

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



EFFECTOS DE LA CALIDAD DEL AGUA
EN EL CULTIVO DE TILAPIA EN EL LAGO DE ILOPANGO

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

GERSON ARMANDO FLAMENCO BONILLA

EDGAR ALEJANDRO PORTILLO ESCOBAR

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN QUÍMICA Y FARMACIA

SEPTIEMBRE 2024

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

M^sD. NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICDA. EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

M.Sc. KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

INSTITUCIÓN COLABORADORA:

CENTRO DE DESARROLLO DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA (CENDEPESCA),
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG)

LICDO. JUAN SALVADOR GAVIOTA GONZÁLES OLMEDO

ING. AGRÓNOMO ZOOTECNISTA CÉSAR VANEGAS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORAS DE AREA DE INDUSTRIA FARMACÉUTICA, COSMÉTICOS,
VETERINARIOS Y PRODUCTOS AFINES

M.Sc. MARÍA DEL CARMEN POLÍO MARTÍNEZ

M.Sc. ROSA MIRIAN RIVAS DE LARA

TUTORA

LICDA. KATIA EUNICE LEYTON BARRIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios, por todas las fuerzas que puso en nuestros corazones y mente para culminar esta importante etapa de nuestras vidas y nos proporcionó, a cada uno, nuestras fortalezas que al saber y que al explotarlas serán la clave del éxito.

A nuestros Padres, que siempre nos han apoyado en cada decisión que hemos tomado, dejándonos luchar por lo que queremos y demostrarnos que los únicos obstáculos de la vida son nuestros pensamientos, sobre todo el gran apoyo que cualquier hijo necesita para seguir adelante. Todo, se los debemos a ellos, tenemos tanto por que agradecerles. Si no hubiese sido por sus sacrificios, consejos, comprensión, ejemplos y todo lo que nos han brindado en el transcurso de toda nuestra vida, nuestras metas y sueños de ser profesionales no lo hubiéramos podido conseguir. Es por ello que estos triunfos son por y para ellos.

A la Universidad de El Salvador, en especial a la Facultad de Química y Farmacia, por toda la formación como futuros profesionales y que nos han proporcionado desde el primer día hasta hoy que terminamos este proceso.

A Licda. Katia Eunice Leyton Barrientos, por asesorarnos a lo largo del trabajo de investigación y acompañarnos en este camino que hoy culmina en el presente trabajo y por compartirnos todos sus conocimientos a lo largo de este proyecto.

A CENDEPESCA, Ministerio de Agricultura y Ganadería, por todo el apoyo que nos dieron proporcionándonos toda la información necesaria para desarrollar y llevar a cabo el presente trabajo a través de los informes, manuales y entrevistas.

A los Trabajadores encargados del cuidado, manejo y supervisión de las jaulas de Tilapia de la Playa “Palo Seco” por la colaboración e información que nos proporcionaron a través de entrevistas y diálogos.

Gerson Armando Flamenco Bonilla

Edgar Alejandro Portillo Escobar

DEDICATORIA

A mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sabiduría inigualable han sido la piedra angular de mi vida y de este logro. Por ayudarme a encontrar la confianza en mí mismo y demostrarme que puedo lograr todo lo que me proponga junto con la ayuda de Dios.

A mi hermano, por la motivación y apoyo que han contribuido a formarme como profesional.

Con todo mi amor y gratitud.

Gerson Armando Flamenco Bonilla

DEDICATORIA

A mi madre, Flor Escobar, por estar conmigo incondicionalmente, gracias porque sin ella y sus enseñanzas no estaría aquí, ni sería quien soy ahora. Siempre apoyándome en cada decisión que he tomado, a creer en mí mismo y que puedo aspirar a todo lo que me proponga.

A mi padre, Edgar Portillo, por brindarme todas las herramientas necesarias y el apoyo en todas las etapas de mi vida académica, por enseñarme lo que es ser un buen hombre, por inspirarme a no rendirme ante cualquier prueba que la vida y Dios me ponga enfrente y por enseñarme a poner en primer lugar a Dios en todo lo que haga.

Al Ing. Jorge Alberto Landaverde, por apoyarme en mi etapa universitaria, aconsejándome y motivándome a ser un mejor profesional cada día de mi vida siendo uno de mis ejemplos a seguir y por las palabras de apoyo que como estudiante universitario necesite en el momento.

A los catedráticos de la asignatura de Farmacia Industrial, Licda. Ariana García y Licda. Ana Luisa Cruz, que fueron las primeras docentes en apoyarme y animarme en mi desarrollo como futuro profesional y por ver en mí el potencial que puedo llegar a desarrollar.

GRACIAS POR AYUDARME A LOGRARLO

Edgar Alejandro Portillo Escobar

ÍNDICE GENERAL

	Pág N°
RESUMEN	8
CAPÍTULO I	
1.0 INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II	
2.0 OBJETIVOS	13
CAPÍTULO III	
3.0 MARCO TEÓRICO	15
3.1 Recursos hídricos.	15
3.2 Recursos hídricos en El Salvador.	15
3.3 Lago de Ilopango.	16
3.3.1 Calidad del agua del lago de Ilopango.	17
3.4 Acuicultura	17
3.4.1 Acuicultura en El Salvador.	19
3.5 Cultivo de tilapias en El Salvador.	19
3.5.1 Generalidades de la Tilapia.	20
3.5.2 Importancia del cultivo de tilapias.	20
3.6 Parámetros relacionados a la calidad del Agua.	21
CAPÍTULO IV	
4.0 PRODUCTO FINAL	24
CAPÍTULO V	
5.0 CONCLUSIONES	26
CAPÍTULO VI	
6.0 RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

RESUMEN

Desde la antigüedad se han aprovechado los recursos naturales como parte de la evolución humana y de su supervivencia. Prácticas como la caza y la pesca, han ayudado al desarrollo de antiguas civilizaciones. En la actualidad la sobreexplotación de los recursos hídricos, como lagos y ríos, ha llevado a modificar la pesca a causa de la disminución excesiva de la población acuática, por lo que se ha buscado nuevas alternativas para abastecer la necesidad sobre la escasez de peces para consumo. La evolución de las actividades acuícolas ha permitido el desarrollo de investigaciones desde hace tiempo tanto a nivel nacional como internacional.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de la calidad del agua utilizada para el desarrollo del cultivo de tilapia, tomando como lugar de estudio la playa “palo seco” del Lago de Ilopango, departamento de San Salvador.

Los métodos bajo los cuales se realizó la investigación fueron, investigación bibliográfica y de campo, con el apoyo de especialista del Ministerio de Agricultura y Ganadería, y acuicultores de la zona en estudio; todo esto desarrollado en el período comprendido entre los meses de febrero a julio del 2024. Los resultados obtenidos demostraron que la calidad del agua que representa el medio de desarrollo de la práctica acuícola, influye directamente en los cultivos de tilapias, tanto en crecimiento, desarrollo y reproducción; sobre todo en cultivos de jaula donde las condiciones del medio son variables; la calidad del agua donde se desarrollan los cultivos también influye indirectamente en la salud del consumidor final.

En conclusión, los cultivos de tilapia en las jaulas del Lago de Ilopango, son propensos a las variaciones climáticas, procesos naturales propios del lago por ser de origen volcánico, contaminación del agua debido a las actividades de cultivo, recreación y comercio.

Para tratar de obtener cultivos de calidad, rendimientos altos de producción y tilapias, que no afecten la salud del consumidor, los especialistas junto con los acuicultores deben ubicar los proyectos en puntos del lago que cumplan con los parámetros de calidad de agua que establece el Manual sobre reproducción del cultivo de tilapia brindado por CENDEPESCA, evaluando también, los informes de la calidad de agua del Lago de Ilopango publicados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos, forman parte fundamental del desarrollo de la vida, y en esta definición se incluyen todas aquellas actividades que se derivan de ésta. El agua forma parte de todas las actividades humanas y en la mayoría de casos está asociada a temas ecológicos, sociales, políticos y económicos en todo el mundo. En El Salvador como en otras partes del mundo el agua juega un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad.

El Salvador es un país tropical que posee gran cantidad de cuerpos de agua que representan aproximadamente un área hidrográfica total de 31,805.01 Km², los cuales son explotados y están ligados a diversas actividades como: industriales para la obtención de energía eléctrica, riego para cultivos agrícolas, turismo, actividades de acuicultura, y unos pocos, que cumplen con las características de calidad, son explotados para potabilización de agua para consumo humano.

De toda el área total hidrográfica, destacan cuerpos de agua por su importancia dentro del territorio salvadoreño, entre los cuales podemos mencionar el Río Lempa, Río Grande de San Miguel, algunos lagos como el Lago de Coatepeque y el Lago de Ilopango. Este último ubicado entre los departamentos de San Salvador, La Paz y Cuscatlán, el cual tiene una gran importancia ecológica, turística y económica.

Desde la perspectiva económica en el Lago de Ilopango existen varias actividades que van destinadas a este rubro, entre ellos, algunos negocios locales, emprendedores y pescadores que su fuente de ingreso es dicha actividad.

En el Lago de Ilopango, en la actividad piscícola, la modalidad más popular es la acuicultura. En la cual se realiza la producción de peces en jaula, siendo el principal cultivo la Tilapia gris. Por lo que, esta investigación principalmente ha pretendido evaluar el efecto de la calidad del agua en el que se desarrollan las tilapias e identificar el impacto que esta tiene en el cultivo.

Esta investigación también se ha enfocado en conocer los problemas de salud, que pueda provocar en las personas, el consumo de peces afectados por enfermedades ocasionadas por fenómenos climatológicos, procesos naturales al tratarse de un lago de origen volcánico y por actividades humanas que generan contaminantes de origen orgánico e inorgánico.

Las prácticas acuícolas del cultivo de tilapia, generan muchos beneficios, desde económicos hasta alimenticios a los productores y consumidores respectivamente, sin embargo, existen

impactos negativos generados por esta práctica, sobre todo las realizadas en cuerpos de agua como el Lago de Ilopango, debido a que generan desechos contaminantes causados por alimentos, peces muertos y uso de antibióticos no regulados, afectando directamente la calidad del agua del lago, perturbando las actividades que se realizan en él. Por lo crítica que se vuelve esta práctica también se considera como objeto de estudio en esta investigación.

La investigación de todas las problemáticas planteadas, fue a través del uso de recursos bibliográficos internacionales y nacionales como los brindados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Ministerio de Agricultura y Ganadería, y repositorios internacionales. También se realizó investigaciones de campo, utilizando herramientas como entrevistas con el apoyo de especialistas y acuicultores involucrados en todos los procesos que conlleva esta práctica.

Este estudio determinó, que la calidad de agua está íntimamente relacionada a la calidad del producto a obtener en el cultivo de tilapias, debido a que es el entorno el que da las posibilidades de crecimiento, desarrollo y reproducción de estas; si el entorno no es el adecuado o se encuentra contaminado, los rendimientos de producción son bajo y la tasa de mortalidad es alta, la calidad del producto es mala y puede afectar al consumidor final.

La importancia que toma el medio se vuelve crítica en el proceso de cultivo y, debido a esto, se debe enfocar especial atención en el impacto ecológico que pueda generar esta práctica. Ambas investigaciones, con la que se aborda este tema y todas sus problemáticas, tuvieron lugar entre el mes de febrero hasta el mes de julio del año 2024, en los departamentos de San Salvador y La Libertad.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la calidad del agua utilizada para el desarrollo del cultivo de tilapia en el Lago de Ilopango.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.2.1 Conocer el proceso de cultivo de tilapia y las etapas de desarrollo que involucra.
- 2.2.2 Identificar las condiciones de calidad mínimas que debe de cumplir el agua para la realización del cultivo de tilapia.
- 2.2.3 Describir las consecuencias ecológicas que puede generar la práctica acuícola, especialmente en los recursos hídricos.
- 2.2.4 Determinar los efectos de la calidad del agua en peces y por consecuencia en la salud humana

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Recursos hídricos. ¹⁻¹⁰

El agua puede clasificarse de distintas maneras, dulce o salada, subterránea o superficial. También desde el punto de vista físico puede clasificarse según el estado en el que se encuentre: Sólido, líquido o gaseoso. En el planeta, el agua almacenada puede encontrarse de diversas formas, y gracias a los estudios estadísticos sabemos la proporción de agua almacenada y la forma en la que ésta se encuentra.

Según datos, se estima que el 97.5% de toda el agua es agua salada, mientras que el 2.5% es agua dulce. Para los humanos el agua es de gran importancia debido a que de ella dependen muchas actividades industriales, agrícolas y de uso doméstico, sin mencionar el consumo de agua que es necesaria para la vida.

El agua dulce disponible solo representa el 2.5% de toda el agua del mundo, sin embargo, no toda esa agua es de acceso inmediato debido a que el 68.7% se encuentra en glaciares, 30.1% en agua subterráneas, 0.8% en permafrost y el 0.4% restante se encuentra en la superficie. El agua depositada sobre la superficie terrestre se le conoce como “Agua superficial”, y es aquella que corre por cauces y se mantiene en embalses sobre la superficie del planeta, proviene principalmente de las lluvias.

Las aguas superficiales son las que se encuentran circulando por ríos, depositándose en lagunas, humedales, presas, lagos, entre otros. Las aguas superficiales son de suma importancia ecológica debido a que forma parte de procesos bioquímicos en la gran mayoría de organismos vivos; por otra parte, también tiene importancia a nivel económico debido a que muchos procesos industriales dependen grandemente del agua al igual que otros rubros económicos como la agricultura, piscicultura, generación de energía y el turismo.

3.2 Recursos hídricos en El Salvador. ¹⁻¹⁰

El Salvador cuenta con un área geográfica total de 31,805.01 Km², y una precipitación anual promedio de 1784 mm de lluvia. De la cifra de precipitaciones, el 59% se pierde por evapotranspiración, 32% corre por la escorrentía superficial y sólo el 9% alimenta las aguas subterráneas.

La escorrentía superficial generada por las tormentas generalmente tiene como destino los ríos, quebradas, lagunas y lagos, que forman los principales reservorios de aguas superficiales. En El

Salvador hay una gran cantidad de estos cuerpos de aguas, entre los cuales pueden mencionarse por su relevancia:

- Río Lempa: La cuenca trinacional del Río Lempa posee un área total de 17 mil 790 km² de los cuales, 10 mil 082 km² corresponden a El Salvador, 5 mil 251 km² a Honduras y 2 mil 457 km² a Guatemala. La longitud del cauce principal es de 422 Km de los cuales 360.2 Km. corren dentro de territorio salvadoreño.
- Río Grande de San Miguel: Es el segundo río más grande del país con un área total 2247 km², se forma en las áreas montañosas de cacaopera. Posee una longitud total de 124 km con la influencia de los ríos Guayabal y Villerías hasta llegar al mar.
- Lago de Coatepeque: Es uno de los lagos de origen volcánico y se localiza en el departamento de Santa Ana y cuenta con una superficie de 24.8 km², una elevación es de 740 msnm y su cuenca tiene un área de 70.25 km². Con una profundidad que ronda los 115 metros.
- Lago de Ilopango: Es un lago de origen volcánico, ubicado entre los departamentos de San Salvador, Cuscatlán y La Paz. Cuenta con una altitud de 440 msnm, con una superficie de 72 km² y una profundidad entre 240 a 260 metros.

Los cuerpos de agua superficiales en El Salvador, en especial ríos y lagos, adquieren una gran importancia, ya que forman parte de actividades vitales dentro del territorio nacional. En los ríos, se crean presas hidroeléctricas que forman parte fundamental en la generación de energía eléctrica, que llega a gran parte de los hogares y empresas a nivel nacional, también son utilizados como lugares de recreación por lo que tienen relevancia a nivel económico y social.

Los ríos y lagos están involucrados en las actividades agrícolas debido a que son utilizados como fuentes de riego para los diferentes cultivos que se realizan en todo el país, tomando mayor relevancia sobre todo en época seca en donde la cantidad de lluvias es mínima. Lagos como el de Ilopango, por otra parte, están involucrados en un tipo de cultivo que está tomando relevancia en los últimos años que involucra la reproducción y desarrollo de especies marinas (piscicultura) destinadas para el consumo humano y que representa una importante fuente de alimentos.

3.3 Lago de Ilopango. ^{11, 12}

El Lago de Ilopango, es el recurso natural e hidrológico de gran importancia del municipio de San Salvador. Es uno de los lagos más grandes del país, y uno de los que tienen un origen volcánico cuya actividad está actualmente inactiva. Está ubicado entre tres departamentos: San Salvador,

Cuscatlán y la Paz; se encuentra a 16 Km al oriente de la ciudad de San Salvador; cuenta con una altitud de 440 msnm, 72 Km² de superficie y una profundidad de aproximadamente entre 240 a 260 metros. Es de gran importancia para actividades de pesca, recreación, riego de cultivos y muchas otras; se divide en 14 municipios que benefician a más de 600 mil pobladores.

El lago de Ilopango, tiene importancia, tanto ecológica como económica, debido a que el lago contribuye con la recarga de los mantos acuíferos, sirve como almacenamiento de agua, contribuye con el control de las inundaciones de la zona, ofrece recursos pesqueros y una belleza escénica ideal para el turismo y recreación.

3.3.1 Calidad del agua del lago de Ilopango.^{11, 12}

Actualmente, la calidad de agua del lago de Ilopango se ve afectada por las actividades humanas realizadas como: la agricultura con fertilizantes, herbicidas o insecticidas, actividades de recreación que generan desechos orgánicos e inorgánicos, también por actividades acuícolas a causa del uso de alimentos, uso indiscriminado y poco regulado de antibióticos, y otras sustancias que generan desechos y llegan hasta el lago debido a la escorrentía superficial, se filtran a través de los acuíferos o por los desechos que se depositan directamente dentro del lago.

Según estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos naturales, a través de la Dirección General del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, Gerencia de Hidrología; la calidad del agua del Lago de Ilopango referente a diferentes análisis realizados presenta condiciones de agua con pH alcalino, valores de oxígeno disuelto de 6.8 a 7.7 mg/L, valores de Conductividad varían entre 1772 y 1862 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (debido a sales disueltas por la misma naturaleza volcánica del lago), ausencia de Coliformes fecales a excepción de la zona del Tepechapa y del Desagüe donde sí existe presencia de Coliformes fecales, pero en valores muy bajos.

Presenta valores de transparencias que oscilan entre 4.0 y 5.9 metros, valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO5) son bajos y varían entre 0.0 y 1 mg/L, lo que permite el desarrollo de vida acuática.

3.4 Acuicultura.¹³⁻¹⁵

Dentro de las actividades que se realizan en las aguas superficiales se tiene la acuicultura que según la FAO se refiere al cultivo en tanques, estanques o aguas abiertas de ríos, lagos, lagunas o el mar de organismos acuáticos, en particular peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La actividad de cultivo implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la

producción, en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección de depredadores, etc. La actividad de cultivo también presupone que los individuos o asociaciones que la ejercen son propietarios de la población en cultivo.

La acuicultura se extendió gradualmente al resto del mundo y ha alcanzado su mayor popularidad en el siglo XXI. En la actualidad, es la industria de mayor crecimiento en la producción de proteínas, uno de los componentes básicos de la dieta humana. Como ya se menciona dentro de la acuicultura existe una variedad de cultivos de fauna y flora marina que pueden realizarse en diferentes cuerpos de agua, siendo uno de los más populares a nivel mundial el cultivo de peces al cual se le denomina como piscicultura.

Entre las especies de peces que pueden reproducirse bajo este método de cultivo se tienen: Trucha arco iris, Esguinces de Salmón, Carpas chinas, Común e Indias, Bagres, Pangasius, Chano y Tilapias.

El cultivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) puede rastrearse en los antiguos tiempos egipcios como lo indican los bajo-relieves de una tumba egipcia que data de más de 4000 años atrás y que muestra peces en estanques ornamentales. La tilapia, ha sido de la mayormente producida durante muchos años, principalmente *Oreochromis mossambicus*, se distribuyó ampliamente por todo el mundo durante las décadas de 1940 y 1950. En 1978, la tilapia del Nilo se introdujo a China, actualmente el principal productor mundial y que continuamente ha producido más de la mitad de la producción global de 1992 a 2003.

El desarrollo de técnicas en los años 1970 representó un triunfo importante que permitió el cultivo de poblaciones con tallas comerciales uniformes. Adicionalmente, la investigación en nutrición y sistemas de cultivo, junto con el desarrollo del mercado y avances de procesamiento, condujeron a una rápida expansión de la industria desde mediados de los años 80 's. Se cultivan diversas especies de tilapia a nivel comercial, pero la tilapia del Nilo es la predominante mundialmente.

Dentro del cultivo de tilapias existen diferentes métodos dentro de ellos se puede mencionar los siguientes:

- Estanques: este tipo de técnica necesita de varios insumos como subproductos agropecuarios, fertilizantes inorgánicos y alimentos; al usar demasiados insumos genera subproductos que pueden ser agentes contaminantes que afecten los cuerpos de agua, por lo que, este tipo de técnica se práctica en policultivos con carpa alcanzando rendimientos anuales de 5 toneladas.

- Jaulas flotantes: el cultivo mediante jaulas flotantes se practica en lagos o grandes represas. Este tipo de cultivo tiene ventajas como: facilidad y bajo costo de cosecha, inversión de capital relativamente baja, flexibilidad de administración con múltiples unidades de producción. A pesar de tener muchas ventajas esta técnica de cultivo también presenta desventajas siendo las de mayor relevancia: menor tolerancia de los peces a la mala calidad del agua, mayor riesgo de brotes de enfermedades.

3.4.1 Acuicultura en El Salvador.¹³⁻¹⁵

La acuicultura en El Salvador se inició en 1962 mediante la asistencia de FAO a solicitud del Gobierno en el marco de un programa de diversificación agrícola, construyendo una Estación de Piscicultura de Agua Dulce. La acuicultura marina se inició en 1984 con la construcción de tres granjas para el cultivo de camarones.

Entre las especies introducidas para el cultivo acuícola en El Salvador, están: tilapias (*Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. melanopleura*, *O. Hornorum*); carpas (*Ctenopharyngodon idellus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Cyprinus carpio*); lobina negra (*Micropterus salmoides*), guapote tigre (*Parachromis managuense*), camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*), ostra (*Crassostrea gigas*).

Una de las ramas de la acuicultura de mayor popularidad dentro del territorio salvadoreño es la piscicultura, teniendo presencia en varios departamentos, ya sea mediante el cultivo en jaula, tanques o estanques. La especie de mayor producción dentro de esta disciplina es la Tilapia, gracias a su demanda comercial, su facilidad de reproducción y su rápida adaptación.

3.5 Cultivo de tilapias en El Salvador.¹⁶

En El Salvador una de las formas de cultivo de tilapia es el cultivo en jaulas flotantes y se implementó en la década de los 80 's. Las especies de tilapias introducidas a partir de aquella época y que aún se siguen produciendo son: *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. melanopleura*, *O. Hornorum*. Siendo la de mayor reproducción dentro del territorio nacional la tilapia negra (*Oreochromis niloticus*) por su resistencia a enfermedades, rápida adaptación y fácil reproducción. Tan importante es la pesca y la acuicultura en El Salvador, que todos los recursos provenientes de este sector experimentan una explotación comercial y de subsistencia. La importancia de esta actividad la vuelve objeto de regulación y esta es realizada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) a través del Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA).

De las autorizaciones acuícolas emitidas por CENDEPESCA, el 75% corresponde a proyectos de tilapia. El 25% restante se distribuye en camarón marino, con el 12.3%; camarón de agua dulce, con el 8%; peces ornamentales, con el 2.8% y otras especies con el 1.9%.

Como se menciona estadísticamente el cultivo de tilapia es la práctica acuícola de mayor popularidad dentro del territorio salvadoreño. Los proyectos de cultivo a cargo de CENDEPESCA se encuentran distribuidos en varios departamentos a nivel nacional como, Chalatenango, La Libertad, San Vicente, Usulután, San Salvador, entre otros. Estos proyectos pueden desarrollarse en lagos o laguna a través de la inmersión de jaulas, o también en lugares donde no hay presencia de dichos cuerpos de aguas optando por la creación de estanques artesanales o especiales.

En el departamento de San Salvador gran parte de los proyectos de cultivo de tilapias autorizados por CENDEPESCA-MAG se realizan a través de jaulas inmersas, esta modalidad se realiza en el Lago de Ilopango donde existen alrededor de 112 proyectos distribuidos entre los 3 departamentos en los que se divide el lago. Uno de los proyectos más grandes se ubica en la playa “palo seco” del lago de Ilopango y cuenta con aproximadamente 30 jaulas de cultivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*).

3.5.1 Generalidades de la Tilapia.¹⁶⁻¹⁷

La tilapia es un tipo de pez de origen africano cuyo hábitat son las regiones de climas tropicales, donde las condiciones permiten la reproducción y crecimiento de este pez, por lo cual ha sido introducido en varios países con climas cálidos, debido a que a temperaturas menores a los 10°C se produce su inminente mortalidad.

Este pez posee características que le permiten su rápida adaptación al entorno, rápido crecimiento, fácil reproducción y resistencia a enfermedades por lo que se vuelve un pez de selección para actividades de piscicultura. Otras increíbles cualidades que posee este tipo de pez son la tolerancia a desarrollarse en bajas concentraciones de oxígeno, su capacidad de tolerar amplios rangos de salinidad del agua y su gran capacidad para nutrirse con una amplia gama de alimentos.

3.5.2 Importancia del cultivo de tilapias.¹⁸

El cultivo de tilapias ha tomado importancia en los últimos años pues ha contribuido a suplir necesidades alimenticias y económicas en varias partes del mundo incluido El Salvador. En cuanto a la parte alimenticia la carne de estos peces aporta altos porcentajes nutricionales de proteína, ácidos grasos y otros nutrientes necesarios para el cuerpo humano, también reduce la posibilidad

de desarrollo de enfermedades cardiovasculares que representan una alta tasa de mortalidad en adultos.

Por otra parte, el cultivo de tilapias también representa un aporte económico para aquellas personas que se dedican y desarrollan su vida laboral en el ámbito de la acuicultura, pues gracias a la comercialización con ayuda de programas como el Acceso de Comercio Local (AOL) estas personas generan ingresos y pueden dar soporte económico a sus familias.

A pesar de la importancia que representan estos cultivos, no siempre se les da la atención adecuada y están propensos a sufrir problemas que representan pérdidas en ambos rubros. Dependiendo del tipo de cultivo así pueden ser los problemas que se presentan en caso de cultivos en estanques muchas veces ocurren enfermedades en las poblaciones de tilapias que requieren de tratamientos costoso para sufrir mínimas pérdidas, tal es el caso Atiocoyo Sur en El Salvador con 165 proyectos de cultivos de tilapias que se vio afectado por contaminación con *Streptococos* que generó pérdidas en el año 2017; por otro lado el cultivo en jaulas tiene muchos más factores de riesgo debido a que se realiza en cuerpos de aguas abiertas como el lago de Ilopango donde las condiciones ambientales son variables gracias a los mismos procesos naturales (por ser de origen volcánico) y a las actividades humanas que generan desechos orgánicos e inorgánicos, afectando grandemente la calidad del agua en el que se desarrollan las tilapias y por tanto afectando la calidad de la carne de los peces.

3.6 Parámetros relacionados a la calidad del Agua.¹⁶

Para obtener cultivos que produzcan peces de buena calidad, es necesario tener en cuenta los parámetros relacionados a la calidad de agua para las actividades acuícolas, específicamente el cultivo de tilapias; estos están establecidos por organismos gubernamentales o no gubernamentales dentro del país donde se realizan.

En El Salvador existen manuales que dan a conocer los rangos teóricos permisibles para el buen desarrollo de los peces y que permitan obtener un producto de calidad, uno de los manuales en el que se basan casi la mayoría de proyectos de cultivos de tilapias es el Manual sobre reproducción del cultivo de tilapia, de la autoría del Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA/ MAG).

Entre los parámetros a analizar para realizar el control de la calidad del agua donde se desarrollan las tilapias se encuentran:

- **Temperatura:** Es el factor externo que más influye en el ciclo reproductivo de la tilapia, en condiciones naturales, la tilapia vive en un rango de temperatura que oscila entre los 20 y 32°C, siendo el rango de 24 a 30°C para la reproducción. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y por ende, mayor consumo de oxígeno.
- **pH:** El rango de pH adecuado para el cultivo de la tilapia es de 7 a 9, valores superiores o inferiores a ese margen pueden generar cambios en el comportamiento de los peces, como letargia e inapetencia o implicar graves trastornos en las tasas de crecimiento, reproducción y supervivencia. Valores cercanos a 5 provocan la muerte por fallos respiratorios en un período de 3 a 5 horas además de causar pérdidas de pigmentación y el aumento de las secreciones del mucus.
- **Dureza total:** Es la medida de la concentración de los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), expresada en partes por millón (ppm) de su equivalente a carbonato de calcio. El rango de dureza para las tilapias es de 20-350 mg/l (miligramo x litro) de carbonato de calcio, siendo 75 mg/l, el valor óptimo para carbonato de calcio. Valores superiores a los 175 mg/l carbonato de calcio resultan perjudiciales, ya que se producen formaciones calcáreas, que pueden dañar las branquias de los peces.
- **Salinidad:** La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en agua. Las tilapias son peces, que se adaptan a varios niveles de salinidad y fácilmente viven en altas salinidades, o sin salinidades.
- **Oxígeno disuelto:** En general, las tilapias son capaces de sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, por la capacidad que su sangre posee para saturarse de oxígeno. Aunque la tilapia sea capaz de sobrevivir en condiciones de muy baja concentración de oxígeno disuelto, durante varias horas, el medio donde se desarrollan deben tener una concentración por encima de 2 mg/l. La actividad metabólica, el crecimiento y posiblemente la resistencia a enfermedades, se ven afectadas cuando los niveles de oxígeno disuelto en el agua descienden de ese valor, durante períodos prolongados.

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

Para dar a conocer los resultados de esta investigación, se elaboró un video documental exponiendo la influencia de la calidad del agua en el cultivo de tilapia, así como algunas recomendaciones.

El video documental se encuentra disponible en el enlace siguiente:
<https://youtu.be/3Aiz1tLcVxU?si=KfV1qUIOVvkYh0yY>

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES

1. El cultivo de tilapia se habría desarrollado en varias etapas que habrían ido desde la selección de reproductores, manejo de alevines, engorde, la cosecha y, finalmente, la comercialización. Por tanto, habría requerido una buena planificación y un entorno adecuado para su desarrollo. En todas las fases habría habido necesidades específicas en cuanto a la calidad del agua, ya que esta habría determinado el éxito y la buena calidad del cultivo. Haber conocido en profundidad los parámetros del agua necesarios para el desarrollo en cada etapa habría permitido optimizar el crecimiento y garantizar la calidad del producto final.
2. Era importante haber conocido las condiciones mínimas de la calidad del agua para establecer los proyectos de cultivo de tilapias, pues con ello se aseguraba un entorno óptimo en el que pudieran haber crecido, desarrollado y reproducido de forma efectiva. Los parámetros a tener en cuenta se habrían establecido en el Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia (temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto) y habrían jugado un papel crucial en cada una de las etapas del proceso de cultivo. Al haberse asegurado que el lugar donde se cultivaban las tilapias mantuviera parámetros dentro de los rangos establecidos, se habrían garantizado cultivos más eficientes y con tilapias de buena calidad.
3. Los cultivos de tilapias pudieron generar diversas consecuencias ecológicas en el lago de Ilopango debido a los desechos resultantes de los restos de alimento, el uso irresponsable de antibióticos y la acumulación de desechos orgánicos. Entre las consecuencias más comunes que pudieron haber provocado estas acciones estuvo la eutrofización, que pudo haber afectado la calidad del agua y el ecosistema, dañando al resto de especies que dependían del recurso hídrico.
4. La calidad del agua del lago de Ilopango estaba directamente relacionada con la calidad de los cultivos que se obtenían, por lo que los contaminantes vertidos en el lago generaban alteraciones en las tilapias, como problemas de salud, menor tamaño de crecimiento, problemas de reproducción y, en algunos casos, la muerte. Sin embargo, estos signos no siempre se evidenciaban, lo que permitía su comercialización y posterior consumo, representando un riesgo para la salud humana, ya que podían transmitir sustancias tóxicas o patógenas, que pudieron haber causado enfermedades renales, neurológicas, infecciones por microorganismos, entre otras. Por lo tanto, asegurar una adecuada calidad del agua no

solo era esencial para la salud de los ecosistemas acuáticos, sino también para garantizar la seguridad alimentaria y prevenir problemas de salud pública

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

1. Al Ministerio de Agricultura y Ganadería, fortalecer las relaciones con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para obtener apoyo técnico que contribuya en la actualización del Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia, y adaptarlo a las nuevas tecnologías de cultivo y reproducción de tilapias, basados en organismos Internacionales. Del mismo modo fortalecer las relaciones con el Ministerio de Salud, para implementar programas de regulación sanitaria que garanticen que los cultivos de tilapias cumplan con los estándares de calidad y seguridad alimentaria para que no representen una amenaza a la salud pública.
2. Al Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, implementar planes de formación continua para acuicultores de tilapias para informarlos y educarlos en el desarrollo de buenas prácticas acuícolas sostenibles que permitan tener cultivos con poco impacto ecológico que pueda dañar la calidad del agua del Lago de Ilopango. También es importante que CENDEPESCA, investigue acerca de nuevas tecnologías que permitan desarrollar cultivos de tilapias óptimos que cumplan con la calidad y rendimientos demandados por los consumidores, sin generar impactos ambientales.
3. A los acuicultores, informarse acerca de la acuicultura sostenible y sus beneficios, para minimizar el uso de componentes que afecten el medio ambiente, en especial la calidad del agua del lago, donde se desarrollan las actividades del cultivo de tilapia.
4. A la población en general, informarse acerca del impacto ambiental que generan la mala manipulación de desechos orgánicos e inorgánicos que se vierten en los recursos hídricos, la repercusión en los ecosistemas acuáticos que los proveen de alimento, hidratación y sustento económico; y el efecto negativo que generan estas malas prácticas en la salud de las personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Biblioteca de la CEPAL. Estadísticas ambientales y de cambio climático para América Latina y el Caribe. [Citado marzo 11 de 2024]
2. FAO.2024. Indicadores para el desarrollo sostenible de los recursos hídricos.
3. GreenFacts. Capítulo 4: El estado del recurso del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos.
4. Boletín Estadístico y Geográfico CONANP. Cruz M. Aguas Superficiales.
5. Protección del Medio Ambiente Tarija PROMETA. Agua superficial y subterránea: Cartilla informativa para industrias. Bolivia. Pag 6, 7.
6. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. SERIE: APRENDAMOS SOBRE LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO. [Citado febrero de 2014].
7. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales Lagos y Lagunas de El Salvador.
8. Ibarra A, Cortez C, Amaya L, Moran R, Ramos R. (2006). El Salvador. ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LAS CUENCAS SUSTENTABLE DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN EL SALVADOR HIDROGRÁFICAS EN EL SALVADOR UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA.
9. Hernández W. (mayo de 2005). El Salvador. Servicio Nacional de Estudios Territoriales Nacimiento y Desarrollo del río Lempa.
10. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2014). EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA LAGO DE COATEPEQUE
11. Dirección General del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, Gerencia de Hidrología. (2022). Calidad de Agua del Lago de Ilopango. El Salvador.
12. Colon A. (2017). Estudio de metales pesados en el lago de Ilopango, El Salvador.
13. FAO.2024. Artículo 6.19 Principios Generales Código de Conducta para la Pesca Responsable
14. FAO. Historia de la Acuicultura Algunos Elementos Básicos de la Acuicultura.

15. Encyclopaedia of Occupational Health & Safety. (2011). Piscicultura y Acuicultura
16. CENDEPESCA. (2008). Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia. El Salvador, Centroamérica.
17. FAO 2024. El Salvador. Póster Manuel F. Oliva. En: Pesca y Acuicultura, Roma [Citado jueves 28 de marzo de 2024].
18. Organización Panamericana de la Salud. (OPS). (2018). A la pesca de un corazón fuerte- Recomendaciones y recetas. Volumen 1, 1 a Edición. Montevideo, Uruguay.