



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS PISCINAS DE CULTIVO
DE TILAPIA DE LA PARROQUIA SAN CARLOS, CANTÓN JOYA
DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: JOHNNY EDISON ZUMBANA QUISPE

DIRECTOR: Dr. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCES

Riobamba – Ecuador

2020


© 2020, **Johnny Edison Zumbana Quispe**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Johnny Edison Zumbana Quispe**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 07 de Febrero 2020



Johnny Edison Zumbana Quispe
C.I. 2200077788

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Investigación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS PISCINAS DE CULTIVO DE TILAPIA DE LA PARROQUIA SAN CARLOS, CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA**”, de responsabilidad del señor Johnny Edison Zumbana Quispe, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		<u>2020-02-07</u>
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>2020-02-07</u>
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		<u>2020-02-07</u>

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo va dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en mi vida.

A mis padres que, con su apoyo moral y económico han sido fundamentales para poder culminar con éxito una etapa más en mi vida, a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Johnny Edison Zumbana Quispe

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por darme la vida y fortaleza de seguir siempre para adelante pese a los obstáculos que se han presentado en el camino, y darme sabiduría para poder culminar con éxito mi carrera. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres que fueron mis mayores promotores en esta etapa estudiantil y de vida, a mis familiares por ese apoyo incondicional que nunca ha faltado. A mis amigos que con sus consejos y conocimientos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional, a mis compañeros de la vida estudiantil que gracias a la amistad que se formó logramos llegar hasta el final del camino, y al Dr. Fausto Yaulema Garcés, por la colaboración brindada en todo el trayecto de la investigación.

Johnny Edison Zumbana Quispe

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	4
<i>1.1. La acuicultura.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2. Recursos utilizados en la acuicultura</i>	<i>4</i>
<i>1.2.1. Alimento</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. La huella ecológica.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.3. Instalaciones de centros de cultivo.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.4. Los residuos</i>	<i>7</i>
<i>1.2.5. Uso de químicos en la acuicultura</i>	<i>8</i>
<i>1.3. Cultivo de Tilapia.....</i>	<i>8</i>
<i>1.3.1. Cultivo de Tilapia en el Ecuador.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2. Consideraciones dentro del cultivo de tilapia</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2.1. Reproducción</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2.2. Enfermedades.....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.2.3. Parámetros Físicos Químicos.....</i>	<i>12</i>
<i>1.3.3. Sistemas de cultivo de tilapia.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.3.1. Producción de tilapias en estanque excavados en tierra</i>	<i>13</i>
<i>1.3.3.2. Factores determinantes del éxito en la producción de tilapia en estanques cavados. .</i>	<i>14</i>
<i>1.4. Principales efectos ambientales negativos ocasionados por la acuicultura</i>	<i>17</i>
<i>1.4.1. Contaminación del agua.....</i>	<i>17</i>
<i>1.4.2. Suelo.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4.3. Biodiversidad.....</i>	<i>19</i>
<i>1.5. Gestión Ambiental</i>	<i>19</i>
<i>1.5.1. Acuicultura Sostenible.....</i>	<i>20</i>

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA.....	23
2.1.	<i>Zona de estudio.....</i>	23
2.1.1.	<i>Lugar de la investigación.....</i>	24
2.2.	<i>Tipo de investigación.....</i>	24
2.2.1.	<i>Variables.....</i>	24
2.2.1.1.	<i>Variables dependiente.....</i>	24
2.2.1.2.	<i>Variables independientes.....</i>	24
2.2.2.	<i>Hipótesis.....</i>	24
2.2.2.1.	<i>Hipótesis alternante.....</i>	24
2.2.2.2.	<i>Hipótesis nula.....</i>	25
2.2.3.	<i>Análisis estadístico.....</i>	25
2.2.4.	<i>Esquema del proceso.....</i>	26
2.2.5.	<i>Marco metodológico.....</i>	27
2.2.5.1.	<i>Implementación del cultivo de tilapia en la hacienda.....</i>	27
2.2.5.2.	<i>Cálculo del índice de calidad del agua de las piscinas utilizadas en el cultivo de la tilapia.....</i>	29
2.2.5.3.	<i>Cálculo de la respiración inducida por sustrato.....</i>	33
2.2.5.4.	<i>Evaluación de los impactos ambientales.....</i>	34

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
3.1.	<i>Cultivo de tilapia.....</i>	38
3.2.	<i>Índice de calidad del agua.....</i>	38
3.2.1.	<i>Etapa inicial del cultivo de tilapia.....</i>	38
3.2.2.	<i>Etapa intermedia del proceso de cultivo de tilapia.....</i>	42
3.2.3.	<i>Etapa final del proceso de cultivo de tilapia.....</i>	46
3.3.	<i>Comparación de los índices de calidad de agua.....</i>	50
3.4.	<i>Análisis Estadístico.....</i>	51
3.4.1.	<i>Análisis de varianza.....</i>	52
3.4.2.	<i>Análisis de Medias.....</i>	52
3.5.	<i>Respiración inducida por sustrato.....</i>	53
3.6.	<i>Impactos ambientales de la implementación del cultivo de tilapia.....</i>	54
3.6.1.	<i>Identificación de los impactos ambientales.....</i>	54

3.6.1.1. <i>Cultivo de tilapia</i>	54
3.6.1.2. <i>Comunidades</i>	55
3.6.1.3. <i>Viabilidad</i>	56
3.6.2. <i>Valoración de los impactos ambientales</i>	57
3.7. Discusión	61
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Impactos ambientales ocasionados por la acuicultura	17
Tabla 1-2. Distribución del análisis estadístico.....	25
Tabla 2-2. Valores de Ponderación para la calidad del agua.....	31
Tabla 3-2. Límites máximos permitidos - TULAS/INEN 1108.....	32
Tabla 4-2. Valores numéricos para las variables a ser evaluadas.....	35
Tabla 5-2. Escala de valoración para la magnitud e importancia.....	36
Tabla 6-2. Escala de valoración de los impactos ambientales	37
Tabla 1-3. Análisis físico-químico/Etapa inicial del cultivo de tilapia (Piscina 1).....	39
Tabla 2-3. Análisis físico - químico / Etapa inicial del cultivo de tilapia (Piscina 2)	40
Tabla 3-3. Índice de calidad del agua de la piscina 1 y 2 - Etapa inicial	41
Tabla 4-3. Análisis físico - químico / Etapa intermedia del cultivo de tilapia (Piscina 1).....	43
Tabla 5-3. Análisis físico - químico / Etapa intermedia del cultivo de tilapia (Piscina 2).....	44
Tabla 6-3. Índice de calidad del agua de la piscina 1 y 2 - Etapa intermedia	45
Tabla 7-3. Análisis físico - químico / Etapa final del cultivo de tilapia (Piscina 1).....	47
Tabla 8-3. Análisis físico - químico / Etapa final del cultivo de tilapia (Piscina 2).....	48
Tabla 9-3. Índice de calidad del agua de la piscina 1 y 2 - Etapa final	49
Tabla 10-3. Índice de calidad del agua de los tratamientos implementados	52
Tabla 11-3. Análisis de Varianza	52
Tabla 12-3. Prueba de Tukey	52
Tabla 13-3. Parámetros obtenidos para el cálculo de la respiración inducida por sustrato.....	53
Tabla 14-3. Respiración inducida por sustrato de las muestras de suelo de la piscina 1	53
Tabla 15-3. Valoración de la magnitud y la importancia.....	59
Tabla 16-3. Severidad de los impactos ambientales.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Acuicultura Sostenible	21
Figura 1-2: Mapa GPS	23
Figura 2-2: Secado y desinfección de las piscinas de cultivo de tilapia	27
Figura 3-2: Llenado de la piscina de cultivo de tilapia	27
Figura 4-2: Colocación de los alevines de tilapia en las piscinas de cultivo	28
Figura 5-2: Alimentación de tilapias	28
Figura 6-2: Criterios de valoración para el ICA	32
Figura 1-3: Finalización del cultivo de tilapia	38
Figura 2-3: Contaminación del suelo y	55
Figura 3-3: Destrucción de la vegetación	55
Figura 4-3: Movimiento de tierras para la	56
Figura 5-3: Apertura de vías para la implementación.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Producción de pescado en el Ecuador	10
Gráfico 1-2: Esquema del proceso	26
Gráfico 1-3: Comparación de los ICA calculados en las dos piscinas de cultivo	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ALIMENTACIÓN DE LAS TILAPIAS

ANEXO B: MOVIMIENTO DE TIERRA PARA CONSTRUCCION DE PISCINAS

ANEXO C: EUTROFISACION DE LOS ESTEROS

ANEXO D: DESCARGA DEL AGUA RESIDUAL DE LAS PISCINAS DELCULTIVO DE TILAPIA.

ANEXO E: ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS VERTIENTES EN LA ETAPA INICIAL DEL CULTIVO DE TILAPIA

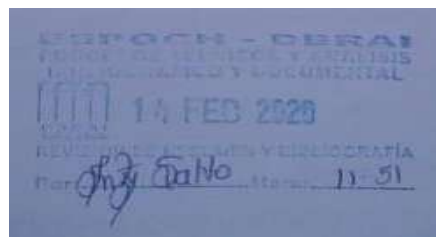
ANEXO F: ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS PISCINAS EN LA ETAPA INTERMEDIA DEL CULTIVO DE TILAPIA

ANEXO G: ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS PISCINAS EN LA ETAPA FINAL DEL CULTIVO DE TILAPIA

RESUMEN

En el presente trabajo investigativo se realizó la evaluación ambiental de las piscinas de cultivo de tilapia de la parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana. Para esto se construyó 6 piscinas de cría de tilapias. Se calculó el ICA (índice de calidad del agua) de las piscinas en tres etapas del cultivo: antes de colocar los alevines, a los dos meses del cultivo y a la cosecha de las tilapias. En el agua de las piscinas se implementó dos tratamientos: T1 = agua + cal + sulfapiscis + fertipiscis y T2 = agua sin tratamiento, para determinar si un tratamiento previo en el agua incide en los ICA calculados. Los resultados obtenidos se analizaron a partir de un DCA (Diseño Completamente al Azar). Y se evaluó los impactos ambientales que ocasionan el cultivo de tilapia con una matriz de Leopold. Se determinó que el ICA en las dos piscinas disminuyó de 84.21 y 82.88 con valoración aceptable, a una contaminada con valores de 40.28 y 38.06 con porcentajes de 47.8% y 45.9% respectivamente. Debido a que las piscinas no utilizan un flujo constante de agua. De acuerdo con los criterios de evaluación de los impactos ambientales, el grado de afectación del cultivo de tilapia a los recursos agua y suelo es altamente significativo, mientras que para el aire es medianamente significativo. El cultivo de tilapia y sus actividades afectan de forma directa y permanente a los recursos naturales de la comunidad 23 de julio. Por lo que se recomienda implementar dentro de la parroquia plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de flujo subsuperficial como una alternativa que permita disminuir los niveles de contaminación del agua de las piscinas, antes de ser vertidas a los cuerpos receptores.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA>, <MATRIZ DE LEOPOLD>, <IMPACTOS AMBIENTALES>, <TILAPIAS>, <RECURSOS NATURALES>, <SEVERIDAD DE IMPACTOS>, <SAN CARLOS (PARROQUIA)>.



ABSTRACT

In this research work, the environmental evaluation of the tilapia cultivation pools of the San Carlos parish, Joya de Los Sachas canton, Orellana province, was carried out. For this, six tilapia breeding pools were built. The WQI (water quality index) of the pools in three stages of the crop was calculated: before placing the fry, two months after the cultivation, and the harvest of the tilapia. Two treatments were implemented in the pool water, T1= water + lime + sulfapiscis + fertipiscis, and T2= water without treatment, to determine if a previous treatment in the water affects the calculated WQI. The results obtained were analyzed from a CRD (Completely Random Design), and the environmental impacts caused by the cultivation of tilapia with a Leopold matrix were evaluated. It was determined that the WQI in the two pools decreased from 84.21 and 82.88 with an acceptable rating, to one contaminated with values of 40.28 and 38.06, with percentages of 47.8% and 45.9% respectively. Because the pools do not use a constant flow of water under the criteria for assessing environmental impacts, the degree of tilapia cultivation affects water and soil resources are highly significant, while it is moderately significant for the air. The cultivation of tilapia and its activities affect direct and permanent to the natural resources of the community on July 23rd. Therefore, it is recommended to implement domestic wastewater treatment plants with artificial subsurface flow wetlands within the parish as an alternative that allows reducing the levels of water pollution the pools before being poured into the receiving bodies.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <WATER QUALITY INDEX>, <LEOPOLD MATRIX>, <ENVIRONMENTAL IMPACTS>, <TILAPIAS>, <NATURAL RESOURCES>, <SEVERITY OF IMPACTS>, <SAN CARLOS (PARISH)>.



INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la revolución industrial, la mayor parte de las corrientes económicas se han fundamentado estrictamente en la idea del desarrollo económico de forma exponencial. El cual se sustenta en los recursos ilimitados que tiene el planeta Tierra para sostener una economía en constante crecimiento. En la actualidad se sabe que el planeta tierra ya no posee la capacidad de abastecer de manera indefinida los avances de orden económico a nivel internacional. Lo que ha permitido llegar a un nivel de conciencia en el cual los recursos naturales ya no son vistos como bienes ilimitados y que los residuos de tipo sólido, líquido o gaseoso generados por nuestro estilo de vida son un grave riesgo para la salud de la tierra, donde de manera obvia está incluido el ser humano.

La forma desmedida en que han sido aprovechados los recursos naturales en variados sistemas productivos se ha dado en varios niveles como, por ejemplo: la sobreexplotación de los recursos naturales no renovables, la generación y acumulación de desechos no degradables en el ambiente, el daño a los espacios naturales (destrucción avanzada de especies de flora y fauna). Todos los problemas antes mencionados hicieron que en la década de 1970 se incremente la idea de conciencia ecológica. De esta forma la población comenzó a comprender que la causa de los problemas ambientales estaba arraigada en los planteamientos económicos y productivos. Debido a que los problemas más relevantes que afectan a la naturaleza se originan por procesos productivos mal planificados, gestionados, e implementados.

Las actividades productivas del hombre generalmente ocasionan modificaciones en los ecosistemas, que en la mayoría de los casos ocasiona efectos contraproducentes en el ambiente. En este contexto, la acuicultura al igual que otras actividades económicas utiliza y convierte los recursos naturales en bienes y servicios para generar un valor económico y social. Dichas actividades generan una gran cantidad de desechos cuya gestión requiere de otro tipo de servicios ambientales para que puedan ser asimilados o reciclados. Uniendo los planteamientos antes mencionados se puede decir que los impactos sobre el ambiente parten de los siguientes procesos: el uso de los recursos, los procesos de transformación de la materia prima y los residuos que se generan. Estos no solamente ocasionan un costo económico en la sociedad en general, sino que comprometen la sustentabilidad de las actividades productivas como puede ser el caso de la misma acuicultura.

Implementar un proceso acuícola como el cultivo de la tilapia requiere de una amplia variedad de recursos, los cuales se encuentran distribuidos en una extensa zona geográfica. Debido a esto, la concentración de los residuos por metro cuadrado también lo hace además de que el consumo de recursos no solo es específico del lugar donde se desarrolla el cultivo. La huella ecológica que

asume el planeta para mantener esta actividad se extiende a varios lugares, así por ejemplo, para producir el alimento de los peces, como los salmones o las tilapias se da una alta presión sobre las reservas naturales de peces.

En el caso específico del área donde se implementa el cultivo esta se va degradando poco a poco. Los recursos hídricos son los primeros en ser afectados, debido a que reciben una gran cantidad de desechos orgánicos e inorgánicos, como es el caso del alimento que no ha sido consumido por los peces. Este se sedimenta en el fondo de los ríos y en los lechos marinos, dañando una superficie que no solo ocupan los peces que son cultivados sino la de otras especies. Otro de los problemas que se tiene producto de esta actividad es el uso de antibióticos y elementos químicos que pasan a formar parte de los ecosistemas aledaños que aún no han sido intervenidos.

La siembra de ovas foráneas es una práctica común en la actividad acuícola, esta se realiza para incrementar la productividad, pero aumenta las probabilidades de que se expandan nuevas enfermedades en el ambiente. Por último, se debe mencionar la gran cantidad de residuos que se generan del proceso de faena, los cuales muchas de las veces llegan a formar parte de los cuerpos de agua. Todo lo antes mencionado hace que en las áreas aledañas a los cultivos se dé un problema mayor debido al exceso de nutrientes en suelo y agua, denominado eutrofización. Considerando todo lo antes mencionado, se puede aseverar que la huella ecológica requerida para el cultivo de peces es en el ambiente diez mil veces mayor a la superficie donde el cultivo es implementado.

El país experimenta un crecimiento acelerado de la acuicultura a pequeña escala, como una alternativa económicamente sustentable, sobre todo en pequeñas poblaciones. Ya que su implementación, al ser de tipo artesanal no requiere de una gran inversión como es el caso de la cría de tilapia. Esto ha provocado serias preocupaciones en los gobiernos locales por los posibles daños ambientales que se están generando en el ambiente. Debido a que las aguas residuales del proceso de cría son directamente descargadas hacia ríos y riachuelos sin tratamiento alguno. Con el presente trabajo investigativo se busca determinar hasta qué punto la calidad del agua se ve disminuida durante esta actividad.

Justificación de la investigación

El cultivo de tilapia implementado de manera artesanal representa un impacto negativo en los cuerpos de hídricos receptores y en el suelo. Debido a que las descargas de aguas residuales de las piscinas de cultivo están enriquecidas de materia orgánica con altos porcentajes de nitrógeno y fósforo. Esto es resultado del alimento no ingerido y las heces de las tilapias que se cultivan (Amaro et al, 2012). Otro de los problemas que se da por esta actividad es el uso excesivo de antibióticos y elementos químicos, que son necesarios para alcanzar una máxima productividad

al finalizar la cosecha, pero su bioacumulación ocasiona daños en el ambiente (Espinosa y Bermúdez, 2012). Además, de forma continua se cambian las especies de tilapias cultivadas de cosecha en cosecha, incrementando la probabilidad de que nuevas enfermedades formen parte de los ecosistemas aledaños a las piscinas de cultivo. Todo lo mencionado deriva en un enriquecimiento alto de nutrientes, que derivan en procesos de eutrofización (Buschmann, 2001).

El impacto ambiental ocasionado por todos los compuestos utilizados en la cría de tilapias resulta difícil de predecir, sobre todo en la calidad de agua y suelo. Sin embargo, es evidente que los compuestos que se utilizan durante el proceso de cosecha forman parte de la cadena trófica con una probable bioacumulación en eslabones superiores o quizá ocasionen daños a largo plazo, por ser un impacto de tipo acumulativo (Flores et al., 2007). Esta contaminación puede aumentar los riesgos de enfermedades para la población o las comunidades cercanas, generándose un impacto negativo e indirecto sobre el medio social.

Resulta evidente, que el impacto ambiental va a depender en gran medida de la especie, el método de cultivo, la densidad del stock, el tipo de alimentación y las condiciones hidrográficas. En el caso de las comunidades Moran Valverde y 23 de julio esta actividad se realiza de forma netamente artesanal. En este contexto, resulta necesario generar la información necesaria de como este proceso está afectando la calidad del agua y por ende a las zonas cercanas donde se encuentran implementada las piscinas.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General:

Realizar una evaluación ambiental de las piscinas de cultivo de tilapia de la parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana.

Específicos:

- Determinar la calidad del agua del afluente a las piscinas de tilapia.
- Analizar la calidad de la descarga al cuerpo receptor al final del proceso de cría de tilapia.
- Evaluar la calidad ambiental de las actividades implementadas en la cría de tilapias.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. La acuicultura

Enmarcado en la definición de acuicultura, está el un conjunto de acciones, técnicas y conocimientos de la producción de especies acuáticas de flora y fauna tanto de agua dulce como salada. Por tal razón, la FAO la conceptualiza como: la producción de especies acuáticas, donde se incluye a los peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, en la cual se tiene la intervención del ser humano durante el proceso de crianza para incrementar los resultados finales, en procesos como el cultivo, las formas de alimentación, la defensa contra agentes perjudiciales, etc. En la actualidad, se la entiende como una actividad socioeconómica para la producción de alimentos, materias primas en procesos industriales y de medicina, además, de ser organismos utilizados para repoblar y ornamentar. Todo lo antes mencionado, en conjunto da trabajo aproximadamente a 12 millones de individuos alrededor del mundo (Rueda, 2011).

El desarrollo industrial de las actividades acuícolas ha estado atada al perfeccionamiento de nuevos procesos de siembra para organismos específicos como las algas y más comunes como las tilapias o los salmones. La generación de estas técnicas de cultivo ha conseguido el ascenso de la acuicultura a un nivel de industrialización mayor. Estos son conocidos como “cultivos auxiliares” y son importantes para la nutrición de los moluscos o peces en sus primeras etapas de desarrollo, así como para la alimentación humana. Para alcanzar estos objetivos, se han tenido que hacer amplios trabajos investigativos en el campo de la biología de la mayoría de las especies que forman parte de estos procesos. Con esto, se ha podido determinar todas las necesidades de las especies implicadas, a nivel nutricional y de los parámetros ambientales adecuados para un desarrollo correcto en un ambiente de cautiverio (Rueda, 2011).

1.2. Recursos utilizados en la acuicultura

El uso del recurso hídrico y del suelo es necesario para la implementación de los procesos acuícolas. El primero se usa como base para la siembra de los especímenes acuáticos, en función a la variedad de organismos que se estén cultivando sean estos autótrofos o heterótrofos. La función principal del agua es ser suministradora de oxígeno y nutrientes, Además, sirve como reservorio para el material residual, lo que puede ocasionar varios efectos de adversos sobre el

ambiente. El espacio para la implementación de las instalaciones es otro recurso necesario para el desarrollo de esta actividad. En muchas ocasiones esta actividad genera tensiones sociales ocasionadas por la sensación que tienen las comunidades humanas que se encuentran alrededor de las instalaciones, que no piensan que los beneficios de esta actividad sean los mejores, ya que su ubicación ocasiona competencia a otras actividades industriales (Buschmann, 2001).

Suministros de variadas clases son necesarios para la implementación de la infraestructura requerida para los procesos acuícolas. En las ciudades donde se desarrolla el cultivo extensivo, los suministros más básicos son de bajo costo y se los encuentran con facilidad, como por ejemplo la madera y los residuos de otros emprendimientos humanos. Por lo contrario, cuando se desarrolla la acuicultura de manera más intensiva, los suministros ocupados llegan a ser más costosos, como en el caso del acero, el aluminio, la fibra de vidrio o el PVC. A pesar de esto si se considera un contexto general, el requerimiento de estos suministros en el desarrollo de la acuicultura no es muy significativo (Buschmann, 2001).

Otro tipo de suministros, como los químicos son requeridos dentro del desarrollo de las actividades acuícolas para preservar la producción y en el combate de las enfermedades. También se ocupa pinturas de tipo anticorrosivas y las que permiten evitar la proliferación de microorganismos invasivos. Muchos de estos elementos están conformados por variados compuestos que, de una u otra manera causan efectos ambientales adversos (Buschmann, 2001).

1.2.1. Alimento

El recurso alimenticio es uno de los principales insumos que se requieren para la implementación de la acuicultura. Durante los últimos años se ha incrementado el cultivo de peces y sus costos también, esto ha ocasionado que pequeños productores no puedan mantener la producción y que esta se mantenga con mayor regularidad a partir de un suministro exógeno de alimento. Esto ha causado que la producción de peces y crustáceos (especies de un nivel trófico mayor) se esté desarrollando en conjunto con la industria de la harina de pescado. En el transcurso de los años 90 el desarrollo mundial de la acuicultura generó más de 400 mil toneladas de producto solo con el cultivo de salmón. Para la producción de este se utilizó un factor de conversión del alimento de 1.3:1, a partir de esto se obtuvo que para alcanzar dicha producción se requirió 520 mil toneladas de alimento. Si se considera que para la dieta de salmón se utiliza un 50% de harina de pescado y que 5 ton de peces se requiere para producir una tonelada de esta harina. Se puede concluir que para mantener la producción del salmón se requirió al año 1.3 millones de toneladas de peces. Es decir que al final de la cadena de producción se necesitó de tres kilos de pescado para cosechar uno kilo de salmón (Naylor et al., 2001).

Los datos generados con el cultivo de salmón se pueden aplicar a otras especies como la tilapia, extrapolando las necesidades alimenticias de cada una de estas. Haciendo un análisis a profundidad de la información generada se tiene que la demanda de harina de pescado por parte de la acuicultura representa el 15% del total producido a nivel mundial y al 5% de la pesca total. Datos actualizados sobre este tema han permitido determinar que el proceso de cría de peces genera una gran presión en los bancos de peces, y como una de las principales consecuencias la alteración de los hábitats de donde se mantienen los pescadores. Esta premisa ha generado un gran impacto en los grupos ambientalistas, generándose varios temas controversiales. Así se ha puesto en manifiesto lo siguiente “Toda la industria acuícola necesita invertir en el mejoramiento y desarrollo de nuevas tecnologías que permitan tener un desarrollo sustentable de esta actividad”. A pesar de estos pronunciamientos, e incluso considerando algunos ajustes en los datos generados, resultado de las estimaciones calculadas, parece innegable que el desarrollo de la actividad acuícola pueda seguir avanzando de forma indefinida sin que esta afecte la abundancia de los ecosistemas marinos (Naylor et al., 2001).

1.2.2. La huella ecológica

En otro contexto, como resultado de las exigencias de los distintos procesos implementados en el desarrollo la acuicultura se tiene el problema de la "huella ecológica". Esta definición se sustenta en la necesidad de espacio para el cultivo de los peces, principalmente del agua y la superficie del suelo. Además, de todos los recursos, servicios y energía necesaria para que un área determinada pueda ser productiva. Diversos estudios ejecutados en varias partes del mundo han concluido que la superficie necesaria para garantizar el correcto desarrollo de una hectárea de cultivo de peces es un área de mínimo 10 mil veces el tamaño inicial (Folke et al., 2000).

1.2.3. Instalaciones de centros de cultivo

Finalizado el proceso de cultivo de los peces, una vez que se inicia la parte de industrialización del producto. Las instalaciones para iniciar esta etapa requieren de balsas jaula, líneas flotantes y otros sistemas, además de un incremento sustancial de la actividad humana y del ruido generado. Esto genera efectos adversos en la vida silvestre, si las instalaciones no se encuentran cerca de la ciudad, en el sitio específico cuando se trata de la una zona costera y en las vías que se hayan construido para que los servicios puedan llegar con normalidad (Buschmann, 2001).

Además, por norma general cuando se implementa el cultivo de una especie específica en una zona determinada, su presencia termina por atraer a sus depredadores, esto puede ocasionar la muerte de los depredadores de forma accidental o deliberada. Como consecuencia, muchas veces

se genera un incremento en los conflictos con organizaciones animalistas que están en post del cuidado del ambiente. Cuyas principales iniciativas son la protección de las especies afectadas, en ciertos países la presión ha sido tan fuerte que ha conseguido implementar Códigos de Prácticas Ambientales, que permitan disminuir este tipo de conflictos (Buschmann, 2001).

1.2.4. Los residuos

El proceso de cultivo de peces termina con la cosecha del producto final y sus residuos. Los residuos son de variados tipos entre los cuales se tiene el plástico y las estructuras metálicas, hasta el alimento que no ha sido consumido y los residuos de excreción, heces fecales, productos químicos, microorganismos y parásitos. De todo el alimento que se da a los peces para su desarrollo, apenas el 25% de los macros y micronutrientes son asimilados por éstos, el restante 75% se pierde en el ambiente de distintas formas. Una gran parte de estos residuos se decantan al fondo de las piscinas, pero finalmente al ser vaciadas por arrastre esto termina formando parte de los cuerpos de agua. Este problema genera un aumento en la concentración local de nutrientes lo que a su vez tiene variados efectos adversos para el ambiente. En el caso del cultivo de organismos de tipo filtradores como es el caso de los ostiones y los choritos, a pesar de no requerir un suministro externo de alimentación, de igual manera ocasiona variados efectos ambientales e incrementan la concentración de residuos en la periferia de las zonas donde son producidos. Pero a pesar de esto es imprescindible acotar que los problemas que se generan son menos significativos que las especies que necesitan una alimentación de tipo exógena como en el caso de las tilapias y los salmones (Beveridge, 1996).

En este contexto se debe indicar que los organismos filtradores generan un incremento en la biodepositación. En el lugar donde se está desarrollando el cultivo se tiene una reducción en la sedimentación cuando se trata de una superficie geográfica de mayor tamaño, este comportamiento no se da en el cultivo de peces. Lo acotado en el enunciado anterior puede tener variaciones si se considera las distintas especies de peces que se pueden cultivar, las variaciones que existen entre la dinámica de los distintos cuerpos hídricos y los parámetros climáticos de los distintos lugares donde se desarrollen los cultivos. Además, se debe tener en cuenta los distintos tipos de formulaciones de los alimentos o las distintas metodologías y proporciones de alimentación. En líneas generales, las conclusiones finales a las que se han llegado no son diferentes y revelan que sin importar que se tenga un mayor o menor grado de producción, la materia orgánica generada y transferida a los distintos cuerpos de agua de agua es altamente significativa. En especial cuando se tiene prácticas acuícolas, donde la fuente de alimentación exógena es la más importante (Beveridge, 1996).

1.2.5. Uso de químicos en la acuicultura

La aplicación de químicos para luchar contra parásito, hongos y bacterias genera residuos que no se degradan y forman parte del ambiente, ocasionando variados efectos en la biota de los ecosistemas. Ciertos países son sumamente estrictos en lo relacionado a las regulaciones ambientales a diferencia de otros. Así por ejemplo, si se compara a Estados Unidos con Japón se puede determinar que existe una gran diferencia en la aplicación y la cantidad de estos elementos químicos que pueden ser usados en el proceso de producción, lo cual se traduce en resultados finales dispares. A diferencia de los dos países antes mencionados y de muchos más donde la acuicultura es relevante, Noruega se puede destacar como el único país que tiene un registro para el uso de antibióticos, esto se debe a que tienen un mayor conocimiento científico acerca de las enfermedades que están afectando a los distintos peces cultivados, por lo tanto son capaces de desarrollar vacunas específicas, disminuyendo dramáticamente el uso de sustancias químicas (Beveridge, 1996).

1.3. Cultivo de Tilapia

De acuerdo con lo manifestado por la FAO (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura) “La producción de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) puede remontarse a los antiguos tiempos de Egipto, como lo determinan los relieves bajos de una tumba faraónica que data de los 4000 años antes de cristo, donde se observa pequeños peces ubicados en estanques ornamentales” (FAO, 2017)

La tilapia es originaria de África, y de este continente provienen las distintas especies cultivadas alrededor del mundo en función a su origen específico. Las dos más importantes especies de tilapia conocidas y producidas en la acuicultura son la *Oreochromis mossambicus* y la *Oreochromis niloticus*. También destaca una tercera variedad “La tilapia roja”, esta es una de las más cultivadas en America del sur. La cual no posee un solo nombre científico específico considerando que es un híbrido obtenido de otras especies de tilapia (Rodríguez, 2017).

En la actualidad el número de variedades de tilapia aumentado en función a los distintos cruces de especies que sean realizado y por la selección artificial que se realiza durante el cultivo, esto ha ocasionado la aparición de una gran variedad de híbridos. Estos se han ido creando con el tiempo con la finalidad de incrementar su resistencia a las enfermedades, mejorar su adaptabilidad y tener una mayor producción (FAO, 2017).

Este híbrido de tilapia se distribuyó por el mundo aproximadamente desde los años 60 hasta los años 80. Este lapso de tiempo fue una época donde se tuvo un mayor desarrollo, tecnológico y teórico en el cultivo de la tilapia, y fue mucho más relevante en la época de la segunda guerra

mundial donde se intentó satisfacer el hambre que en ese tiempo se vivía. Fue la tilapia que se cultivaba en Costa de Marfil la que ingreso América, llegando primero a Brasil, en los años 70 (Rodríguez, 2017).

1.3.1. Cultivo de Tilapia en el Ecuador

Se tiene registros que la tilapia se introdujo por primera vez en el Ecuador a inicios de los años 80. La principal razón de su llegada e introducción fue su uso como un producto de consumo y alta producción. Debido a la fuerte crisis económica que vivía el Ecuador, donde se planteaba la siguiente premisa: “La producción de tilapia comienza a partir de la identificación del virus de la mancha blanca que redujo la producción camaronera a niveles alarmantes” (Delfini, 2006). Por esta enfermedad, muchas industrias acuícolas del camarón se vieron seriamente afectadas, y por tal razón tuvieron que ser abandonadas, a pesar de esto: “La infraestructura que fue abandonada ayudo a iniciar la producción del cultivo de la tilapia Roja como una opción para recuperar estas áreas. Superada la mancha blanca posteriormente los dos cultivos se complementaron dando origen a los policultivos de Tilapia-Camarón a partir de los años 90” (FAO, 2017).

Al comprobar que las tilapias tenían la capacidad de resistir este virus y otros más, se cambió el enfoque productivo de la época y la mayor parte de las piscinas se destinaron al cultivo de esta. Al ser una especie resistente, que requería cuidados e inversiones relativamente bajas, en post de unos rendimientos altos, la tilapia fue un importante producto que sirvió de salida para los productores camaroneros de la época.

“Hoy en día la tilapia se ha convertido en el segundo producto acuícola más importante a nivel mundial, en lo relacionado a la producción por volumen. Transformándose en una de las principales fuentes de ingresos económicas así como de proteína animal en distintas industrias de recursos limitados en todo el planeta”. Para reforzar esta premisa PRO-ECUADOR (Instituto de promoción de exportaciones e inversiones), indica lo siguiente: “Ecuador como un país productor de tilapia está en la capacidad de generar un mínimo de 50.000 toneladas de tilapia por año. Ofreciendo productos de consumo masivo como filetes, entero, fresco o congelado” (Pro-Ecuador, 2017).



Gráfico 1-1: Producción de pescado en el Ecuador
Fuente: InvestManabí (2015)

A nivel del país este es uno de los principales sustentos productivos de relevancia que tiene la tilapia. A pesar de esto, la tilapia está siendo afectada por una enfermedad ocasionada por el virus denominado TiLV que en la actualidad está reduciendo la producción a nivel mundial de esta. Esto debido a que es un virus nuevo, por lo que ha sido muy poco estudiado, por lo tanto, lo que se sabe de este no es suficiente para detener su avance y generar posibles curas. Por esta razón en la actualidad la FAO se ha enfocado principalmente en disminuir su propagación mientras se continua con las investigaciones y estudios sobre del TiLV (Rodríguez, 2017).

1.3.2. Consideraciones dentro del cultivo de tilapia

Dentro del cultivo de tilapia se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1.3.2.1. Reproducción

Las tilapias que más se cultivan como ya se mencionó pertenecen al género *Oreochromis*. Esta se caracteriza por dar cuidados maternos a los huevos una vez que estos son fertilizados y también a las crías en sus primeras etapas de crecimiento. En la etapa de fertilización, la incubación es de tipo bucal y una vez que haya eclosionado la madre da resguardo a la prole en el transcurso de las primeras semanas después de la eclosión. En todas las circunstancias y de forma natural, los machos se encargan de excavar los habitáculos en el lecho de los cuerpos hídricos, conformando los nidos en aguas poco profundas. La hembra suelta aproximadamente entre 1 o 2 huevos por cada gramo de su peso. Una vez que el macho los fertiliza, los recolecta para llevarlos a la boca hasta su eclosión. Las larvas que han nacido permanecen en la boca de la madre hasta que se da

la reabsorción de su vesícula vitelina, posteriormente buscan refugio por varios días, hasta que tienen la posibilidad de llenar su vejiga natatoria y ser mas independientes (Agroindustrias, 2014).

La madurez sexual se la determina a partir de su edad y su talla, esta es generalmente temprana, cuando alcanzan un tamaño pequeño y son juveniles. Cuando se encuentran en estanques de cultivo y en zonas tropicales, en condiciones óptimas de crecimiento llegan a alcanzar su madurez sexual aproximadamente a la edad de 5 o 6 meses y cuando alcanzan un peso de 150 g. En condiciones de alimentación limitada, llega alcanzar la etapa reproductiva con pesos mínimos que llegan a los 20 o 30 gramos o menos aún. Si se tiene condiciones climáticas menos favorables, la respuesta al crecimiento solo será la correcta en los periodos donde la temperatura sea idónea, mientras tanto su reproducción será menor (Agroindustrias, 2014).

1.3.2.2. Enfermedades

La tilapia es una especie que se caracteriza por tener una gran resistencia cuando esta se encuentra cultivada, tanto a las de tipo virósicas como a las producidas por bacterias y parásitos. Con una temperatura promedio entre los 16 y 18 °C, generalmente no se presentan signos de enfermedades cuando no se registra periodos de estrés. Las enfermedades se han evidenciado luego de sufrir un fuerte periodo de estrés ocasionado principalmente por temperaturas bajas, un manejo inadecuado, pésimas condiciones de almacenaje o una calidad del agua baja. Así por ejemplo, el hongo del género *Saprolegnia* es un tipo de parásito que se manifiesta de manera común, después de un manejo incorrecto a temperaturas que se encuentren por debajo de los 15°C. En el caso de estar en condiciones de temperatura alta y con un exceso de amoníaco en el agua, esto ocasiona que se den ataques de tipo bacteriano (bacterias del género *columnaris*). Las enfermedades ocasionadas por bacterias que más se presentan en los cultivos son producidas por las Aeromozas (*Septicemia hemorrágica*) y de manera más común las ocasionadas por acción de las Aeromonas del género *hydrophila*. Esto se da cuando las condiciones de oxígeno disuelto presentan bajas concentraciones, su presencia es mayor cuando se trata de cultivos de tipo intensivos o superintensivos (Agroindustrias, 2014).

De los parásitos de tipo externo el más común es el “itch que produce la enfermedad conocida como “punto blanco”, la cual es ocasionada por un Protozoo denominado Ciliado. Esta puede ocasionar graves problemas tanto a larvas como a juveniles, se hace presente a temperaturas de 0-24°C. Otro tipo de parásitos que son comunes en los cultivos de tilapia es el *Argulus* y *Laernea*, estos pueden causar graves pérdidas en los cultivos tanto en la etapa de larvas como de adultos (Agroindustrias, 2014).

1.3.2.3. Parámetros Físicos Químicos

Las tilapias son una especie que en general toleran temperaturas altas, concentraciones bajas de oxígeno y un nivel alto de amoníaco. Además, tienen la capacidad de resistir condiciones altas salinidad que puede alcanzar hasta los 20 ppt. Por el contrario no tienen la capacidad de tolerar bajas temperaturas esto se convierte en un serio problema cuando las instalaciones son implementadas en áreas de clima templado. Las temperaturas que son perjudiciales para el normal desarrollo de la tilapia se encuentran entre los 10 y 11 °C. La alimentación normal de los peces se detiene cuando las temperaturas se encuentran por debajo de los 16 y 17 °C. En el caso de las enfermedades estas se hacen presentes cuando las temperaturas que se registran por la zona son menores a los 15 y 16 °C. Los procesos de reproducción se detienen en el momento que las temperaturas bajan de los 20 °C. Para un desarrollo adecuado del cultivo de tilapia se requiere entre 29 y 31 °C (Kubitza, 2000).

En el momento que los peces se alimentan hasta saciedad, el crecimiento de las tilapias es 3 veces mayor que cuando se tiene una temperatura de 20 - 22°C. Cuando la temperatura sobrepasa los 37-38°C se comienzan a presentar problemas de estrés. Una de las principales limitantes del del cultivo de peces es la calidad del agua cuando se trata de cultivos excavados en tierra. Esta especie puede sobrevivir a una concentración de 0,5 mg/l, estos niveles se consideran bajos para otras especies utilizadas en la acuicultura. Esta característica se da, en parte, a la capacidad que tiene de extraer el oxígeno disuelto del film de los cuerpos hídricos en un intercambio agua-aire, cuando la concentración de oxígeno está en los cultivos por debajo de 1 mg/l (Kubitza, 2000).

Por esta razón, no es recomendable permitir que en los estanques de cultivo se tenga un alto desarrollo de plantas acuáticas superficiales, ya que estas no permiten el ingreso del oxígeno de la atmósfera, en función a la dirección de los vientos. Una concentración correcta de oxígeno para un desarrollo normal de las tilapias es de 2-3 mg/litro, debido a que su metabolismo y el crecimiento se reduce cuando los niveles son disminuyen o estos se mantienen por períodos largos de tiempo. Los cultivos se desarrollan mejor cuando en el recurso hídrico el pH se mantiene neutro o levemente alcalino. El crecimiento disminuye en el momento que las aguas tienen un pH ácido, logran tolerar una disminución de hasta 5 (Kubitza, 2000).

Cuando el pH alcanza valores de 10 durante épocas calurosas, no la afecta en demasía y el límite máximo tolerable termina siendo el mismo pH, ya que con un pH alto el amonio se convierte en amoníaco tóxico. Dicho fenómeno también se pone de manifiesto cuando el pH alcanza valores de 8, 9 y 10. Con lo que respecta al amoníaco este es más tóxico cuando se alcanza altas temperaturas, en este caso es mayor a los 32, que a los 24°C. La reducción del oxígeno disuelto también incrementa el nivel de toxicidad del amoníaco, lo que disminuye el apetito y el crecimiento de las tilapias, esto se da cuando las concentraciones son relativamente bajas (0,08

mg/l). Cuando se trata de los niveles de predación en especial de los por pájaros, el cultivo de las tilapias rojas y blancas son las más susceptibles al ataque de estos (Kubitza, 2000).

1.3.3. Sistemas de cultivo de tilapia

Hoy en día el cultivo de tilapia con fines comerciales se ejecuta en sistemas con tres variantes que son: extensiva, semiintensiva e intensiva. Para lo cual se realiza excavaciones en tierra para crear cerramientos en forma de estanques, en el caso del sistema intensivo se puede colocar jaulas dentro de cuerpos de agua. En cualquiera de las variantes, se emplea poblaciones de tilapia únicamente macho que posteriormente por acción de hormonas añadidas son revertidas, a lo largo de los 30 primeros días del cultivo, hasta que las tilapias presenten un largo entre 17 y 20 mm (Wicki y Gromenida, 2000).

- En sistemas intensivos la cosecha esperada es de 200 a 500 kg por hectárea/ciclo, sin la adición de alimento extra. En cambio, en semiintensivos la cosecha esperada es de 4000 a 10000 kg por hectárea/ciclo en función de la naturaleza del alimento empleado y de la temperatura del agua (Wicki y Gromenida, 2000).
- En sistemas intensivos ejecutados en estanque, con aireación adicional y permutación de agua diaria (dos o más veces), se logra comúnmente cosechas mayores a 20000 kg por hectárea. Sin embargo, al utilizar jaulas de bajo volumen sumergidas en cuerpos de agua adecuados la productividad de la cosecha se encuentra en el rango de 50 a 300 kg/m³ (Wicki y Gromenida, 2000).

1.3.3.1. Producción de tilapias en estanque excavados en tierra.

El uso de jaulas para el cultivo de tilapia brinda ciertas facilidades al productor. Contrario a los retos que implica emprender el cultivo en tanques excavados en tierra, puesto que se debe tomar ciertas consideraciones para obtener una producción eficiente. Siendo un problema común los inconvenientes que surgen al utilizar redes de arrastres tradicionales para la cosecha de los peces. En el momento de las cosechas las tilapias comienzan a saltar por sobre las redes o incluso abandonan los nidos formados en el lecho del estanque para escapar de las redes. En ciertas ocasiones los peces exasperados por huir de las redes se incrustan en el barro del lecho, provocándoles la muerte (Kubitza, 2009).

Ante los inconvenientes que se generan en la cosecha los productores prefieren no ejecutar acciones primordiales como, la categorización por tamaño y la separación de una porción de las hembras del lote. Por tanto, la fase de engorde en estanques se lleva a cabo en una sola etapa (los

alevinos ganan peso hasta la cifra estipulada en el mercado sin ningún tipo de injerencia) o, en un mejor escenario, el engorde se da en dos etapas (durante la primera etapa o nursery, se cultiva a los peces en celdas hasta que alcancen un peso de 10 a 100 g, y en la segunda etapa, los peces que han alcanzado el peso mencionado son alimentados hasta el peso de mercado) (Kubitza, 2009).

Durante la producción de tilapia en estanques se puede presentar el denominado “off-flavor” o mal sabor de los peces. Dicha condición se caracteriza por que los peces adquieren un sabor a tierra, como resultado de una proliferación excesiva de fitoplancton. Pese a los inconvenientes que conlleva la manipulación y vigilancia de los peces, es posible cultivar tilapias en estanques de tierra de manera eficiente y a un bajo costo. Para esto, resulta indispensable instaurar planes de producción competentes y disponer de equipos e infraestructura que agilicen la cosecha, la manipulación y categorización por tamaño de los peces. La producción eficiente de tilapias en estanques de tierra permite la utilización del plancton presente en el sitio, lo que conlleva a menores costos de producción en comparación al cultivo en jaulas sumergidas o distintos sistemas intensivos (Kubitza, 2009).

1.3.3.2. Factores determinantes del éxito en la producción de tilapia en estanques excavados.

A continuación, se enlistan los factores que deben ser contemplados durante la producción de tilapias.

- Calidad y tasa de sobrevivencia de alevinos y juveniles.
- Eficiencia en el manejo, clasificación y transferencia.
- Control nutricional y alimentario apropiado.
- Cosecha eficiente.

Calidad y sobrevivencia de los alevinos y juveniles.

Al existir una alta tasa de mortalidad de alevinos y juveniles posterior a la siembra, el costo de producción aumenta y afecta la cosecha esperada. La mortandad de los peces generalmente se da posterior al transporte, así como durante las primeras semanas luego de la siembra; como consecuencia de un incorrecto manejo a lo largo de la producción y manoseo de los alevinos y juveniles. Igualmente, cuando la calidad del agua no es la adecuada en los estanques donde los alevinos y juveniles son sembrados, la tasa de sobrevivencia disminuye. En ciertas ocasiones el productor, ya sea por falta de experiencia o con la finalidad de proporcionar la mayor cantidad de plancton posible a los peces, extrema la fertilización de los estanques, acarreado a que los niveles de oxígeno descendan hasta cero al instante de la siembra. Igualmente, bajo estas condiciones los alevinos sembrados exhiben una menor sobrevivencia (NicoVita, 2013).

La elevada mortandad de juveniles en ocasiones se genera en la misma piscicultura, como resultado de la manipulación durante la cosecha para su transporte a los estanques de engorde. En vista de la habilidad con que las tilapias escapan de las redes de arrastre, durante la cosecha de juveniles se realiza numerosas pasadas de red en un mismo estanque. Los peces terminan extenuados y con múltiples lesiones al tratar de huir de la cosecha. Algunos peces quedan apresados entre las redes y el barro, perdiendo sus escamas y mucus, como resultado surge el estrés fisiológico y eliminación desmedida de sales de la sangre al agua, lo que desestabiliza su fortaleza inmunológica (NicoVita, 2013).

Eficiente manejo, clasificación y transferencia.

La celeridad en la cosecha de alevinos y juveniles resulta primordial durante el cultivo de tilapias en estanques de tierra, por tanto, se requiere tácticas eficientes para el manejo de las redes. Evitando que los peces terminen con fatiga física y fisiológica, menor número de lesiones en su cuerpo producto del paso de redes por varias ocasiones en el estanque. Resulta fundamental clasificar a los peces por tamaño para poder estandarizar los lotes, separar los peces que no cumplan el peso requerido y disminuir la cantidad de hembras al finalizar la etapa de engorde. El empleo de tanques con agua salinizada para clasificar a los peces permite realizarlo de forma eficiente, así como ejecutar procesos preventivos y disminuir la tasa de muerte posterior a su manejo (Saavedra, 2006).

Adecuado manejo nutricional y alimentario.

Debido a que los estanques localizados en tierra proporcionan alimento en forma de plancton a los peces, los productores descuidan su nutrición y alimentación. Ciertamente, el empleo de dosis con alta calidad (también usadas en sistemas intensivos) originan inmensos beneficios para la calidad del agua, el rendimiento y la salud de los peces, agiliza las fases de cultivo y facilita el incremento de la producción por zona, con una óptima nutrición a menor costo de porción por kilo de pez cosechado (Saavedra, 2006).

Uno de los retos en la administración de alimento en los cultivos en estanques en tierra es el equilibrio entre la porción dosificada y el consumo pertinente del alimento natural. El color que adquieren las heces puede dar señales al productor de si su dosis de alimento es la correcta o no. Cuando las heces presentan un color verde muy intenso es señal de que la dosis es escasa, en el caso de ser color marrón sin tonalidades verdes, revela que la dosis suministrada es demasiado

alta. Finalmente, si las heces son de color marrón con tonalidades verdes, los peces tienen un equilibrio entre el alimento natural y el suministrado por el productor, que es la situación óptima de cultivo (Saavedra, 2006).

Cosechas Eficientes

Se ha recalcado que las tilapias tienen la habilidad de escapar de las redes de arrastre. Por esta razón es fundamental disponer con redes exclusivamente creadas para su cosecha. De igual manera es elemental que el personal que maneja las redes cuente con la preparación adecuada. Las redes deben tener ciertas características como, un copo central de gran tamaño y una altura de paños de 6 a 8 metros en su zona central, beneficiando el traslado de la línea de fondo contra la línea de las boyas. Se puede modificar el copo central al añadir un enlace para un “carro vivo”, un tipo de jaula de red que se une al fondo del copo, formándose conducto entre ambos. Esta modificación permite que en el arrastre los peces se dirijan en dirección al interior del “carro vivo” y se aglomeren en el centro, con lo cual se simplifica su cosecha (Toscano, 2010).

1.3.3.3. Ventajas del cultivo de tilapias en estanques excavados en tierra.

Aunque para los pequeños emprendimientos el cultivo de tilapias en estanques localizados en tierra requiere un mayor monto monetario para su puesta, esta forma de cultivo trae consigo ventajas competitivas sustanciales por encima del cultivo en jaulas sumergidas en cuerpos de agua:

- Reducción del número de casos de una enfermedad, disminuyendo el riesgo de la producción final.
- Aportación de alimento natural para el desarrollo de biomasa, fijando dióxido de carbono e incrementando la concentración de omega-3 en los peces.
- La conversión alimentaria es rentable, por tanto, la cantidad de alimento es la idónea, minimizando el coste de alimento por kilo de tilapia cosechada.
- Mayor rendimiento de alevinos, es decir la tasa de sobrevivencia se incrementa durante las fases de pre-engorde y engorde (Kubitza, 2009).

Las ventajas previamente enlistadas no deben ser minimizadas, puesto que ayudan en la reducción del costo de alimento en la producción de tilapias en estanques de tierra, en relación con los registrados en el cultivo en jaulas sumergidas en embalses, con valores 40% más altos. Los contratiempos que pueden surgir en la cosecha y el riesgo a que surja el “off-flavor” durante el cultivo en estanques de tierra pueden sortearse con la ayuda de equipos e instalaciones apropiadas, implementación de planes de producción, así como con el ingenio del productor (Kubitza, 2009).

1.4. Principales efectos ambientales negativos ocasionados por la acuicultura

Al igual que otras actividades lucrativas, la acuicultura genera perjuicios al ambiente y deteriora los recursos naturales. Las repercusiones sobre el ambiente las ocasionan las granjas en tres etapas: en la construcción de la granja, durante el cultivo y cuando finaliza la cosecha, y el abandono de las instalaciones. Ciertas repercusiones ambientales se manifiestan en dos etapas o solo en una, sin embargo no son excluyentes entre sí. En la siguiente tabla se puntualiza el factor que produce el perjuicio al ambiente a lo largo de la cada etapa (Ramírez, 2010).

Tabla 1-1. Impactos ambientales ocasionados por la acuicultura

Durante la construcción		
Causa	Efecto	Impacto sobre
Asolamiento de manglares y marismas	Pérdida de ecosistema; erosión costera; aminoramiento de la diversidad biológica; merma en la cosecha de otras especies; modificación de los modelos de avenamiento	Agua, suelo, biodiversidad, manglar
Transformación del suelo agrícola	Generación de suelo salino y modificación de los modelos de avenamiento	Agua, suelo
Transmutación de salitres	Modificación de los modelos de avenamiento y consecuencias desconocidas	Agua, suelo
Durante la operación de los estanques		
Recolección de postlarva	Disminución de la postlarva nativa y de la diversidad biológica; decrecimiento de la colecta de especies económicamente relevantes	Biodiversidad
Liberación de efluentes	Alteración de los cuerpos de agua, aparición de enfermedades y transmisión a especies silvestres	Agua, biodiversidad
Empleo de elementos químicos	Generación de resistencia a organismos patógenos y consecuencias inciertas en otros organismos	Agua, biodiversidad
Injerencia de agua salina	Polución de los acuíferos	Agua
Manejo de sedimentos	Descarga subsiguiente de nutrientes, materia orgánica y otros elementos	Agua, biodiversidad
Utilización desmedida de agua	Disputa de agua entre productores y habitantes de la zona	Agua
Infraestructura abandonada		
Estanques abandonados	Pugna entre productores por la concesión de las instalaciones	Agua, suelo y biodiversidad

Fuente: Ramírez (2010)

1.4.1. Contaminación del agua

Aun cuando las tareas mencionadas emplean agua dulce, salvo la acuicultura que emplea agua salada, las aguas costeras también son afectadas por las descargas de agua (subproducto de

actividades de económicas) hacia cuerpos de agua dulce de los que se abastece la acuicultura. A continuación, se mencionan ejemplos de contaminación del agua.

- Una de las principales formas de contaminación son las descargas provenientes de áreas urbanas y rurales hacia cuerpos de agua sin un tratamiento previo.
- Lagunas costeras son afectadas por descargas de agua dulce procedente de la actividad agrícolas y asentamientos humanos, esto se ha demostrado mediante análisis químicos que exhiben disminución en la salinidad y variaciones en varios sectores de las lagunas.
- Descargas provenientes de la industria y de otras actividades económicas se encuentran relacionadas con el nivel de contaminación que exhiben las áreas costeras, así como con la proliferación de algas y mareas rojas (Ramírez, 2010).

Durante el manejo de sistemas de cultivo acuícolas semi-intensivos la fertilización es una técnica habitual, misma que consiste en agregar nutrientes orgánicos o inorgánicos, con el objetivo de incrementar la producción natural. Los nutrientes inorgánicos son los más empleados (mezclas de nitrógeno, fosforo y potasio) en comparación con los orgánicos (abono, residuos de plantas, trazas metálicas y silicatos). Pese a que la fertilización contribuye a una mejor producción, su empleo desmedido puede provocar efectos negativos en el suelo y agua (Miranda, 2004).

En ciertas ocasiones el cultivo de peces en estanques de tierra provoca contaminación en el agua subterránea y suelo, debido a la probabilidad de lixiviación de agua salobre procedente de los estanques. De la misma manera, probables derrames de aceite y combustibles, en el caso de no tener un adecuado manejo y desecho, pueden ocasionar contaminación. Las consecuencias que pueden producir las descargas de los estanques en las masas de agua están supeditadas a las siguientes circunstancias:

- Volumen de la descarga
- Constitución química de la descarga
- Cualidades de la masa de agua que recibe la descarga (Miranda, 2004).

1.4.2. Suelo

La práctica de la acuicultura, así como contamina el agua también afecta al suelo, esencialmente por:

- Probables lixiviaciones de agua salobre a partir de los estanques de cultivo.
- La excesiva aplicación de antibióticos.

- Agregar nutrientes para incrementar la producción.
- Derrames de aceite y combustibles (Borja, 2002).

De igual manera el cultivo de peces disputa la apropiación del suelo con otras actividades económicas como la agricultura, la ganadería, turismo y asentamientos humanos, entre las más importantes (Borja, 2002).

1.4.3. Biodiversidad

La acuicultura acarrea la disminución de la diversidad biológica fundamentalmente por la influencia de la construcción de las granjas en la flora y fauna de la zona, ejemplos de lo mencionado es la inclusión de especies exóticas, la pugna de terreno entre las especies, perturbación y modificación en la cadena trófica, el entrelazamiento, la caza entre especies animales por subsistir y la propagación de parásitos y enfermedades (Valenzuela et al., 2004).

Además, en los canales que suministran agua a los sitios de cultivo habitan diferentes tipos de especies, que pueden ser absorbidas por las bombas en el momento de importar agua hacia los estanques. Este fenómeno se encuentra vinculado directamente con la concentración de las especies en los esteros, a pesar de ello no existen investigaciones de campo formales y se fundamenta en la especulación (Valenzuela et al., 2004).

1.5. Gestión Ambiental

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, el alcance de la gestión ambiental aplicada a la acuicultura se extiende por sobre los planes de mejora continua, el acatamiento de leyes y normas ambientales, la programación y establecimiento de metodologías para escatimar la utilización de los recursos asociados con la reducción de los valores de producción y modificarlos en función de lo propuesto en las políticas ambientales. La implementación coordinada y estructurada de los puntos mencionados, sumado a una cuantificación y evaluación continua del nivel de cumplimiento del sistema de gestión, permite ejecutar ajustes para la obtención de resultados favorables; siendo la prevención y la minimización los pilares fundamentales de las políticas ambientales (Granero y Ferrando, 2007).

Para ejecutar un sistema de gestión ambiental de forma eficaz se requiere la participación y colaboración de instituciones como: direcciones públicas, el sector productivo público y privado, agrupaciones de diferentes índoles, universidades y centros de investigación y población en

general. Puesto que las responsabilidades son compartidas se requiere que la colectividad se comprometa en todas las etapas, formas y niveles (Granero y Ferrando, 2007).

Por tanto, es favorable poner en marcha los sistemas de gestión ambiental como herramientas para prevenir y minimizar la contaminación. De igual forma es fundamental que los sistemas productivos que emplean recursos naturales y energía para generar productos y subsecuentemente residuos desempeñen sistemas de gestión enfocados principalmente en reducir, categorizar y descartar estos últimos de forma adecuada; de este modo los lineamientos sobre la gestión sostenible son instrumentos primordiales para los administradores políticos y técnicos de la comunidad, pobladores dedicados a la acuicultura y demás beneficiarios (UICN, 2010).

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado los sistemas de gestión ambiental son ejecutados en diversas áreas de la industria con la finalidad de asistir a las instituciones para el acatamiento de las exigencias legales relacionadas con la minimización de los impactos en el ambiente, disminuir los residuos e incrementar su supremacía en el mercado. De la misma forma se puede obligar a que una industria sea considerada con el ambiente por medio de la sensibilización de sus miembros de modo que existe interés por el cuidado, defensa y conservación del medio ambiente, en consecuencia se exhorta al uso de tecnologías limpias que posibiliten la utilización mínima de recursos naturales, la reducción en la generación de desechos, la adjudicación de rubros económicos para planes de protección ambiental y ejecutar sistemas de gestión y auditorías ambientales (Gavine et al., 2007).

1.5.1. Acuicultura Sostenible

Al hablar de sostenibilidad desde un punto de vista del análisis, su definición ha experimentado diferentes interpretaciones pero manteniendo un punto en común, las mismas que se enmarcan dentro del contexto del desarrollo, con el objetivo fundamental de garantizar en el tiempo y para las próximas generaciones los recursos naturales, que puedan estar a disposición constante pese a la utilización o explotación que el hombre efectuó para conseguir a partir de ellos formas de subsistencia y progreso, esto involucra el empleo de herramientas tecnológicas e instrucción enfocadas en un proceder responsable y organizado (Ovando, 2013).

Desde el momento en que se concibe el término de desarrollo sostenible, emergen un conjunto de conjeturas a nivel científico, argumentando estos fundamentos en la sostenibilidad ecológica, social, política y económica, no obstante, con márgenes determinados y con requerimientos mínimos para asegurar un crecimiento perdurable pero que no comprometa o ponga en riesgo los recursos naturales, que sustentan todos los organismos y sistemas de vida en el planeta. La protección y el aprovechamiento del agua, suelo, atmósfera y seres vivos son elementos

fundamentales de nuestro ámbito, por tanto, resulta indispensable que en un corto plazo el avance tecnológico ocupe un lugar primordial para complacer nuestras necesidades individuales, precautelando que la modificación de los recursos naturales debido al aprovechamiento y desarrollo reduzca la sustentabilidad del planeta (Ovando, 2013).

Considerando lo antes citado, la acuicultura se encuentra establecida por una serie de reglamentaciones procedentes del derecho ambiental, en virtud de ello, a esta práctica económica es supeditada por la normativa general ambiental y también por su normativa propia, promovida a favor de una acuicultura sostenible. En tal sentido, la sostenibilidad se cimenta en tres pilares concernientes con los sistemas: ecológico, como soporte primordial de la vida en el planeta, económico, que contempla la generación de bienes y servicios, y el sistema social que posibilita la intervención continua de las personas y establecimientos, proponiendo planes de manejo para conseguir el desarrollo sostenible por medio de acciones integrales y como apoyo legal la firma de convenios y tratados a nivel regional e internacional (Bermudez, 2007).

Fundamentado en los sistemas de gestión ambiental y en las estrategias de aprovechamiento de los recursos naturales, un acercamiento a la acuicultura sostenible es la orientación hacia la armonía de estos tres factores del desarrollo sostenible: no se alcanza un desarrollo económico y social sin el aprovechamiento responsable de los recursos naturales (Figura 1-1) (Bermudez, 2007)

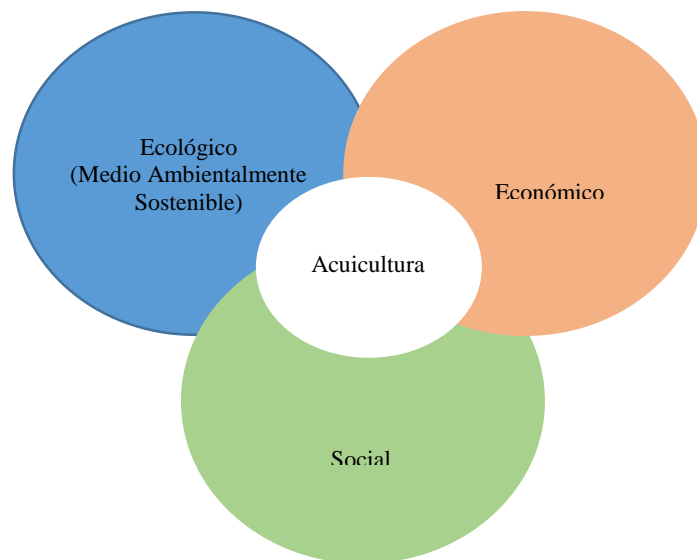


Figura 1-1: Acuicultura Sostenible
Fuente: Bermudez (2007).

Resulta indispensable tomar en cuenta el riesgo de que el desarrollo sostenible se transforme en una forma insulsa de marketing, por ello es elemental trabajar simultáneamente para que el concepto de desarrollo no se convierta en una tendencia temporal y pueda consagrarse e implementarse de forma idónea y productiva. Desde el enfoque del desarrollo, la planeación social puede ser considerada como arreglo o convenio entre los principios y ecosistemas, es una imperativa interacción biológica antropogénica sobre ecosistemas naturales, intrínsecos a los diferentes modelos políticos, económicos, sociales y culturales, sobre los principios de cada individuo (García et al., 2011).

Aunque originalmente la idea fue el emplear los criterios y recursos de las tecnologías limpias, emisión cero y análisis acerca el impacto ambiental e impulsar la investigación científica de manera formal, de igual forma lo es la exploración e investigación enfocada a reconocer y establecer instrumentos de gestión acuícola, sustentadas en los indicadores de sostenibilidad. En tal sentido, el entendimiento y la aplicación de estos indicadores por parte de las personas involucradas en el sector acuícola, facilita el progreso, no solo en una mejor sostenibilidad de la producción, sino también en un incremento de la sensibilización de los actores de esta actividad y, de la sociedad, relacionada con la necesidad de incurrir en una gestión progresivamente más sostenible de ríos y mares, y de los recursos obtenibles de ellos (García et al., 2011).

Para conseguir un sistema de desarrollo sostenible hay que considerar todas las variables y dimensiones a nivel ambiental, social y económico, simultáneamente reconocer las metodologías e instrumentos que simplifiquen una incorporación sólida y reactiva que abarque totalmente a la comunidad. La relevancia de la sostenibilidad aplicada a la acuicultura es primordial en la colectividad, cuando una industria no está direccionada correctamente, de forma que es fundamental seguir explorando los recursos para llevar a cabo las formas de producción acuícola más sostenibles, efectivas y lucrativas perfeccionando, las destrezas del ser humano, la utilización de los recursos y la gestión ambiental (Ovando, 2013).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad 23 de julio, parroquia San Carlos, cantón Joya de los Sachas, Orellana.

Que se encuentra ubicado en las coordenadas, Este: 9955183 mE, Norte: 292824 mS, z15m; a una altitud de 262.9 m.s.n.m.

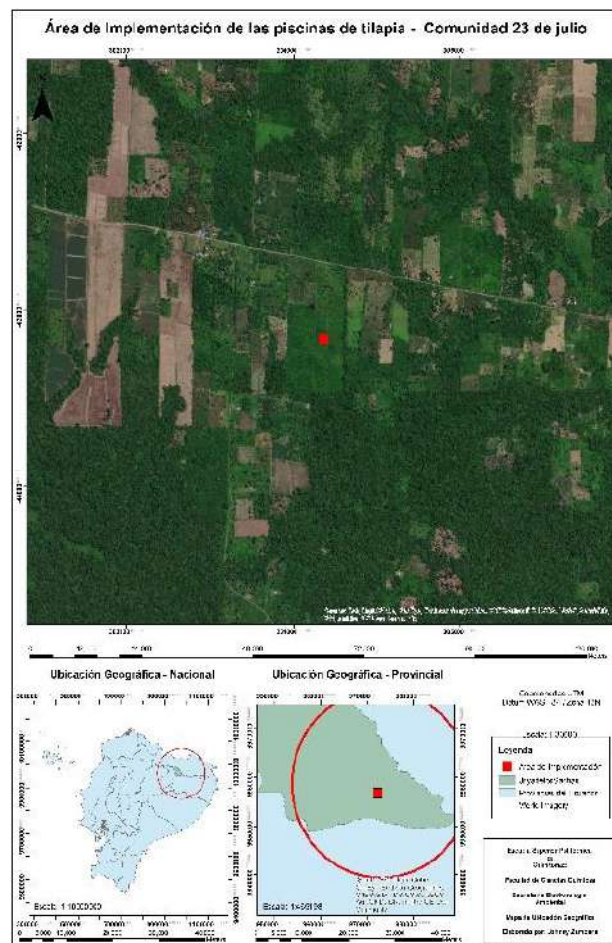


Figura 1-2: Mapa GPS
Realizado por: Zumbana J (2019)

2.1.1. Lugar de la investigación

El desarrollo de la investigación se realizó en las piscinas de cultivo de tilapia de la finca San José. De las que se obtuvo muestras de agua para el cálculo de su índice de calidad. El análisis de los impactos ambientales se realizó a nivel general en la comunidad 23 de julio.

2.2. Tipo de investigación

El presente trabajo investigativo es de tipo investigativo-explicativo.

Investigativo ya que se utilizó metodologías analíticas y de campo para la toma de las muestras de agua de las piscinas de tilapia y el posterior cálculo del índice de calidad del agua (ICA). Explicativo ya que a partir de los resultados obtenidos se determinó como el proceso de cultivo de tilapia disminuye el índice de calidad del agua en las piscinas de producción.

2.2.1. Variables

2.2.1.1. Variables dependientes

- Índice de calidad el agua (parámetros físicos, químicos y biológicos)

2.2.1.2. Variables independientes

- Temperatura
- Especie de tilapia
- Alimento
- Antibióticos y sustancia químicas

2.2.2. Hipótesis

2.2.2.1. Hipótesis alternante

El índice de calidad del agua de las piscinas para el cultivo de tilapia disminuye una vez finalizado el proceso de cultivo.

2.2.2.2. Hipótesis nula

El índice de calidad del agua de las piscinas para el cultivo de tilapia no disminuye una vez finalizado el proceso de cultivo.

2.2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico que se implantó es un DCA (Diseño Completamente al Azar). En el cual se comparó dos tratamientos con tres repeticiones, los cuales se describen a continuación:

Tratamientos/ Nomenclatura = T

- T1 = Piscinas con tratamiento previo
Tratamiento = Cal + SulfaPiscis + FertiPiscis
- T2 = Piscinas sin tratamiento previo

Repeticiones / Nomenclatura = r - Se realizará un total de tres repeticiones

En la tabla 1-2 se detalla la distribución del análisis estadístico.

Tabla 1-2. Distribución del análisis estadístico

Tratamiento	r1	r2	r3
T1	T1r1	T1r2	T1r3
T2	T2r1	T2r2	T2r3

Realizado por: Zumbana J (2019)

La evaluación del DCA se realizó con un ADEVA (Análisis de varianza) para determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos. Y mediante la prueba de Tukey se determinó cual tratamiento presento los mejores resultados.

2.2.4. Esquema del proceso

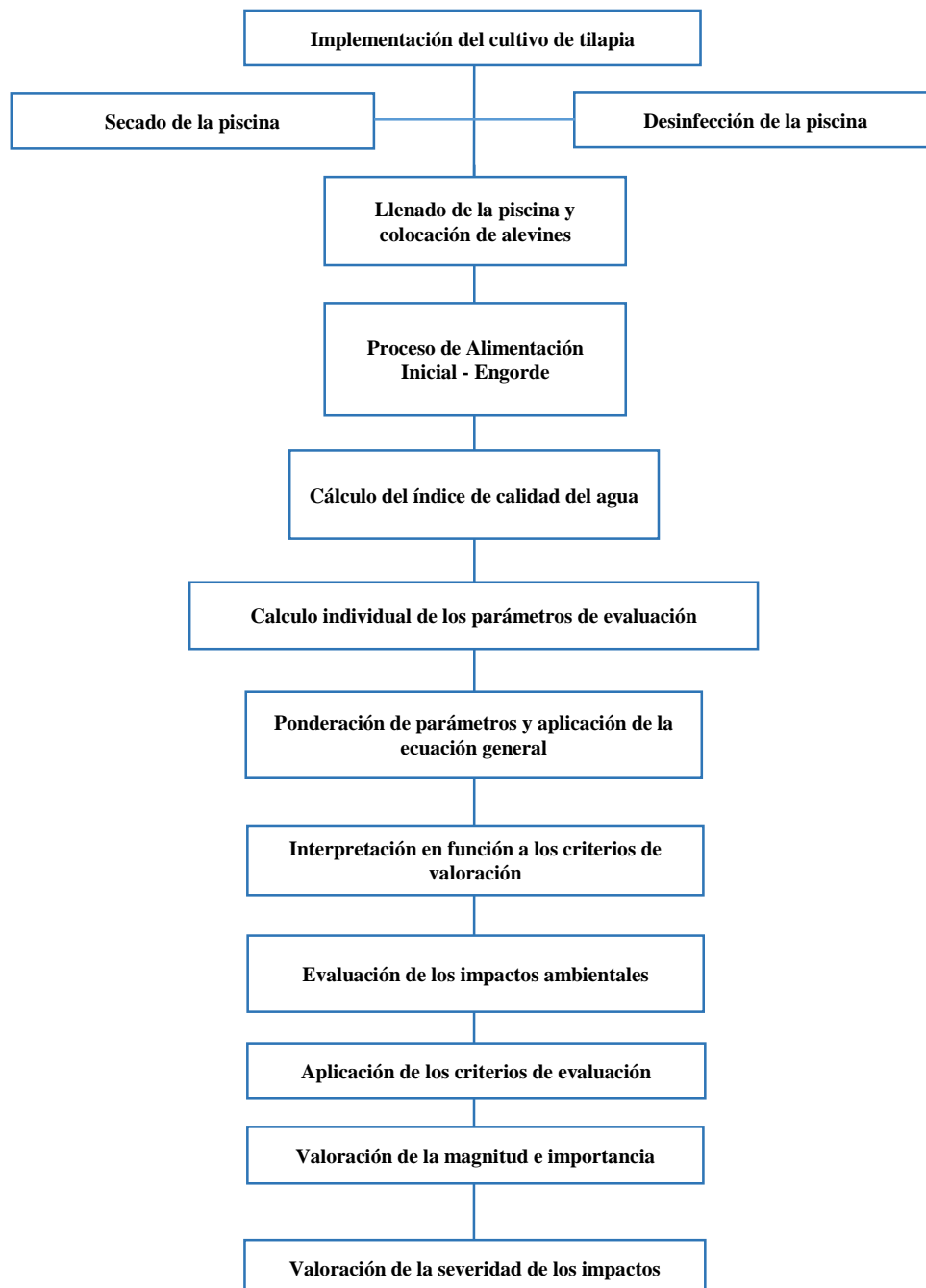


Gráfico 1-2: Esquema del proceso
Realizado por: Zumbana J (2019)

2.2.5. Marco metodológico

2.2.5.1. Implementación del cultivo de tilapia en la hacienda.

Las piscinas para el cultivo de tilapia se construyen alrededor de vertientes de agua subterránea, están son llenadas y vaciadas una vez que se finaliza el proceso de cultivo. A continuación, se describe el proceso implementado.

Primero se realizó el secado de las piscinas. Para esto se utilizó dos motos bombas HML 300 hp para succionar el agua. Finalizado este proceso se realizó la limpieza del exceso de malezas existentes. Posterior a la eliminación de la maleza se desinfectó las piscinas, para lo cual se utilizó 3 quintales de cal viva y 3 litros de sulfapiscis por cada una de ellas (Fotografía 1-2).



Figura 2-2: Secado y desinfección de las piscinas de cultivo de tilapia
Realizado por: Zumbana J (2019)

Con las piscinas limpias se procedió llenarlas (Figura 2-2) y se colocó un total de 1700 alevines en cada una de ellas (Figura 3-2).



Figura 3-2: Llenado de la piscina de cultivo de tilapia
Realizado por: Zumbana J (2019)



Figura 4-2: Colocación de los alevines de tilapia en las piscinas de cultivo

Realizado por: Zumbana J (2019)

El proceso de alimentación que se siguió durante el cultivo se describe a continuación:

Para los primeros 12 días se utilizó el balanceado inicial en polvo con 50% de proteína. En total se ocupó 4 sacos de 3 kg, la alimentación se realizó tres veces al día en porciones de 0.3 kg.

Para los siguientes 15 días se utilizó el balanceado S-500. En total se ocupó 5 sacos de 5 kg, la alimentación se realizó tres veces al día en porciones de 0.5 kg.

Para los siguientes 35 días se utilizó el balanceado PROTILAPIA de engorde 3-28%. En total se ocupó 13 sacos de 20 kg, la alimentación se realizó tres veces al día en porciones de 2.5 kg.

Para los siguientes 30 días se utilizó el balanceado PROTILAPIA de engorde 1-32%. En total se utilizó 10 sacos de 20 kg, la alimentación se realizó tres veces al día en porciones de 2.2 kg.

Para los siguientes 30 días se utilizó el balanceado PROTILAPIA de engorde 3-24%. En total se utilizó 8 sacos de 20 kg, la alimentación se realizó tres veces al día en porciones de 1.7 kg (Figura 4-2).



Figura 5-2: Alimentación de tilapias con el balanceado PROTILAPIA

Realizado por: Zumbana J (2019)

Durante el proceso de cultivo de tilapia se tomaron un total de tres muestras de agua: una vez finalizado el proceso de llenado de las piscinas, a la mitad del cultivo y antes de realizar la cosecha de las tilapias.

2.2.5.2. Cálculo del índice de calidad del agua de las piscinas utilizadas en el cultivo de la tilapia

Se utilizó el índice de calidad de agua propuesto por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Este sustenta su cálculo a partir de 18 parámetros físicos, químicos y biológicos: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Potencial de Hidrógeno, Dureza Total, Sólidos Disueltos, Sólidos Suspendidos, Cloruros, Conductividad Eléctrica, Alcalinidad, Grasas y Aceites, Nitrógeno de nitratos, Nitrógeno amoniacal, Fosfatos totales, SAAM, Color y Turbiedad.

En el presente trabajo investigativo no fueron considerados los siguientes parámetros: grasas y aceites y SAAM, debido a que en el proceso de cultivo de la tilapia no se usa este tipo de sustancias, por lo tanto, el coeficiente de ponderación es cero. A continuación, se describen las ecuaciones por parámetro que se ocuparon previo al cálculo general del índice de calidad del agua.

- **Potencial de Hidrógeno** – En función al nivel de pH obtenido se utilizó una de las siguientes ecuaciones.

$$I_{pH} = 10^{0.2335 \text{ pH} + 0.44}$$

Cuando el pH es < 6.7

$$I_{pH} = 100$$

Cuando el pH está en el rango de 6.7 y 7.3

$$I_{pH} = 10^{4.22 - 0.293 \text{ pH}}$$

Cuando el pH es > 7.3

- **Color** – Para este parámetro se utilizó el color verdadero. Si el resultado es menor a 2.018 se asignó un valor de 100.

$$I_C = 123 (C)^{-0.295}$$

- **Turbiedad** – Si el resultado es menor a 1.54 UTJ se asignó un valor de 100

$$I_T = 108 (T)^{-0.178}$$

- **Sólidos Suspendidos** – Si el resultado es menor de 14.144 mg/l se asignó un valor de 100.

$$I_{SS} = 266.5 (SS)^{-0.37}$$

- **Sólidos Disueltos** – Si el resultado es menor a 520 mg/l se asignó un valor de 100. Si este es mayor a 6234 mg/l el valor asignado es 0.

$$I_{SD} = 109.1 - 0.0175 (SD)$$

- **Conductividad Eléctrica** – Si el resultado es menor a 85.60 se asignó un valor de 100.

$$I_{CE} = 540 (CE)^{-0.379}$$

- **Alcalinidad** – Si el resultado es menor a 1.3 se asignó un valor de 100.

$$I_A = 105 (A)^{-0.186}$$

- **Dureza Total** – Si el resultado es mayor a 2500 mg/l se asignó un valor de 0.

$$I_{DT} = 10^{1.974 - 0.00174 (DT)}$$

- **Nitrógeno de Nitratos** – Si el resultado es menor a 4.097 mg/l se asignó un valor de 100.

$$I_{N-NO_3} = 162.2 (N-NO_3)^{-0.343}$$

- **Nitrógeno Amoniacal** – Si el resultado es menor a 0.11 mg/l se asignó un valor de 100

$$I_{NH_3} = 45.8 (N-NH_3)^{-0.343}$$

- **Fosfatos Totales** – Si el resultado es menor o igual a 0.0971 mg/l se asignó un valor de 100.

$$I_{PO_4} = 34.215 (PO_4)^{-0.46}$$

- **Cloruros** – Si el resultado es menor a 2.351 mg/l se asignó un valor de 100

$$I_{Cl^-} = 121 (Cl)^{-0.223}$$

- **Oxígeno Disuelto** – Se aplicó una saturación de oxígeno disuelto a 0 C, de 14.6 ppm

$$I_{OD} = \frac{OD}{OD_{Sat}} \times 100$$

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno** – Si el resultado es menor o igual a 1.311 mg/l se asignó un valor de 100.

$$I_{DBO} = 120 (DBO)^{-0.673}$$

- **Coliformes Totales** – Si el resultado de coliformes obtenidos es 0 se asignó un valor de 100

$$I_{CT} = 97.5 (CT)^{-0.27}$$

- **Coliformes Fecales** – Si el resultado de coliformes obtenidos es 0 se asignó un valor de 100

$$I_{Ec} = 97.5 [5 (CF)]^{-0.27}$$

Ponderación y aplicación de la formula general

A cada parámetro calculado con las ecuaciones antes mencionadas se le asignó un valor de ponderación (Tabla 2-2).

Tabla 2-2. Valores de Ponderación para la calidad del agua

Parámetro	Símbolo	Importancia
pH	a	1
Color	b	1
Turbiedad	c	0.5
Sólidos Suspendidos	d	1
Sólidos Disueltos	e	0.5
Conductividad Eléctrica	f	2
Alcalinidad	g	1
Dureza Total	h	1
Nitrógeno de Nitratos	i	2
Nitrógeno Amoniacal	j	2
Fosfatos Totales	k	2
Cloruros	l	0.5
Oxígeno Disuelto	m	5
DBO	n	5
Coliformes Totales	o	3
Coliformes Fecales	p	4

Fuente: Instituto Nacional del Agua

Los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros y sus ponderaciones se aplicaron en la siguiente ecuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$ICA = \frac{(a * 1) + (b * 1) + (c * 0.5) + (d * 1) + (e * 0.5) + (f * 2) + (g * 1) + (h * 1) + (i * 2) + (j * 2) + (k * 2) + (l * 0.5) + (m * 5) + (n * 5) + (o * 3) + (p * 4)}{(a + b + c + d + e + f + g + h + i + j + k + l + m + n + o + p)}$$

Dónde:

ICA = índice de calidad del agua global

I_i = índice de calidad para el parámetro i

W_i = Coeficiente de ponderación del parámetro i

n = Número total de parámetros

El resultado obtenido se evaluó en función a los siguientes criterios para el índice de calidad del agua (Figura 2-2)

ICA	CRITERIO GENERAL	ABASTECIMIENTO PÚBLICO	RECREACIÓN	PESCA Y VIDA ACUÁTICA	INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA		
100	NO CONTAMINADO	NO REQUIERE PURIFICACIÓN	ACEPTABLE PARA CUALQUIER DEPORTE ACUÁTICO	ACEPTABLE PARA TODOS LOS ORGANISMOS	NO REQUIERE PURIFICACIÓN		
95		LIGERA PURIFICACIÓN			ACEPTABLE PARA CUALQUIER DEPORTE ACUÁTICO	ACEPTABLE PARA TODOS LOS ORGANISMOS	LIGERA PURIFICACIÓN PARA ALGUNOS PROCESOS
90							
85	ACEPTABLE	MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO	ACEPTABLE PERO NO RECOMENDABLE	ACEPTABLE EXCEPTO PARA ESPECIES SENSIBLES	SIN TRATAMIENTO PARA LA INDUSTRIA NORMAL		
80							
75							
70	POCO CONTAMINADO	MAYOR NECESIDAD DE TRATAMIENTO	ACEPTABLE PERO NO RECOMENDABLE	DUDOSO PARA ESPECIES SENSIBLES	SIN TRATAMIENTO PARA LA INDUSTRIA NORMAL		
65							
60							
55	CONTAMINADO	DUDOSO	DUDOSO PARA EL CONTACTO DIRECTO	SOLO ORGANISMOS RESISTENTES	TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA		
50							
45							
40	CONTAMINADO	DUDOSO	SIN CONTACTO CON EL AGUA	SOLO ORGANISMOS RESISTENTES	TRATAMIENTO EN LA MAYOR PARTE DE LA INDUSTRIA		
35							
30							
25	ALTAMENTE CONTAMINADO	NO ACEPTABLE	SEÑAL DE CONTAMINACIÓN	NO ACEPTABLE	USO RESTRINGIDO		
20							
15							
10	ALTAMENTE CONTAMINADO	NO ACEPTABLE	NO ACEPTABLE	NO ACEPTABLE	NO ACEPTABLE		
5							
0							

Figura 6-2: Criterios de valoración para el ICA

Fuente: Instituto Mexicano

De manera complementaria los resultados obtenidos para cada parámetro se compararon con los límites máximos permisibles que determinan las siguientes normativas: INEN 1108 y TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente) para aguas superficiales (Tabla 3-2).

Tabla 3-2. Límites máximos permitidos - TULSMA/INEN 1108

Parámetro	TULSMA	Inen
pH	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5
Color	20	0 – 30
Turbidez	10	5
DBO	2	2
Nitratos	10	10
Oxígeno disuelto	> 5 mg/l	-
Coliformes fecales	< 200	-

Realizado por: Zumbana J (2019)

No todos los parámetros analizados fueron comparados puesto que dentro de las normativas utilizadas no existen rangos de referencia para los mismos.

2.2.5.3. Cálculo de la respiración inducida por sustrato

A partir del método de respiración inducida por sustrato se determinó el nivel de actividad de los microorganismos. Cuando se trata de los organismos heterótrofos dicha actividad se refleja a partir de la generación de energía producto de la conversión del material orgánico, donde se tiene como resultado de este proceso la emisión de CO₂. Para determinar la respiración se cuantificó el CO₂ que se libera de una muestra de suelo combinada con glucosa. El método implementado facilita la determinación de la respiración en los suelos para fines comparativos.

Los materiales que se ocuparon durante el proceso de laboratorio se detallan a continuación:

- Botellas SCHOTT de 250 ml
- Organza de imprenta
- Incubadora (30°C)
- Bureta de titulación.
- Agua destilada libre de CO₂ Hervir el agua destilada por 2 min y enfriar.
- Glucosa (sustrato)
- NaOH 1 M - 40 g NaOH en 1000 ml a.d.
- HCl 0,5 M - Solución valorada.
- BaCl₂ 1 M - 24,42 g BaCl₂ en 100 ml a.d.
- Fenolftaleína (indicador)

Proceso de cálculo para la respiración inducida por sustrato

Con los materiales antes mencionados se desarrolló el siguiente procedimiento.

Calibración y blancos. Se prepararon 3 blancos base, los cuales no contenían muestras de suelo en una funda de organza.

Pesaje de las muestras. Se pesó 20 g de suelo y 0,2 g de glucosa en pedazos de papel aluminio.

Preparación de las muestras. Se mezcló de manera meticulosa la glucosa con el suelo; esta mezcla se puso en una funda de organza. En botellas de tipo SCHOTT se colocó 10 ml de NaOH, conjuntamente con la funda de organza y se realizó un sellado hermético.

Incubación. Las botellas fueron incubadas durante un periodo de tiempo de 4 horas a 30°C. Finalizado el tiempo las fundas fueron retiradas de la botella y se colocó 2 ml de BaCl₂ a la solución restante de cada una de las botellas y tres gotas de fenolftaleína.

Determinación del CO₂. El NaOH que no reaccionó con el CO₂ es titulado a partir de HCl hasta que el color del indicador haya desaparecido.

- 1 ml HCl 1 M equivale a 2,2 mg CO₂
- 1 ml HCl 0,5 M equivale a 1,1 mg CO₂

Con la siguiente ecuación se determinó el CO₂ generado por la muestra de suelo.

$$g CO_2 = (mmol NaOH - mmol HCl) * \left(\frac{PM CO_2}{1000 ml}\right)$$

Donde:

PM = Peso molecular

2.2.5.4. Evaluación de los impactos ambientales

Los impactos ambientales ocasionados por la implementación del cultivo de tilapia se evaluaron a partir de la metodología propuesta por Conesa (2010). Además, se consideró otro tipo de actividades y consecuencias resultantes del cultivo de la tilapia. De esta manera se cuantificaron y determinaron como dichas actividades están afectando a los componentes abióticos y bióticos de la finca San José. Para la cuantificación se utilizó una matriz modificada, a partir de la diseñada por Leopold en 1970 (Conesa, 2010).

Criterios de evaluación de los impactos ambientales.

Los criterios de evaluación de los impactos ambientales que se evidenciaron en la Quinta San José producto del cultivo de tilapia se detallan a continuación.

Intensidad del impacto

Se determinó el nivel con el que se está alterando el componente ambiental.

- **Alta.** La alteración es muy evidente y extensa. Esta se puede recuperar al corto o mediano plazo, siempre que se dé una intervención rápida y eficiente del hombre. Esto puede representar costos económicos altos.
- **Moderada.** La alteración es evidente. Esta es ocasionada por una acción específica, donde el nivel del impacto es contenido y se puede recuperar a partir de una mitigación sencilla. El costo económico no es muy elevado.
- **Baja.** Las alteraciones en el componente ambiental se pueden recuperar de manera natural o con una pequeña intervención del hombre.

Extensión del impacto

Se determinó la extensión a nivel espacial que puede ocasionar el impacto ambiental

- **Regional.** La región geográfica de donde se realizó la actividad.
- **Local.** Tres kilómetros desde el lugar donde se realizó la actividad.
- **Puntual.** Es el área donde se implementa la actividad y la zona de influencia directa.

Duración del impacto

Se determinó la perpetuidad que tendrá la alteración en el componente ambiental a través del tiempo, sin considerar las posibles consecuencias que se puede tener.

- **Permanente.** Cuando la perpetuidad de la alteración es continua, a pesar de que se haya culminado con la actividad
- **Temporal.** Si la alteración se presenta durante la ejecución de la actividad y termina cuando se concluye con esta.
- **Periódica.** Si la alteración se presenta en manera intermitente durante la ejecución de la actividad.

Reversibilidad del impacto

Se determinó la capacidad que tiene el componente ambiental alterado para recuperar su estado inicial.

- **Irrecuperable.** - Si el componente ambiental alterado no se puede recuperar.
- **Poco recuperable.** – Cuando el componente ambiental alterado tiene un nivel medio de recuperación, con la ayuda de la intervención humana.
- **Recuperable.** - Si el componente ambiental alterado puede recuperar su estado normal de manera natural.

Riesgo del impacto

Se determinó la probabilidad de que ocurra la alteración en el componente ambiental una vez se haya implementado la actividad

- **Alto.** – Se tiene una alta probabilidad que la alteración se de en el componente ambiental.
- **Medio.** – Se tiene una probabilidad intermedia de que se dé o no la alteración en el componente ambiental
- **Bajo.** - No existe la probabilidad de que la alteración se de en el componente ambiental.

Magnitud e importancia de los impactos ambientales

A cada uno de los criterios antes expuestos se le asignó un valor numérico de ponderación, que a la postre permitió implementar las ecuaciones de valoración de los impactos ambientales (Tabla 4-2).

Tabla 4-2. Valores numéricos para las variables a ser evaluadas

Variable	Simbología	Carácter	Valor
Intensidad	I	Alta	3
		Moderada	2
		Baja	1

Extensión	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódica	1
Reversibilidad	R	Irrecuperable	3
		Poco recuperable	2
		Recuperable	1
Riesgo	G	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1
		Local	2
		Puntual	1

Fuente: Conesa (2010)

Valoración de la magnitud e importancia de los impactos ambientales

La magnitud de los impactos se determinó con la sumatoria acumulada de las ponderaciones dadas a la intensidad, extensión y duración, considerándose para esto los siguientes valores de peso:

- i: Peso del criterio de intensidad: 0.40
- e: Peso del criterio de extensión: 0.40
- d: Peso del criterio de duración: 0.20

La magnitud del impacto para cada una de las alteraciones en el componente ambiental se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$M = (0.40i) + (0.40e) + (0.20d)$$

La importancia se determinó en función a las características del impacto. Para esto se realizó la sumatoria acumulada de la extensión, reversibilidad y riesgo, considerándose los siguientes valores de peso.

- R: Peso del criterio de reversibilidad: 0.20
- r: Peso del criterio de riesgo: 0.50
- E: Peso del criterio de extensión: 0.30

La ecuación que se utilizó para determinar la importancia del impacto se presenta a continuación:

$$I = (0.20R) + (0.50r) + (0.30E)$$

Los valores obtenidos para la magnitud e importancia se interpretaron a partir de la siguiente tabla de valoración (Tabla 5-2)

Tabla 5-2. Escala de valoración para la magnitud e importancia

Escala de valores estimados.	Valoración del impacto
1.0 - 1.6	Bajo
1.7 - 2.3	Medio
2.4 - 3.0	Alto

Fuente: Conesa (2010)

Se finalizó la valoración de los impactos con la determinación de la severidad de la alteración existente en el componente ambiental, este valor se calculó al multiplicar magnitud con importancia. Los resultados obtenidos se interpretaron de acuerdo con la siguiente tabla de valoración (Tabla 6-2).

Tabla 6-2. Escala de valoración de los impactos ambientales

Escala de valores estimados	Valoración del impacto
1.0 – 3.0	Poco significativo
3.1 – 6.0	Medianamente significativo
6.1 – 9.0	Altamente significativo

Fuente: Conesa (2010)

La definición de cada valoración se describe a continuación.

- **Poco significativo.** Cuando las alteraciones en el componente ambiental ocasionan daños que son de fácil recuperación y con poca repercusión en su área de influencia directa.
- **Medianamente significativo.** Cuando las alteraciones en el componente ambiental requieren ser recuperadas a partir de la implementación de técnicas adecuadas de mitigación. La recuperación necesita un lapso de tiempo prolongado.
- **Altamente significativo.** Las alteraciones ocasionadas en el componente ambiental son superiores al umbral de lo aceptable. Se tiene una pérdida permanente de la calidad del componente ambiental, no existen técnicas de mitigación que permitan su recuperación. Sin importar que estas sean implementadas inmediatamente.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Cultivo de tilapia

Finalizado el proceso de cultivo de tilapia se realizó su cosecha utilizando una atarraya y envases para la recolección y transporte de los peces. Cada pez pesó alrededor de 280g con una longitud promedio de 20 cm, estas características de tamaño y peso son óptimas para la comercialización del producto (Figura 1-3). Durante el proceso de cultivo no se presentó ningún tipo de enfermedad en los peces, por lo que no se requirió el uso de antibióticos en las piscinas.



Figura 1-3: Finalización del cultivo de tilapia
Realizado por: Zumbana J (2019)

3.2. Índice de calidad del agua

Se calculó el índice de calidad del agua en tres etapas del proceso del cultivo de tilapia, para las dos piscinas que se implementaron en el presente trabajo investigativo.

3.2.1. *Etapa inicial del cultivo de tilapia*

Este índice de calidad corresponde a la muestra de agua que se tomó antes de iniciar el cultivo de tilapia, en este caso se realizó el muestreo antes de colocar los alevines en las piscinas. En la tabla 1-3 y 2-3 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros analizados de las muestras de agua obtenidas de las dos piscinas de cultivo.

Tabla 1-3. Análisis físico - químico / Etapa inicial del cultivo de tilapia (Piscina 1)

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Alcalinidad	mg/l	10	68.42	1	68.42
Cloruros	mg/l	2	103.67	0.5	51.84
Coliformes Fecales	Col/100 ml	1	63.14	4	252.55
Coliformes Totales	Col/100 ml	1	97.50	3	292.50
Conductividad Eléctrica	uS/um	56.7	100.00	2	200.00
Color	-	9	64.33	1	64.33
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	1.63	86.37	5	431.87
Tensoactivos	-	0.1		-	
Dureza Total	mg/l	32	82.86	1	82.86
Fosfato	mg/l	1	34.22	2	68.43
Nitratos	mg/l	1	162.20	2	324.40
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	1	45.80	2	91.60
Oxígeno Disuelto	mg/l	7.4	50.68	5	253.42
pH	-	6.7	100.00	1	100.00
Solidos sedimentables	-	0.5		-	
Solidos Totales Disueltos	mg/l	13.6	100.00	0.5	50.00
Solidos Totales Suspendidos	mg/l	1	266.50	1	266.50
Turbidez	UTJ	1	108.00	0.5	54.00
Sumatoria				31.5	2652.70

Realizado por: Zumbana J (2019)

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$ICA = \frac{2652.70}{31.5} = 84.21$$

Tabla 2-3. Análisis físico - químico / Etapa inicial del cultivo de tilapia (Piscina 2)

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Alcalinidad	mg/l	8	71.32	1	71.32
Cloruros	mg/l	0.5	141.23	0.5	70.61
Coliformes Fecales	Col/100 ml	1	63.14	4	252.55
Coliformes Totales	Col/100 ml	1	97.50	3	292.50
Conductividad Eléctrica	uS/um	50.3	100.00	2	200.00
Color	-	10	62.36	1	62.36
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	2	75.26	5	376.32
Tensoactivos	-	0.1		-	
Dureza Total	mg/l	32	82.86	1	82.86
Fosfato	mg/l	1	34.22	2	68.43
Nitratos	mg/l	1	162.20	2	324.40
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	1	45.80	2	91.60
Oxígeno Disuelto	mg/l	7.9	54.11	5	270.55
pH	-	7.2	100.00	1	100.00
Sólidos sedimentables	-	0.5		-	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	12.3	100.00	0.5	50.00
Sólidos Totales Suspendidos	mg/l	1	266.50	1	266.50
Turbidez	UTJ	1	108.00	0.5	54.00
Sumatoria				31.5	2776.63

Realizado por: Zumbana J (2019)

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$ICA = \frac{2776.63}{31.5} = 88.15$$

Se calculó el índice de calidad de agua para las muestras de agua de cada piscina, en función a la tabla de interpretación, la calidad del agua de acuerdo con los distintos usos es la siguiente (Tabla 3-3):

Tabla 3-3. Índice de calidad del agua de la piscina 1 y 2 - Etapa inicial

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y Agrícola
84.21	Aceptable	Ligera Purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	Ligera purificación para algunos procesos
88.15	Aceptable	Ligera Purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	Ligera purificación para algunos procesos

Realizado por: Zumbana J (2019)

Como se observa en la tabla 3-3, el criterio general para las dos piscinas es de **Aceptable**. De los cuatro restantes el criterio que se consideró para la presente investigación es el de pesca y vida acuática, para este primer muestreo el mismo es de **Aceptable para todos los organismos**. Por tal razón se espera un normal desarrollo de las tilapias durante el proceso de cultivo de tilapia.

Los resultados obtenidos para cada parámetro se compararon con los límites máximos permisibles establecidos según la normativa INEN 1108 y TULSMA (Texto unificado de la legislación ambiental secundaria) para aguas superficiales. Cada uno de los parámetros se encontró dentro de los rangos establecidos por la legislación vigente. A continuación, se detalla cada uno de estos.

- Para pH los límites máximos permisibles son: TULSMA 6.5 – 8.5 / Norma INEN 6.5 – 8.5. La muestra de la piscina 1 es 6.7 y de la piscina 2 es 7.2. El pH de las dos piscinas se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para el color los límites máximos permisibles son: TULSMA 20 / Norma INEN 0 – 30. La muestra de la piscina 1 es 9 y de la piscina 2 es 10. El color de las dos piscinas se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para la turbidez los límites máximos permisibles son: TULSMA 10 / INEN 5. La muestra de la piscina 1 es 1 y de la piscina 2 es 1. La turbidez de las dos piscinas se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para el DBO los límites máximos permisibles son: TULSMA 2 / INEN 2. La muestra de la piscina 1 es 1.63 y de la piscina 2 es 2. El DBO de las dos piscinas se encuentran dentro de los rangos permitidos.

- Para los nitratos los límites máximos permisibles son: TULSMA 10 / INEN 10. La muestra de la piscina 1 es 1 y de la piscina 2 es 1. Los nitratos de las dos piscinas se encuentran dentro de los rangos permitidos.
- Para oxígeno disuelto el TULSMA indica que este valor no debe estar por debajo de los 5 mg/l. La muestra de la piscina 1 es 7.4 y de la piscina 2 es 7.9. El oxígeno disuelto de las dos piscinas se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para coliformes fecales de acuerdo con el TULSMA el límite máximo permisible es de 200. La muestra de la piscina 1 es 1 y de la piscina 2 es 1. Los coliformes fecales de las dos piscinas se encuentran dentro de los rangos permitidos.

Para el resto de parámetros analizados, dentro de las normativas utilizadas para la comparación no existían rangos de referencia.

3.2.2. Etapa intermedia del proceso de cultivo de tilapia

La segunda muestra se tomó a los dos meses de iniciado el proceso de cultivo de tilapia. A nivel general los parámetros analizados presentaron una variación con respecto a los valores que se obtuvieron en un inicio. Parámetros como los coliformes fecales y totales aumentaron. Mientras que el oxígeno disuelto disminuyó, la demanda bioquímica de oxígeno aumentó. La variación de estos parámetros no fue tan evidente debido a que la alimentación de los peces no es tan alta ya que durante el primer mes estos se encuentran en las etapas iniciales de crecimiento. A partir del inicio del segundo mes se empezó a utilizar un balanceado de engorde cuya carga nutricional es mayor.

En la tabla 4-3 y 5-3 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros analizados de las muestras obtenidas de las dos piscinas. Además, los resultados de las ecuaciones y las ponderaciones realizadas a cada uno de los resultados obtenidos.

Tabla 4-3. Análisis físico - químico / Etapa intermedia del cultivo de tilapia (Piscina 1)

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Alcalinidad	mg/l	39.6	52.97	1	52.97
Cloruros	mg/l	13	68.29	0.5	34.15
Coliformes Fecales	Col/100 ml	32	24.77	4	99.07
Coliformes Totales	Col/100 ml	220	22.73	3	68.18
Conductividad Eléctrica	uS/um	59.7	100.00	2	200.00
Color	-	14	56.47	1	56.47
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	3	57.29	5	286.45
Tensoactivos	-	0.1		-	
Dureza Total	mg/l	14	89.05	1	89.05
Fosfato	mg/l	3	20.64	2	41.28
Nitratos	mg/l	7.97	79.59	2	159.18
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	1.02	45.49	2	90.98
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.9	47.26	5	236.30
pH	-	7.13	100.00	1	100.00
Solidos sedimentables	-	0.5		-	
Solidos Totales Disueltos	mg/l	37.9	100.00	0.5	50.00
Solidos Totales Suspendidos	mg/l	20	87.97	1	87.97
Turbidez	UTJ	18.4	64.31	0.5	32.16
Sumatoria				31.5	1684.20

Realizado por: Zumbana J (2019)

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$= \frac{1684.20}{31.5} = 53.46$$

Tabla 5-3. Análisis físico - químico / Etapa intermedia del cultivo de tilapia (Piscina 2)

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Alcalinidad	mg/l	42.2	52.35	1	52.34572065
Cloruros	mg/l	10	72.41	0.5	36.2039015
Coliformes Fecales	Col/100 ml	34	24.37	4	97.46381307
Coliformes Totales	Col/100 ml	321	20.52	3	61.57005076
Conductividad Eléctrica	uS/um	51.9	100.00	2	200
Color	-	12	59.09	1	59.09444305
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	4	47.21	5	236.0287336
Tensoactivos	-	0.2		-	
Dureza Total	mg/l	17	87.99	1	87.98730182
Fosfato	mg/l	7	13.98	2	27.95770008
Nitratos	mg/l	6.44	85.63	2	171.2509514
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	3.9	28.72	2	57.4328428
Oxígeno Disuelto	mg/l	6.2	42.47	5	212.3287671
pH	-	6.9	100.00	1	100
Solidos sedimentables	-	1.2		-	
Solidos Totales Disueltos	mg/l	52.2	100.00	0.5	50
Solidos Totales Suspendidos	mg/l	17	93.42	1	93.41811772
Turbidez	UTJ	14.8	66.85	0.5	33.42621286
Sumatoria				31.5	1576.50

Realizado por: Zumbana J (2019)

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$ICA = \frac{1576.50}{31.5} = 50.04$$

Se calculó el índice de calidad de agua para las muestras de agua obtenidas de las dos piscinas, de acuerdo con la tabla de interpretación la calidad del agua en función a los distintos usos es la siguiente (6-3):

Tabla 6-3. Índice de calidad del agua de la piscina 1 y 2 - Etapa intermedia

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y Agrícola
53.46	Poco contaminado	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Dudoso para especies sensibles	Sin tratamiento para la industria normal
50.04	Poco contaminado	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Dudoso para especies sensibles	Sin tratamiento para la industria normal

Realizado por: Zumbana J (2019)

Como se observa en la tabla 6-3, transcurrido dos meses de iniciado el cultivo de tilapia, el índice de calidad de agua de las dos piscinas ha disminuido. En el caso del criterio general el índice es **Poco contaminado**, en lo que corresponde al criterio de pesca y vida acuática este de redujo a **Dudoso para especies sensibles**.

Para esta etapa del análisis, parámetros como el pH, el color y el oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de los límites máximos permisibles, en el caso de la turbidez, DBO, nitratos y coliformes fecales, estos sobrepasaron los límites. A continuación, se detalla cada uno de los parámetros.

- Para pH los límites máximos permisible son: TULSMA 6.5 – 8.5 / Norma INEN 6.5 – 8.5. La muestra de la piscina 1 es 7.13 y de la piscina 2 es 6.9. El pH de las dos piscinas se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para el color los límites máximos permisible son: TULSMA 20 / Norma INEN 0 – 30. La muestra de la piscina 1 es 14 y de la piscina 2 es 12. El color de las dos piscinas se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para la turbidez los límites máximos permisible son: TULSMA 10 / INEN 5. La muestra de la piscina 1 es 18.4 y de la piscina 2 es 14.8. La turbidez de las dos piscinas no se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para el DBO los límites máximos permisible son: TULSMA 2 / INEN 2. La muestra de la piscina 1 es 3 y de la piscina 2 es 4. El DBO de las dos piscinas no encuentran dentro de los rangos permitidos.

- Para los nitratos los límites máximos permisibles son: TULSMA 10 / INEN 10. La muestra de la piscina 1 es 7.97 y de la piscina 2 es 6.44. Los nitratos de las dos piscinas se encuentran dentro de los rangos permitidos.
- Para oxígeno disuelto el TULSMA indica que este valor no debe estar por debajo de los 5 mg/l. La muestra de la piscina 1 es 6.9 y de la piscina 2 es 6.2. El oxígeno disuelto de las dos piscinas cumple con lo dispuesto en la normativa.
- Para coliformes fecales de acuerdo con el TULSMA el límite máximo permisible es de 200. La muestra de la piscina 1 es 32 y de la piscina 2 es 34. Los coliformes fecales de las dos piscinas se encuentran dentro de los rangos permitidos.

3.2.3. Etapa final del proceso de cultivo de tilapia

La tercera muestra de agua se tomó a los cuatro meses, una vez finalizado el cultivo de la tilapia. Para este muestreo los parámetros presentaron una mayor variación en comparación a los resultados obtenidos en el segundo muestreo. En el caso de los coliformes totales para el segundo muestreo en la piscina 1 se registró un valor de 321 Col/100ml mientras que para este muestreo el incremento alcanzó los 7200 Col/100ml. Otro parámetro que presentó una variación considerable es la turbidez, la cual alcanzó un valor de 45 UTJ.

Tendencia que se presentó para el resto de los parámetros. Esto se debe a que durante los dos últimos meses del cultivo de tilapia se utilizó balanceados con mayor carga nutricional y en mayores cantidades, lo que ocasionó que dentro de la piscina exista una mayor carga de residuos de alimento y heces fecales. La presencia de estos residuos incrementó la carga nutricional del agua y por lo tanto incrementó la actividad microbiana. En consecuencia, se disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y por ende se incrementa la demanda bioquímica de oxígeno.

En la tabla 7-3 y 8-3 se presentan los resultados obtenidos para los parámetros analizados de la muestra de agua obtenida de las dos piscinas de cultivo. Además, los resultados de las ecuaciones y las ponderaciones realizadas a cada uno de los resultados obtenidos.

Tabla 7-3. Análisis físico - químico / Etapa final del cultivo de tilapia (Piscina 1)

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Alcalinidad	mg/l	56.2	49.63	1	49.63
Cloruros	mg/l	20	62.04	0.5	31.02
Coliformes Fecales	Col/100 ml	800	10.39	4	41.54
Coliformes Totales	Col/100 ml	7200	8.86	3	26.59
Conductividad Eléctrica	uS/um	61.9	100.00	2	200.00
Color	-	20	50.83	1	50.83
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	10	25.48	5	127.39
Tensoactivos	-	0.1		-	
Dureza Total	mg/l	8	91.22	1	91.22
Fosfato	mg/l	10	11.86	2	23.73
Nitratos	mg/l	12.4	68.39	2	136.78
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	2.6	33.00	2	66.00
Oxígeno Disuelto	mg/l	5.3	36.30	5	181.51
pH	-	6.57	100.00	1	100.00
Solidos sedimentables	-	0.7		-	
Solidos Totales Disueltos	mg/l	95.3	100.00	0.5	50.00
Solidos Totales Suspendidos	mg/l	44.7	65.33	1	65.33
Turbidez	UTJ	45	54.85	0.5	27.42
Sumatoria				31.5	1268.98

Realizado por: Zumbana J (2019)

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$= \frac{1268.98}{31.5} = 40.28$$

Tabla 8-3. Análisis físico - químico / Etapa final del cultivo de tilapia (Piscina 2)

Parámetros	Unidad	Resultados	ICA	Ponderación	Parámetros Ponderados
Alcalinidad	mg/l	48.7	50.97	1	50.97
Cloruros	mg/l	13	68.29	0.5	34.15
Coliformes Fecales	Col/100 ml	910	10.03	4	40.12
Coliformes Totales	Col/100 ml	6591	9.08	3	27.23
Conductividad Eléctrica	uS/um	62.9	100.00	2	200.00
Color	-	18	52.43	1	52.43
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	11.3	23.47	5	117.34
Tensoactivos	-	0.4		-	
Dureza Total	mg/l	8	91.22	1	91.22
Fosfato	mg/l	13.2	10.44	2	20.88
Nitratos	mg/l	15.8	62.94	2	125.88
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	7.5	22.95	2	45.89
Oxígeno Disuelto	mg/l	4.2	28.77	5	143.84
pH	-	6.2	100.00	1	100.00
Solidos sedimentables	-	5.3		-	
Solidos Totales Disueltos	mg/l	73.4	100.00	0.5	50.00
Solidos Totales Suspendidos	mg/l	32.4	73.59	1	73.59
Turbidez	UTJ	67	51.10	0.5	25.55
Sumatoria				31.5	1199.07

Realizado por: Zumbana J (2019)

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

$$ICA = \frac{1199.07}{31.5} = 38.06$$

En la tabla 9-3 se presentan los índices de calidad de agua para cada una de las piscinas en función a la tabla de interpretación de acuerdo con sus distintos usos:

Tabla 9-3. Índice de calidad del agua de la piscina 1 y 2 - Etapa final

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y Agrícola
40.28	Contaminado	Dudoso	Dudoso para el contacto directo	Solo para organismos resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
38.06	Contaminado	Dudoso	Dudoso para el contacto directo	Solo para organismos resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria

Realizado por: Zumbana J (2019)

$$ICA_T = ICA_I - ICA_F$$

$$ICA_T = 84.2 - 40.28 = 43.92$$

El ICA de la piscina 1 ha disminuido en un 52.16%

$$ICA_T = ICA_I - ICA_F$$

$$ICA_T = 88.15 - 38.06 = 50.09$$

El ICA de la piscina 2 ha disminuido en un 56.82%

Como se observa en la tabla 9-3, finalizado el proceso de cultivo de tilapia, el índice de calidad de agua de las piscinas siguió disminuyendo hasta alcanzar en el caso del criterio general la valoración de **Contaminado**. En lo que corresponde al criterio de pesca y vida acuática este se redujo a **Solo para organismo resistentes**.

Al realizar la comparación con los límites máximos permitidos en la normativa legal, los parámetros que se encontraron dentro de los rangos permitidos en el caso de la piscina 1 fueron pH, color y oxígeno, mientras que en la piscina 2 solo fue el color. El resto de parámetros sobrepasaron los límites como se describe a continuación.

- Para pH los límites máximos permisibles son: TULSMA 6.5 – 8.5 / Norma INEN 6.5 – 8.5. La muestra de la piscina 1 es 6.57 y de la piscina 2 es 6.2. El pH de la piscina 1 se encuentra dentro de los rangos permitidos, mientras que la piscina 2 ya no cumplió con la legislación vigente
- Para el color los límites máximos permisibles son: TULSMA 20 / Norma INEN 0 – 30. La muestra de la piscina 1 es 20 y de la piscina 2 es 18. El color de las dos piscinas se encuentra dentro de los rangos permitidos.

- Para la turbidez los límites máximos permisibles son: TULSMA 10 / INEN 5. La muestra de la piscina 1 es 47 y de la piscina 2 es 67. La turbidez de las dos piscinas no se encuentra dentro de los rangos permitidos.
- Para el DBO los límites máximos permisibles son: TULSMA 2 / INEN 2. La muestra de la piscina 1 es 10 y de la piscina 2 es 11.3. El DBO de las dos piscinas no se encuentran dentro de los rangos permitidos.
- Para los nitratos los límites máximos permisibles son: TULSMA 10 / INEN 10. La muestra de la piscina 1 es 12.4 y de la piscina 2 es 15.8. Los nitratos de las dos piscinas no se encuentran dentro de los rangos permitidos.
- Para oxígeno disuelto el TULSMA indica que este valor no debe estar por debajo de los 5 mg/l. La muestra de la piscina 1 es 5.3 y de la piscina 2 es 4.2. El oxígeno disuelto de la piscina 1 cumple con lo dicho en la normativa, mientras que en la piscina 2 ya no se cumple con la normativa.
- Para coliformes fecales de acuerdo con el TULSMA el límite máximo permisible es de 200. La muestra de la piscina 1 es 800 y de la piscina 2 es 910. Los coliformes fecales de las dos piscinas no se encuentran dentro de los rangos permitidos.

3.3. Comparación de los índices de calidad de agua

Como se observa en la figura 1-3 la disminución del índice de calidad de agua en las dos piscinas presenta una tendencia a la baja, como en ambas piscinas se implementó el mismo proceso de cultivo los índices obtenidos no presentan una variación muy acusada. En ambos casos, el índice disminuyó de forma considerable para el segundo muestreo realizado a los dos meses de implementado el cultivo. Debido a que el índice de calidad del agua utilizado para esta investigación le da una mayor ponderación al oxígeno disuelto, a la demanda bioquímica de oxígeno y a los coliformes fecales y totales.

Los parámetros son muy sensibles a la variación del componente orgánico en el agua, en el caso del cultivo de tilapia se ven alterados desde el inicio de este; debido a los residuos del alimento de las tilapias y a sus heces. El aumento en la cantidad de residuos orgánicos hace que por ejemplo el oxígeno disuelto tienda a disminuir a causa del crecimiento de los peces, algas y microorganismos. Lo que afecta directamente a la demanda bioquímica de oxígeno, la cual va en

aumento. En el caso de los coliformes este parámetro es afectado por la presencia de las heces fecales de los peces.

En el caso de la tercera muestra el índice siguió a la baja, pero el mismo no presentó un descenso tan acusado como en el caso de la segunda muestra. Esto se debe a que para el tercer muestreo la alimentación de las tilapias es constante en vista que las porciones de alimento ya no se incrementan. Mientras que, para el segundo muestreo, las porciones de alimento fueron incrementándose de a poco hasta alcanzar un máximo en función al número de tilapias que se estaban cosechando.

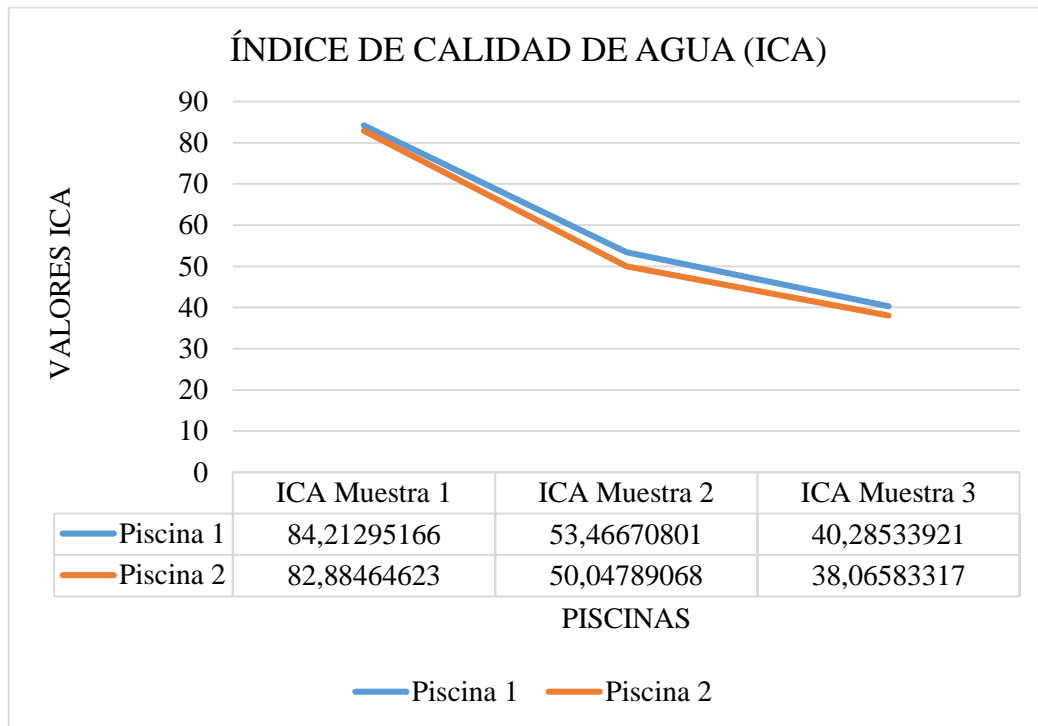


Grafico 1-3: Comparación de los ICA calculados en las dos piscinas de cultivo

Realizado por: Zumbana J (2019)

3.4. Análisis Estadístico

En la tabla 10-3 se presentan los índices de calidad de las piscinas implementadas. Para las piscinas con tratamiento previo se obtuvo un ICA promedio de 43.41, en el caso de las piscinas que no tuvieron un tratamiento previo el ICA promedio es de 35.90.

Tabla 10-3. Índice de calidad del agua de los tratamientos implementados

Tratamiento	r1	r2	r3	Media
T1	40.28	47.91	42.04	43.41
T2	38.06	33.64	36.01	35.90

Realizado por: Zumbana J (2019)

3.4.1. Análisis de varianza

Ho: El índice de calidad del agua no difiere entre tratamientos; $p > 0.05$

Hi: El índice de calidad del agua es diferente entre los tratamientos; $p \leq 0.05$

Para el análisis de varianza, como referencia comparativa se utilizó los índices de calidad de agua obtenidos de las piscinas de cría de tilapias: tratamiento 1 = piscina con tratamiento previo y tratamiento 2 = piscina sin tratamiento previo; de esta forma se obtuvo un p-valor de < 0.0465 . Este valor indicó que existe una diferencia significativa entre los tratamientos implementados.

Tabla 11-3. Análisis de Varianza

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	84.53	1	84.53	8.11	0.0465
Tratamiento	84.53	1	84.53	8.11	0.0465
Error	41.71	4	10.43		
Total	126.23	5			

Realizado por: Zumbana J (2019)

3.4.2. Análisis de Medias

El análisis de TUKEY (Tabla 12-3) determinó que existe una diferencia clara entre los índices de calidad de agua obtenidos en las repeticiones implementadas para los dos tratamientos, por lo que se obtuvo una clasificación de A y B. Esto quiere decir que la implementación de un tratamiento previo a las piscinas en este caso la desinfección con cal y sulfapiscis ayuda a que el índice de calidad de agua no disminuya más que cuando no se aplica nada. Además, se debe considerar que para las piscinas con tratamiento previo se agregó el FertiPiscis para mejorar la producción, esta adición no influenció en un menor índice de calidad a pesar de obtener una mayor cantidad de peces.

Tabla 12-3. Prueba de Tukey

Tratamiento	Medias	n	E.E	Clasificación
T2	35.9	3	1.86	A
T1	43.41	3	1.86	B

Realizado por: Zumbana J (2019)

3.5. Respiración inducida por sustrato

Con lo que respecta a la respiración inducida por sustrato en la tabla 13-3 se muestran los volúmenes titulados para las muestras obtenidas de las piscinas, al finalizar el proceso de cultivo de tilapia.

Tabla 13-3. Parámetros obtenidos para el cálculo de la respiración inducida por sustrato

		(V) HCL 0,5M		
Muestras	Repeticiones	Día 1 (V en ml)	Día2 (V en ml)	Día 3 (V en ml)
Blanco	A	19	18,9	18,8
	B	19,5	19	18,6
	C	18,8	19	18
Muestra 1	A	18,6	18,6	17,5
	B	18,5	18,6	17,4
	C	18,5	18,2	17,5
Muestra 2	A	18,4	18,4	17,8
	B	18,7	18,3	17,6
	C	18,6	18,2	17,7
Muestra 3	A	18,5	18,5	17,3
	B	18,6	18,4	17,5
	C	18,4	18,3	17,6

Realizado por: Zumbana J (2019)

La respiración inducida por sustrato para el suelo de la piscina 1 en los tres días de evaluación se detalla en la tabla 14-3.

Tabla 14-3. Respiración inducida por sustrato de las muestras de suelo de la piscina 1

Muestras	Día 1	Día 2	Día 3
Muestra 1 gCO ₂	0.033	0.039	0.057
Muestra 2 gCO ₂	0.03	0.039	0.05
Muestra 3 gCO ₂	0.035	0.037	0.053
Promedio	0.032	0.038	0.053

Realizado por: Zumbana J (2019)

Con lo que respecta a la respiración inducida por sustrato del suelo de la piscina 1 en los tres días de evaluación se registró un promedio final de 0.041 gCO₂, este valor es bajo e indica una pobre actividad microbiana en el suelo. Dicho resultado puede responder a que al drenar las piscinas se está haciendo un lavado de la capa superficial del suelo, perdiendo el componente orgánico del mismo. El valor registrado concuerda por lo dicho por Durango et al. (2015), los autores

determinaron que en suelos intervenidos la actividad microbiana disminuye con niveles bajo de CO₂, a diferencia de la mayor producción de CO₂ que se da en ecosistemas naturales.

3.6. Impactos ambientales de la implementación del cultivo de tilapia

El cultivo de tilapia como tal es un problema que está afectando a los recursos naturales de la finca San José y de las comunidades Moran Valverde y 23 de Julio en la parroquia San Carlos. Esta problemática se incrementa debido a que junto a los cultivos de tilapia los miembros de las comunidades desarrollan otro tipo de actividades complementarias como es la implementación de los monocultivos de palma africana. Por lo que la presión a los ecosistemas naturales de la zona aumentado de manera considerable. La facilidad y el bajo costo de implementación del cultivo de tilapia ha hecho que esta sea una alternativa productiva común dentro de la parroquia San Carlos, esto ha hecho que muchas personas abandonen sus actividades agrícolas habituales para dedicarse de manera exclusiva al cultivo de la tilapia.

A nivel económico, para las familias que se dedican al cultivo de la tilapia esta es una alternativa idónea, ya que los réditos económicos son aceptables. Sin embargo, el costo a nivel ambiental termina siendo alto, debido a que existe una alta contaminación de los recursos hídricos, los suelos están siendo abandonados y los remanentes de vegetación nativa siguen siendo retirados o aprovechados para incrementar el número de piscinas para la cría de tilapias. En el siguiente apartado se detalla de forma clara como el cultivo de tilapia y sus actividades relacionadas afectan y aumentan la presión a los recursos naturales.

3.6.1. Identificación de los impactos ambientales

A continuación, se describen las actividades y los daños que estas ocasionan a los recursos naturales:

3.6.1.1. Cultivo de tilapia

El principal problema es la contaminación que se da en el suelo y en los cuerpos de agua. Ya que durante el proceso de cultivo en las piscinas se acumula las heces de los peces y el alimento que no es consumido. Las aguas residuales generadas regularmente son drenadas directamente a los ríos o riachuelos, de no ser así estas se drenan directamente al suelo. En ambos casos la acumulación de estas aguas ocasiona que se inicien procesos de eutrofización. Lo que a la postre en tiempos de verano hace que se presenten malos olores en el caso del suelo y en el caso de los

ríos o riachuelos las aguas contaminadas son usadas por otras personas para consumo o riego (Fotografía 2-3).



Figura 2-3: Contaminación del suelo y Agua por los residuos del cultivo de tilapia

Elaborado por: Zumbana J (2019)

3.6.1.2. Comunidades

El auge del cultivo de tilapia en la comunidad Moran Valverde y 23 de Julio ha hecho que varias personas regresen a sus tierras o que dentro de sus fincas adopten esta actividad. Repercutiendo directamente en los recursos naturales de la zona, ya que para implementar las piscinas requieren de nuevo espacio disponible. Por lo que generalmente desbrozan la vegetación nativa que aún les queda, disminuyendo la cobertura vegetal de la zona (Fotografía 3-3).



Figura 3-3: Destrucción de la vegetación nativa para la implementación del cultivo de tilapia

Realizado por: Zumbana J (2019)

Otro de los problemas que se registró dentro de la zona es el movimiento de tierras altas que se está realizando para la implementación de las piscinas (Fotografía 4-3). Lo que ocasiona que durante las épocas de lluvia exista un mayor riesgo a inundaciones y deslaves, debido a que los desfogues naturales de agua son modificados o alterados.



Figura 4-3: Movimiento de tierras para la implementación del cultivo de tilapia

Realizado por: Zumbana J (2019)

3.6.1.3. Viabilidad

Una de las principales actividades antrópicas asociadas con las actividades productivas y en este caso con el cultivo de tilapias es el desarrollo vial. La expansión del cultivo de tilapia y otras actividades productivas como el cultivo de palma dentro de las comunidades ha hecho que nuevas vías sean construidas para llevar los suministros necesarios a los lugares de producción y que posteriormente la cosecha pueda ser sacada a la ciudad. Provocando que muchas de las nuevas vías tengan que pasar por medio de bosque no intervenidos, fragmentando el ecosistema. Y con el tiempo facilitando el avance de la frontera agrícola (Figura 5-3).



Figura 5-3: Apertura de vías para la implementación del cultivo de tilapia

Realizado por: Zumbana J (2019)

3.6.2. Valoración de los impactos ambientales

En la tabla 15-3 se presentan los valores de magnitud e importancia determinados en campo para las actividades que se realizan alrededor del cultivo de tilapia. El nivel de severidad de los impactos ambientales que está ocasionando el cultivo de tilapia se detalla en la tabla 16-3, determinando como el medio biótico (flora y fauna), el abiótico (suelo, aire y agua) y el antrópico (medio perceptual y humano) se han visto afectados.

Tabla 15-3. Valoración de la magnitud y la importancia

Actividades			Magnitud \ Importancia							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Componente	Sub Componente	Factor Ambiental	Alimentación de los peces	Acumulación de las heces fecales	Construcción de piscinas	Movimiento de tierras	Desbroce de vegetación	Cambio de cursos de agua	Secado de vertientes	Acumulación de aguas residuales
Abiótico	Aire	Malos Olores								1 \ 1
	Suelo	Erosión			3 \ 2.7	3 \ 3	2.6 \ 2.2			
		Perdida de la calidad del suelo				2.6 \ 2.2	2.4 \ 2.5		2.6 \ 2.7	
		Filtración de nutrientes								3/3
	Agua	Perdida de la calidad del agua	3 \ 3	3 \ 3						
Eutroficación									3 \ 2.7	
Biótico	Flora	Vegetación Nativa			2.6 \ 2.7	2.4 \ 2.7	3 \ 3			
	Fauna	Ecosistema Acuático								3 \ 3
Antrópico	Medio perceptual	Paisaje			3 \ 2.7	3 \ 3	3 \ 3	2.6 \ 2.2		
	Humano	Agua de consumo humano	3 \ 3	3 \ 3				2.4 \ 2.5	1.4 \ 2.3	
		Agua de regadío	2.4 \ 2.7					2.6 \ 2.2	2.6 \ 2.7	
Socio-Econ	Económico	Deterioro Ambiental		3 / 3	3 \ 2.7	2.4 \ 2.7	3 \ 3	2.6 \ 2.2		1 \ 1
	Social	Generación de Empleo	+		+	+	+			

Realizado por: Zumbana J (2019)

Valoración

Alto = 1 – 1.6 Medio = 1.7 – 2.3 Bajo = 2.4 – 3 Impacto Positivo = +

Tabla 16-3: Severidad de los impactos ambientales

Actividades			Severidad de los impactos ambientales							
Componente	Sub Componente	Factor Ambiental	1	2	3	4	5	6	7	8
			Alimentación de los peces	Acumulación de las heces fecales	Construcción de piscinas	Movimiento de tierras	Desbroce de vegetación	Cambio de cursos de agua	Secado de vertientes	Acumulación de aguas residuales
Abiótico	Aire	Malos Olores								Poc Sig
	Suelo	Erosión			Alt Sig	Alt Sig	Med Sig			
		Perdida de la calidad del suelo				Med Sig	Med Sig		Alt Sig	
		Filtración de nutrientes								Alt Sig
	Agua	Perdida de la calidad del agua	Alt Sig	Alt Sig						
Eutroficación									Alt Sig	
Biótico	Flora	Vegetación Nativa			Alt Sig	Alt Sig	Alt Sig			
	Fauna	Ecosistema Acuático								Alt Sig
Antrópico	Medio perceptual	Paisaje			Alt Sig	Alt Sig	Alt Sig	Med Sig		
	Humano	Agua de consumo humano	Alt Sig	Alt Sig				Med Sig	Med Sig	
		Agua de regadío	Alt Sig					Med Sig	Med Sig	
Socio-Econ	Económico	Deterioro Ambiental		Alt Sig	Alt Sig	Alt Sig	Alt Sig	Med Sig		Poc Sig
	Social	Generación de Empleo	+		+	+	+			

Realizado por: Zumbana J (2019)

Poco significativo = Poc Sig. Medianamente significativo = Med Sig. Altamente significativo = Alt Sig.

Impacto Positivo = +

Las actividades que forman parte del proceso del cultivo de tilapia como es el caso del uso del agua, el desbroce de vegetación o el movimiento de tierras para la construcción de las piscinas y la apertura de vías para el desarrollo de esta actividad origina un impacto altamente significativo en lo que respecta al agua y a la flora. En cuanto al recurso hídrico, se corroboró con la determinación del índice de calidad del agua, el cual al finalizar el cultivo de tilapia tiene una valoración general de contaminado. En el caso de la flora, alcanza esta severidad debido a que se está desbrozando vegetación nativa para la construcción de las piscinas. Este tipo de vegetación no puede ser recuperada, ya que se pierde en su totalidad la dinámica natural de estos remanentes de vegetación, con procesos de restauración o reforestación lo máximo que se puede alcanzar es la denominación de bosque secundario, cuyas características nunca llegaran a ser las mismas que un bosque nativo.

En el caso del suelo el impacto es medianamente significativo, ya que suelos desprovistos de vegetación están a expensas de procesos de erosión, con la respectiva pérdida de su valor nutricional. Sin embargo, el suelo puede ser recuperado o volver a protegerlo mediante actividades de reforestación o restauración. Finalmente, para el aire es poco significativo, puesto que solo se registró la presencia de malos olores en los lugares donde son drenadas las piscinas, en especial cuando se tiene días soleados.

3.7. Discusión

El tipo de cultivo de tilapia con un llenado permanente de la piscina utilizado en la finca San José y en las comunidades Moran Valverde y 23 de julio está afectando de manera directa a la calidad del agua y de forma indirecta a recursos elementales como el suelo y la vegetación. Dicha afectación se produce antes, durante y después de la implementación del cultivo de tilapia. Antes debido a que para la construcción de las piscinas se desbroza remanentes de vegetación nativa y se hace movimientos de tierra, en el caso de cerros para construir las plataformas que alberguen las piscinas. Durante el proceso de cultivo el recurso hídrico es el más afectado ya que el agua ha reducido su calidad al finalizar el cultivo. El daño ocasionado después de la cosecha de las tilapias se da porque el agua contaminada de las piscinas se vierte directamente a riachuelos, zonas pantanosas y el suelo.

Lo antes mencionado se ratificó con la matriz de impactos ambientales con la cual, y partir de los criterios de evaluación se determinó que en el caso del cultivo de tilapia la severidad de los daños ocasionados a los componentes flora y agua es altamente significativo, mientras que para el suelo es medianamente significativo. Mientras que el índice de calidad de agua, en ambas piscinas para el criterio general paso de aceptable a contaminado. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Ramalho (2003), quien manifiesta que la contaminación con aguas residuales

ricas en nutrientes y biomasa acelera el envejecimiento normal y reduce de manera considerable el tiempo de vida de los cuerpos receptores sean estos agua, vegetación o suelo.

El índice de calidad de agua utilizado en la presente investigación fue el adecuado para la evaluación de las piscinas del cultivo de tilapia, debido a que los parámetros físicos y químicos que tiene las mayores ponderaciones son el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno y los coliformes fecales. La variación de estos parámetros está directamente relacionada con los procesos que ocurren durante el cultivo de los peces. Uno de ellos es la alimentación, ya que los peces no consumen todo el alimento, estos residuos hacen que la carga nutricional del agua aumente y por ende la actividad microbiana. Ocasionando un mayor requerimiento de oxígeno, que se ve reflejado en el oxígeno disuelto y por ende en la demanda bioquímica de oxígeno. El aumento de los coliforme surge por la acumulación de las heces de los peces en el agua.

De los tres indicadores antes mencionados, el oxígeno disuelto es uno de los más importantes cuando se trata del índice de calidad de agua. Los valores normales pueden variar entre 7.0 y 8.0 mg/L. Los valores obtenidos en las dos piscinas cuando se trató del primer muestreo se encontraron dentro de este rango. Durante el proceso de cultivo de tilapia en las dos piscinas este valor tuvo una tendencia a la baja llegando a 5.3 mg/L y 4.2 mg/L. De acuerdo con Lenntech (2012) valores menores a 5 mg/L condicionan y pone bajo presión la vida acuática, ya que es un elemento básico para el normal desarrollo de todos los organismos acuáticos. En el caso del cultivo de tilapia este parámetro se vio afectado, debido a que el desarrollo de los peces, algas y microorganismos en las piscinas hace que el requerimiento oxígeno se incremente y al no tener un flujo constante del agua esta tiende a perder su calidad (Oxicom, 2014). La demanda bioquímica de oxígeno está directamente relacionada con la disminución del oxígeno disuelto, debido a que este parámetro tiende a incrementar por la falta de oxígeno en el agua.

Una de las principales consecuencias de la variación de los parámetros antes mencionados es que dentro de las piscinas y en los alrededores donde las aguas residuales con vaciadas se inician procesos de eutrofización. Dando como resultado que tanto en los cuerpos de agua como en el suelo se dé un incremento de la biomasa, lo que ocasiona una disminución en la biodiversidad. Este proceso se evidenció al momento de realizar la evaluación de los impactos ambientales donde en las superficies aledañas a las piscinas se pudo observar la proliferación de algas verdes.

Cuando se trata de un cuerpo de agua donde la fluctuación del agua es lenta o esta depende de la intensidad de las lluvias como es el caso de esteros o riachuelos en épocas de verano, el proceso de eutrofización acelera su desecación. Ya que los macros o micronutrientes que forman parte de las aguas residuales de los cultivos de tilapia ingresan de forman excesiva a los cuerpos de agua antes mencionados. Por lo general la excesiva biomasa de organismos que se forma, al morir se

almacenan en el fondo, debido a esto los organismos degradadores en especial las bacterias no son capaces de consumir en su totalidad dicho exceso (Raffo y Ruiz, 2014).

CONCLUSIONES

- La alimentación y la digestión de los peces son los procesos que más afectan a la calidad del agua durante el cultivo de tilapia. El aumento de los coliformes fecales hasta un valor de 7200 Col/100 ml (1 Col/100 ml valor inicial) se debe a la producción de heces como consecuencia de la digestión de los peces. Mientras que el alimento que no es consumido por los peces incrementa los valores de nitrógeno y fosforo. Adicionalmente el incremento nutricional del agua ocasiona que la actividad microbiana se intensifique.
- El índice de calidad de agua en las dos piscinas disminuyó de 84.21 y 82.88 con una valoración de aceptable, a una de contaminada con valores de 40.28 y 38.06 respectivamente. Debido a que las piscinas no utilizan un flujo constante de agua, sino que esta permanece almacenada hasta el momento de la cosecha de las tilapias. Este método de cultivo hace que parámetros como el oxígeno disuelto o los coliformes fecales varíen de forma negativa, disminuyendo la calidad del agua mientras se desarrollan los peces en las piscinas.
- De acuerdo con los criterios de evaluación utilizados para determinar la severidad de los impactos ambientales, el grado de afectación del cultivo de tilapia a los recursos agua y suelo es altamente significativo, mientras que para el aire es medianamente significativo. Ya que por ejemplo la vegetación nativa una vez que es intervenida, no puede ser restaurada a su estado natural o en el caso del agua el exceso de nutrientes ocasiona que se inicie procesos eutroficación donde estas son vertidas.
- El cultivo de tilapia y sus actividades relacionadas afectan de forma directa y permanente a los recursos naturales de la comunidad 23 de julio. Primero por el desbroce de vegetación nativa y el movimiento de tierra que se realiza para la construcción de las piscinas y segundo porque el agua residual de las piscinas es drenada directamente a riachuelos y al suelo.

RECOMENDACIONES

- Proponer métodos tecnificados para el cultivo de tilapia, de esta forma se pueda disminuir el nivel de contaminación en el agua.
- Implementar dentro de la parroquia plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de flujo subsuperficial como una alternativa que permita disminuir los niveles de contaminación del agua de las piscinas. Antes de ser vertidas a los cuerpos receptores.
- Replicar el presente trabajo investigativo en otras actividades productivas donde el recurso hídrico presente altos niveles de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

AGROINDUSTRIAS. Acerca del cultivo de tilapia nilotica y tilapia roja.. [En línea] (Reporte). *Agricultura, Ganadería y Pesca - Argentina*. 2014. [Consulta: 14 de noviembre de 2019.] Disponible en: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/especies/_archivos//000008Tilapia/071201_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf.

AMARO, Velasco, et al., *Problemática Ambiental de la Actividad Piscícola en el Estado de Hidalgo, México*. 2012, Ingeniería, pp. 165-174.

BERMUDEZ, S. *Política y regulación ambiental de la acuicultura Chilena*. 2007, Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, pp. 307 - 333.

BEVERIDGE, M. *Cage Aquaculture*. Oxford : Fishing News Book, 1996.

BORJA, Angel. *Los impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad*. 2002, Boletín, Instituto Español de Oceanografía, pp. 41-49.

BUSCHMANN, Alejandro. Impactos ambientales de la acuicultura. [En línea] (Informe). *Terram - Democracia, Ecología y Políticas Públicas*. 2001. [Consulta: 11 de noviembre de 2019.] Disponible en: <https://www.cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/ImpactoChileacuicultura.pdf>.

DELFINI, A. *Exposicion sobre: Cultivo de Tilapia en Estanques de Tierra en Ecuador*. Guayaquil : AQUAMAR S.A, 2006.

ESPINOSA, Angélica y BERMÚDEZ, María del Carmen. *La acuicultura y su impacto al medio ambiente*. 2012, Coordinación de Ciencia de los Alimentos, págs. 219-225.

FAO. Programa de información de especies acuáticas. [En línea] (Reporte). *FAO - Departamento de Pesca y Acuicultura*. 2017. [Consulta: 13 de noviembre de 2019.] Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es.

FLORES, Jorge, MARTÍNEZ, Evenor y DÁVILA, Pedrarías. *Puntos críticos en la evaluación del impacto ambiental de la camaronucultura en el pacífico de Nicaragua, durante su proceso productivo*. 2007, Universita, pp. 33-38.

FOLKE, C, et al., *The ecological footprint concept for sustainable seafood production*. 2000, Ecological Applications, pp. 62 - 71.

GARCÍA, D, et al., *Aproximación a la sostenibilidad acuícola del Mediterráneo mediante el uso de indicadores*. 2011, AquaTIC, pp. 1-5.

GAVINE, F, RENNIS, D y WINDMILL, D. *Implementing Environmental Management Systems in the Finfish Aquaculture Industry.* 2007, Water and Environment Journal, pp. 341 - 347.

GRANERO, C y FERRANDO, M. *Cómo implantar un sistema de gestión ambiental según la Norma ISO 14001:2004.* Madrid : Fundación COFEMENTAL, 2007.

INVESTMANABÍ. Producción de pescado en el Ecuador. [En línea] (Informe). *Agencia de promoción de inversión de Manabí.* 2015. [Consulta: 14 de noviembre de 2019.] Disponible en: http://www.manabi.gob.ec/investmanabi/Expor_pes_agri4-0.php.

KUBITZA, F. *Tilapia: Tecnología y planteamiento en la producción comercial.* 2000, Acuicultura: Cultivo de tilapia, pp. 285 - 287.

KUBITZA, F. Producción de tilapias en estanques excavados en tierra: estrategias avanzadas en manejo. [En línea] (Informe). *Agroindustrias.* 2009. [Consulta: 01 de diciembre de 2019.] Disponible en: https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/especies/_archivos/000008Tilapia/100331_Producci%C3%B3n%20de%20tilapia%20en%20estanques%20excavados%20en%20tierra.pdf.

LENNTech. Por que es importante el oxígeno disuelto en el agua? [En línea] (Reporte). *Water Treatment.* 2012. <https://www.lenntech.es/por-que-es-importante-el-oxigeno-disuelto-en-el-agua.htm>.

MIRANDA, Anselmo. *La acuicultura y su entorno productivo, ambiental, socioeconómico y normativo.* México : CICESE, 2004.

NAYLOR, R, et al., *Effect of aquaculture on world fish supplies.* 2001, Nature, pp. 1017 - 1024.

NICOVITA. Manual de Crianza Tilapia. [En línea] (Manual). *Industria Acuícola.* 2013. [Consulta: 15 de diciembre de 2019.] Disponible en: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>.

OVANDO, Mario. La Acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. [En línea] (Tesis). (Grado). *Universidad Autónoma Nacional de Chiapas. Estado de Chiapas. México.* 2013. [Consulta: 15 de diciembre de 2019.] Disponible en: https://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num3/pdf/articulo_acuicultura.pdf.

OXICOM. Requerimientos de Oxígeno. [En línea] (Informe). *Aeration Oxicon.* 2014. [Consulta: 01 de diciembre de 2019.] Disponible en: <http://aerationoxicom.com/wp-content/uploads/2014/10/Oxicom%20Aeration%20Brochure.pdf>.

PRO-ECUADOR. Pesca y Acuicultura. [En línea] (Informe). *Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones*. 2017. [Consulta: 10 de diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.proecuador.gob.ec/compradores/oferta-exportable/fishing-and-aquaculture/#squelch-taas-accordion-shortcode-content-0>.

RAFFO, Eduardo y RUIZ, Edgar. *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. 2014, Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, pp. 71 - 80.

RAMALHO, R. *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona : Reverte S.A, 2003.

RAMÍREZ, Carlos. Evaluación de la gestión ambiental sobre la actividad acuícola en el municipio de Guasave, Sinaloa. [En línea] (Reporte). *El colegio de la frontera Norte*. 2010. [Consulta: 20 de diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2010/10/TESIS-Ramírez-Valdez-Carlos-Jacobo.pdf>.

RODRÍGUEZ, René. Análisis de su introducción al Ecuador, efectos en la alimentación local y su importancia gastronómica. [En línea] (Tesis). (Grado). *Universidad San Francisco de Quito. Quito. Ecuador*. 2017. [Consulta: 117 de noviembre de 2019.] Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7104/1/135296.pdf>.

RUEDA, Francisco. *Breve historia de una gran desconocida: La Acuicultura*. 2011, Eubacteria: Especial Biología Marina, pp. 1-3.

SAAVEDRA, María. Manejo del Cultivo de Tilapia. [En línea] (Tesis). (Grado). *Universidad de Rhode Island. Rhode Island. Estados Unidos*. 2006. [Consulta: 16 de diciembre de 2019.] Disponible en: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.

TOSCANO, Alonso. Evaluación de diferentes tipos de fertilización de estanques para crianza de tilapia. [En línea] (Tesis). (Grado). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo. Ecuador*. 2010. [Consulta: 07 de diciembre de 2019.] Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/1194/1/17T0969.pdf>.

UICN. *Guía para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea 3*. España : Gland, 2010.

VALENZUELA, Wenceslao, LÓPEZ, José y ARAGÓN, Eugenio. *Impacto del cultivo de camarón por succión de larvas de peces y camarón mediante el bombeo de granjas acuícolas en Navachiste, Sinaloa*. 2004, Hidrobiológica, pp. 105 - 112.

WICKI, Gustavo y GROMENIDA, Nestor. *Estudio de desarrollo y producción de tilapia (Oreochromis niloticus)*. 2000, AquaTIC, pp. 1-4.

ANEXOS

ANEXO A: ALIMENTACIÓN DE LAS TILAPIAS



ANEXO B: MOVIMIENTO DE TIERRA PARA CONSTRUCCION DE PISCINAS



ANEXO C: EUTROFISACIÓN DE LOS ESTEROS



ANEXO D: DESCARGA DEL AGUA RESIDUAL DE LAS PISCINAS DEL CULTIVO DE TILAPIA.



ANEXO E: ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LOS VERTIENTES EN LA ETAPA INICIAL DEL CULTIVO DE TILAPIA

PISCINA A



Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
Nº SAE LEN 14-009

INFORME DE ENSAYO Nº: 13056 a

JHONNY EDISON ZUMBANA QUISPE.

Solicitado por: Sr. Jhonny Zumbana.
Dirección: Sacha.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2019/07/13 17:05	Fecha final de Análisis	2019/07/22	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sr. Jhonny Zumbana	Fecha y Hora	2019/07/13	15:40

Identificación: Aguas Natural, Vertiente para Proyecto Piscícola Locación Precooperativa 23 de Julio.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	Resultado	Incertidumbre (K = 2)
*Alcalinidad Total	ITE-AQLAB-50	SM 2320 B	mg/L CaCO ₃	10	~
*Cloruros	ITE-AQLAB-10	SM 4500-Cl ⁻ B	mg/L	2	~
Coliformes Fecales	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	Col/100 ml	1	± 10%
Coliformes Totales	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	Col/100 mL	1	± 7%
Conductividad eléctrica	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	uS/cm	56,7	± 4%
*Color real	ITE-AQLAB-23	HACH 8025	U Pt-Co	9	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	1,63	~
Tensoactivos	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	mg/L	< 0,10	± 28%
*Dureza total	ITE-AQLAB-19	SM 2340 B, C	mg/L CaCO ₃	32 00	~
*Fosfato	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/L	< 1,0	~
*Nitratos (NO ₃)	ITE-AQLAB-17	HACH 8039	mg/L	< 1,0	~
*Nitrógeno amoniacal	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	mg/L	< 1,0	~
*Oxígeno disuelto	ITE-AQLAB-09	HACH 8311	mg/L	7,4	~
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	~	6,7	± 0,05
*Sólidos sedimentables	ITE-AQLAB-05	SM 2540 F	mL/L	< 0,5	~
Sólidos totales disueltos	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	mg/L	13,6	± 3%
*Sólidos totales suspendidos	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	mg/L	< 1	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	HACH 8237	NTU	< 1,0	~



Armando Melendrez Lara
Ing. Armando Melendrez Lara.
DIRECTOR TÉCNICO
Autorización

Francisco de Orellana

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Alumina, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqlabec.com · web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

INFORME DE ENSAYO Nº: 13056 a 1

JHONNY EDISON ZUMBANA QUISPE.

Solicitado por: Sr. Jhonny Zumbana.
Dirección: Sacha.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2019/07/13 17:05	Fecha final de Análisis	2019/07/22	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sr. Jhonny Zumbana	Fecha y Hora	2019/07/13	15:40

Identificación: Aguas Natural, Vertiente para Proyecto Piscícola Locación Precooperativa 23 de Julio.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	Resultado	Incertidumbre (K = 2)
*Alcalinidad Total	ITE-AQLAB-50	SM 2320 B	mg/L CaCO ₃	8	~
*Cloruros	ITE-AQLAB-10	SM 4500-Cl ⁻ B	mg/L	0,5	~
Coliformes Fecales	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	Col/100 ml	1	± 10%
Coliformes Totales	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	Col/100 mL	1	± 7%
Conductividad eléctrica	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	uS/cm	50,3	± 4%
*Color real	ITE-AQLAB-23	HACH 8025	U Pt-Co	10	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	2	~
Tensoactivos	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	mg/L	< 0,10	± 28%
*Dureza total	ITE-AQLAB-19	SM 2340 B, C	mg/L CaCO ₃	32 00	~
*Fosfato	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/L	< 1,0	~
*Nitratos (NO ₃)	ITE-AQLAB-17	HACH 8039	mg/L	< 1,0	~
*Nitrogeno amoniacal	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	mg/L	< 1,0	~
*Oxígeno disuelto	ITE-AQLAB-09	HACH 8311	mg/L	7,9	~
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	~	7,2	± 0,05
*Sólidos sedimentables	ITE-AQLAB-05	SM 2540 F	mL/L	< 0,5	~
Sólidos totales disueltos	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	mg/L	12,3	± 3%
*Sólidos totales suspendidos	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	mg/L	< 1	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	HACH 8237	NTU	< 1,0	~



Armando Melendrez Lara
Ing. Armando Melendrez Lara.
DIRECTOR TECNICO
Autorización

Francisco de Orellana

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqlabec.com · web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

ANEXO F: ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS PISCINAS EN LA ETAPA INTERMEDIA DEL CULTIVO DE TILAPIA

PISCINA A



Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
N° SAE LEN 14-009

INFORME DE ENSAYO N°: 13171 a

JHONNY EDISON ZUMBANA QUISPE.

Solicitado por: Sr. Jhonny Zumbana.
Dirección: Sacha.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2019/09/11 10:45	Fecha final de Análisis	2019/09/25	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sr. Jhonny Zumbana	Fecha y Hora	2019/09/11	08:00

Identificación: Aguas Natural, Muestras de Agua de Piscina (1) de cultivo de Tilapia Locación Pre-cooperativa 23 de Julio.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	Resultado	Incertidumbre (K = 2)
*Alcalinidad Total	ITE-AQLAB-50	SM 2320 B	mg/L CaCO ₃	39,60	~
*Cloruros	ITE-AQLAB-10	SM 4500-Cl ⁻ B	mg/L	< 13,00	~
Coliformes Fecales	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	Col/100 ml	32	± 29%
Coliformes Totales	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	Col/100 mL	220	± 7%
Conductividad eléctrica	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	uS/cm	59,7	± 9%
*Color real	ITE-AQLAB-23	HACH 8025	U Pt-Co	14	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	3	~
Tensoactivos	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	mg/L	< 0,10	± 28%
*Dureza total	ITE-AQLAB-19	SM 2340 B, C	mg/L CaCO ₃	14,00	~
*Fosfato	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/L	3	~
*Nitratos (NO ₃)	ITE-AQLAB-17	HACH 8039	mg/L	7,97	~
*Nitrógeno amoniacal	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	mg/L	1,02	~
*Oxígeno disuelto	ITE-AQLAB-09	HACH 8311	mg/L	6,9	~
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B		7,13	± 0,05
*Sólidos sedimentables	ITE-AQLAB-05	SM 2540 F	mL/L	0,5	~
Sólidos totales disueltos	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	mg/L	37,9	± 22%
*Sólidos totales suspendidos	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	mg/L	20	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	SM 2130 B	NTU	18,4	~



Ing. Armando Meléndrez Lara
DIRECTOR TÉCNICO
Autorización

Francisco de Orellana.

Los límites permisibles de las Normativas (N) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqlabec.com - web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

PISCINA A1



Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
N° SAE LEN 14-009

INFORME DE ENSAYO N°: 13171 a1

JHONNY EDISON ZUMBANA QUISPE.

Solicitado por: Sr. Jhonny Zumbana.
Dirección: Sacha.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2019/09/11 10:45	Fecha final de Análisis	2019/09/25	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sr. Jhonny Zumbana	Fecha y Hora	2019/09/11	08:00

Identificación: Aguas Natural, Muestras de Agua de Piscina (2) de cultivo de Tilapia Locación Pre-cooperativa 23 de Julio.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	Resultado	Incertidumbre (K = 2)
*Alcalinidad Total	ITE-AQLAB-50	SM 2320 B	mg/L CaCO ₃	4,2	~
*Cloruros	ITE-AQLAB-10	SM 4500-Cl ⁻ B	mg/L	10	~
Coliformes Fecales	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	Col/100 ml	34	± 29%
Coliformes Totales	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	Col/100 mL	321	± 7%
Conductividad eléctrica	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	µS/cm	51,9	± 9%
*Color real	ITE-AQLAB-23	HACH 8025	U Pt-Co	12	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	4	~
Tensoactivos	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	mg/L	0,2	± 28%
*Dureza total	ITE-AQLAB-19	SM 2340 B, C	mg/L CaCO ₃	17	~
*Fosfato	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/L	7	~
*Nitratos (NO ₃)	ITE-AQLAB-17	HACH 8039	mg/L	6,44	~
*Nitrógeno amoniacal	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	mg/L	3,9	~
*Oxígeno disuelto	ITE-AQLAB-09	HACH 8311	mg/L	6,2	~
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	~	6,9	± 0,05
*Sólidos sedimentables	ITE-AQLAB-05	SM 2540 F	mL/L	1,2	~
Sólidos totales disueltos	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	mg/L	52,2	± 22%
*Sólidos totales suspendidos	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	mg/L	17	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	SM 2130 B	NTU	14,8	~



Ing. Armando Meléndrez Lara.
DIRECTOR TÉCNICO
Autorización

Francisco de Orellana

Los límites permisibles de las Normativas (N) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqlabec.com • web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

ANEXO G: ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE LAS PISCINAS EN LA ETAPA FINAL DEL CULTIVO DE TILAPIA

PISCINA A



Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
Nº SAE LEN 14-009

INFORME DE ENSAYO Nº: 13309 a

JHONNY EDISON ZUMBANA QUISPE.

Solicitado por: Sr. Jhonny Zumbana.
Dirección: Sacha.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2019/10/26 10:22	Fecha final de Análisis	2019/11/05	T máx: 32°C
Toma de muestra:	Sr. Jhonny Zumbana	Fecha y Hora	2019/10/26	T mín: 22°C

Identificación: Aguas Natural, , Muestras de Agua de Piscina (1) de cultivo de Tilapia Locación Pre-cooperativa 23 de Julio.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	Resultado	Incertidumbre (K = 2)
*Alcalinidad Total	ITE-AQLAB-50	SM 2320 B	mg/L CaCO ₃	56,2	~
*Cloruros	ITE-AQLAB-10	SM 4500-Cl ⁻ B	mg/L	20	~
Coliformes Fecales	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	Col/100 ml	800	± 10%
Coliformes Totales	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	Col/100 mL	7 200	± 7%
Conductividad eléctrica	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	uS/cm	61,9	± 9%
*Color real	ITE-AQLAB-23	HACH 8025	U Pt-Co	20	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	10	~
Tensoactivos	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	mg/L	< 0,10	± 28%
*Dureza total	ITE-AQLAB-19	SM 2340 B, C	mg/L CaCO ₃	8,00	~
*Fosfato	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/L	10	~
*Nitratos (NO ₃)	ITE-AQLAB-17	HACH 8039	mg/L	12,4	~
*Nitrógeno amoniacal	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	mg/L	2,6	~
*Oxígeno disuelto	ITE-AQLAB-09	HACH 8311	mg/L	5,3	~
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	-	6,57	± 0,05
*Sólidos sedimentables	ITE-AQLAB-05	SM 2540 F	mL/L	0,7	~
Sólidos totales disueltos	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	mg/L	95,3	± 22%
*Sólidos totales suspendidos	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	mg/L	44,7	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	SM 2130 B	NTU	45	~



Ing. Armando Meléndez Lara.
DIRECTOR TÉCNICO
Autorización

Francisco de Orellana

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por la información suministrada por el cliente. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.

Calle Juan Huancite y Fray Gregorio de Aluminia, Barrio Conhogar, e-mail: laboratorio@aqlabec.com, laboratorioaqlab@gmail.com · web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

PISCINA A1



Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
N° SAE LEN 14-009

INFORME DE ENSAYO N°: 13309 a1

JHONNY EDISON ZUMBANA QUISPE.

Solicitado por: Sr. Jhonny Zumbana.
Dirección: Sacha.

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2019/10/26 10:22	Fecha final de Análisis	2019/11/05	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sr. Jhonny Zumbana	Fecha y Hora	2019/10/26	09:15

Identificación: Aguas Natural, , Muestras de Agua de Piscina (2) de cultivo de Tilapia Locación Pre-cooperativa 23 de Julio.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	Resultado	Incertidumbre (K = 2)
*Alcalinidad Total	ITE-AQLAB-50	SM 2320 B	mg/L CaCO ₃	48,7	~
*Cloruros	ITE-AQLAB-10	SM 4500-Cl ⁻ B	mg/L	13	~
Coliformes Fecales	ITE-AQLAB-29	SM 9222 D	Col/100 ml	910	± 10%
Coliformes Totales	ITE-AQLAB-28	SM 9222 B	Col/100 mL	6591	± 7%
Conductividad eléctrica	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	uS/cm	62,9	± 9%
*Color real	ITE-AQLAB-23	HACH 8025	U Pt-Co	18	~
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	11,3	~
Tensoactivos	ITE-AQLAB-18	HACH 8028	mg/L	0,4	± 28%
*Dureza total	ITE-AQLAB-19	SM 2340 B, C	mg/L CaCO ₃	8,00	~
*Fosfato	ITE-AQLAB-51	HACH 8048	mg/L	13,2	~
*Nitratos (NO ₃)	ITE-AQLAB-17	HACH 8039	mg/L	15,8	~
*Nitrógeno amoniacal	ITE-AQLAB-12	HACH 8038	mg/L	7,5	~
*Oxígeno disuelto	ITE-AQLAB-09	HACH 8311	mg/L	4,2	~
Potencial hidrógeno	ITE-AQLAB-01	SM 4500-H ⁺ B	~	6,2	± 0,05
*Sólidos sedimentables	ITE-AQLAB-05	SM 2540 F	mL/L	5,3	~
Sólidos totales disueltos	ITE-AQLAB-02	SM 2510 B	mg/L	73,4	± 22%
*Sólidos totales suspendidos	ITE-AQLAB-05	SM 2540 D, HACH 8006	mg/L	32,4	~
*Turbidez	ITE-AQLAB-22	SM 2130 B	NTU	67	~



Armando Melendrez Lara
Ing. Armando Melendrez Lara.
DIRECTOR TÉCNICO
Autorización

Francisco de Orellana

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE. El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por la información suministrada por el cliente. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, Barrio Conhogur, e-mail: laboratorio@aqlabec.com, laboratorioaqlab@gmail.com · web: www.aqlabec.com · Teléfono.: (593) 6 2881715 · Celular: 0991666858

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 04 / 03 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombre – Apellido: Johnny Edison Zumbana Quispe
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Documentalista responsable: