clase de integridad biótica de las estaciones muestreadas es pobre.

La investigación de Burgos y Pazmiño (2017), realizada en el humedal La Segua - Chone, presenta similitud ya que el IBI fue de clase pobre debido a que la especie predominante fue la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) una especie introducida, invasora, que se comercializa en forma intensiva y tiene una dieta omnívora. Así también, Vergara y Zambrano (2018), obtuvieron una clase de IB similar ya que el humedal la laguna de Cube – Quinindé, se encuentra predominancia de la misma especie, lo que hace visible que la Tilapia se encuentra introducida en casi todos los cuerpos de agua dulce y ha puesto en peligro la diversidad de especies nativas en los humedales (Kalesnik y Quintana, 2005). El tipo de clase de IB pobre en los humedales, denotan la presencia de contaminación en las aguas de éste, ya que no todas las especies se pueden adaptar a los cambios en la composición del agua, sumado a esto la presencia

de actividades antropogénicas en aumento tales como; pecuarias y agrícolas, han puesto en riesgo la diversidad de especies en los ecosistemas acuáticos (RAMSAR, 2010).

**Cuadro 4. 6.** Índice de Integridad Biótica IBI de las estaciones de muestreo

CATEGORÍA		ESTACIÓN DE MUESTREO							
		A		B		C		D	
		VE	VI	VE	VI	VE	VI	VE	VI
<b>Composición y riqueza de especies</b>	Número de especies	5	3	5	3	5	3	5	3
	Índice de diversidad (Shannon-Wiener)	1,62	3	1,78	3	1,76	3	2,20	5
<b>Composición trófica</b>	Proporción de omnívoros (%)	100	1	100	1	100	1	100	1
	Proporción de detritívoros (%)	0	1	0	1	0	1	0	1
	Proporción de insectívoros (%)	0	1	0	1	0	1	0	1
	Proporción de carnívoros tope (%)	0	1	0	1	0	1	0	1
<b>Abundancia y condición de los peces</b>	Número de individuos (por esfuerzo de monitoreo)	678	5	570	5	616	5	339	5
	Proporción de peces con anomalías (%)	0	5	0	5	0	5	0	5
<b>ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA (IBI)</b>		20		20		20		22	
<b>CLASES DE INTEGRIDAD BIÓTICA</b>		POBRE		POBRE		POBRE		POBRE	

VE= Valor encontrado, VI= Valor indicado.

Fuente: Las autoras.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- En el humedal se desarrollan diversas actividades productivas, donde la agricultura ocupa un 74% de la ocupación laboral, para el criterio de los habitantes del área, el uso del agua predominante es de consumo animal con un 61%. Se identificaron 5 especies de ictiofauna, donde la más abundante es la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) con 1147 individuos y la especie menos representativa fue la Huaija (*Lebiasina bimaculata*) con 106 individuos, esto se debe a que la Tilapia es una especie oportunista ya que se adapta a cualquier ecosistema acuático y se convierte en depredador de otras especies de menor tamaño como la Huaija, también ha provocado que el chame desaparezca del humedal.
- Las estaciones A, B y C, presentaron una diversidad de especie baja con 1,72 mientras que la D obtuvo una diversidad media con 2,20 siendo A la estación de muestreo más representativa con 678 individuos, en la cual el humedal es dominado por especies omnívoras.
- La aplicación del índice de integridad biótica (IBI) ponderó una calidad del agua del Humedal pobre ya que la clase del IBI osciló entre el rango de 20-25 obteniéndose en la estación A (20), B (20), C (20) y la estación D (22), con un porcentaje del 100% POBRE.

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones de este tipo en época lluviosa a fin de establecer una diferenciación y/o relación de la integridad biológica a lo largo del año.
- Incorporar índices de calidad de agua con variables fisicoquímicas a posteriores investigaciones con el Índice de Integridad Biológica a fin de correlacionar los datos obtenidos, pues el IBI a partir de la ictiología presenta la ventaja de ser económicamente rentable y proporciona resultados rápidos para la toma de decisiones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. 2005. Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. (En línea). Consultado, 03 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art78/ago\\_art78.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art78/ago_art78.pdf)
- Argüello, W; Bohórquez, M y Silva, A. 2014. Malformaciones craneales en larvas y juveniles de peces cultivados. *Latin american journal of aquatic research*, 42(5), 950-962.
- Barrero, M y Márquez, A. 2017. Evaluación de la Calidad del Agua en el Humedal La Conejera, Localidad 11 de Suba.
- Barriga, R. 2012. Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. (En línea). Consultado, 16 de jul. 2019. Formato PDF. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5068/4/Peces%20agua%20dulce-intermareales%20Ecuador%202012Politecnica30%283%29.pdf>
- Bjordal, A. 2002. Uso de medidas técnicas en la pesca responsable: regulación de artes de pesca. FAO, Documento Técnico de Pesca (FAO).
- Burgos, J y Pazmiño, G. 2017. Ictiofauna como bioindicador de calidad de agua en el humedal La Segua-Chone (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM).
- Burgos, M. 2019. Malformaciones encontradas en alevines de salmón del atlántico (*Salmo salar*) provenientes de ovas nacionales e importadas en una piscicultura de la Décima Región, Chile (Doctoral dissertation, Dissertation, Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/1999/fvb957m/doc/fvb957m.pdf>. Accessed 7/19).
- Castro, M; Almeida, J; Ferrer, J y Díaz, D. 2014. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería solidaria*. Vol. 10(17). p 111-124.
- Chovanec, A., Hofer, R. y Schiemer, F. 2003. Pez como bioindicadores. *Bioindicadores y Biomonitores Principios, Conceptos y Aplicaciones*. Elsevier. Vol. 6. p 639-676.
- CONABIO. 2014. *Oreochromis niloticus*. (En línea). Consultado, 04 de feb. 2020. Formato PDF. Disponible en

[http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/LI007\\_Anexo\\_10\\_Ficha\\_Oreochromis\\_niloticus.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/LI007_Anexo_10_Ficha_Oreochromis_niloticus.pdf)

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2013. Programa de conservación y manejo del sitio RAMSAR estero Majahuas. (En línea). Consultado, 07 de May. 2020. Formato PDF. Disponible en [http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/lineamientos\\_instrumentos/ESTERO\\_MAJAHUAS.pdf](http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/lineamientos_instrumentos/ESTERO_MAJAHUAS.pdf)

Contreras, K; Contreras, J; Corti, M; De Sousa, J; Durán, M y Escalante, M. 2008. El agua un recurso para preservar. (En línea). Consultado, 03 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.eventos.ula.ve/ciudadesostenible/documentos/pdf/agua.pdf>

Delgado, S. 2011. Horarios de pesca. Disponible en <https://www.guioteca.com/pesca-con-mosca/%C2%BFcual-es-la-mejor-hora-para-pescar/>

Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. 2005. ES. (En línea). Consultado, 16 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual\\_ictiofauna.pdf](http://195.55.247.234/webcalidad/estudios/indicadoresbiologicos/Manual_ictiofauna.pdf)

Espinel, M., Bruno, A., y Plasencia, I. 2010. La comprensión de gráficas de porcentaje de variación en situaciones cotidianas. Revista Iberoamericana de educación Matemática, 1(24), 83-102.

Espinoza, V; Valdez, J; Pérez, G y Castillo, A. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Revista Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. Vol. 26. (1). p 1-17

Euskal, U. 2019. Protocolo de muestreo y análisis para la ictiofauna de la Directiva Marco del Agua. (En línea). Consultado, 16 de jun. 2020. Formato PDF. Disponible [https://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informacion/protocolos\\_estado\\_aguas/es\\_def/adjuntos/03\\_RW\\_FAUNA\\_ICTIOLOGICA\\_URA\\_V\\_2.0.pdf](https://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informacion/protocolos_estado_aguas/es_def/adjuntos/03_RW_FAUNA_ICTIOLOGICA_URA_V_2.0.pdf)

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Los peces y su sanidad. (En línea). Consultado, 16 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Los peces y su sanidad. (En línea). Consultado, 16 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. FAO, Roma.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta. (En línea). Consultado, 14 de may. 2019. Formato HTML. Disponible en <http://www.fao.org/news/story/es/item/1141818/icode/>
- Finlayson, M; D'Cruz, R; Davidson, N. 2005. Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua. (En línea). Consultado, 14 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en [https://www.millenniumassessment.org/documents/MA\\_WetlandsandWater\\_Spanish.pdf](https://www.millenniumassessment.org/documents/MA_WetlandsandWater_Spanish.pdf)
- Florez, G. 2007. Servicios ecosistémicos y variables socioambientales determinantes en ecosistemas de humedales. Sector el ocho y paramo de letras Manizales Colombia Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 1, 2015, pp. 173-179 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México
- Gandioli, L. 2020. Agroquímicos en el agua. (En línea). Consultado, 04 de feb. 2020. Formato HTML. Disponible en <https://ciencia.ladiaria.com.uy/articulo/2020/3/agroquimicos-en-el-agua-investigacion-analizo-los-efectos-combinados-y-separados-del-glifosato-y-el-clorpirifos-en-madrecitas-peces-orilleros/>
- García, J; Sarmiento, L; Salvador, M y Porras, L. (2017) Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. Revisión corta. UGCiencia. Vol. 23. p 47-62.

- Gómez, M. 2016. Sectores de la economía ecuatoriana desde una perspectiva empresarial: aplicación de la Matriz Boston Consulting Group (BCG). Universidad de las Américas (UDLA). p. 12.
- Hernández, S. 2015. Indicadores de calidad ambiental de humedales. (En línea). Consultado, 03 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1136/Santiago%20Hernandez%20Henao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2009. Calidad de agua para bebida de animales. (En línea). Consultado, 10 de feb. 2020. Formato PDF. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_guia\\_calidad\\_agua\\_bebida\\_animales.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_guia_calidad_agua_bebida_animales.pdf)
- Jiménez, J. 2010. Técnicas estadísticas. (En línea). Consultado, 20 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en: <https://www.sefh.es/bibliotecavirtual/erroresmedicacion/010.pdf>
- Jiménez, P., Aguirre, W., Laaz, E., Navarrete, R., Nugra, F., Rebolledo, E., Zárate, E., Torres, A. & Valdiviezo, J. 2015. Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Esmeraldas: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad. p. 415.
- Kalesnik, F y Quintana, R. 2005. Las especies invasoras en los sistemas de humedales del Bajo Delta del Río Paraná. La situación ambiental argentina, 164-167.
- Karr, J. 1981. Restaurando la vida en aguas corrientes: Mejor monitoreo biológico. Isla de prensa. Washington. p 34 – 37.
- Lazz, E. 2012. Catálogo de peces de aguas continentales de la provincia de Los Ríos – Ecuador. (En línea). Consultado, 03 de ago. 2019. Formato PDF. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/304012205\\_CATALOGO\\_DE\\_PECES\\_DE\\_AGUAS\\_CONTINENTALES\\_DE\\_LA\\_PROVINCIA\\_DE\\_LOS\\_RIOS\\_-ECUADOR](https://www.researchgate.net/publication/304012205_CATALOGO_DE_PECES_DE_AGUAS_CONTINENTALES_DE_LA_PROVINCIA_DE_LOS_RIOS_-ECUADOR)

- Llamazares, S. 2014. Análisis de Contenidos Estomacales de las Especies de Interés Deportivo y Comercial. Informe Primera Etapa. Dirección de Pesca Continental, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, MAGyP. Bs. As., Informe Técnico n° 10: 1-15.
- López, J; Vásquez, V; Gómez, L; Priego, A. 2010. Humedales. (En línea). Consultado, 14 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/9655/09HUMEDALES B.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lorencio, C. 2002. Ecología de peces. Vol. 45. Universidad de Sevilla.
- MAE (Ministerio del ambiente de Ecuador). 2009. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). (En línea). Consultado, 04 de feb. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/783967/889253/Ficha+Ramsar+Ci%C3%A9naga+La+Segua.pdf/1461f766-e79f-4d39-81f9-a2e3c308c112>
- MAE (Ministerio del Ambiente de Ecuador). 2015. Humedal El Tabacal. (En línea). Consultado, 14 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://suia.ambiente.gob.ec/web/humedales/humedal-el-tabacal>
- Mendoza, J; García, K; Salazar, R y Vivanco, I. 2019. La Economía de Manabí (Ecuador) entre las sequías y las inundaciones. Vol. 40. p. 10.
- Mitchell, M. y Stapp W. 1993. Manual de campo para el monitoreo de la calidad del agua; Una educación ambiental. Programa para las escuelas. Thomson - Shore, Inc. Michigan.
- Mora, M; Claros, J; Álvarez, C y Cuéllar, C. 2013. Prevalencia de sedentarismo y factores asociados, en personas de 18 a 60 años en Tunja, Colombia. Revista de la Facultad de Medicina. Vol 61. (1). p 3
- Munguía, R; López, R y Nava, M 2007. Integridad biótica de ambientes acuáticos. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México, p. 71.

- Pacheco, A., Vera, M y Palma, C. 2017. Análisis de las condiciones geográficas y ecológicas del humedal La Segua, provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica*, (18), 70-88.
- Paz, F. 2011. Vegetación Hidrófila. (En línea). Consultado, 07 de May. 2020. Formato PDF. Disponible en [http://pmcarbono.org/pmc/descargas/manuales/Manual\\_Inventario\\_Forestal\\_Estatal\\_Semicuantitativo\\_5\\_Vegetacion\\_Hidrofila.pdf](http://pmcarbono.org/pmc/descargas/manuales/Manual_Inventario_Forestal_Estatal_Semicuantitativo_5_Vegetacion_Hidrofila.pdf)
- Pérez, J. 2008. Introducción a la anatomía externa e interna de un vertebrado. Aplicación en el laboratorio de educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 107-109.
- Pérez, J; Muñoz, C; Huaquín, L y Nirchio, M. 2004. Riesgos de la introducción de tilapias (*Oreochromis* sp.) (Perciformes: Cichlidae) en ecosistemas acuáticos. *Revista Chilena de historia natural*. Vol. 77. p. 195-199.
- Pinilla, G; Rodríguez, E y Camacho, L. 2014. Propuesta metodológica preliminar para la estimación del caudal ambiental en proyectos licenciados por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS), Colombia. *Revista Acta biológica Colombia*. Vol. 1. (1). p 45-86.
- Pucha, C. 2016. Muestreo de ictiofauna. Disponible en [https://issuu.com/christiansantiagopuchavinueza/docs/folleto\\_tecnicas\\_monitoreo](https://issuu.com/christiansantiagopuchavinueza/docs/folleto_tecnicas_monitoreo)
- Pulido, V y Bermúdez, L. 2018. Estado actual de la conservación de los hábitats de los humedales. (En línea). Consultado, 03 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992018000200019](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000200019)
- RAMSAR. 2006. Manejo de humedales. (En línea). Consultado, 14 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-18sp.pdf>
- RAMSAR. 2010. Manejo de humedales. (En línea). Consultado, 14 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en

<https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/hbk4-18sp.pdf>

RAMSAR. 2013. Los humedales, cuidan el agua. (En línea). Consultado, 03 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en [http://www.conaf.cl/wp-content/files\\_mf/1386778253Boletin\\_Ramsar\\_2013\\_adaptado\\_proyecto\\_ChileMexico.pdf](http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1386778253Boletin_Ramsar_2013_adaptado_proyecto_ChileMexico.pdf)

RAMSAR. 2014. Humedales y agricultura. (En línea). Consultado, 26 de jun. 2020. Formato PDF. Disponible en [https://www.bizkaia21.eus/fitxategiak/09/bizkaia21/Bizkaia\\_Maitea/pdf/152/Humedales-y-agricultura.pdf?hash=100360f1f8fd2b5ee35193b15bc5226e](https://www.bizkaia21.eus/fitxategiak/09/bizkaia21/Bizkaia_Maitea/pdf/152/Humedales-y-agricultura.pdf?hash=100360f1f8fd2b5ee35193b15bc5226e)

RAMSAR. 2015. Los humedales. (En línea). Consultado, 03 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/bn7s.pdf>

Rodríguez, S. y Ponce, J. 2017. Peces de agua dulce. Pp. 326-347. En: Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas (C. A. Mancina y D. D. Cruz, Eds.). Editorial AMA, La Habana, 502 pp

Sáez, S y Pequeño, G. 2009. Clave taxonómica, actualizada, ilustrada y comentada de los peces de la familia labrisomidae de Chile. Gayana Vol. 73. p. 130-14.

Sánchez, O. 2007. Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México, 113.

Sarmiento, M. 2018. Microalgas como indicadores biológicos del estado trófico de las ciénagas de Malambo y Santo Tomás, en el departamento del Atlántico.

Schmitter, J; Ruíz, L; Herrera, R; L; González, D. (2011). Un índice de integridad biótica para corrientes poco profundas de la cuenca del río Hondo, Península de Yucatán. Revista Ciencia del Medio Ambiente Total. Vol. 409. (4). p 844- 852.

- Serrano, J; Nuñez, D; Mondragon, A y Pereira. 2014. Microalgas: Indicadores Ambientales de Calidad de Agua del Humedal Torca Microalgae: Environmental Indicators of Water Quality at Torca Wetland.
- Trujillo, J y Toledo, H. 2007. Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista de Biología Tropical*, 55(2), 603-615.
- UCM (Universidad Complutense de Madrid). 2007. La Directiva Marco del Agua, los índices biológicos y los peces fluviales. (En línea). Consultado, 30 de may. 2019. Formato PDF. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/docs/568-2013-12-15-152-2007.pdf>
- UEO (Universidad Estatal de Oregon). 2017. Agua y pesticidas. (En línea). Consultado, 04 de feb. 2020. Formato HTML. Disponible en <http://npic.orst.edu/envir/water.es.html>
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2014. Métodos y técnicas de investigación. (En línea). Consultado, 20 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en: [http://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/metodos\\_y\\_tecnicas.pdf](http://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/metodos_y_tecnicas.pdf)
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2013. Los humedales cuidan del agua. (En línea). Consultado, 04 de feb. 2020. Formato PDF. Disponible en [http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/about-us/single-view/news/wetlands\\_take\\_care\\_of\\_water/](http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/about-us/single-view/news/wetlands_take_care_of_water/)
- Valdés, J; Samboni, N y Carvajal, Y. 2011. Desarrollo de un indicador de la calidad del agua usando estadística aplicada, caso de estudio: subcuenca Zanjón Oscuro. *Revista tecnológica*. Vol. 1(26). p 165-180.
- Valdez, M. 2012. Caracterización del nivel trófico de *Megathura crenulata* (Sowerby, 1825) mediante el uso de la señal isotópica del  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ .
- Velásquez, E y Vega, M. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Biodiversitas*, Vol. 57. p 12-15.

- Vélez, A. 2014. Diversificación de la oferta turística y el desarrollo del humedal El Tabacal del cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, República del Ecuador. (En línea). Consultado, 04 de feb. 2020. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/297/1/EC-T1252.pdf>
- Vergara, C y Zambrano, K. (2018). ictiofauna como indicador biológico de la calidad de agua en el humedal La Laguna de Cube – Quinindé. (En línea). Consultado, 16 de jul. 2019. Formato PDF. Disponible en <http://repositorio.esпам.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/805/TTMA4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vilches, A; Legarralde, T y Berasain, G. 2012. Elaboración y uso de claves dicotómicas en las clases de biología. In III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales 26, 27 y 28 de septiembre de 2012 La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.
- Zambrano, P. 2014. Economía en Manabí. (En línea). Consultado, 04 de feb. 2020. Formato PDF. Disponible en [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1360001360001.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1360001360001.pdf)
- Zorrilla, G. 1996. Método Descriptivo. Obtenido de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lhr/victoria\\_a\\_a/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/victoria_a_a/capitulo3.pdf)

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Encuesta



**ESPAMMFL**  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
 AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

LA INFORMACIÓN SOLICITADA ES DE CARÁCTER EMINENTEMENTE ACADÉMICO, CON EL PROPÓSITO DE DETERMINAR LOS USOS QUE SE LE DAN AL AGUA DEL HUMEDAL COMO PARTE DE LA TESIS: "EVALUACIÓN DE LA ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR DE CALIDAD DEL HUMEDAL EL TABACAL-ROCAFUERTE.

1. ¿Según su criterio, mencione la ocupación laboral predominante en el humedal?

\_\_\_\_\_

2. ¿Cómo considera usted que se encuentra la calidad del agua en el humedal?

<b>Excelente</b>		<b>Buena</b>		<b>Regular</b>		<b>Mala</b>	
------------------	--	--------------	--	----------------	--	-------------	--

3. ¿Mencione para qué uso emplea usted el agua del humedal?

<b>Consumo humano</b>	
<b>Riego</b>	
<b>Recreativo</b>	
<b>Otros</b>	

4. Desde su punto de vista ¿Ha notado cambios severos en el humedal dentro de la última década como por ejemplo pérdida de peces?

<b>Si</b>		<b>No</b>	
-----------	--	-----------	--

## ANEXO 2. REPORTE FOTOGRÁFICO VISITA AL ÁREA DE ESTUDIO

### Anexo 2-A. Selección de las estaciones de muestreo



### Anexo 2-B. Ubicación de redes de captura



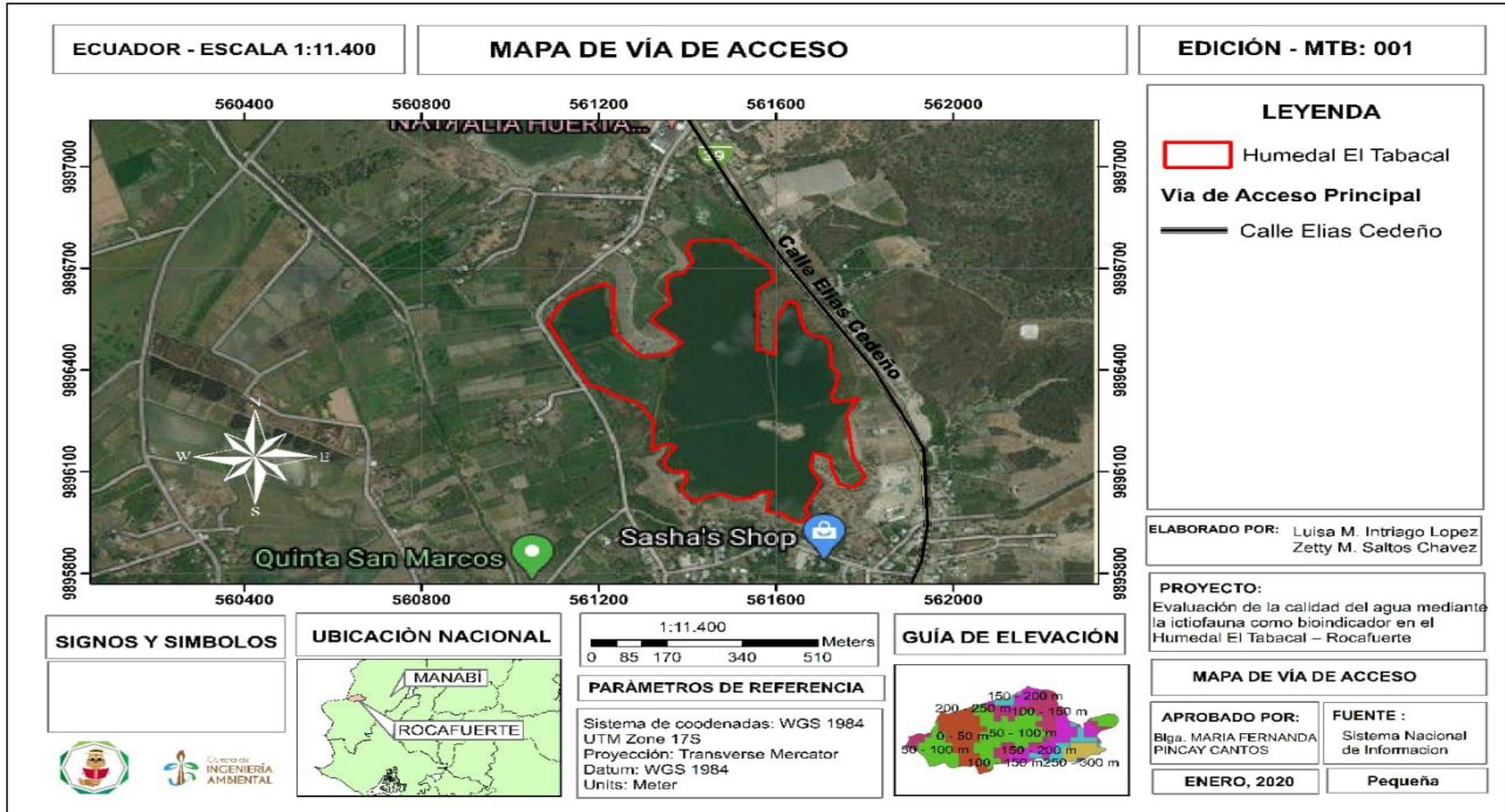
## Anexo 2-C. Ficha de datos de captura

 <b>ESPAMMFL</b> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ				
<b>FICHA DE DATOS DE CAPTURA PARA EL PROYECTO “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE LA ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR EN EL HUMEDAL EL TABACAL – ROCAFUERTE”</b>				
Fecha:	28/10/2019	N° ficha:	1	
Localización	Humedal El Tabacal (Estación A)			
<b>Coordenadas UTM</b>		<b>X:</b>	561663.35	
		<b>Y:</b>	9896433.34	
Técnico responsable:	Intriago Luisa y Saltos Zetty			
Altitud:	18 metros			
Cursos de aguas aportantes:	Si: X	Cuales:	Río Portoviejo	
	No:			
Rutas de acceso al humedal:	Si:	X	<b>Tipo:</b>	
			Fluvial:	
			Terrestre:	X
			<b>Condiciones:</b>	
			Primer orden:	
			Segundo orden:	X
			Tercer orden:	
	No:			
Actividades antropogénicas:	Si:		X	
	No:			
Asentamientos humanos:	Si:		X	
	No:			
Generación y de disposición de aguas negras:	Si:			
	No:		X	
<b>Registro fotográfico del área observada:</b>				
				

**Anexo 2-D. Disección de las especies de ictiofauna****Anexo 2-E. Toma de muestras de los intestinos y estómago****Anexo 2-F. Análisis del contenido intestinal de las especies de ictiofauna**

### ANEXO 3. MAPAS TEMÁTICOS

Anexo 3-A. Mapa de las vías de acceso al humedal El tabacal - Rocafuerte



Anexo 3-B. Mapa de las estaciones de muestreo en el humedal El tabacal - Rocafuerte



**Anexo 4.** Muestreo del área de captura

<b>ESTACIÓN DE MUESTREO</b>	<b>REPETICIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>Nº de individuos recolectados</b>
<b>A</b>	A1	28/10/19	7:00 AM	289
	A2	04/11/19	9:00 AM	217
	A3	11/11/19	15:00 PM	172
<b>B</b>	B1	28/10/19	7:15 AM	159
	B2	04/11/19	9:15 AM	244
	B3	11/11/19	15:15 PM	167
<b>C</b>	C1	28/10/19	7:15 AM	168
	C2	04/11/19	9:15 AM	267
	C3	11/11/19	15:15 PM	181
<b>D</b>	D1	28/10/19	7:00 AM	140
	D2	04/11/19	9:00 AM	106
	D3	11/11/19	15:00 PM	93