



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

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MEDIO AMBIENTE**

**MODALIDAD:
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:
ICTIOFAUNA COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE LA CALIDAD
DEL AGUA EN EL HUMEDAL LA LAGUNA DE CUBE -
QUININDÉ.**

**AUTORES:
VERGARA SÁNCHEZ CINDY JOMAIRA
ZAMBRANO MERA KARLA THALÍA**

**TUTOR:
Q.F. PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR MG.**

CALCETA, JUNIO DE 2018

DERECHOS DE AUTORÍA

Vergara Sánchez Cindy Jomaira y Zambrano Mera Karla Thalía, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado por 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 Reglamento.

.....

.....

Vergara Sánchez Cindy Jomaira

Zambrano Mera Karla Thalía

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

PATRICIO JAVIER NOLES AGUILAR certifico haber tutelado la tesis **ICTIOFAUNA COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LA LAGUNA DE CUBE-QUININDÉ**, que ha sido desarrollada por **VERGARA SANCHEZ CINDY JOMAYRA Y ZAMBRANO MERA KARLA THALÍA**, previo la obtención del título de Ingeniero en Medio Ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Q.F. PATRICIO J. NOLES AGUILAR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **ICTIOFAUANA COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE CALIDAD DE AGUA DEL HUMEDAL LA LAGUNA DE CUBE-QUININDÉ**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por **VERGARA SANCHEZ CINDY JOMAYRA Y ZAMBRANO MERA KARLA THALÍA**, previa la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Jorge Cevallos Bravo Msc.

MIEMBRO

.....
Ing. Carlos Villafuerte Vélez Mg. C.A.

MIEMBRO

.....
Ing. Ricardo Delgado Villafuerte, Mg. C.A.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dios la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros 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 el tutor del trabajo de titulación Q. F Patricio Noles Aguilar, 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 este proceso.

LAS AUTORAS

DEDICATORIA

A los pilares fundamentales en mi vida:

A Dios por haberme dado la vida que es en quien deposito mi fe cada día para continuar forjando mi camino, por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Ronald y Martina por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

KARLA THALIA ZAMBRANO MERA

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme espiritualmente en cada paso de mi vida y ayudarme a superar cada obstáculo que se presentó en mis estudios.

A mis padres Jorge y Mayra, por ser los pilares fundamentales en toda mi vida.

A mi tío Joffre y a su esposa, por estar conmigo en los buenos y malos momentos en el transcurso de mi vida universitaria.

A mis amigos por su apoyo incondicional y sus consejos cada día y en cada obstáculo.

A mi compañera de tesis y a toda su familia por el apoyo y acogerme en su hogar en el transcurso de este trabajo.

A mis seres queridos que ya no están en la tierra, pero desde el cielo me apoya.

Y a todos los que de alguna manera me apoyaron en este trabajo de investigación.

CINDY JOMAIRA VERGARA SANCHEZ

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|----------------------------------------------------|------|
| CARATULA..... | i |
| DERECHOS DE AUTORÍA..... | ii |
| CERTIFICACIÓN DE TUTOR..... | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... | iv |
| AGRADECIMIENTO..... | v |
| DEDICATORIA..... | vi |
| DEDICATORIA..... | vii |
| TABLA DE CONTENIDO..... | viii |
| CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS..... | x |
| CUADROS..... | x |
| GRÁFICOS..... | xi |
| RESUMEN..... | xii |
| PALABRAS CLAVE..... | xii |
| ABSTRAT..... | xiii |
| KEYWORDS..... | xiii |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 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. Objetivo específicos..... | 3 |
| 1.4. Hipótesis..... | 4 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1. Ecosistemas acuáticos..... | 5 |
| 2.2. Calidad de agua..... | 5 |
| 2.3. Humedales..... | 5 |
| 2.3.1. Importancia ecológica de los humedales..... | 6 |
| 2.3.2. Tipos de humedales..... | 7 |

| | | |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.3. | Calidad de los humedales..... | 9 |
| 2.3.4. | Calidad de agua en los humedales..... | 10 |
| 2.3.5. | Calidad de agua los humedales frente al cambio..... | 11 |
| 2.3.6. | Impactos del cambio climático sobre la calidad de los humedades | 12 |
| 2.3.7. | Medidas de adaptación al cambio climático en los humedales | 13 |
| 2.4. | Indicadores de calidad | 14 |
| 2.4.1. | Biomonitoreo | 14 |
| 2.4.2. | Bioindicadores | 14 |
| 2.5. | Humedal laguna de cube – quinindé | 15 |
| 2.5.1. | Características ambientales de la laguna de cube..... | 16 |
| 2.6. | Peces como indicadores de la calidad de agua..... | 16 |
| 2.7. | Diversidad de peces en las zonas ictiohidrográficas del ecuador | 18 |
| 2.8. | Evaluación de la calidad biológica de agua | 18 |
| 2.9. | Índices biológicos o índice biótico | 19 |
| 2.9.1. | Índice de integración biótica (ibi)..... | 19 |
| 2.9.2. | Adaptación y caracterización del ibi..... | 20 |
| 2.9.3. | Composición y riqueza de especies..... | 20 |
| 2.9.4. | Composición trófica | 21 |
| 2.9.5. | Abundancia y condición de los peces | 21 |
| 2.10. | Cálculo del índice de integridad biológica | 22 |
| 2.11. | Métodos normalizados para aguas | 23 |
| 2.12. | Selección de las estaciones de muestreo | 23 |
| 2.13. | Metodología de colecta | 23 |
| 2.14. | Análisis de las muestras..... | 24 |
| 2.15. | Clasificación científica de las especies encontradas en el humedal la Laguna de Cube | 24 |
| 2.15.1. | Oreochromis niloticus | 24 |
| 2.15.2. | Moenkhausia sp. | 25 |
| 2.15.3. | Cichlasoma dimerus | 25 |
| 2.15.4. | Características generales | 26 |
| CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO..... | | 27 |
| 3.1. | Ubicación. | 27 |
| 3.2. | Duración del trabajo | 27 |
| 3.3. | Variables de estudio..... | 27 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.1. Variable dependiente..... | 27 |
| 3.3.2. Variable independiente..... | 27 |
| 3.4. Metodos y tecnicas | 28 |
| 3.4.1. Metodos..... | 28 |
| 3.4.2. Técnicas..... | 28 |
| 3.5. Procedimientos | 29 |
| 3.5.1. Fase i. Diagnóstico de las actividades socio-ambientales..... | 29 |
| 3.5.2. Fase ii. Identificación de la ictiofauna | 30 |
| 3.5.3. Fase iii. Análisis de la calidad del agua..... | 32 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 34 |
| 4.1. Diagnostico de las actividades socio – ambientales realizados por los habitantes del humedal la laguna de cube – quinindé..... | 34 |
| 4.2. Identificación de la ictiofauna existente en el humedal laguna de cube – quininde. | 41 |
| 4.3. Analisis de la calidad del agua en el humedal laguna de cube – quininde mediante el ibi y comparación análisis físico-químicos in situ. | 47 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 53 |
| 5.1. Conclusiones | 53 |
| 5.2. Recomendaciones | 54 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 55 |
| ANEXOS..... | 59 |

CONTENIDO DE CUADROS, GRÁFICOS

CUADROS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Parámetros utilizados en el desarrollo de los IBI basados en la comunidad de peces. | 20 |
| 2.2. Valoración de los indicadores del IBI (Karr, 1981)..... | 22 |
| 2.3. Clases de integridad biótica, atributos y puntuaciones. | 22 |
| 2.4. Puntos de muestreo en base a la profundidad y el área (ha) | 23 |
| 4.1. Descripción de focos de contaminación | 39 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2. Descripción de las zonas de muestreo. Características y coordenadas. .. | 41 |
| 4.3. Número de ictiofauna encontrados en las otras estaciones de muestreo, en época seca. | 42 |
| 4.4. Características físicas de las especies encontradas, por estación y por repetición. Longitud total máx./min. Longitud estándar máx./min, Peso máx./min | 45 |
| 4.5. Índice de Shannon de las estaciones de muestreo | 47 |
| 4.6. Índice de Integridad Biótica IBI de las estaciones de muestreo. VE= Valor encontrado, E=Escala | 49 |
| 4.7 Análisis físico - químicos in situ en la laguna de cube | 51 |

GRÁFICOS

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| 4.1. Ocupación Laboral | 34 |
| 4.2. Utilización de agua en sus actividades..... | 36 |
| 4.3. Opinión de calidad de agua del Humedal..... | 36 |
| 4.4. Otros usos del agua del Humedal. | 37 |
| 4.5. Cambios observados en el Humedal..... | 37 |

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo la evaluación de la ictiofauna como indicador biológico de la calidad de agua en el humedal La Laguna de Cube - Quinindé. Se ejecutó como investigación no experimental, con los métodos documental, y descriptivo, se aplicó las técnicas de observación y encuesta. Se describieron y analizaron las actividades socio-ambientales y económicas y los focos de contaminación de la zona, la clasificación física y taxonómica de los individuos identificados y finalmente el cálculo del Índice de Integridad Biológica. El monitoreo se realizó mediante el establecimiento de ocho estaciones de muestreo con tres repeticiones cada una, durante la época seca. Los resultados identificaron, que en el humedal las principales actividades económicas son la Agricultura y Ganadería, se establecieron tres focos de contaminación: el botadero de desechos sólidos en el estero de la Y de la Laguna, la deforestación en las cabeceras de los esteros y riberas del humedal; y el uso de agroquímicos. Los muestreos proyectaron tres especies (*Oreochromis niloticus* (Tilapia), *Moenkhausia sp.* (sardinita), *Cichlasoma dimerus* (vieja común), distribuidas en tres familias y agrupadas en tres órdenes. La más representativa fue la *Oreochromis niloticus* con 1980 individuos y la menos representativa la *Cichlasoma dimerus* con 340. Se concluye que los muestreos reflejaron una calidad baja (Shannon-Wiener) entre 1,51 en la estación E y 1,19 en la estación A y una integridad biológica muy pobre de 16 en las estaciones A, C, E, G, y H y de 18 en las estaciones B, D y F.

PALABRAS CLAVE

Índice de Integridad Biológica (IBI), Índice de Shannon-Wiener, focos de contaminación, calidad biológica.

ABSTRAT

The research objective was to evaluate the ichthyofauna as a biological indicator of water quality in La Laguna de Cube - Quinindé wetland. It was executed as non-experimental research, with the documentary and descriptive methods, the observation and survey techniques were applied. We described and analyzed the socio-environmental and economic activities and the area pollution sources, the physical and taxonomic classification of the identified individuals and finally the calculation of the Biological Integrity Index. The monitoring was carried out through the establishment of eight sampling stations with three repetitions each, during the dry season. The results identified that in the wetland the main economic activities are Agriculture and Livestock, three sources of contamination were established: the solid waste dump in the Y of the laguna estuary, the deforestation in the headwaters of the estuaries and riverbanks of the wetland and the use of agrochemicals. The samplings projected three species (*Oreochromis niloticus* (Tilapia), *Moenkhausia* sp. (sardinite), *Cichlasoma dimerus* (old common), distributed in three families and grouped in three orders. The most representative was the *Oreochromis niloticus* with 1980 individuals and the least representative the *Cichlasoma dimerus* with 340. It is concluded that the samplings reflected a low quality (Shannon-Wiener) between 1.51 in station E and 1.19 in station A and a very poor biological integrity of 16 in stations A, C, E, G, and H and 18 in stations B, D and F.

KEYWORDS

Biotic Integrity Index (IBI), Shannon-Wiener Index, pollution sources, biological quality.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El conocimiento del patrimonio natural constituye uno de los pilares fundamentales de la moderna gestión ambiental para un territorio y, por ello, es necesario abordarlo tanto desde la catalogación explícita de la fauna y la flora que alberga como desde la comprensión de las relaciones bioecológicas que mantienen estas con el medio.

Los humedales son vitales para la supervivencia humana. Son uno de los entornos más productivos del mundo, y son cunas de diversidad biológica y fuentes de agua y productividad primaria de las que innumerables especies vegetales y animales dependen para subsistir, (RANSAR, 2014). Son indispensables por los múltiples beneficios o servicios ecosistémicos que brindan a la humanidad, desde suministro de agua dulce, alimentos y materiales de construcción, y biodiversidad hasta la mitigación del cambio climático.

La sociedad se beneficia ampliamente de los servicios ofrecidos por los humedales, consiguiente este beneficio tiene una influencia directa o indirecta sobre ellos y su biota acuática, (Ibarra, A. 2010).

Un estudio tras otro demuestra que la superficie y la calidad de los humedales siguen disminuyendo en la mayoría de regiones del mundo, (RANSAR, 2014).

Para Stolk *et al.*, (2013) las principales amenazas sobre los humedales se encuentran el crecimiento poblacional y urbanización, desarrollo de infraestructuras, deforestación de cuencas hidrográficas y sobrepastoreo. Estos criterios son compartidos por Martínez *et al.*, (2014), que constata que otros factores intervinientes son debido a la explotación selectiva de especies, la introducción de especies no autóctonas, y el actual cambio climático.

En el Ecuador, a pesar de que la Constitución del 2008 establece los derechos, deberes, responsabilidades, garantías y principios ambientales, el uso y explotación de los recursos naturales sigue propiciando su deterioro y consecuentemente los problemas ambientales a los que aún nos enfrentamos.

Diversos son los desafíos enfrentados con el deterioro de la calidad de las aguas, cuyos niveles de contaminación han hecho del recurso agua inservible para el consumo humano (Fernández, 2009).

En el ámbito local, el humedal de la Laguna de Cube, en Esmeraldas, está siendo afectado por las amenazas directas entre las cuales se destacan descarga de aguas servidas, botadero de desechos sólidos en el estero de la Y de la Laguna, la deforestación tanto de las cabeceras de los esteros como de las riberas del humedal, el impacto que causa el uso de agroquímicos en la agricultura y la introducción de especies como la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) compitiendo por nichos ecológicos. Con estos antecedentes se formula la siguiente interrogante:

¿Puede la ictiofauna local ser usada como indicador biológico para la determinación de la calidad del agua en el Humedal La Laguna de Cube – Quinindé?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los humedales son áreas en donde el principal factor, es el agua, controlador de la vida vegetal y animal en su entorno (Secretaría del convenio Ramsar, 2013). Valiela *et al.*, (2009) citado por Valdobinos *et al.*, (2010), manifiestan que los humedales poseen ecosistemas de gran interés para la conservación de la biodiversidad, lo cual hace que sean reconocidos a nivel internacional.

Los humedales forman parte de los recursos acuáticos del Ecuador, por ello la preocupación por su conservación de interés nacional por lo que no deberían ser sitios abiertos al desarrollo discrecional, más de la mitad de los humedales se encuentran en propiedad privada o comunitaria.

El Ecuador suscribe la Convención RAMSAR en 1989, el Humedal Laguna de Cube se incluyó en el 2011, esta laguna continental permanente se sitúa en el límite sur oriental de la Cordillera Mache-Chindul, zona sur de la biorregión del Chocó, a pesar de aquello no se le da la debida importancia y conservación a este lugar.

Ante todo lo mencionado, surge la necesidad de realizar un monitoreo de los recursos biológicos con el propósito de detectar cambios significativos en la

abundancia del recurso, debido a que mide las condiciones biológicas presentes, mediante la aplicación de una herramienta metodológica como lo es el Índice de Integridad Biótica (IBI), para poder determinar la calidad de agua mediante peces con la que cuenta La Laguna de Cube y de esta manera poder conservar el recurso hídrico y la biodiversidad que se encuentra en dicha zona.

Esta investigación será desarrollada de acuerdo a lo establecido en la Constitución del Ecuador, en el Art. 276, numeral 4 que indica: “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 se hace referencia: “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 ictiofauna como indicador biológico de la calidad de agua en el humedal La Laguna de Cube – Quinindé.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Diagnosticar las actividades socio – ambientales realizados por los habitantes del humedal La Laguna de Cube – Quinindé.
- Identificar la ictiofauna existente en el humedal La Laguna de Cube – Quinindé.
- Analizar la calidad del agua mediante la aplicación del índice de integridad biótica (IBI) en el humedal La Laguna de Cube – Quinindé.

1.4 HIPÓTESIS

Mediante el uso de IBI, el criterio de integridad para el agua del humedal La Laguna de Cube será de buena calidad.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ECOSISTEMAS ACUÁTICOS

El ecosistema constituye la unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente, se encuentran influenciados por dos grupos de factores. Los factores bióticos reflejan las interacciones entre los organismos del ecosistema. Los factores abióticos comprenden el medio en el cual se desenvuelven los organismos. Los ecosistemas acuáticos comprenden las unidades ecológicas que se desarrollan en el agua; pueden ser de dos tipos: marinos (presentes en aguas oceánicas), y dulceacuícolas (pertenecen a las aguas continentales) (Fernández, 2011).

2.2 CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua corresponde a las propiedades físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, propiedades que al ser afectadas repercuten tanto sobre las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. (Commission for Environmental Cooperation, 2009).

2.3 HUMEDALES

IWA (2000) define un humedal como una zona saturada o inundada, bien sea por aguas superficiales o por aguas subterráneas y con una frecuencia, duración y profundidad suficientes para mantener especies de plantas predominantes adaptadas a crecer en los suelos saturados. Según la definición de la Convención, los humedales comprenden una amplia variedad de hábitats tales como pantanos, turberas, llanuras de aluvión, ríos y lagos, o zonas costeras como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras zonas marinas de una profundidad no superior a seis metros en marea baja, así como los humedales artificiales, tales como los estanques de tratamiento de aguas residuales y los embalses (Ramsar, 2004). Estas zonas húmedas se han aprovechado para el control de la contaminación, generada por las aguas residuales de manera espontánea e indiscriminada (López, J., *et al.*, 2002), (Arias y Brix, 2003). Gracias a la capacidad del humedal,

el potencial de contaminación de las aguas residuales negras se reduce antes de ser vertidas a los cauces, además las aguas estabilizadas del humedal aportan nutrientes aprovechables para el sostenimiento de fauna y flora (Crites y Tchobanoglous, 1998).

Según Hernández *et al.*, (2012) los humedales construidos se incluyen entre los llamados sistemas naturales de tratamiento. Son sistemas ingenieros que han sido diseñados y construidos, para utilizar los procesos naturales que tienen lugar entre la vegetación, el suelo y los microorganismos asociados, y así tratar las aguas residuales.

Debido a que el medio poroso brinda mayor área superficial para el crecimiento de los microorganismos, la velocidad de remoción en los sistemas con flujo subsuperficial es mayor. Por otra parte, como el agua en estos sistemas fluye por debajo de la superficie del medio, no se presentan problemas con el desarrollo de los mosquitos y otros vectores (Vymazal, 2007).

Los humedales son considerados el “eslabón” entre sistemas que no son completamente acuáticos ni terrestres (Barba *et al.*, 2006).

Olivares (2009) indica que los humedales están presentes en todo el mundo como una consecuencia de las características climáticas y topográficas del lugar donde se encuentran. Son sistemas altamente complejos y muy vulnerables a los cambios que se generan en el medio ambiente.

2.3.1 IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS HUMEDALES

La importancia ecológica de los humedales radica en que son zonas de amortiguación de los niveles de agua durante los procesos de inundación, reteniendo los sedimentos al maximizar procesos de decantación y depósitos de materiales, purificando el agua proveniente de las cuencas y de los asentamientos humanos adyacentes. Además, estos sistemas son el hábitat de una rica biodiversidad de flora y fauna migratoria y local, de valor económico y representan áreas clave para un número representativo de especies amenazadas y en vías de extinción (Mojica *et al.*, 2014).

Estos ecosistemas han experimentado un enorme deterioro asociado a descargas de aguas servidas, depósitos de basuras, interrupción del flujo del agua, drenaje de pantanos, eutrofización provocada por fertilizantes agrícolas, fragmentación, deterioro y reducción de las masas de bosque aledañas (Aguilera, 2011).

Las funciones ecológicas propias del humedal que se derivan de sus características hidrológicas, geológicas, biológicas y químicas, son útiles e importantes para el hombre constituyendo a los valores ecológicos (Barba *et al.*, 2006). Algunas de las funciones y valores reconocidos incluyen el hábitat para la vida silvestre y acuática, lugares de enseñanza e investigación, reciclaje y transformación de nutrientes, alteración de los flujos de inundación, recarga de acuíferos, retención de partículas, elevada productividad, recreación y estabilización del suelo (Kent, 2000).

2.3.2 TIPOS DE HUMEDALES

De acuerdo con Barba *et al.* (2006), el criterio de clasificación de los humedales es mediante sistemas ecológicos, los cuales son: marinos (humedales costeros, incluyendo costas rocosas y arrecifes de coral), estuarinos (deltas, marismas de marea y pantanos de manglar), ribereños (ríos y arroyos), lacustres (lagos) y palustres (lodazales, marismas, pantanos y ciénegas). En la actualidad se conocen 42 subsistemas de humedales basados en tres sistemas ecológicos: Humedales marino-costeros (12 subsistemas); humedales de aguas interiores (20 subsistemas) y humedales creados por el hombre (10 subsistemas).

La Convención Ramsar clasifica a los humedales de la siguiente manera:

2.3.2.1 HUMEDALES MARINO/COSTERO

- Aguas marinas someras permanentes (hasta 6 m),
- Lechos acuáticos marinos submareales,
- Arrecifes de coral,
- Costas marinas rocosas,

- Sand, shingle or pebble shores: incluye costas arenosas (sistemas de dunas y hondonadas húmedas en dunas), bajos de arena e isletas arenosas,
- Aguas estuarinas,
- Lodazales, arenales o planicies saladas intermareales,
- Pantanos intermareales,
- Humedales intermareales arbolados,
- Lagunas costeras salobres/salinas,
- Lagunas costeras de agua dulce (incluye lagunas deltáicas de agua dulce),

2.3.2.2 HUMEDALES INTERIORES (CONTINENTALES)

- Deltas interiores permanentes,
- Ríos, corrientes y riachuelos permanentes,
- Ríos, corrientes y riachuelos estacionales/intermitentes,
- Lagos de agua dulce permanentes,
- Lagos de agua estacionales/intermitentes,
- Lagos salinos/salobres/alcalinos permanentes,
- Lagos y planicies salinas/salobres/alcalinos estacionales/intermitentes,
- Pantanos/estanques permanentes salinas/salobres/alcalinos,
- Pantanos/estanques salinos/salobres/alcalinos estacionales/intermitente,
- Pantanos/estanques de agua dulce,
- Pantanos/estanques estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos,
- Turberas dominadas por plantas herbáceas (non-forested peatlands),
- Humedales alpinos,
- Humedales de tundra,
- Humedales dominados por arbustos,
- Humedales de agua dulce dominados por árboles,
- Turberas forestadas (forested peatlands),
- Manantiales de agua dulce,

- Humedales geotérmicos.

2.3.2.3 HUMEDALES CONSTRUIDOS POR EL HOMBRE

- Estanques para acuicultura,
- Estanques,
- Tierras irrigadas (canales de irrigación y arrozales),
- Campos agrícolas estacionalmente inundados,
- Áreas de extracción de sal (salinas),
- Áreas de almacenamiento de agua,
- Excavaciones,
- Áreas de tratamiento de aguas residuales,
- Canales, drenes y diques.

2.3.3 CALIDAD DE LOS HUMEDALES

La calidad ambiental de un humedal es un conjunto de características o propiedades inherentes del mismo que nos permite hacer comparaciones con otros humedales con el fin de hacer un paralelo en función de su estado de conservación. Desde un punto de vista económico la calidad ambiental de un humedal está basada en la importancia o calidad de los recursos naturales que éste le genere al hombre; en materia ecológica la calidad está dada por el mantenimiento del estado de sus procesos o dinámicas de funcionamiento.

Para poder evaluar las condiciones de calidad de un humedal es importante considerar diferentes aspectos, entre ellos se pueden considerar los hidrológicos, litológicos, geomorfológicos e hidroquímicos, siendo el sistema hídrico la unidad funcional donde se desarrollan gran parte de las dinámicas hidrológicas. Por otro lado, la formación y el mantenimiento de los humedales, se debe, a la interacción de los factores climáticos con los hidrológicos que interactúan con el paisaje, por lo que éstos se podrían considerar como buenos indicadores del funcionamiento de los hidro sistemas. En el proceso de evaluación del estado ecológico de los humedales es imprescindible tener en cuenta además los factores climáticos, hidrológicos, geomorfológicos, hidroquímicos y bióticos. Por otra parte, los impactos generados por los

diferentes procesos productivos o actividades antrópicas, generan cambios en la hidrología, alteraciones físicas, pérdida de la calidad de las aguas y pérdidas de fauna y flora.

Los factores que controlan la eficiencia de los humedales incluyen la capacidad de carga de material contaminante, el tiempo de residencia hidráulico del agua dentro del humedal, las concentraciones del material orgánico y el área disponible de plantas y otros sustratos para el crecimiento de microorganismos que ayudan a degradar el material contaminante (Knox *et al.*, 2008).

Ortega *et al.*, (2003) citado por Hernández (2015) indican que para poder evaluar las condiciones de calidad de un humedal es de suma importancia realizar una combinación de técnicas y estudios con el fin de realizar una adecuada evaluación y poder obtener resultados coherentes. Los aspectos a tener en cuenta en el estudio de la calidad de los humedales son los hidrológicos, litológicos, geomorfológicos e hidro químicos con los ciclos biogeoquímicos, siendo es sistema hídrico la unidad funcional donde se desarrollan gran parte de las dinámicas hidrológicas.

2.3.4 CALIDAD DE AGUA EN LOS HUMEDALES

Debido a una gran serie de factores generalmente antrópicos, la degradación de los humedales que se encuentran muy cercanos a las zonas urbanísticas, pierde la capacidad de prestar servicios ecosistémicos de gran importancia tales como: mitigación de impactos por inundaciones, recarga de acuíferos, provisión de hábitat para una gran variedad de fauna y flora, entre otros (Castro *et al.*, 2005).

Realizar procesos de investigación y monitoreo de los humedales resulta ser de gran importancia para poder tener bases debidamente sustentadas a la hora de determinar impactos ambientales y problemáticas que afecten directamente el normal funcionamiento de las dinámicas de los humedales.

Según lo mencionado por Finlayson y Rea (1999) la calidad del recurso hídrico en los humedales se encuentra altamente deteriorada debido a una gran variedad de factores tanto naturales como antrópicos, los cuales ocasionan que

parámetros como pH, turbidez, DBO, DQO, calidad bacteriológica entre otros tengan valores anormales y ocasionen que la calidad de dicho recurso sea bastante mala y no se pueda disponer de este teniendo en cuenta los servicios ecosistémicos que este ofrece.

Castro *et al.*, (2005), mencionan que la continua descarga de material contaminante a los cuerpos de aguas asociados a humedales, hace que las características fisicoquímicas de dichos cuerpos de aguas presenten valores atípicos en cuanto a la calidad adecuada del recurso hídrico en los ecosistemas de humedal. Teniendo en cuenta lo anterior es evidente que la calidad del agua en los humedales es muy propensa a sufrir fluctuaciones más aún en los humedales que se ven afectados por diferentes actividades antrópicas

2.3.5 CALIDAD DE AGUA LOS HUMEDALES FRENTE AL CAMBIO

La emisión de gases a la atmósfera producto de la actividad del hombre ha provocado afectaciones sensibles al medio atmosférico. Para la mayor parte de la comunidad científica internacional la más importante de estas afectaciones se relaciona con el aumento de gases de efecto invernadero y un aumento del potencial de retención del calor en la atmósfera.

Moya *et al.* (2005) mencionan que este calentamiento global se asocia a una serie de anomalías en el comportamiento del clima en casi todo el mundo. El aumento de la temperatura, el crecimiento del nivel del mar, la mayor ocurrencia de sequías e inundaciones, son algunos de los fenómenos que más han llamado la atención en los últimos años.

Los impactos de este cambio en el clima van a afectar sensiblemente la sociedad, la economía y el medioambiente. No obstante, existe una gran incertidumbre en qué realmente ocurrirá, fundamentalmente en la respuesta que tendrá la atmósfera ante este proceso de calentamiento y qué impactos provocará este sobrecalentamiento (IPCC, 2001).

La humanidad trabaja hoy en la adaptación a estos escenarios por venir, y actualmente una de las más recomendadas estrategias de adaptación consiste

en determinar diferentes escenarios de trabajo, analizar y evaluar las vulnerabilidades, determinar los impactos y a partir de esta información practicar medidas concretas de adaptación. Los humedales por sus características y peculiaridades suelen ser ecosistemas sensibles a ser afectados por las variaciones del clima y los fenómenos extremos del tiempo. Grandes pérdidas, a veces irreversibles, suelen ocurrir en estos por la acción del clima y los fenómenos meteorológicos extremos. Cambios en la temperatura, en los patrones de precipitación, aumento del nivel del mar, son entre otras variaciones del clima que pueden producir sensibles impactos en los humedales (Moya, 2002).

Algunos humedales, muestran una elevada vulnerabilidad al cambio climático, debido entre otras características a la fragilidad de sus ecosistemas, fragilidad que se ve estimulada tanto por acciones naturales como antropogénicas. No obstante, esta vulnerabilidad, la relación entre los humedales y el cambio climático debe verse en dos aristas principales:

- a) El humedal y su potencial para la mitigación del cambio climático y la acción de eventos meteorológicos extremos.
- b) El humedal y su vulnerabilidad ante el cambio climático, Los impactos y medidas de adaptación al cambio climático (Moya *et al.*, 2005).

2.3.6 IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA CALIDAD DE LOS HUMEDADES

Según Moya *et al.* (2005) una serie de impactos potenciales pudieran ocurrir en los humedales por el cambio climático. El derretimiento de los permafrost en los Alpes, por ejemplo, puede provocar afectaciones a la biodiversidad que se desarrolla bajo estos humedales, que pudiera llegar hasta la pérdida de especies por la imposibilidad de la emigración, dado la topografía de la región.

Los cambios en el régimen de temperaturas, radiación, viento e hidrología en los ecosistemas acuáticos pueden afectar directamente la disponibilidad de

nutrientes en el ecosistema, la subsistencia, crecimiento y reproducción de los organismos, y la producción del ecosistema (Moya, 2002).

Algunos impactos potenciales esperados son:

- a) Afectación en las funciones ecológicas, al provocar cambios en la hidrología y otras condiciones físicas y químicas que favorecen la convivencia entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema.
- b) Pérdidas de hábitat y otras afectaciones a la flora y la fauna.
- c) Afectaciones por sequías y eventos de extremas precipitaciones (pérdidas sociales, económicas y medioambientales).
- d) Afectaciones a la fuente de abasto de agua por inclusión salina o desbalance hídrico.
- e) Aumento de la erosión costera.
- f) Afectaciones a ecosistemas bajo permafrost.
- g) Afectaciones al transporte de sedimentos y nutrientes.
- h) Variaciones en los patrones epidemiológicos y de las epifitias fundamentalmente por cambios en las condiciones medioambientales donde se desarrollan los patógenos (Alfonso, 2002).

2.3.7 MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS HUMEDALES

Teniendo en cuenta lo visto en las vulnerabilidades y los impactos resalta la necesidad de tomar medidas de adaptación al cambio climático en los humedales, como vía para impedir su desaparición o mitigar los impactos que sobre estos pueden ocurrir asociados al cambio climático. Entre estas medidas de adaptación destacamos:

- a) Desarrollo de estrategias conjuntas entre los investigadores, especialistas y tomadores de decisión, para la adaptación y mitigación de los impactos por CC.
- b) Restaurar y rehabilitar las zonas de humedales, eliminando el stress presente en los humedales y disminuyendo su vulnerabilidad.
- c) Evitar nuevas presiones que reduzcan la capacidad de los humedales a responder al cambio climático.
- d) Prevenir la fragmentación de los humedales.
- e) Protección y disminución de población en los lugares más bajos o vulnerables.
- f) Desarrollo de estudios de evaluaciones de vulnerabilidad, impactos y medidas adaptación, cuyos resultados sirvan de base para el trabajo de los administradores de humedales y para el manejo de estos.
- g) Monitoreo ecológico y climático (Moya *et al.*, 2005).

2.4 INDICADORES DE CALIDAD

2.4.1 BIOMONITOREO

El biomonitoreo o monitoreo biológico permite analizar los cambios en la salud del río o quebrada (Mafla, 2005).

2.4.2 BIOINDICADORES

Los bioindicadores se refieren a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros (González y Lozano, 2004), el uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua reduce en gran medida actividades de campo y laboratorio, su aplicación sólo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices biológicos ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Vázquez *et al.*, 2006).

Como indicadores bióticos se proponen el fitoplancton, las macroalgas, las angiospermas, los invertebrados bentónicos y los peces. El estado ecológico final será el resultante del valor más bajo de los indicadores biológicos y del estado químico, aunque en la práctica los indicadores bióticos puedan adquirir un mayor peso (Ortega y Padilla, 2003).

Los indicadores biológicos de la calidad del agua a diferencia de los indicadores fisicoquímicos, resultan ser de gran utilidad para analizar las características y calidad del agua de una manera integrada y extendida en el tiempo, esto quiere decir que muestra las condiciones del agua tiempo atrás del muestreo (Gómez y Ramírez, 2009).

La mayoría de métodos e índices para la evaluación de la calidad biológica del agua han sido desarrollados para ecosistemas lóticos (ríos y quebradas) y en menor grado para ambientes lénticos, como lagos y lagunas (Rossaro *et al.*, 2006). El biomonitoreo es más complejo en humedales, debido a la gran diversidad de tipos que existen y la consecuente variabilidad de su hidrología, por lo que la aplicación no está bien desarrollada para este tipo de ambientes (Roosenberg *et al.*, 2008).

2.5 HUMEDAL LAGUNA DE CUBE – QUININDÉ

La Laguna de Cube posee dos tipos de ecosistemas: el Ecosistema léntico o zona cubierta con aguas dulces permanentes y el Ecosistema del Humedal constituido por la zona inundable.

La superficie total del humedal y la laguna es de 159.7 Ha de los cuales 21.6 Ha. conforman el espejo de agua o laguna en sí y 138.1Ha. el humedal, datos aproximados de acuerdo al cálculo realizado por el equipo de geógrafos conformado por grupos de trabajo de Fundación Natura y Ministerio del Ambiente, noviembre 2000.

Hay varios esteros que alimentan la laguna, y el sitio de desfogue se ubica al sur del espejo de agua el cual forma el río Colorado Turbio que se convertirá en el Colorado Claro afluente del Río Cube. El recinto de La Laguna limita al:

- **Norte:** con el estero Colorado Turbio y con elevaciones de 400 msnm.
Sur: existen elevaciones de la misma altura.
- **Este:** hay elevaciones de 364 msnm.
- **Oeste:** elevaciones de 344 msnm.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA LAGUNA DE CUBE.

La Laguna de Cube es un Humedal perteneciente al gran Bioma lacustre, tomando la clasificación para Humedales reconocida por Ramsar se divide en dos zonas:

- A. La Zona Inundada, y
- B. La Zona Inundable

A. Zona Inundada

Es la Laguna en sí y es un Ecosistema Léntico dulceacuícola, ésta se mantiene inundada todo el año y por razones de estudio se la ha dividido en tres sub zonas que son:

- a) Sub Zona litoral o de borde con vegetación de raíz.
- b) Sub Zona limnética de agua abierta o espejo de agua, con vegetación hidrofílica flotante.
- c) Sub Zona profunda, fondo de la laguna.

B. Zona Inundable

La zona inundable con su ecosistema de Humedal o área de Llanura de inundación. Estacionalmente Inundada (pastizales) posee una extensión variable que va desde su borde inicial hasta su borde final y comprende una extensión variable de 0 metros a varias hectáreas.

2.6 PECES COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA

Según Gómez y Ramírez (2009) los peces (ictiofauna) son indicadores biológicos de gran importancia, debido a su longevidad que oscila entre los 20 y 30 años, son indicadores que permiten tener datos históricos sobre los impactos que se han generado en las masas de agua. También su nicho hace que jueguen

un papel importante en los ecosistemas, gracias a que sirven como transportadores de sustancias e influyen en el flujo de energía. Los peces se consideran indicadores útiles para llevar un seguimiento a los cambios hidromorfológicos que produzcan alteración del hábitat que conlleve a: disminución en la profundidad del cuerpo de agua; composición granulométrica; morfología del lecho y vegetación de ribera.

Los peces también son sensibles a los cambios fisicoquímicos que pueden producir:

- a) Contaminación de los cuerpos de agua
- b) Eutrofia y aparición de toxicidad por algas
- c) Desoxigenación del agua

En términos prácticos se utilizan los conjuntos de especies de peces, en lugar de comunidades ecológicas como los objetos de gestión en ríos. Un conjunto de peces es definido por Wootton (1991) como un grupo de especies en un sector definido independientemente de las interacciones ecológicas que existen entre ellas. En el momento que se demuestra que hay interacciones ecológicas, se puede hablar entonces de una comunidad. De hecho, Hughes *et al.* (1998) indican que la integridad biológica se analiza mejor a nivel de comunidad o de conjuntos de especies. Estas entidades ecológicas reflejan no solamente los efectos directos e indirectos de los problemas ambientales crónicos, sino también los impactos de las perturbaciones episódicas. Por ejemplo, el restablecimiento de los conjuntos de peces después de perturbaciones catastróficas a corto plazo (inundaciones, crecidas, contaminación puntual) es relativamente rápido. En cambio, una presión constante sobre el ecosistema, como la agricultura intensa o la contaminación difusa, puede cambiar las comunidades bióticas en el lago.

2.7 DIVERSIDAD DE PECES EN LAS ZONAS ICTIOHIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR

El total de especies de peces nativos de las zonas ictiohidrográficas del Ecuador, que hasta la presente fecha han sido registradas, suman 951; están agrupadas en 22 órdenes, 72 familias, 17 subfamilias y 393 géneros.

En la Costa, el mayor número de especies corresponde a la

Intermareal con 120 especies. En las zonas restantes, la riqueza de especies es la siguiente: en la zona Esmeraldas con 57 especies, en Guayas 63, en Catamayo 25 y en Santiago-Cayapas 73 especies, en esta última se incluye la sardina *Grundulus quitoensis* que es nativa de los Andes septentrionales.

En la región Oriental, en la llamada alta Amazonía, las zonas y el número de especies de peces son: Alto Napo (AN) con 14 especies, Alto Pastaza (AP) con 35, Upano-Zamora (UZ) con 40 y Chimchiche (CH) con 36 especies. En la baja Amazonía la zona ictiohidrográfica Napo Pastaza (NP) es la más diversa, con 680 especies, seguida de Morona Santiago (MS) con 143 especies. Las zonas ictiohidrográficas propuestas para el Ecuador ascienden a un total de 11, cinco para la Costa y seis para el Oriente (Barriga, 2012).

2.8 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DE AGUA

Figuroa *et al.*, (2007) mencionan que la calidad del agua desde hace mucho tiempo se ha medido a través de parámetros físico-químico, los que actúan como una fotografía que muestra características inmediatas sobre el ecosistema estudiado y no una variación en el tiempo.

En consideración existe otra alternativa basada en indicadores biológicos conocidos como bioindicadores los que presentan ventajas más amplias y nos entregan una gama compleja de cualidades del medio en el que se desenvuelven. Esto nos permite estudiar cambios temporales causados por las perturbaciones ya que los cambios en la estructura comunitaria, o la presencia o ausencia de especies indicadoras expresa un efecto actual o pasado sobre el sistema.

2.9 ÍNDICES BIOLÓGICOS O ÍNDICE BIÓTICO

Springer (2010) menciona que los índices bióticos son ampliamente utilizados en la evaluación de la calidad biológica de las aguas, en especial de los ríos. Estos índices asocian a los taxa presentes (familia, género, especie) con un valor numérico según su nivel de tolerancia. Este valor, a su vez es utilizado en conjunto con la riqueza taxonómica (Índices cualitativos) o en combinación con las abundancias relativas (índices cuantitativos) para llegar a un valor final del índice.

2.9.1 ÍNDICE DE INTEGRACIÓN BIÓTICA (IBI)

El IBI (índice de integración biótica) fue desarrollado por James Karr, como medio para evaluar la degradación en ambientes acuáticos del oeste medio de los Estados Unidos de Norteamérica. El mismo se basa en el arreglo de atributos ecológicos de las comunidades ícticas: riqueza de especies, taxones indicadores (grado de tolerancia), niveles tróficos, abundancia de peces e incidencias de hibridación, enfermedades y anomalías. El IBI integra los niveles de organización de comunidad, población y organismos para evaluar la integridad biótica mediante la zoogeografía común y con características físicas similares (Rodríguez y Taphorn, 2014).

Para cada uno de los criterios el investigador asigna un valor a la muestra: un signo menos, un cero, o un signo más. Este enfoque propuesto por Karr (1981), permite la flexibilidad para acomodar la variación evolutiva y las historias ecológicas de los peces entre las cuencas. Arbitrariamente se han asignado valores a cada uno de los grados a partir de la propuesta original (-) = 1, (0) = 3, (+) = 5. Otros autores como Contreras y Edwards (2002) prefieren usar (-) = 0, (0) = 5 (+) = 10. Estos valores son sumados para todos los criterios (parámetros) y para cada uno de los sitios o localidades muestreadas, y la suma total nos da el índice de calidad de la comunidad. El sistema original propuesto por Karr (1981) clasifica el ambiente en seis clases de calidad (excelente, bueno, razonable, pobre, muy pobre, ausencia de peces), basados en doce atributos de la comunidad.

2.9.2 ADAPTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL IBI

El IBI está diseñado y adaptado a partir de tres atributos básicos de las comunidades de peces: riqueza y composición de especies, estructura trófica y condición y abundancia de los peces (Velásquez y Vega, 2004).

Karr *et al.*, (1981) citado por Velásquez y Vega (2004) establece una serie de ocho métricas agrupadas en tres categorías:

Cuadro 2.1 Parámetros utilizados en el desarrollo de los IBI basados en la comunidad de peces.

| | |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Composición y riqueza de especies | Número de especies Índice de diversidad (Shannon-Wiener) |
| Composición trófica | Proporción de omnívoros Proporción de detritívoros Proporción de insectívoros Proporción de carnívoros tope |
| Abundancia y condición de los peces | Número de individuos (por esfuerzo de monitoreo) Proporción de peces con anomalías |

Fuente Karr (1981)

2.9.3 COMPOSICIÓN Y RIQUEZA DE ESPECIES

La elección de la riqueza de especies y el número total de individuos como primer criterio, debido a consideraciones biogeográficas, estacionales y de características del área (tamaño). Mediante el IBI son evaluados diferentes parámetros de la composición de especies para conocer la tolerancia en cada especie, ya que la presencia de especies intolerantes es un criterio importante.

En la riqueza y composición de especies se determinarán los siguientes parámetros:

Número de especies (Utilizando claves taxonómicas)

Índice de diversidad (Shannon-Wiener):

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad [2.1]$$

Dónde:

S= número de especies (riqueza de especies)

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

n_i = Número de individuos de las especies i

N = Número de todos los individuos de todas las especies

2.9.4 COMPOSICIÓN TRÓFICA

Mediante la estructura trófica, se puede obtener un indicador favorable de la calidad del agua de un sistema y sus alteraciones. La dominancia de estas especies crece presumiblemente como resultado de la degradación de la base alimentaria, especialmente de los invertebrados. En consecuencia, las especies oportunistas aumentan en número y proporción. Karr (1981) citado por (Velásquez y Vega, 2004), estableció que muestras con menos de 20% de individuos omnívoros son buenas, mientras que aquellos sitios con más de 45% de omnívoros en la muestra están ampliamente degradados. Otro criterio importante es la proporción de peces insectívoros o de consumidores de invertebrados en general (invertívoros). La presencia de carnívoros es otro parámetro indicador de la calidad de un ambiente. Poblaciones viables y saludables de estas especies (carnívoros topes) indican una comunidad saludable y diversificada.

2.9.5 ABUNDANCIA Y CONDICIÓN DE LOS PECES

Las capturas elevadas por unidad de esfuerzo (CPUE) están frecuentemente asociadas a ecosistemas ricos y de buena calidad del agua, mientras que las CPUE bajas son más comunes en sistemas severamente degradados o sometidos a una pesquería intensiva. La reducción del número esperado de individuos para un determinado esfuerzo de muestreo podría indicar alguna forma de estrés que estaría afectando los requerimientos de sobrevivencia de una comunidad de peces. Un criterio adicional que parece estar ligado a la clasificación de un ambiente es la frecuencia de peces con tumores, lesiones en las aletas o deformidades, parásitos u otros defectos del cuerpo.

2.10 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA

El sistema propuesto por Karr (1981) clasifica el ambiente en seis clases de calidad:

Cuadro 2.2. Valoración de los indicadores del IBI (Karr, 1981)

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

CUADRO 2.3. Clases de integridad biótica, atributos y puntuaciones.

| Clases de integridad | Atributos |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EXCELENTE (35-40) | 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. |
| BUENA (30-35) | 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. |
| REGULAR (25-30) | 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. |
| POBRE (20-25) | 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. |
| MUY POBRE (<20) | 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. |
| AUSENCIA DE PECES (0) | Los peces están ausentes en repetidos muestreos. |

Para obtener el IBI se utiliza la siguiente fórmula (Karr *et al.*, 1981):

$$IBI = \Sigma VRA [2.2]$$

Dónde:

IBI: Índice de Integridad biótica

Σ VRA: Sumatoria de las variables o parámetros de respuesta ambiental.

2.11 MÉTODOS NORMALIZADOS PARA AGUAS

Según Ortega *et al.*, (2014) la adquisición de los peces es imprescindible tener una planificación y organización, la cual se debe basar en un conocimiento detallado de las licencias y permisos requeridos para la recogida de muestras. Además de realizar una inspección a la zona de estudio y tener un formulario de datos.

2.12 SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Los protocolos de muestreo y análisis para ictiofauna según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro promulgada en el 2005, en lagos y embalses se elegirán diferentes estaciones de muestreo (localización de una red de captura), según sus características hidro morfológicas y de hábitat.). El número de estaciones de muestreo en la masa de agua depende del área en hectáreas, profundidad, heterogeneidad del hábitat, y de los objetivos del estudio.

Cuadro 2.4. Puntos de muestreo en base a la profundidad y el área (ha)

| PROF. (M) | <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 |

Fuente Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro promulgada en el 2005

2.13 METODOLOGÍA DE COLECTA

Los protocolos del Estándar Método de Aguas 10600 presentan una metodología aplicada para el uso de las artes de pesca estandarizada y diseñada.

Para una correcta planificación y organización se requiere informarse con detalle de las acciones planificadas, solicitando permiso a las autoridades competentes y evitando dañar los centros de recreo que se encuentren dentro del lugar.

Responder a los espectadores de una manera cortés y clara, mostrando el nombre y la dirección del grupo de estudio a través de etiquetas. Se debe deshacer de las muestras procesadas asignándolas a un museo, institución académica o sepultándolas en un área de tierra certificada o aislada, no se deben recoger muestras en exceso.

Para la pesca con red se utiliza en aparejos estáticos, como trampas y vertederos, y en aparejos activos, como red barredera y pesca a la rastra. La red puede ser fabricada en algodón, plástico o metal, el color de las redes presenta ventajas al momento de la recogida de la muestra.

2.14 ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

La identificación de los peces se basa en características diagnósticas, como forma del cuerpo, color y tamaño, forma y posición de las aletas. Las características diagnósticas pueden variar con la edad, el sexo, el estado reproductor y estatus social. La identificación puede realizarse tanto en especímenes frescos como conservados, para el color los materiales frescos son esenciales.

2.15 CLASIFICACION CIENTIFICA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN EL HUMEDAL LA LAGUNA DE CUBE

2.15.1 OREOCHROMIS NILOTICUS

2.15.1.1 TAXONOMÍA

Clase: Osteichthyes

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: Oreochromis

Especie: O. Niloticus

Nombre común: Tilapia

2.15.1.2 CARACTERISTICAS GENERALES

Es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras, que se adapta a diversos climas y ambientes, en tanto que las temperaturas ideales varían entre 31 y 36 °C, siendo una de las especies altamente cultivadas en todo el mundo, empleándose para ello la reversión sexual a machos, que poseen mayor crecimiento que las hembras (Tirado *et al.*, 2013).

2.15.2 MOENKHAUSIA SP.

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: Moenkhausia

Especie: Moenkhausia sp

2.15.2.1 CARACTERISTICAS GENERALES

Los machos pueden llegar alcanzar los 10 cm de longitud total. Vive en zonas de clima tropical entre 21°C - 25°C de temperatura. Se encuentran en Sudamérica: las Guayanas y cuenca del río Amazonas.

2.15.3 CICHLASOMA DIMERUS

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: Cichlasoma

Especie: C. dimerus

2.15.4 CARACTERISTICAS GENERALES

Son peces de fecundación externa con cuidado biparental de la progenie, la hembra deposita los huevos sobre un sustrato liso y el macho los fecunda. La hembra cuida la puesta en cuanto el macho defiende a la hembra y el territorio. Los alevines nacerán a los tres días de realizada la puesta, estos comenzarán el nado libre a los ocho días de nacidos y en ese momento el macho y la hembra se pondrán más agresivos para protegerlos.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.

3.1 UBICACIÓN.

La Laguna de Cube está ubicada en la Provincia de Esmeraldas, Cantón Quinindé, Parroquia Rosa Zárate en el Recinto La Laguna, forma parte de los Bosques de las Estribaciones Occidentales de la Cordillera Costera de Mache que ahora se encuentra dentro de la Reserva Mache-Chindul (REMACH).

Sus coordenadas UTM son: 1043925 N – 650768 E a 350 msnm (muelle), su temperatura y precipitación media anual oscila entre los 23 y 25 grados centígrados y recibe una precipitación anual promedio de 2000 a 3000 milímetros.

La superficie total del humedal y la laguna es de 159.7 Ha de los cuales 21.6 Ha. conforman el espejo de agua o laguna en sí y 138.1Ha. el humedal, datos aproximados de acuerdo al cálculo realizado por el equipo de geógrafos conformado por grupos de trabajo de Fundación Natura y Ministerio del Ambiente, noviembre 2000.

3.2 DURACIÓN DEL TRABAJO

Se estimó una duración de 9 meses dentro de un año calendario a partir de la aprobación del trabajo de investigación para las labores de diagnóstico, monitoreo y análisis de información.

3.3 VARIABLES DE ESTUDIO

3.3.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad del agua.

3.3.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Ictiofauna presente en el humedal Laguna de Cube – Quinindé.

3.4 METODOS Y TECNICAS

Se aplicaron los métodos de campo, descriptivo y documental (Aveiga 2012, Bernal 2010, Hernández *et al.*, 2010). Asimismo, el Índice de integridad biótica y el de Sistema de información Geográfica SIG (Jom, 2010).

3.4.1 METODOS

- **INDICE DE INTEGRIDAD BIÓTICA**

El índice de integridad biótica es una herramienta metodológica para evaluar 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.

- **SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
(GEOREFERENCIACIÓN)**

Para la utilización de este método fue necesaria la implementación de herramientas técnicas como los SIG para generar un mapa de la ubicación del área de trabajo.

3.4.2 TÉCNICAS

- **OBSERVACIÓN DIRECTA**

Dentro de la visita previa al proyecto, esta parte fue vital para el reconocimiento del área y para hacer visible la realidad del problema existente acompañado de foto documentación y una toma de apuntes sobre cada detalle que se generó.

- **ENCUESTA**

La encuesta se la realizó a pescadores de la zona en estudio y a otros actores con la aplicación de la fórmula para poblaciones finitas (Mora *et al.*, 2013):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad [3.1]$$

Donde:

N = Total de la población

Z_{α} = 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%).

TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

Para el procesamiento de datos y visibilizar los resultados se utilizó la estadística descriptiva con la distribución de frecuencias como tablas, histogramas o gráficos; medidas de tendencia central como moda, mediana y media o promedio, medidas de dispersión como varianza y desviación estándar (Bernal 2010).

3.5 PROCEDIMIENTOS

3.5.1 FASE I. DIAGNÓSTICO DE LAS ACTIVIDADES SOCIO-AMBIENTALES

En esta fase se describió de la situación actual del humedal, mismo que sirvió de referencia para la evaluación de la calidad de agua. Para realizarlo, se planificó las siguientes actividades:

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

Para llevar a cabo esta actividad se realizó el reconocimiento del área de estudio con el fin de iniciar el proceso de familiarización con la zona, aquí se identificaron la extensión geográfica, las rutas de acceso, los aportes de agua provenientes de otras regiones geográficas, previas conversaciones con el guía del humedal y por medio de observaciones de campo se identificó las técnicas de capturas utilizadas por los pescadores locales que sirvieron como aporte para el muestreo registradas a través de fichas (ver Anexo 1,A).

- **ACTIVIDAD 2. ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR LOS HABITANTES**

Durante los recorridos se identificó a los informantes claves en este caso fueron los líderes comunitarios como también pescadores de edad avanzada con rango de edad mayor de 40 años ya que son piezas de información histórica al comparar actividades pasadas y futuras, se realizaron encuestas estructuradas previamente elaboradas con la finalidad de tener una visión holística de la problemática, utilizando cuestionarios que incorporan preguntas sobre las diferentes actividades que se llevan a cabo en el humedal, el uso que le dan a este recurso, los cambios en la disminución de la calidad y cantidad de peces entre otras.

Para el análisis de los resultados se empleó el programa R-Project, que permitirá obtener los datos de cada una de las variables a través de cuadros estadísticos para una mayor apreciación.

- **ACTIVIDAD 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS FOCOS DE CONTAMINACIÓN**

Para la identificación de los focos de contaminación se necesitó de información puntual y el tipo de la misma. Se hizo necesario crear una herramienta para la recolección de información llamada “ficha técnica de observación de focos” (ver Anexo 1C), que permitió recoger datos importantes y puntuales en el humedal, esta ficha estuvo basada en las actividades 1 y 2 antes mencionadas donde se obtuvieron datos como información sobre las actividades realizadas en el humedal. Obtenida la información se adquirió un dimensionamiento de la amenaza por contaminación antrópica que tiene el área de estudio.

3.5.2 FASE II. IDENTIFICACIÓN DE LA ICTIOFAUNA

En esta etapa se definieron las estaciones a muestrear y la aplicación del índice de integridad biótica, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

- **ACTIVIDAD 4. SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO Y DEL ÁREA DE CAPTURA**

Para la selección del número de las diferentes estaciones de muestreo (entendidas éstas como la localización de una red de captura) estuvo sustentado bajo protocolos de muestreo y análisis para ictiofauna según la Directiva Marco

del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro promulgada en el 2005 (Ver Cuadro 2.3), las mismas que estuvieron adaptadas de acuerdo al área del humedal teniendo en cuenta la profundidad, heterogeneidad del hábitat, los diferentes usos del agua, la accesibilidad al lugar, los puntos de influencia de pesca y así mismo el grado de riesgo focalizado de contaminación establecidos en la fase I que sirvieron como parámetros para la determinación de los puntos de muestreos.

Las estaciones que fueron muestreadas estaban enfocadas al conocimiento ancestral (pescadores o habitantes de La Laguna) en las estrategias de muestreo y en las recomendaciones o medidas de manejo pesquero que se la realizaran en época seca según lo propuesto por Barbour *et al.* (1999), que es cuando las comunidades acuáticas son más estables y se minimiza el efecto de deriva provocado por las variaciones en el flujo durante la época de precipitaciones (¡Karr, 1987; Fleituch, 1992; Lyons, 1992; Dall, 1995 y An *et al.*, 2002).

Al final con el objeto de posicionar cada uno de los puntos de muestreo se registraron mediante dispositivos GPS las coordenadas UTM en el punto central de cada estación muestreado.

• **ACTIVIDAD 5. MUESTREO EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

La metodología aplicada para el uso de las artes de pesca propuesta en este trabajo está estandarizada y ha sido diseñada según protocolos del Estándar Método de Aguas 10600B Adquisición de datos, literal 1.- literal g; literal 3.- literal e por lo cual, estos métodos son usados en la mayoría de investigaciones de carácter científico, provocando mínimo estrés a la ictiofauna. Las redes se instalaron en lugares inicialmente elegidos y usando pesos y boyas, y el modo de instalación de las redes dependieron de las características de la red. Se tomaron muestras mensuales de la ictiofauna entre los meses de septiembre-octubre y se registraron los datos de cada captura hojas de campo (ver Anexo 1.D) establecidas por Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro promulgada en el 2005.

- **ACTIVIDAD 6. APLICACIÓN DE CLAVES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA ICTIOFAUNA ENCONTRADA**

Transcurrido el tiempo de captura se extrajeron los peces de las redes para su identificación mediante claves sistemáticas (Estándar Método de Aguas), para manipular los peces (identificación, pesa y medida) se usó un producto anestésico que los relaje y facilite el trabajo especialmente para los peces más activos, aceite esencial de clavo de olor (euglenol).

Luego de aquello se tomaron dos ejemplares de cada especie (grande, pequeño) por cada estación, los cuales fueron trasladados (conservados en hielo) a los laboratorios de la ESPAM, para realizar un reporte fotográfico, tomar las medidas de longitud total que comprende desde la boca hasta la aleta caudal, la longitud estándar desde la boca hasta la terminación de la columna vertebral con la utilización de un ictiómetro, los valores de peso mediante una balanza analítica, la verificación del estado sanitario y el análisis de los intestinos bajo lo que establece el Estándar Método de Aguas 10600B,10600C.

3.5.3 FASE III. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA

En esta fase se procedió a la determinación de la calidad del agua a través de las siguientes actividades:

- **ACTIVIDAD 7. VALORACIÓN DE LAS MÉTRICAS PARA CADA UNA DE LAS ESTACIONES MONITOREADAS.**

Posteriormente los datos se analizaron según la metodología empleada para el Índice de Integridad Biótica (Karr *et al.*, 1986) en la cual se aplicaron una serie de ocho métricas agrupadas en tres categorías:

Composición y riqueza de especies

Número de especies (Utilizando claves taxonómicas)

Índice de diversidad (Shannon-Wiener) (Ver fórmula 2.1)

Composición trófica

Proporción de omnívoros

Proporción de detritívoros

Proporción de invertívoros

Proporción de carnívoros tope

Abundancia y condición de los peces

Número de individuos (por esfuerzo de monitoreo).

Proporción de peces con anomalías (la revisión directa de las especies).

• ACTIVIDAD 8. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA DEL HUMEDAL LA LAGUNA DE CUBE

Cada parámetro es valorizado según la metodología antes mencionada en un rango ya establecido. Luego de aquello los valores fueron sumados para todos los criterios (parámetros) y para cada uno de los sitios o localidades muestreadas, y la suma total dará el índice de calidad de la comunidad (Ver cuadro 2.2). Proponiéndose entonces la siguiente fórmula (ver formula 2.2).

.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DIAGNOSTICO DE LAS ACTIVIDADES SOCIO – AMBIENTALES REALIZADOS POR LOS HABITANTES DEL HUMEDAL LA LAGUNA DE CUBE – QUININDÉ.

Para constatar las actividades económicas de los centros poblados se realizaron 30 encuestas, aplicadas tanto a pescadores como a propietarios, considerados como actores claves en la investigación.

$$n = \frac{112 * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,05^2 * (112 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95}$$

$$n = 44,43 \cong 45$$

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

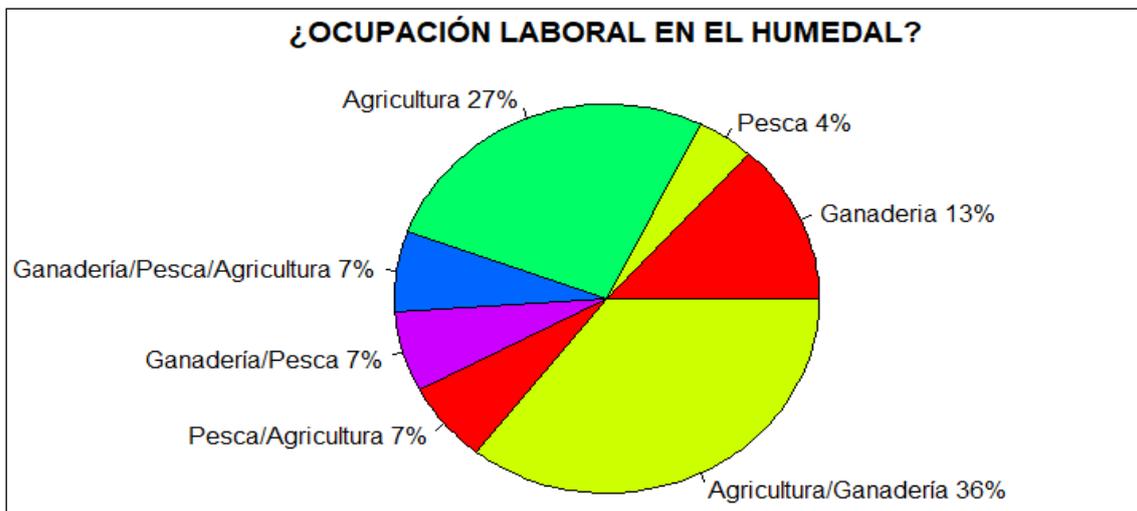
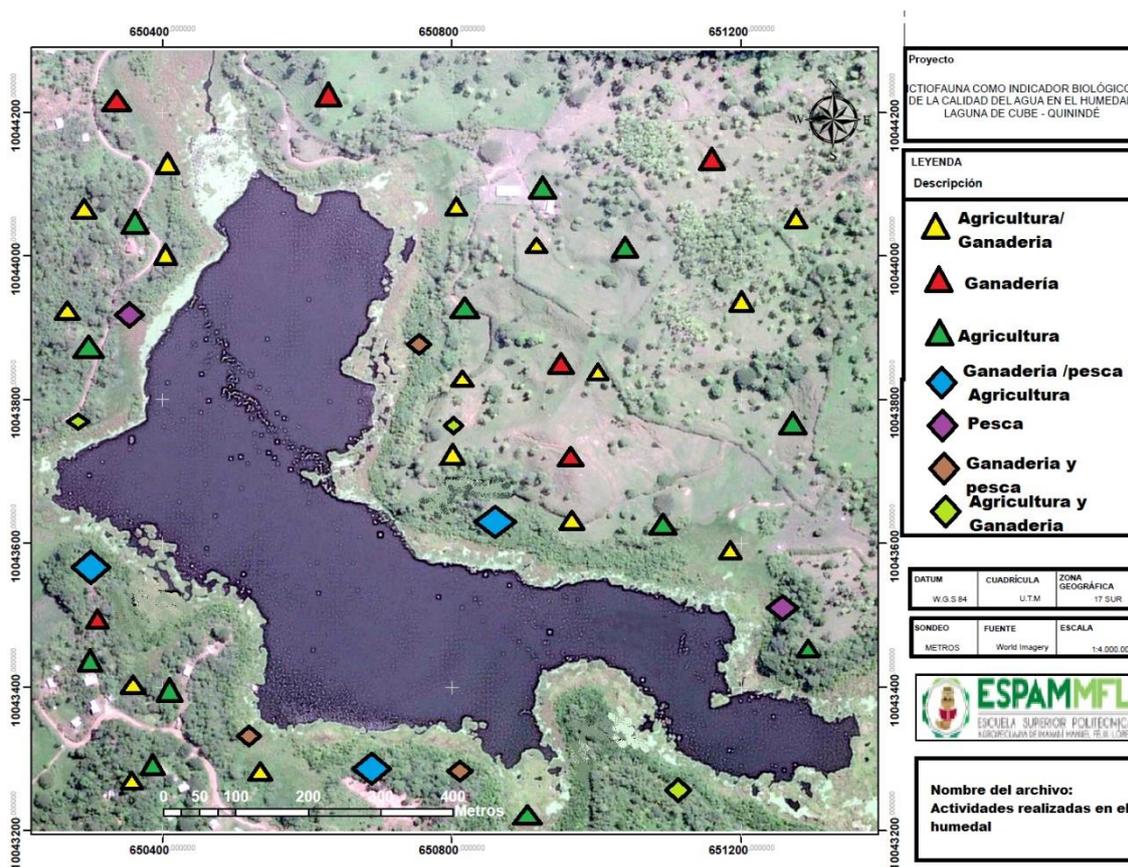


Gráfico 4.1. Ocupación Laboral

En el humedal o en su alrededor el 36% de los habitantes se dedican a la Agricultura y ganadería, siendo los cultivos más representativos el cacao, café, arroz, maíz, y plátano; y llevando a cabo la ganadería a través de la crianza de ganado principalmente vacuno (los pobladores, por tradición cultural, forman los potreros eliminando parte del bosque primario localizado en su parcela, dejando algunas especies grandes para que sirvan de sombra a los animales, para lograr

la limpieza total de este terreno, acostumbra a quemar todo el material vegetal que queda.), sustentando también su economía en la cría de animales menores como los cerdos y aves de corral, el 27% de la población realiza netamente labores de agricultura, utilizan las riberas de la laguna para cultivos de ciclo corto como los antes mencionados, para el mantenimiento de estos cultivos se utilizan herbicidas e insecticidas que afectan a la fauna y flora nativa, (ver imagen 4.1).

Imagen 4.1 Mapas de las actividades realizadas en el humedal.



Entre los principales herbicidas utilizados se identifican al Gramaxone y Glifosatos (marcas Ranger, Coloso, Atila), así como el 2-4-D, marcas Amina, Amina 4 y Amina 6, estos herbicidas contaminan las aguas superficiales y subterráneas, por cuanto son solubles en agua y contaminan los suelos; el 13% de los encuestados se dedica netamente a la ganadería; el 7% de la población se dedica a las labranzas de ganadería y pesca; otro 7% se dedican en conjunto a la agricultura y pesca; mientras 7% se dedican a las tres actividades en conjunto como lo es la agricultura, ganadería, y pesca; el 4% restante de la

población se dedican a la pesca utilizando como medio de captura el trasmallo para pesca en mayor escala y como pesca deportiva anzuelos comunes.

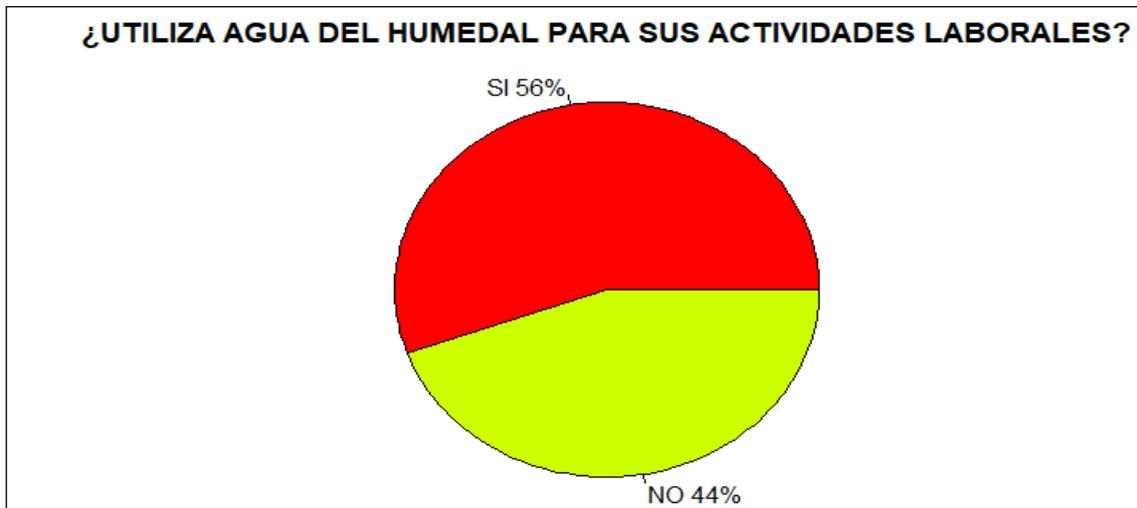


Gráfico 4.2. Utilización de agua en sus actividades.

El 44% de los habitantes indicaron que no utilizan el agua proveniente del humedal en sus actividades diarias, pues las comunidades poseen pozos de las que extraen el agua a través de bombas; el 56% restante indicaron que, si utilizan el agua del humedal, principalmente para el riego de cultivos y la hidratación del ganado bovino.

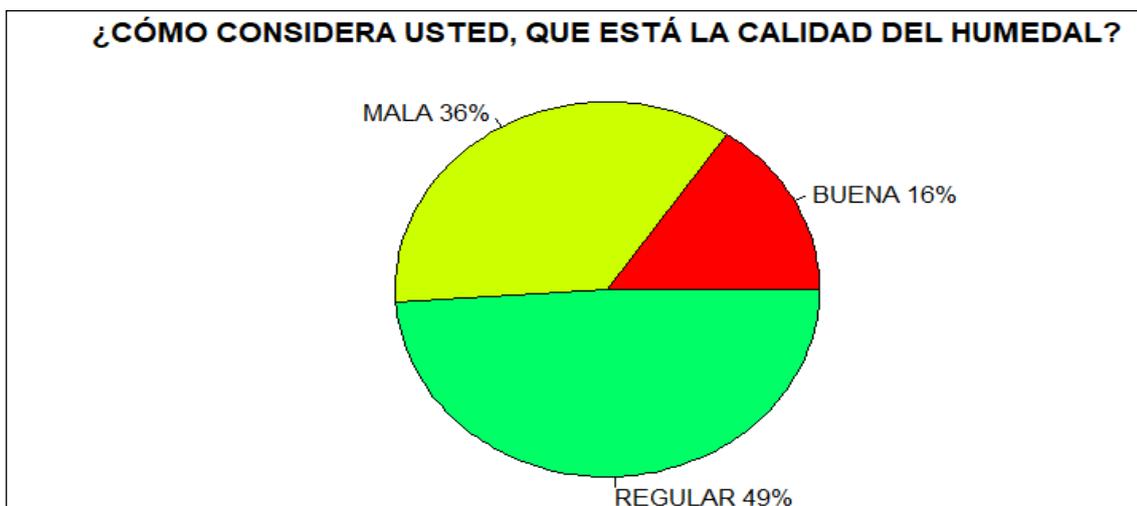


Gráfico 4.3. Opinión de calidad de agua del Humedal.

El 49% de los habitantes mencionaron que la calidad del agua se encuentra en estado regular, pues han observado cambios en el agua en comparación con

años anteriores; el 16% considera que se encuentra en buen estado pues esta proporción posee pocos conocimientos referentes a la calidad del agua esperada en estos medios de vida. han notado malos olores, el 36% restante opinan que el agua se encuentra en estado malo pues ha aumentado la sedimentación reflejado como agua de color oscuro y disminución de ictiofauna.

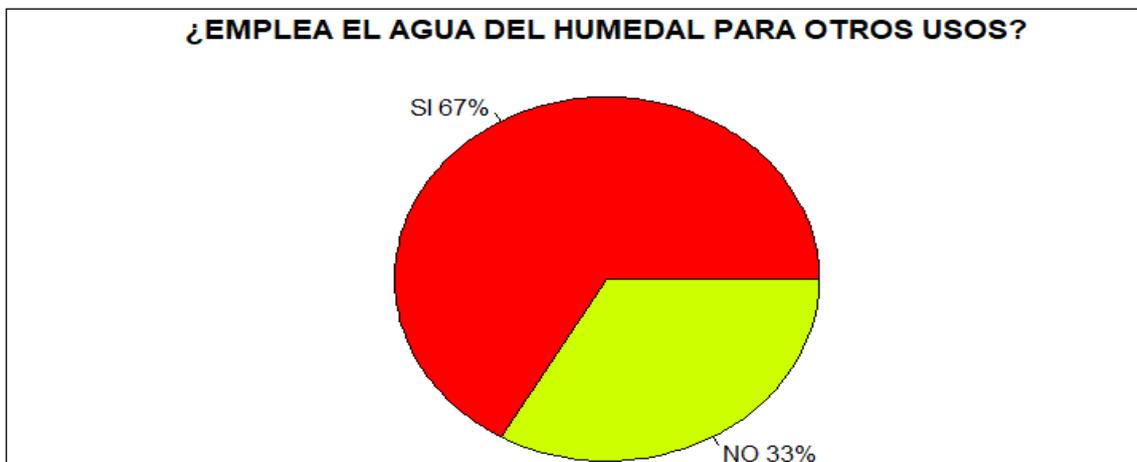


Gráfico 4.4. Otros usos del agua del Humedal.

El SI% alegaron que, si emplean el agua del humedal en este caso para recreación, el NO% restante indicaron que no utilizan el agua procedente del humedal.

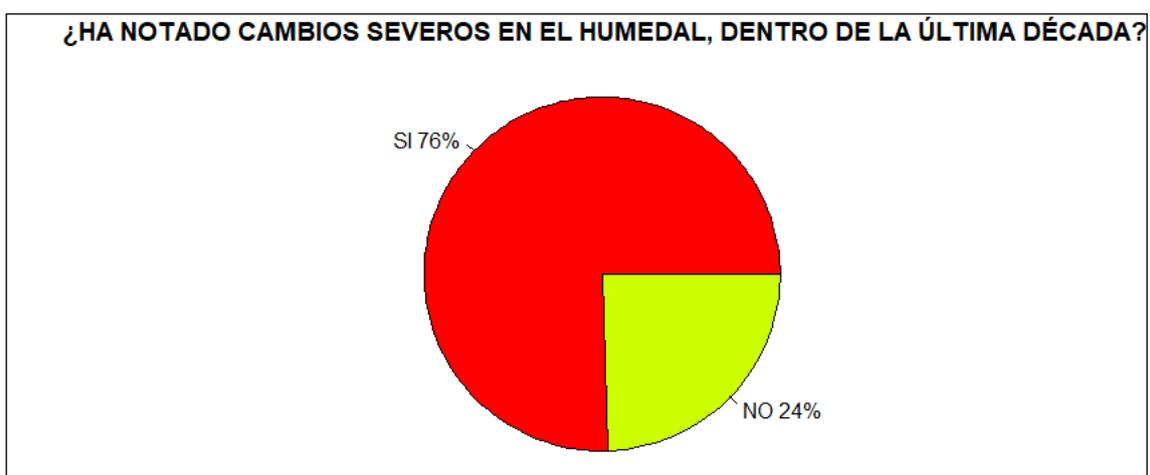


Gráfico 4.5. Cambios observados en el Humedal.

El 76% indicaron que han notados cambios significativos, debido, asumen ellos, a las actividades que se realizan alrededor del humedal, tales como la introducción de especies como la Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

La superficie total del humedal y la laguna es de 159.7 Ha de los cuales 21.6 Ha. conforman el espejo de agua o laguna en sí y 138.1Ha. el humedal, datos aproximados de acuerdo al cálculo realizado por el equipo de geógrafos conformado por grupos de trabajo de Fundación Natura y Ministerio del Ambiente, noviembre 2000. Hay varios esteros que alimentan la laguna, y el sitio de desfogue se ubica al sur del espejo de agua el cual forma el río Colorado Turbio que se convertirá en el Colorado Claro afluente del Río Cube.

La circulación moderada del agua favorece la oxigenación y moviliza masas de vegetación flotante, lo que disminuye la posibilidad de eutrofización. Existe una diversidad biológica alta a nivel específico y variedad de hábitats acuáticos, semiacuáticos y zonas inundables que están ocupados por numerosas especies vegetales y animales; constituyen refugios de vida silvestre y sitios de reproducción. El humedal ofrece servicios ambientales importantes como la conservación y la regulación del sistema hídrico microrregional (es una reserva de agua dulce). En conjunto es un área natural de enorme valor, importancia y prioridad para la conservación.

Las condiciones de saneamiento ambiental son críticas; gran parte de la contaminación ambiental detectada en las viviendas y fincas provienen de la descarga de aguas servidas y basuras que se realizan en sus alrededores. En los diversos asentamientos no existe alcantarillado, el uso de letrinas es limitado y presentan defectos constructivos. Las basuras se arrojan sin tratamiento alguno cerca de las viviendas y esteros que son tributarios del humedal. El abastecimiento de agua no es el adecuado. Pocas familias la hierven para consumo doméstico. Los corrales y porquerizas se ubican bajo la planta principal de las casas creando un foco severo de contaminación ambiental.

Entre los principales focos de contaminación identificados (Cuadro 4.1) conjuntamente con los pobladores están: el botadero de desechos sólidos cercanos al estero de La Y de la Laguna por cuanto no solo se ha convertido en sitio de proliferación de vectores de enfermedades, sino que, además, el proceso de descomposición de la basura está generando gases y líquidos tóxicos que se filtran y/o se desplazan por las corrientes de agua hacia la laguna, y que

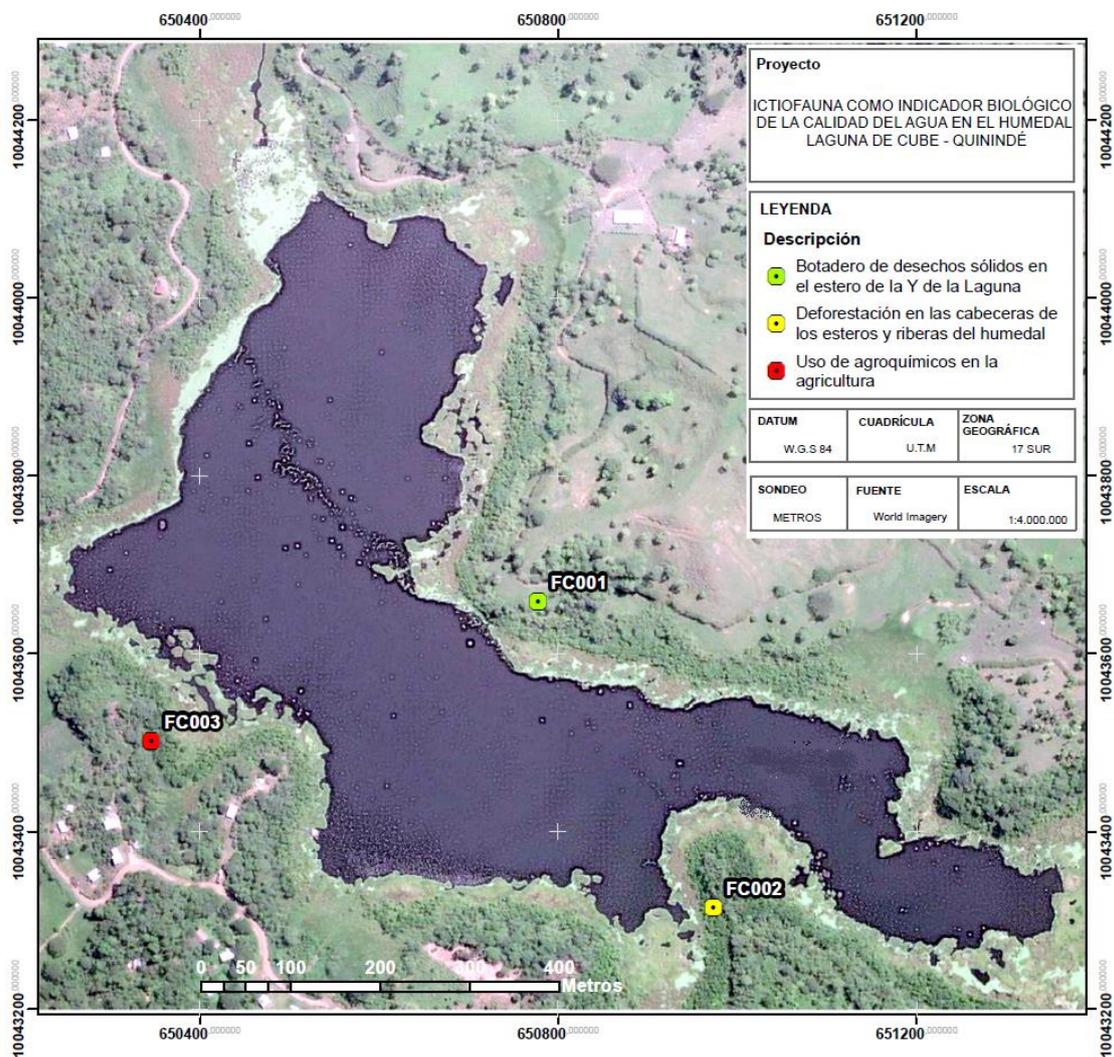
contaminan el aire, las aguas superficiales y las freáticas; la deforestación tanto de las cabeceras de los esteros como de las riberas del humedal.

En el sector de La Laguna, existe una situación de riesgo dado el tipo de uso del suelo que ha provocado un nivel preocupante de deforestación de laderas y esteros convertidas en potreros y a zona de cultivos; y el impacto que causa el uso de agroquímicos en la agricultura éste es otro foco de contaminación preocupante puesto que se utilizan herbicidas altamente contaminantes y solubles en agua lo que conlleva a la contaminación del suelo.

Cuadro 4.1. Descripción de focos de contaminación (Ver Mapa 4.2)

| Punto | X | Y | Descripción |
|-------|--------|-------|----------------------------------------------------------------------|
| FC001 | 651471 | 42353 | Botadero de desechos sólidos en el estero de la Y de la Laguna. |
| FC002 | 650200 | 43383 | Deforestación en las cabeceras de los esteros y riberas del humedal. |
| FC003 | 653254 | 42966 | Uso de agroquímicos en la agricultura. |

Imagen 4.2. temático de los focos de contaminación en el Humedal La Laguna de Cube – Quinindé.



4.2 IDENTIFICACIÓN DE LA ICTIOFAUNA EXISTENTE EN EL HUMEDAL LAGUNA DE CUBE – QUININDE.

Las estaciones de monitoreo se establecieron de acuerdo al protocolo de muestreo y análisis para ictiofauna de la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro (2005) donde se establece el número de estaciones en función al área del humedal y su profundidad, determinando un total de 32 estaciones de muestreo de acuerdo a las características del área, pero dando la posibilidad de reducirla por inconvenientes externos.

Debido a la heterogeneidad del hábitat y la falta de accesibilidad al lugar únicamente se establecieron 8 estaciones de muestreo, descritas en el cuadro 4.2. en las cuales se realizaron 3 repeticiones secuenciales. En el Anexo 2.B, se presenta un mapa del área de estudio donde se muestran los puntos de muestreo de ictiofauna.

CUADRO 4.2. Descripción de las zonas de muestreo. Características y coordenadas.

| Estaciones de muestreo | Características | Coordenadas | | Altitud (m) |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|-------------|
| | | x | y | |
| A | Muelle, Rivera de la laguna de aguas pantanosas con corriente lenta, sustrato fangoso, presencia de vegetación semiacuática. | 650528 | 43401 | 326 m |
| B | Zona compuesta por vegetación hidrofílica flotante. | 650830 | 43357 | 328 m |
| C | Constituido por vegetación enraizada de borde que llega a medir hasta los 2.5 m de alto. | 651351 | 43353 | 322 m |
| D | Zona limnética, aguas abiertas con corriente lenta. | 650914 | 43362 | 329 m |
| E | Compuesta por vegetación enraizada de hábito semiacuático constituidas por estratos herbáceo y arbustivos. | 651410 | 43323 | 322 m |
| F | Zona de agua abierta profunda con presencia de especies hidrofílicas. | 650536 | 43478 | 326 m |
| G | Presencia de formación de asociaciones de especies como islotes flotantes. | 650758 | 43575 | 327 m |
| H | Aguas abiertas con presencia de islas flotantes que navegan por el espejo de agua con una capa aproximada de tierra o sustrato de tres metros de espesor. | 650697 | 43640 | 326 m |

Los muestreos se efectuaron en los meses de septiembre a octubre (época seca), empleando una red de enmalle de 3,5 mm de diámetro y 100 m de largo colocada por un tiempo aproximado de dos horas para obtener la mayor relación riqueza-abundancia de especímenes bajo las condiciones estandarizadas de

muestreo Ortega *et al.*, (2014), obteniendo las especies detalladas en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Número de ictiofauna encontrados en las otras estaciones de muestreo, en época seca.

| ESTACIÓN | FAMILIA | CICHLIDAE | CHARACIDAE | CICHLIDAE | TOTAL |
|--------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| | Especie | Oreochromis niloticus (Tilapia) | Moenkhausia sp. (sardinita) | Cichlasoma dimerus (vieja común) | |
| A | A1 | 96 | 56 | 6 | 158 |
| | A2 | 85 | 45 | 8 | 138 |
| | A3 | 87 | 39 | 11 | 137 |
| Total | AT | 268 | 140 | 25 | 433 |
| B | B1 | 67 | 55 | 15 | 137 |
| | B2 | 63 | 58 | 20 | 141 |
| | B3 | 65 | 59 | 21 | 145 |
| Total | BT | 195 | 172 | 56 | 423 |
| C | C1 | 112 | 54 | 11 | 177 |
| | C2 | 124 | 45 | 15 | 184 |
| | C3 | 97 | 65 | 17 | 179 |
| Total | CT | 333 | 164 | 43 | 540 |
| D | D1 | 55 | 45 | 13 | 113 |
| | D2 | 57 | 55 | 15 | 127 |
| | D3 | 61 | 54 | 16 | 131 |
| Total | DT | 173 | 154 | 44 | 371 |
| E | E1 | 123 | 102 | 19 | 244 |
| | E2 | 119 | 99 | 21 | 239 |
| | E3 | 98 | 96 | 17 | 211 |
| Total | ET | 340 | 297 | 57 | 694 |
| F | F1 | 98 | 54 | 16 | 168 |
| | F2 | 87 | 34 | 13 | 134 |
| | F3 | 95 | 45 | 9 | 149 |
| Total | FT | 280 | 133 | 38 | 451 |
| G | G1 | 67 | 56 | 9 | 132 |
| | G2 | 47 | 54 | 11 | 112 |
| | G3 | 55 | 59 | 15 | 129 |
| Total | GT | 169 | 169 | 35 | 373 |
| H | H1 | 78 | 65 | 13 | 156 |
| | H2 | 76 | 63 | 14 | 153 |
| | H3 | 68 | 54 | 15 | 137 |
| Total | HT | 222 | 182 | 42 | 446 |
| TOTAL | | 1980 | 1411 | 340 | 3731 |
| % | | 53,07 | 37,82 | 9,11 | 100 |

La ictiofauna acuática recolectada en el humedal Laguna de cube en las ocho estaciones de muestreo fue de 3731, con tres familias, agrupadas en tres órdenes, distribuidas en tres especies: *Oreochromis niloticus* (Tilapia), *Moenkhausia sp.* (sardinita), *Cichlasoma dimerus* (vieja común).

La especie más representativa por el mayor número de individuos fue la *Oreochromis niloticus* (Tilapia) con 1980 individuos, seguido de *Moenkhausia sp.* (sardinita) con 1411 individuos y la especie con menor abundancia fue *Cichlasoma dimerus* (vieja común) con 340 individuos encontrados durante el desarrollo de la investigación (Cuadro 4.3). La mayor abundancia de individuos recolectados se encontró en la estación **E** con 694 individuos, seguidos de la estación **C** con 540 individuos, la estación **F** con 451, la estación **H** 446, la estación **A** con 433, la estación **B** con 423, la estación **G** 373 y por último la estación **D** con 371.

En la estación **E** se encontró el mayor número de individuos, esto pudo estar influenciado a las características de la estación, pues esta se encuentra compuesta por vegetación enraizada de habito semiacuático constituidas por estratos herbáceo y arbustivos, el mismo que presenta la disponibilidad de sustratos orgánicos otorgando así un medio de recursos altamente beneficiosos para la riqueza y abundancia de las especies, sobre toto propiciando un hábitat altamente adecuado para la reproducción de las especies y para su medio de alimentación.

En la estación **C** se localizó de manera representativa la especie *Oreochromis niloticus* (Tilapia), pues esta especie se caracteriza por su gran adaptabilidad del hábitat.

En las estaciones **F** y **H** se encontraron valores cercanamente similares para las tres especies identificadas puesto a que ambas estaciones comparten características similares en cuanto al hábitat, con presencia de aguas abiertas con islas flotantes que navegan por el espejo de agua con una capa aproximada de tierra o sustrato de tres metros de espesor, las mismas que presenta un ambiente adecuado para las tres especies encontrados ya que presentan cargas adecuadas de sustrato orgánico.

Las estaciones **A** y **B** aunque muestran valores representativamente iguales en la cantidad de individuos, presentan características de hábitat distintas, ya que la estación **A** cuenta con la presencia de aguas pantanosas con corriente lenta y sustrato fangoso, las mismas que son cualidades favorables para la reproducción del *Cichlasoma dimerus*, sin embargo no se encontró una cantidad mayor de individuos de esta especie debido a la presencia de vegetación semiacuática, que por pertenecer a la zona del muelle (usualmente utilizado por los turistas) es altamente sedimentable, convirtiéndolo en un lugar no beneficioso para el desarrollo de los peces.

Las estaciones **D** y **G** las características de la vegetación proporcionan refugio y sombra a los peces igualmente, las raíces de las macrofitas presentes son un ambiente adecuado para individuos de talla menor a 9 cm de longitud proporcionando, por tanto, el hábitat adecuado y suficiente alimento para el desarrollo de la gran cantidad de *Moenkhausia sp. (sardinita)*.

Para el análisis de las características físicas de los peces encontrados, se realizó la comparación de los pesos, longitudes totales y estándar máximas y mínimas de las especies identificadas por estación de muestreo por repetición, (ver cuadro 4.4) pues indican las condiciones de las poblaciones en un lugar y momento, pues de acuerdo a Meyer, citado por Castro et al. (2005) el crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua.

Cuadro 4.4. Características físicas de las especies encontradas, por estación y por repetición. Longitud total máx./min. Longitud estándar máx./min, Peso máx./min

| MEDIDAS | | LONGITUD TOTAL (cm) | | LONGITUD ESTANDAR (cm) | | P ESO (g) | |
|----------------------------------------|------------|---------------------|-------|------------------------|------|-----------|-------|
| ESPECIES | REPETICION | MAX | MIN | MAX | MIN | MAX | MIN |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | A1 | 31,9 | 17,3 | 27,6 | 13 | 574,2 | 311,4 |
| | A2 | 31,9 | 17 | 27,6 | 12,7 | 574,2 | 306 |
| | A3 | 31,9 | 17,2 | 27,6 | 12,9 | 574,2 | 309,6 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | A1 | 9,99 | 2,62 | 8,54 | 2,62 | 56,6 | 23,1 |
| | A2 | 9,98 | 4,06 | 8,53 | 2,61 | 56,6 | 23 |
| | A3 | 9,75 | 4,08 | 8,3 | 2,63 | 55,3 | 23,1 |
| Cichlasoma dimerus | A1 | 21,42 | 11,2 | 18,75 | 11,2 | 141,6 | 91,7 |
| | A2 | 20,11 | 11,68 | 17,44 | 9,01 | 132,9 | 77,2 |
| | A3 | 21,83 | 13,17 | 19,16 | 10,5 | 144,3 | 87,1 |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | B1 | 31,0 | 17,2 | 26,7 | 26,7 | 558,0 | 558,0 |
| | B2 | 30,9 | 17,1 | 26,6 | 12,8 | 556,0 | 307,8 |
| | B3 | 30,9 | 17,2 | 26,6 | 12,9 | 555,3 | 309,6 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | B1 | 10,0 | 4,1 | 8,5 | 2,6 | 56,6 | 23,1 |
| | B2 | 10,0 | 4,3 | 8,6 | 2,8 | 56,7 | 24,1 |
| | B3 | 9,9 | 4,0 | 8,4 | 2,6 | 56,1 | 22,7 |
| Cichlasoma dimerus | B1 | 22,9 | 13,4 | 20,3 | 10,7 | 151,6 | 88,6 |
| | B2 | 22,6 | 12,2 | 19,9 | 9,6 | 149,5 | 80,8 |
| | B3 | 22,9 | 11,6 | 20,2 | 8,9 | 151,1 | 76,4 |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | C1 | 30,8 | 17,1 | 26,5 | 12,8 | 554,9 | 308,0 |
| | C2 | 30,8 | 17,1 | 26,5 | 12,8 | 555,1 | 308,5 |
| | C3 | 30,4 | 17,1 | 26,1 | 12,8 | 547,4 | 307,4 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | C1 | 10,0 | 4,1 | 8,5 | 2,7 | 56,5 | 23,3 |
| | C2 | 10,0 | 4,1 | 8,6 | 2,6 | 56,7 | 23,2 |
| | C3 | 10,0 | 4,1 | 8,5 | 2,6 | 56,6 | 23,1 |
| Cichlasoma dimerus | C1 | 22,9 | 12,4 | 20,2 | 9,7 | 151,2 | 81,9 |
| | C2 | 22,7 | 11,6 | 20,0 | 8,9 | 150,0 | 76,5 |
| | C3 | 22,9 | 11,9 | 20,2 | 9,3 | 151,2 | 78,8 |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | D1 | 30,7 | 17,2 | 26,4 | 12,9 | 552,2 | 309,6 |
| | D2 | 30,7 | 17,1 | 26,4 | 12,8 | 552,6 | 308,0 |
| | D3 | 31,0 | 17,0 | 26,7 | 12,7 | 557,5 | 306,0 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | D1 | 9,9 | 4,0 | 8,4 | 2,6 | 56,0 | 22,8 |
| | D2 | 10,0 | 4,0 | 8,5 | 2,6 | 56,6 | 22,7 |
| | D3 | 9,9 | 4,0 | 8,4 | 2,6 | 56,1 | 22,7 |
| Cichlasoma dimerus | D1 | 22,8 | 13,0 | 20,1 | 10,3 | 150,4 | 85,9 |
| | D2 | 22,7 | 11,2 | 20,0 | 8,5 | 150,0 | 74,1 |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------|----|------|------|------|------|-------|-------|
| | D3 | 22,7 | 12,4 | 20,0 | 9,8 | 150,0 | 82,2 |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | E1 | 30,9 | 17,2 | 26,6 | 12,9 | 555,7 | 309,2 |
| | E2 | 30,9 | 17,2 | 26,6 | 12,9 | 555,3 | 310,0 |
| | E3 | 30,9 | 17,4 | 26,6 | 13,1 | 556,6 | 312,3 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | E1 | 9,9 | 4,0 | 8,5 | 2,6 | 56,4 | 22,8 |
| | E2 | 10,0 | 4,0 | 8,5 | 2,6 | 56,6 | 22,8 |
| | E3 | 10,0 | 4,1 | 8,5 | 2,6 | 56,5 | 23,0 |
| Cichlasoma dimerus | E1 | 22,8 | 11,7 | 20,2 | 9,0 | 151,0 | 77,1 |
| | E2 | 22,7 | 11,1 | 20,0 | 8,5 | 150,0 | 73,6 |
| | E3 | 22,4 | 12,0 | 19,8 | 9,4 | 148,3 | 79,6 |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | F1 | 31,0 | 17,2 | 26,7 | 12,9 | 557,6 | 310,1 |
| | F2 | 30,9 | 17,1 | 26,6 | 12,8 | 555,3 | 308,0 |
| | F3 | 31,0 | 17,2 | 26,7 | 12,9 | 557,3 | 308,7 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | F1 | 9,9 | 4,1 | 8,5 | 2,6 | 56,1 | 23,2 |
| | F2 | 9,9 | 4,1 | 8,5 | 2,6 | 56,2 | 23,0 |
| | F3 | 10,0 | 4,0 | 8,5 | 2,6 | 56,6 | 22,8 |
| Cichlasoma dimerus | F1 | 22,9 | 12,1 | 20,2 | 9,4 | 151,2 | 79,7 |
| | F2 | 22,2 | 12,7 | 19,5 | 10,0 | 146,8 | 84,0 |
| | F3 | 22,5 | 12,1 | 19,8 | 9,4 | 148,8 | 79,7 |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | G1 | 30,7 | 17,1 | 26,4 | 12,8 | 552,1 | 307,4 |
| | G2 | 30,8 | 17,1 | 26,5 | 12,8 | 555,1 | 308,5 |
| | G3 | 30,9 | 17,3 | 26,6 | 13,0 | 556,7 | 310,9 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | G1 | 9,9 | 4,1 | 8,5 | 2,6 | 56,1 | 23,0 |
| | G2 | 9,8 | 4,1 | 8,4 | 2,7 | 55,8 | 23,4 |
| | G3 | 9,9 | 4,2 | 8,5 | 2,8 | 56,2 | 23,9 |
| Cichlasoma dimerus | G1 | 22,6 | 11,9 | 19,9 | 9,2 | 149,5 | 78,7 |
| | G2 | 21,9 | 11,1 | 19,2 | 8,5 | 144,6 | 73,6 |
| | G3 | 21,7 | 11,7 | 19,1 | 9,1 | 143,6 | 77,5 |
| Oreochromis niloticus (Tilapia) | H1 | 30,7 | 17,1 | 26,4 | 12,8 | 553,3 | 308,0 |
| | H2 | 31,0 | 17,3 | 26,7 | 13,0 | 557,3 | 311,2 |
| | H3 | 30,9 | 17,2 | 26,6 | 12,9 | 555,7 | 309,4 |
| Moenkhausia sp. (sardinita) | H1 | 10,0 | 4,1 | 8,5 | 2,6 | 56,6 | 23,0 |
| | H2 | 9,8 | 4,1 | 8,4 | 2,6 | 55,7 | 23,0 |
| | H3 | 10,0 | 4,3 | 8,5 | 2,9 | 56,5 | 24,4 |
| Cichlasoma dimerus | H1 | 21,5 | 11,8 | 18,8 | 9,1 | 141,8 | 77,7 |
| | H2 | 21,6 | 12,8 | 18,9 | 10,1 | 142,8 | 84,5 |
| | H3 | 22,6 | 11,0 | 19,9 | 8,4 | 149,3 | 72,8 |

La especie *Oreochromis niloticus* fue quien obtuvo la mayor longitud total de todas las estaciones (31,9 cm), estándar (27,6cm) y mayor peso (574,2 g) a diferencia de las demás especies, coincidiendo con lo mencionado por

Velázquez, (2004) que menciona que esta especie puede llegar a medir 35 cm en promedio. *Moenkhausia sp* fue la especie con la menor longitud (2,64 cm), longitud estándar (2,34 cm) y un peso de (22,7 g).

La especie *Oreochromis niloticus* tuvo la mayor longitud en la estación A y la longitud mínima *Moenkhausia sp* en la misma estación.

4.3 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL HUMEDAL LAGUNA DE CUBE – QUININDE MEDIANTE EL IBI Y COMPARACIÓN ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS IN SITU.

A partir de la abundancia de las especies encontradas, se obtuvo el índice de Shannon de las ocho estaciones de muestreo, obteniendo los resultados detallados en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Índice de Shannon de las estaciones de muestreo

| ESPECIE | ESTACION | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H |
| | -Pi ln Pi |
| Oreochromis niloticus | 0,43 | 0,52 | 0,43 | 0,51 | 0,50 | 0,51 | 0,52 | 0,50 |
| Moenkhausia sp. | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,53 | 0,52 | 0,49 | 0,52 | 0,53 |
| Cichlasoma dimerus | 0,24 | 0,39 | 0,29 | 0,36 | 0,30 | 0,52 | 0,32 | 0,32 |
| INDICE DE SHANNON | 1,19 | 1,43 | 1,24 | 1,40 | 1,32 | 1,51 | 1,36 | 1,35 |

Los resultados señalan que los valores de diversidad de Shannon-Wiener oscilaron entre 1,51 en la estación E debido a la variedad de especies y 1,19 en la estación A, sin embargo, estos valores indican una diversidad baja debido a que, a pesar de existir un gran número de individuos, la familia Cichlidae (*Oreochromis niloticus*) suele colonizar los ecosistemas Tirado *et al.*, (2013), evitando el desarrollo de una diversidad entre las especies.

Las especies del Humedal la Laguna de Cube encontradas fueron categorizadas de acuerdo a su alimentación (mediante la revisión de su contenido intestinal)

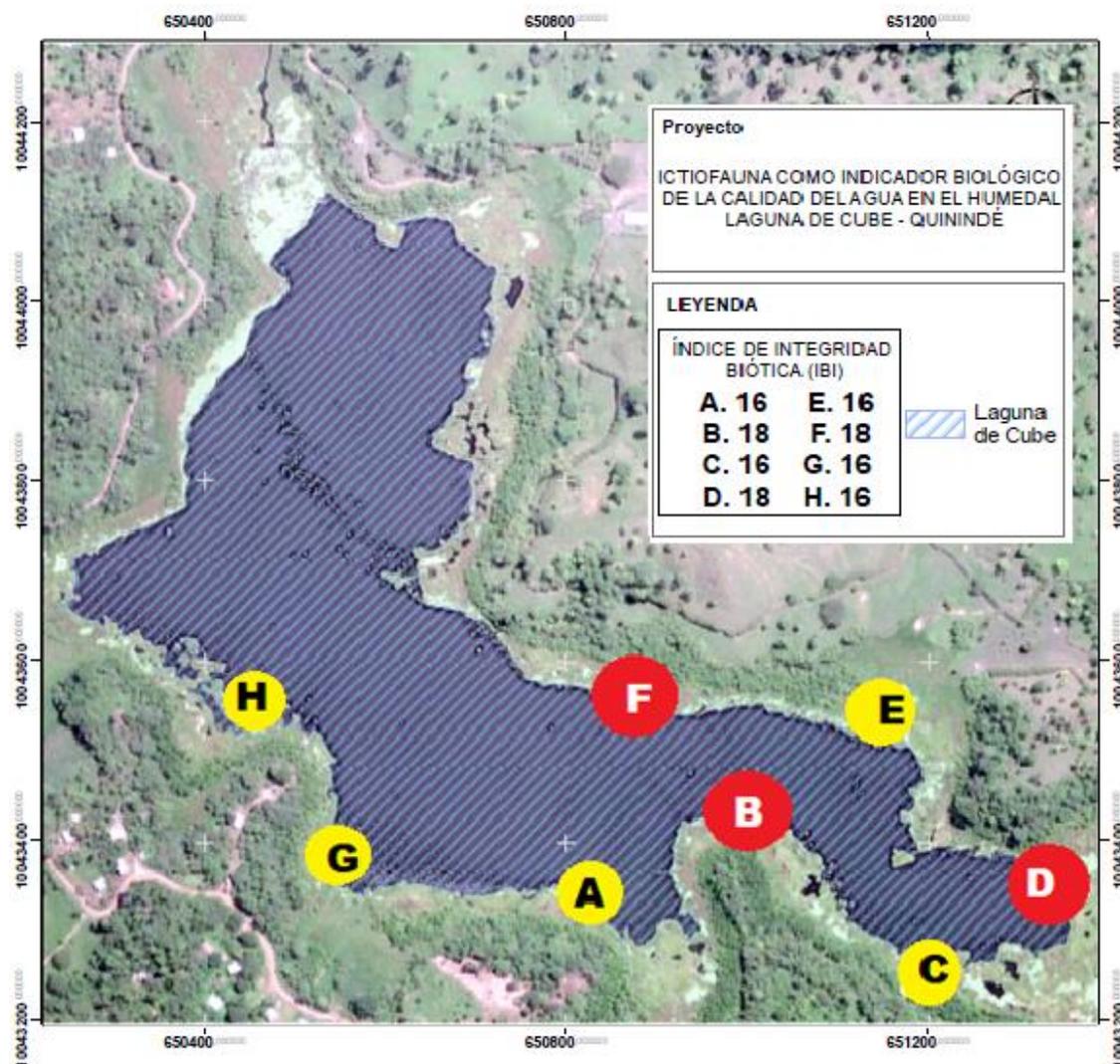
para encajar en la clasificación descrita por el IBI, detallando la existencia de omnívoros (*Oreochromis niloticus*, *Moenkhausia sp.*, *Cichlasoma dimerus* con ausencia de especies detritívoras y carnívoras, siendo las omnívoras las que alcanzaron un porcentaje tope de 100% en todas las estaciones, lo cual de acuerdo a Schmitter *et al.*, (2011) es un indicador de ecosistemas ampliamente degradados.

Dentro de la investigación, no se registró la presencia de peces con anomalías físicas, por lo que se asume una ausencia de contaminante altamente tóxicos que causen de alguna manera afectación a las especies identificadas.

A través de los parámetros investigados, se aplicó la escala para los indicadores del IBI y se obtuvieron los índices de calidad de cada estación de muestreo (cuadro 4.6).

En el humedal Laguna de Cube de acuerdo a las estaciones monitoreadas se evidencio una integridad biológica MUY POBRE (ver imagen 4.3), que de acuerdo a Karr (1981) un valor en esta escala se caracteriza por estar dominada por omnívoros, especies tolerantes a la contaminación y de hábitat generalistas, además como indica Mejía *et al.*, (2010) existe pocos carnívoros tope o ausencia total; tasas de crecimiento y factores de condición comúnmente disminuidos; presencia de formas híbridas y peces con posibles enfermedades. Esta situación es similar a la presentada en la zona de estudio, pues la especie con mayor abundancia fue una especie introducida (*Oreochromis*) debido a su habilidad de adaptabilidad a zonas críticas y su dieta omnívora.

Imagen 4.3. Mapa temático del resultado del Índice de integridad biológica por estación.



CUADRO 4.7 Análisis físico - químicos in situ en la laguna de cube

| Estaciones | pH | Temperatura (°C) | Oxígeno disuelto (%) | Sólidos disueltos TOTALES (ppm) |
|------------|------|------------------|----------------------|---------------------------------|
| A | 7,84 | 28,7 | 67% | 797 |
| B | 7,80 | 29 | 59% | 776 |
| C | 7,91 | 28 | 75% | 765 |
| D | 7,75 | 28,2 | 68% | 745 |
| E | 7,74 | 27,5 | 89% | 658 |
| F | 7,76 | 28,7 | 72% | 698 |
| G | 7,74 | 27,8 | 85% | 732 |
| H | 7,67 | 28,6 | 71% | 698 |

De acuerdo a los análisis Físico – Químico realizados en la Laguna de Cube el potencial de hidrogeno se encuentra dentro del límite de los criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario (Anexo III), el cual indica que el pH debe estar entre 6,5 y 9 para aguas dulces cálidas, el rango aceptable para mantener la salud de los peces. Aguas con valores por debajo de 6.5 y por encima de 9 durante largos periodos pueden afectar el desarrollo y reproducción de los peces, (Boyd 1982).

La temperatura oscila entre 27,5 y 29°C, a pesar de que esta dentro de los criterios permisibles, si el agua está demasiado caliente no habrá suficiente oxígeno el agua, lo cual tiene un marcado efecto en el desarrollo y reproducción de organismos acuáticos, (Boyd 1982). Cuando hay muchas bacterias o minerales acuáticos en el agua, forman una sobrepoblación, usando el oxígeno disuelto en grandes cantidades.

El porcentaje de oxígeno disuelto en el agua va desde un 59% en la estación B hasta un 89% en la estación E, a pesar de estar entre el rango permisible los valores obtenidos son apenas aceptables para las estaciones A, C, D, E, F y H, y pobre para la estación B.

Los resultados obtenidos de STD, están dentro del límite aceptable de para aguas dulces cálidas.

De acuerdo con los análisis físico químicos en la Laguna de Cube, nos da una calidad de agua apenas aceptable con tendencia a pobre, que en comparación

con el IBI no presenta grandes diferencias, estas características se puede ver influenciada por las precipitaciones abundantes que colaboran de manera significativa con la reducción de importantes parámetros que indican contaminación de la laguna, (Farias, A., *et al.* 2005).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Alrededor de la Laguna se encuentran dos centros poblados establecidas: la Y de la Laguna, y la Laguna, el primer centro es de tipo concentrado-consolidado, en cambio el de la laguna es disperso – consolidado, las principales vías de comunicación son caminos de herradura: La Laguna-La Y, de 2 km. De distancia; La Laguna-Colorado-Plátano, de 4 km. En estas comunidades el 36% de los habitantes se dedican a la Agricultura y Ganadería; el 27% realiza labores de agricultura; el 13% se dedican a la cría de ganado vacuno y porcino; el 4% se dedican a la pesca utilizando redes de malla como método de captura; el 7% se dedican a la ganadería/pesca y el 7% restante a la ganadería/pesca/agricultura.
- Se identificaron focos de contaminación externos como: el botadero de desechos sólidos en el estero de La Y de la Laguna, la deforestación tanto de las cabeceras de los esteros como de las riberas del humedal y el impacto que causa el uso de agroquímicos en la agricultura ya que los herbicidas utilizados se identifican al Gramaxone y Glifosatos (marcas Ranger, Coloso, Atila), así como el 2-4-D, marcas Amina, Amina 4 y Amina 6, estos herbicidas contaminan las aguas superficiales y subterráneas, por cuanto son solubles en agua y contaminan los suelos.
- En el humedal Laguna de Cube se identificaron tres especies (*Oreochromis niloticus* (Tilapia), *Moenkhausia sp.* (sardinita), *Cichlasoma dimerus* (vieja común), distribuidas en tres familias y agrupadas en tres órdenes. La especie más representativa por la mayor presencia de individuos fue *Oreochromis niloticus* con el 53,07%, seguido de la especie *Moenkhausia sp* con 37,82% y por último la especie menos representativa *Cichlasoma dimerus* con 9,11% de los individuos identificados. La Mayor abundancia de individuos se encontró en la estación **E** con 694 individuos identificados, seguidos de la estación **C** con 540 individuos, la estación **F** con 451, la estación **H** 446, la estación **A** con 433, la estación **B** con 423, la estación **G** 373 y por último la estación **D** con 371 individuos.

- Los valores de diversidad de Shannon-Wiener oscilaron entre 1,51 en la estación E debido a la variedad de especies y 1,19 en la estación A, sin embargo, estos valores indican una diversidad baja debido a que, a pesar de existir un gran número de individuos, la familia Cichlidae (*Oreochromis niloticus*) suele colonizar los ecosistemas debido a que son especies tolerantes a la contaminación y de hábitat generalistas, reflejando una abundancia baja y además una integridad biológica MUY POBRE, concluyendo que se rechaza la hipótesis nula. En relación con los análisis físico químicos la calidad del agua es apenas aceptable con tendencia a pobre.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones de carácter similar en el humedal Laguna de Cube en época lluviosa a fin de establecer una diferencia y/o relación de la integridad biológica a lo largo del año.
- Integrar más variables fisicoquímicas a investigaciones similares que conlleven el índice de integridad biológico con el fin de establecer un punto de comparación aún más aceptable entre ambos índices.
- Aplicar estudios sobre el Índice de integridad biológico para la determinación de la calidad del agua mediante otras especies acuáticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M. 2011. La economía de las ciénagas del Caribe colombiano. Bogotá, Colombia: Banco de la República de Colombia.
- Alfonso, A. 2002. Informe final del proyecto territorial de desarrollo de un sistema de manejo de humedad ciénaga de Zapata. Matanzas: CITMA.
- Arias, I. y Brix, H. 2003. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(13), 17-24.
- Aveiga, V. 2012. ¿Cómo hacer investigación científica? ISBN: 978-9942-11-273-6. Jefatura Académica y de Postgrado, ESPAM- MFL. Calceta, Ecuador. 248p.
- Barba, E., Mendoza, E. y Reyes, R. 2006. CLASIFICACIÓN DE LOS HUMEDALES DE TABASCO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. *Revista Universidad y Ciencia*, 22(02), 101-110.
- Barriga, R. 2012. Lista de Peces de Agua dulce e Intermareales del Ecuador. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Bernal, C. 2010. Metodología de la Investigación. Tercera edición Colombia 320p
- BOYD, C. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier. New York, EEUU. 318 pp.
- Castro, H., Cruz, I. y Moreno, L. 2005. Evaluación de la calidad del agua y diagnóstico ambiental del humedal Jaboque. *Revista Industrial*, 2(1), 429-435.
- Commission for Environmental Cooperation. 2009. El mosaico de América del Norte: panorama de los problemas ambientales más relevantes-Calidad del agua. Commission for Environmental Cooperation: CEC.org.
- Contreras, S., & Edwards, R. 2002. Índice biológico de integridad en el río Sabinas Coahuila. Mexico: Puerto Oaxaca.
- Convención Ramsar. 1975. (En línea). Consultado, 17 de enero. 2018. Formato HTML. Disponible en <http://www.ramsar.org>
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. 1998. Small and decentralized wastewater management systems. Boston: McGraw Hill.
- Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrográfica del Ebro. 2005. ES. (En línea). Consultado, 15 de diciembre. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.magrama.gob.es>
- Estándar Método de Aguas 10600. p. 128 – 130.

- Hernández, S. 2015. Indicadores de calidad ambiental en humedales. Tesis. Ing. Ambiental. UCM. Manizales-Caldas, COL. p 10 y 21.
- Ibarra, A. 2010. Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. (En línea). Consultado, 14 de may. 2017. Formato PDF. Disponible en <http://www.revista.unam>
- Farias, A; Hervot, E; Tevev, M; Utges, E; Utges, E; Prieto, L. 2005. Influencia de las precipitaciones en la contaminación de la Laguna los Lirios - Chaco. (En línea). Consultado, 25 de abril de 2018. Formato PDF. Disponible en: <http://frre.utn.edu.ar/IIJCyT/clean/files/get/item/2165>
- Fernández, C. 2011. Herramienta metodológica para la gestión ambiental de las aguas subterráneas en cuencas. Revista Electrónica Ciencias Holguin, 12(9), 15-19.
- Fernández, G. 2009. La crisis de Agua en América Latina. Carabobo, VEN. Revista de Estudios Culturales. vol. 2. p 84.
- Figueroa, R., Araya, E., Parra, O., & Valdovinos, C. 2007. Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores de calidad de agua. . Chile: EULA.
- Finlayson, C., & Rea, N. 1999. Reasons for the loss and degradation of Australian. Revista Wetlands Ecology and Management, 7(2), 1-11.
- Gómez, L., & Ramírez, C. 2009. Microalgas como biomonitores de contaminación. Revista de Ciencias Médicas, 17(2), 15-26.
- González, L., & Lozano, L. 2004. Bioindicadores como herramienta de evaluación de la calidad ambiental en la parte alta de la microcuenca las delicias. Revista Umbral Científico, 12(5), 73-82.
- Hernández, J., Pérez, M., Domínguez, E., y Cachaldora, I. 2012. HUMEDAL SUBSUPERFICIAL VERTICAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: diseño, construcción y evaluación. Revista Cubana de Química, 27(2), 147-154.
- Hughes, R., Larsen, D., & Omernik, J. 1998. A process for developing and evaluating indices of fish assemblage integrity. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 28(55), 1618-1631.
- IPCC. 2001. Climate Change. Inglaterra: Cambridge University Press.
- IWA. 2000. Constructed wetlands for pollution control. London: IWA publishing.
- Karr, R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. Fisheries, 6(6), 21-27.
- Kent, D. 2000. Applied wetlands science and technology. USA: Boca Ratón.

- Knox, A., Dahlgren, R., Tate, K., & Atwill, E. 2008. Efficacy of natural wetlands to retain nutrient, sediment and microbial pollutants. *Journal of Environmental Quality*, 37(5), 1837-1846.
- Mafla, M. 2005. *Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano (Primera ed.)*. Talamanca-Costa Rica.
- Martínez, E; Sosa, J; Álvarez, F. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? México, D. F, MEX. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. p 5.
- Mejía, J., Yáñez, L., Carrizalez, L., Díaz-Barriga, F. 2010. Evaluación Integral del Riesgo en Sitios Contaminados: una propuesta metodológica. ME. Artículo. p1-14.
- Mojica, B., Arévalo, K., González, A., & Murillo, J. 2014. Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia. *Revista Biota Colombiana*, 15(1), 174-187.
- Moya, B; Hernández, Ana; Elizalde, Héctor. 2005. Los humedales ante el cambio climático. *Revista Redalyc*. España. Núm. 37. p. 127-132. Moya, B. 2002. *Climate Change in Varadero one of the most important touristic places in Caribbean sea*. Alemania: Workshop.
- Olivares, V. 2009. Reseña de "Gestión Sostenible de Humedales" de Milka Castro Lucic y Lucas Fernández Rey. *Revista de Geografía Norte Grande*, 12(42), 103-104.
- Ortega, M., & Padilla, F. 2003. Aspectos metodológicos para evaluar la calidad ambiental de los humedales. Almería: Paracuellos.
- Rodríguez, D., & Taphorn, D. 2014. Los peces como indicadores biológicos: aplicación del índice de integridad biótica en ambientes acuáticos de los llanos occidentales de Venezuela. Venezuela: UNELLEZ.
- Roosenberg, D., King, R., & Resh, V. 2008. Use of aquatic insects in biomonitoring. Dubuque, EEUU: R.W. Merritt, M.B. Berg & K.W. Cummins.
- Rossaro, B., Bogero, V., Lencioni, L., Marziali, A., & Solomini, A. 2006. Tools for the development of a benthic quality index for Italian lakes. *Revista Limnology*, 65(46), 41-51.
- Springer, M. 2010. Biomonitorio acuático. *Revista Biológica Tropical*, 58(4), 12-19.
- Ortega, H; Chocano, L; Palma, C; Samanez, I. 2010. Biota acuática en la Amazonia Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco – Ucayali). Lima, PER. *Revista Peruana de Biología*. vol. 17. p 1.

- Ortega, H; Correa, V; Hidalgo, M. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. 2014. Lima, PER. p. 45.
- Plan Nacional para el Buen Vivir. 2013. Objetivo 7. Quito, EC. p 69.
- Ramsar, 2004. Inventarios de humedales. Un marco de Ramsar para inventario de humedales. 2 ed. SU. v. 10, p 2.
- Schmitter, J; Ruiz, L; Herrera, R; L; González, D. (2011). An index of biotic integrity for shallow streams of the Hondo River basin, Yucatan Peninsula. *Revista Science of the Total Environment*. Vol 409. (4). p 844-852
- Tirado, D; Acevedo, D; Guzmán, L. 2013. Coeficientes convectivos de transferencia de calor durante el freído de láminas de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Información tecnológica*. Vol 24. (6). p 41-46
- Valdobinos, C; Muñoz, M; Sandoval, N; Vásquez, D; Olmos, V. 2010. Desastres naturales y biodiversidad: El caso del humedal costero Tubul-Raqui. Concepción, CH. *Sociedad Hoy*. Núm. 19. p 33 – 51.
- Vázquez, G., Castro, G., González, I., Pérez, R., & Castro, T. (2006). *Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Velásquez, E y Vega, M. 2004. Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *Conabio*. p. 12 – 15.
- Vymazal, J. 2007. Removal of Nutrients in Various Types of Constructed Wetlands. *Revista Science of the Total Environment*, 1(3), 48-65.
- Wootton, R. 1991. *Ecology of teleost fishes*. New York: Chapman & Hall.

ANEXOS

ANEXO 1

FORMATO DE FICHAS DE OBSERVACIÓN, ENCUESTA Y FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Anexo 1.A FICHA DE OBSERVACIÓN

| FICHA DE OBSERVACIÓN PARA REGISTRO DE DATOS INICIALES PARA EL PROYECTO ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR DEL HUMEDAL LAGUNA DE CUBE - QUININDÉ | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|---------------|--|
| Fecha | | | Nº Ficha: | |
| Localización | | | | |
| Coordenadas UTM | X: | | | |
| | Y: | | | |
| Condiciones climáticas | | | | |
| Técnico Responsable: | | | | |
| Extensión época seca | | | | |
| Orografía | | | | |
| Cursos de aguas aportantes: | si | | ¿Cuáles? | |
| | No | | | |
| Rutas de acceso al humedal | Si | Tipo | Fluvial | |
| | | | Terrestre | |
| | | Condiciones | Primer orden | |
| | | | Segundo orden | |
| | Tercer orden | | | |
| No | | | | |
| Actividades antropogénicas: | Si | | | |
| | No | | | |
| Asentamientos humanos: | Si | | | |
| | No | | | |
| Generación y Disposición de aguas negras: | Si | | | |
| | No | | | |

Elaborado por Vergara Cindy y Zambrano Karla.

Anexo 1.B ENCUESTA

| ENCUESTA A APLICAR PARA DETERMINAR LAS ACTIVIDADES DE MAYOR AFECTACION EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL HUMEDAL LAGUNA DE CUBE COMO PARTE DEL PROYECTO "ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR DE CALIDAD | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--|-----------------------------------------------|----|------------------------------------------|-----------------------------|--|
| OCUPACIÓN LABORAL ALREDEDOR O EN EL HUMEDAL | | | | | | | | |
| 1 | GANADERIA | SI | | TIPO | | ¿Cuál es la disposición de las excretas? | | |
| | | NO | | | | | | |
| | PEZCA | SI | | METODO DE PESCA | | | | |
| | | | | TIPO DE PECES | | | | |
| | | NO | | | | | | |
| | AGRICULTURA | SI | | TIPO DE CULTIVO | | | | |
| | | | | TIPO DE FERTILIZANTES | | | | |
| | | | | ¿LAVA UD., SUS TANQUES MOCHILAS PARA FUMIGAR? | SI | | ¿DÓNDE DEPOSITA ESAS AGUAS? | |
| | | | | NO | | | | |
| | NO | | | | | | | |
| 2 | UTILIZA EL AGUA DEL HUMEDAL PARA SUS ACTIVIDADES LABORALES | | | | | SI | | |
| | | | | | | NO | | |
| 3 | ¿CÓMO CONSIDERA UD., QUÉ ESTA LA CALIDAD DEL AGUA DEL HUMEDAL? | | | | | BUENA | | |
| | | | | | | REGULAR | | |
| | | | | | | MALA | | |
| 4 | EMPLEA EL AGUA DEL HUMEDAL PARA OTROS USOS | SI | | CONSUMO HUMANO | | | | |
| | | | | RECREATIVO | | | | |
| | | OTROS | | | | | | |
| | | NO | | | | | | |
| 5 | ¿HA NOTADO CAMBIOS SEVEROS EN EL HUMEDAL DENTRO DE LA ÚLTIMA DÉCADA COMO POR EJEMPLO DISMINUCIÓN DEL LÍQUIDO | | | | | | | |
| | | | | | | NO | | |

Elaborado por Vergara Cindy y Zambrano Karla.

Anexo 1.C FICHA DE REGISTRO

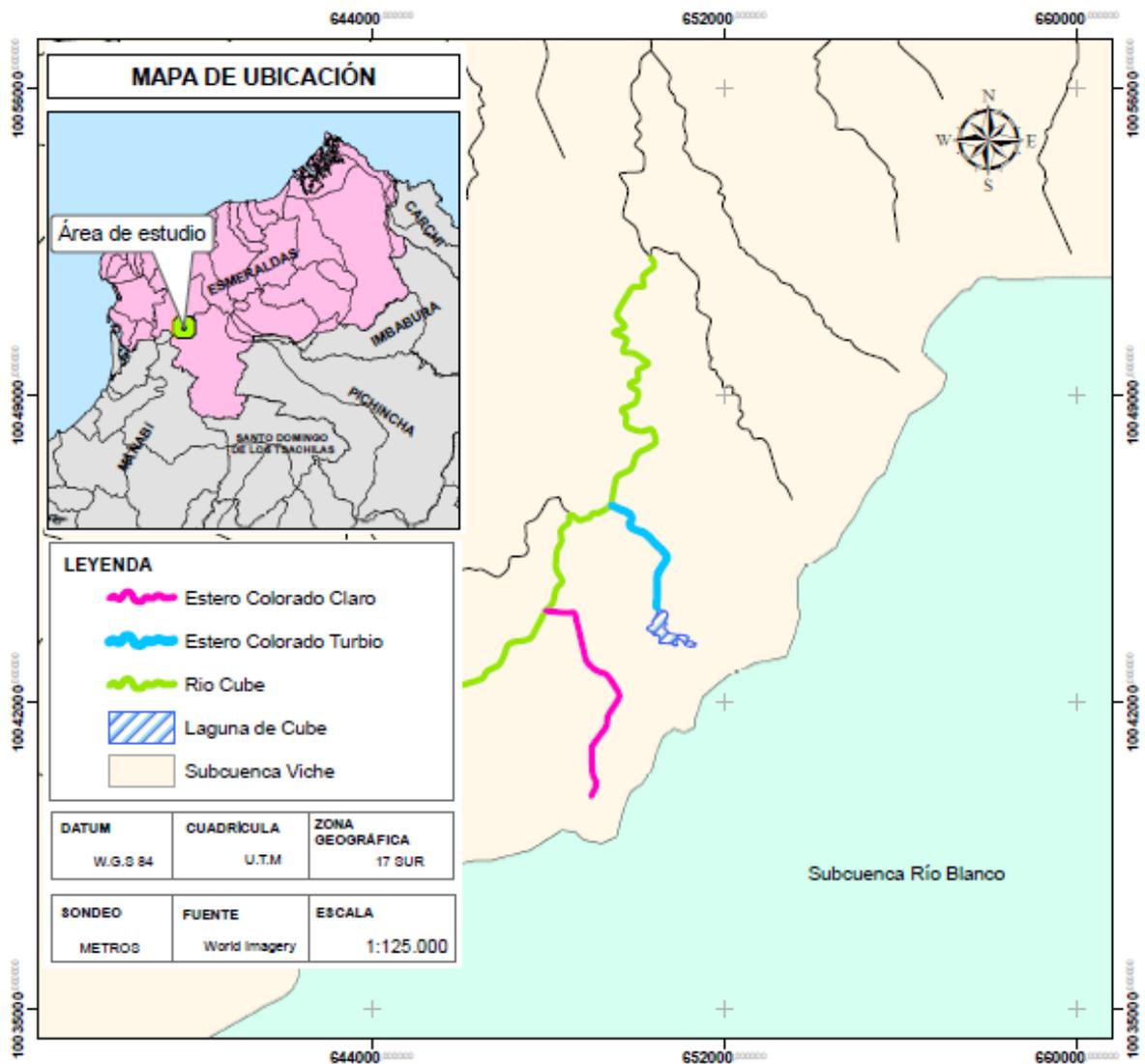
| FICHA DE REGISTRO PARA IDENTIFICAR LOS FOCOS DE CONTAMINACIÓN SEGÚN LAS ACTIVIDADES DE MAYOR AFECTACION EN EL HUMEDAL LAGUNA CUBE COMO PARTE DEL PROYECTO "ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DEL HUMEDAL LAGUNA DE CUBE - QUININDE" | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|---------------------|
| FECHA: | | N° FICHA | |
| LOCALIZACIÓN: | | | |
| COORDENADAS UTM | X: | | |
| | Y: | | |
| CONDICIONES CLIMATICAS | | | |
| TECNICO RESPONSABLE | | | |
| FOCO CONTAMINANTE GENERADO POR | ACTIV. AGRICOLA | | |
| | ACTIV. GANADERA | | |
| | ACTIV. PESQUERA | | |
| | ACTIV. TURISTICA - RECREATIVA | | |
| TIPO DE CORRIENTE SEGÚN LA ACTIVIDAD | CORRIENTE SÓLIDA | | |
| | CORRIENTE LIQUIDA | | |
| GRADO DE AFECTACION | ALTO | | |
| | MEDIO | | |
| | BAJO | | |
| AGENTES CONTAMINANTES EXTERNOS | SI | | CUALES |
| | | | ¿DE DONDE PROVIENE? |
| | NO | | |
| DATOS DEL FOCO IDENTIFICADO: | | | |
| FOTO N°: | | | |
| DESCRIPCION: | | | |

Elaborado por Vergara Cindy y Zambrano Karla.

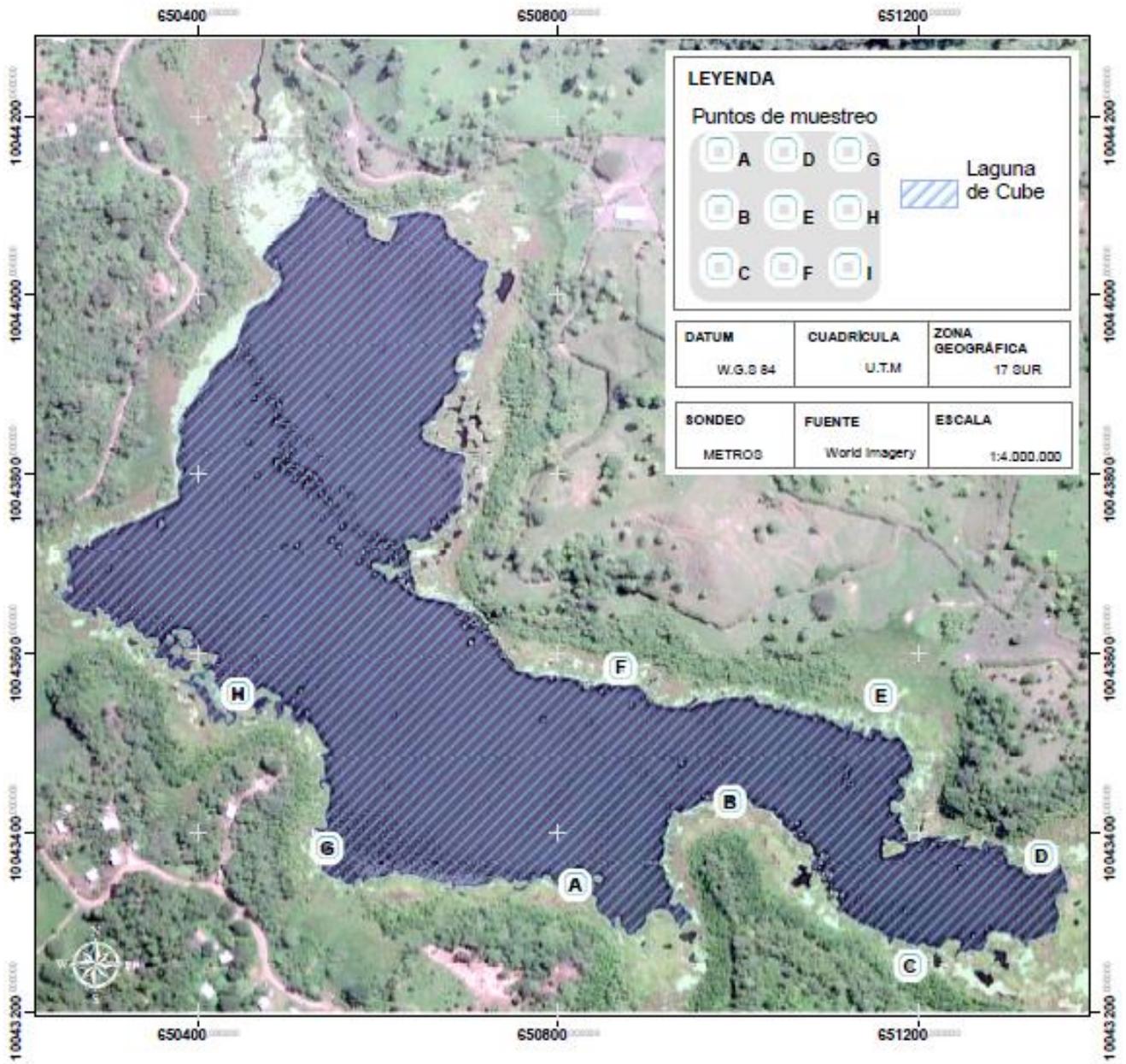
ANEXO 2

MAPAS TEMATICOS

Anexo 2. A. Mapa temático de las entradas y salidas de los ríos aportantes en el Humedal La Laguna de Cube – Quinindé



Anexo 2.B. Mapa de los puntos de muestreos



ANEXO 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

| Parámetros | Expresados como | Unidad | Límite máximo permisible | | |
|-------------------------------|------------------------------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Agua fría dulce | Agua cálida dulce | Agua marina y de estuario |
| Clorofenoles | Concentración total de PCBs. | mg/l | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Bifenilos policlorados/PCBs | | mg/l | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Bs | | | | | |
| Oxígeno Disuelto | O.D. | mg/l | No menor al 80% y no menor a 6 mg/l | No menor al 60% y no menor a 5 mg/l | No menor al 60% y no menor a 5 mg/l |
| Potencial de hidrógeno | pH | | 6, 5-9 | 6, 5-9 | 6, 5-9, 5 |
| Sulfuro de hidrógeno ionizado | H ₂ S | mg/l | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 |
| Amoniaco | NH ₃ | mg/l | 0,02 | 0,02 | 0,4 |
| Aluminio | Al | mg/l | 0,1 | 0,1 | 1,5 |
| Arsénico | As | mg/l | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Bario | Ba | mg/l | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Berilio | Be | mg/l | 0,1 | 0,1 | 1,5 |
| Boro | B | mg/l | 0,75 | 0,75 | 5,0 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,001 | 0,001 | 0,005 |
| Cianuro Libre | CN ⁻ | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Zinc | Zn | mg/l | 0,18 | 0,18 | 0,17 |
| Cloro residual | Cl | mg/l | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Estaño | Sn | mg/l | | | 2,00 |
| Cobalto | Co | mg/l | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Plomo | Pb | mg/l | | | 0,01 |
| Cobre | Cu | mg/l | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| Temperatura | °C | | Condiciones naturales + 3 | Condiciones naturales + 3 | Condiciones naturales + 3 |
| Sólidos disueltos Totales | | ppm | 1000 | 1000 | 1000 |

ANEXO 4 REGISTRO FOTOGRÁFICO



Anexo 4. A



Anexo 4.B

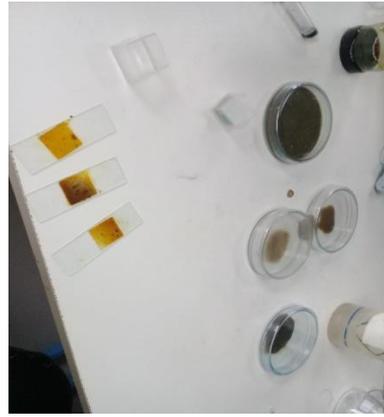


Anexo 4.C

Selección de los puntos de muestreo y colocación de redes de trasmallo



ANEXO 4.D



ANEXO 4.E



ANEXO 4.F

ANEXO 4.G



ANEXO 4. H



ANEXO 4.I



ANEXO 4. J

Análisis del contenido intestinal de las especies identificadas



ANEXO 4.K



ANEXO 4.L



ANEXO 4.M



ANEXO 4.N



ANEXO 4. O

Analisis fisico quimicos insitu