



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE: GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN
UNA GRANJA DE TILAPIA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de ingeniero industrial

AUTOR: Rosa Irene Loor Andrade

TUTOR: Econ. Johanna Paola Founes Merchán, MSc

Guayaquil – Ecuador

2024


**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Rosa Irene Loor Andrade, con documento de identificación N.º 1311447823 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 20 de febrero del año 2024

Atentamente,



Rosa Irene Loor Andrade

1311447823

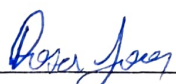
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Rosa Irene Loor Andrade, con documento de identificación No. 1311447823, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnicos: “PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA GRANJA DE TILAPIA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de febrero del año 2024

Atentamente,



Rosa Irene Loor Andrade

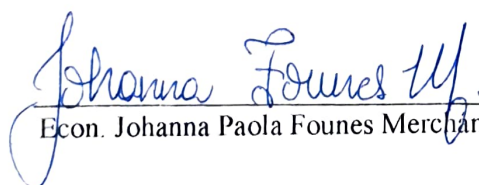
1311447823

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Johanna Paola Founes Merchán, con documento de identificación N.º 0921197232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN EN UNA GRANJA DE TILAPIA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.", realizado por Rosa Irene Loo Andrade con documento de identificación N.º 1311447823, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyectos técnicos que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de febrero del año 2024

Atentamente,


Econ. Johanna Paola Founes Merchán, MSc

0921197232

DEDICATORIA

A mi amada familia, cuyo apoyo incondicional ha sido mi fuerza en este viaje académico. Vuestra presencia ha sido la luz que me ha guiado en los momentos más oscuros, infundiéndome fuerza y esperanza cuando más lo necesitaba.

A cada uno de ustedes, que han compartido mis alegrías, han secado mis lágrimas y han celebrado cada pequeño paso conmigo, les dedico este logro. Su amor, paciencia y aliento constante han sido el motor que impulsó a superar obstáculos y alcanzar mis metas.

Este trabajo es un testimonio de nuestro vínculo inquebrantable y sacrificio compartido que ha hecho posible este logro. Gracias por ser mi inspiración constante y por ser el corazón de mi éxito. Esta victoria es tan suya como mía.

Rosa Irene Loor Andrade

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, cuya guía y bendiciones han sido sustento durante todo este proceso. Su gracia y amor condicional han sido mi fuerza en los momentos de dificultad y mi alegría en momentos de triunfo.

También quiero agradecer a mis amigos y a todas las personas que han sido parte de mi vida y han contribuido de alguna manera en mi crecimiento personal y académico, les estoy profundamente agradecida. Gracias por formar parte de mi historia y por ser parte de este importante capítulo de mi vida.

Rosa Irene Loor Andrade

RESUMEN

La acuicultura de tilapia en la ciudad de Guayaquil enfrenta desafíos significativos en su proceso de producción. Esta granja acuícola busca mejorar su eficiencia operativa y abordar cuestiones relacionadas con la alimentación de los peces, la calidad del agua y la tecnología utilizada. Para comprender mejor el contexto, se presentan los conceptos clave sobre la tilapia. Esta especie de pez es ampliamente criada debido a su rápido crecimiento y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales. Su ciclo de vida incluye etapas como la reproducción, el crecimiento y la cosecha. Además, existen diferentes especies de tilapia, cada una con características específicas. En cuanto a los procesos generales de producción, la granja acuícola debe considerar aspectos como la alimentación, el monitoreo de la calidad del agua y la gestión de las piscinas. La alimentación adecuada es crucial para el crecimiento saludable de los peces. Se deben establecer protocolos específicos para la cantidad y el horario de alimentación, considerando el tamaño y el peso de los peces. La calidad del agua es otro factor determinante en la granja, donde la implementación de sistemas de filtración y purificación para mantener niveles óptimos de oxígeno, pH y nutrientes son esenciales para un óptimo funcionamiento del proceso productivo. Las pruebas regulares del agua son esenciales para ajustar los parámetros según sea necesario. La tecnología también desempeña un papel fundamental. La digitalización de registros y la creación de una base de datos centralizada permitirán un seguimiento más eficiente de la producción. Se utilizó la metodología Six Sigma, específicamente el enfoque DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), que guía las acciones de mejora. En el cual, permitió definir los problemas, recopilar datos, investigar las causas raíz, implementar soluciones basadas en datos y establecer medidas de control. En conclusión, optimizar la producción de tilapia, fortalecer la sostenibilidad económica, ambiental y social de la granja y ofrecer productos de alta calidad a los clientes.

ABSTRACT

Tilapia aquaculture in the city of Guayaquil faces significant challenges in its production process. This aquaculture farm seeks to improve its operational efficiency and address issues related to fish feeding, water quality and the technology used. To better understand the context, key concepts about tilapia are presented. This species of fish is widely bred due to its rapid growth and adaptability to different environmental conditions. Its life cycle includes stages such as reproduction, growth and harvest. In addition, there are different species of tilapia, each with specific characteristics. Regarding general production processes, the aquaculture farm must consider aspects such as feeding, monitoring water quality and managing the pools. Proper feeding is crucial for healthy fish growth. Specific protocols should be established for the amount and timing of feeding, considering the size and weight of the fish. Water quality is another determining factor on the farm, where the implementation of filtration and purification systems to maintain optimal levels of oxygen, pH and nutrients are essential for optimal functioning of the production process. Regular water testing is essential to adjust parameters as necessary. Technology also plays a fundamental role. The digitization of records and the creation of a centralized database will allow for more efficient monitoring of production. The Six Sigma methodology was used, specifically the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) approach, which guides improvement actions. In which, it allowed defining problems, collecting data, investigating root causes, implementing data-based solutions and establishing control measures. In conclusion, optimize tilapia production, strengthen the economic, environmental and social sustainability of the farm and offer high quality products to customers.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
ÍNDICE DE IMÁGENES	XIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.4 GRUPO OBJETIVO BENEFICIADO.....	6
1.5 DELIMITACIÓN	7
1.5.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL	7
1.6 OBJETIVOS.....	7
1.7 OBJETIVO GENERAL	7
1.8 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9

2.1	CULTIVO DE TILAPIA	9
2.1.1	GENERALIDADES	9
2.1.2	ESPECIES DE TILAPIA.....	9
2.1.3	REQUERIMIENTOS AMBIENTALES.....	11
2.1.4	CICLO DE VIDA	12
2.2	PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	13
2.2.1	SELECCIÓN DE REPRODUCTORES	13
2.2.2	PREPARACIÓN DE LOS ESTANQUES	13
2.2.3	ALIMENTACIÓN	14
2.2.4	CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA	15
2.2.5	COSECHA Y PROCESAMIENTO	15
2.2.6	DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA	16
2.3	EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA	17
2.3.1	EFICIENCIA	17
2.3.1.1	PRODUCTIVIDAD.....	17
2.3.1.2	COSTOS DE PRODUCCIÓN	18
2.3.2	SOSTENIBILIDAD.....	18
2.3.3	RECURSOS NATURALES.....	19
2.3.4	IMPACTO AMBIENTAL	20

2.2	METODOLOGÍAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA	20
2.2.1	SIX SIGMA (DMAIC): UNA METODOLOGÍA PARA LA EXCELENCIA EN LA CALIDAD	20
2.2.1.1	LAS ETAPAS DE DMAIC:	20
2.2.1.2	BENEFICIOS DE SIX SIGMA:	22
2.2.2	TECNOLOGÍAS AVANZADAS	22
2.2.3	RECIRCULACIÓN DEL AGUA	23
2.2.4	TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	23
2.3	BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO.....	24
2.2.1	ALIMENTACIÓN	24
2.2.2	CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA	24
	CAPÍTULO III.....	26
	METODOLOGÍA	26
3.1	TIPO DE ESTUDIO.....	27
3.1.1	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	27
3.1.2	INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	27
3.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2.1	MÉTODO CUALITATIVO	27
3.2.2	MÉTODO CUANTITATIVO	29
3.3	HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS.....	31

3.3.1	MÉTODO SIX SIGMA	31
3.3.2	DEFINIR (PROCESOS DE PRODUCCIÓN ACTUAL).....	31
3.3.3	MEDIR.....	33
3.3.4	ANÁLISIS TÉCNICO	33
3.1.1.1	CALIDAD DEL AGUA	29
3.1.1.2	PARÁMETROS IMPORTANTES	29
3.3.5	MEJORA DEL PROCESO	30
3.3.6	CONTROL DEL PROCESO	31
3.3.7	METODOLOGÍA KANBAN	32
3.4	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	32
CAPÍTULO IV		33
RESULTADOS		33
4.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN ACTUAL	33
4.1.1	METODOLOGÍA SIX SIGMA	33
4.1.2	DEFINICIÓN DE PROCESOS ACTUALES	33
4.1.3	MEDICIONES TÉCNICAS (TASA DE CRECIMIENTO, MORTALIDAD Y PESO DE TILAPIA EN COSECHAS) KPI.....	38
4.1.4	MEDICIONES TÉCNICAS (CALIDAD DE AGUA DE LAS PISCINAS) 40	
4.1.5	HALLAZGOS CUALITATIVOS DE ENTREVISTAS Y ENCUESTAS AL PERSONAL. 43	

4.1.6 ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS E INEFICIENCIAS EN EL PROCESO.....	44
4.2 PROPUESTA DE MEJORA.....	45
4.2.1 ESTRATEGIAS DE MANEJO MEJORADO EN ALIMENTACIÓN, MONITOREO DE AGUA E IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA	45
4.2.2 DISEÑO DE SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA Y TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	45
4.2.3 PROPUESTA DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS	47
4.2.4 CONTROL DE PROPUESTA DE MEJORAS.....	49
4.2.5 METODOLOGÍA KANBAN	51
4.3 RESULTADOS ESPERADOS.....	51
4.3.1 INCREMENTO PROYECTADO EN PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA.	52
4.3.2 DISMINUCIÓN PREVISTA DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	52
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables	28
Tabla 2 Banco de preguntas.....	29
Tabla 3 Matriz de datos cuantitativos para evaluación de eficiencia	30
Tabla 4 Parámetros de medición.....	32
Tabla 5 Indicadores.....	29
Tabla 6 Proceso general de producción de tilapia	33
Tabla 7 Diagrama de proceso de cultivo de tilapia.....	34
Tabla 8 Equipos para el cultivo y monitoreo de la tilapia	35
Tabla 9 Equipos para la medición de piscinas.....	42
Tabla 10 Entrevista de campo.....	43
Tabla 11 Estrategia de alimentación	45
Tabla 12 Cantidad de químicos	46
Tabla 13 Sistema de automatización de alimentación de tilapia	48
Tabla 14 Plan de control	49

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación Geográfica	7
Imagen 2: TILAPIA NILOTICA	10
Imagen 3: TILAPIA AUREA	10
Imagen 4: TILAPIA MOSSAMBICA	11
Imagen 5: CICLO DE VIDA	12
Imagen 6: ESTANQUE	14
Imagen 7: Ración Alimenticia	15
Imagen 8: COSECHA.....	16
Imagen 9: Diagrama de flujo del proceso de producción de tilapia	17
Imagen 10: Recirculación del agua.....	19
Imagen 11: Calidad de agua en los estanques	19
Imagen 12: Sistema de monitoreo remoto	23
Imagen 13: Estanque de sedimentación.....	47
Imagen 14: Tablero Kanban.....	51

INTRODUCCIÓN

La tilapia es una especie de pez de agua dulce que se ha convertido en una importante fuente de alimento en todo el mundo. En Ecuador, la tilapia es una de las especies de peces de cultivo más relevantes, con una producción anual de aproximadamente 100.000 toneladas.

La producción de tilapia es un proceso complejo que implica una serie de etapas, desde la producción y el cultivo de los alevines hasta la cosecha y el procesamiento de los peces adultos. Cada etapa de este proceso tiene un impacto en la eficiencia y la rentabilidad de la producción.

Los procesos de producción en las granjas de tilapia ecuatorianas pueden ser optimizadas para mejorar la eficiencia, la productividad, la calidad y rentabilidad de la producción. La optimización de los procesos puede ayudar a las granjas ecuatorianas de tilapia a enfrentar los desafíos que enfrentan, como la competencia de las importaciones, la volatilidad de los precios y la sostenibilidad ambiental.

En esta situación, la cría de tilapia surge como una actividad fundamental, proporcionando una fuente valiosa de proteínas y nutrientes esenciales para la población mundial. La ciudad de Guayaquil, con su rica tradición acuícola y ubicación estratégica, desempeña un papel significativo en esta empresa, albergando numerosas granjas de producción de tilapia que contribuyen a la economía local y a la provisión de alimentos.

Sin embargo, el éxito continuado y la viabilidad a largo plazo de la producción de tilapia en Guayaquil enfrentan desafíos multifacéticos. La necesidad de satisfacer la demanda creciente mientras se mantiene un enfoque en la conservación de los recursos naturales y la mitigación de los impactos ambientales se ha convertido en una prioridad incuestionable. En este contexto, la optimización de los procesos de producción en las granjas de tilapia es esencial.

La mejora de la eficiencia operativa puede aumentar la productividad y reducir los costos, y también puede ayudar a prevenir problemas. La huella ecológica y fortalecer la sostenibilidad de toda la cadena de suministro.

Al evaluar y mejorar la eficiencia en diversas etapas, desde la cría y alimentación de los peces hasta el procesamiento y distribución del producto final, se busca no solo aumentar la producción, sino también reducir el consumo de recursos y la generación de residuos. Además, se pretende establecer un equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales de la producción de tilapia, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la región. Los resultados de este estudio se espera que sean útiles tanto para la comunidad académica como para la industria acuícola en Guayaquil.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

El cultivo de tilapia es una actividad importante en el Ecuador, con una producción anual que alcanza las 200,000 toneladas. La tilapia fue introducida al país en la década de 1960, pero su cultivo comercial no comenzó hasta la década de 1980. La producción de tilapia en el país ha experimentado un crecimiento significativo, convirtiéndose en una de las especies acuícolas más importantes.

El cultivo de tilapia es un proceso complejo que involucra una serie de etapas. Desde la selección de los reproductores, la preparación de los estanques, la alimentación de los peces, el control de la calidad del agua, hasta la cosecha y el procesamiento.

El Ecuador cuenta con las condiciones climáticas y ambientales ideales para el cultivo de tilapia, que es una especie de agua dulce que requiere temperaturas entre 25 y 30 grados centígrados. Según el Ministerio de Producción, las provincias de Manabí, Guayas y Los Ríos son los principales productores de tilapia en el país. Estas provincias cuentan con las condiciones climáticas y ambientales óptimas para el cultivo de esta especie, así como con una infraestructura adecuada para el desarrollo de la actividad acuícola.

En Guayaquil, el cultivo de tilapia es una actividad importante que contribuye a la economía local. La ciudad cuenta con una infraestructura adecuada para el desarrollo de esta actividad, incluyendo centros de acopio, plantas procesadoras y mercados.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La cría de tilapia en las granjas de Guayaquil desempeña un papel esencial en la provisión de proteínas y en el desarrollo económico de la región. No obstante, a medida que la demanda de alimentos continúa aumentando y los recursos naturales se vuelven más limitados, es imperativo cuestionar la eficiencia y sostenibilidad de los procesos de producción actuales. A pesar de los avances en las tecnologías acuícolas y las prácticas de manejo, persisten desafíos significativos que amenazan tanto la productividad como el equilibrio ambiental.

Uno de los desafíos principales radica en la optimización de los procesos de producción en las granjas de tilapia. Las prácticas tradicionales y en muchos casos obsoletos conduciendo a ineficiencias en la utilización de recursos como el agua y el alimento, elevando los costos de producción y generando residuos innecesarios.

La falta de enfoque en la optimización y la sostenibilidad en la producción de tilapia puede conducir a una serie de problemas interrelacionados, como el agotamiento de los recursos hídricos, la contaminación de los cuerpos de agua, la pérdida de biodiversidad y la volatilidad económica para los productores. Además, la comunidad local y la sociedad en general pueden verse afectadas por la degradación ambiental y la inseguridad alimentaria.

Por lo tanto, la necesidad de abordar cómo mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los procesos de producción en una granja de tilapia en Guayaquil. Es esencial investigar cómo las prácticas actuales pueden ser evaluadas, rediseñadas y optimizadas para lograr un equilibrio entre la maximización de la producción y la conservación de los recursos naturales, al tiempo que se garantiza la viabilidad económica y el bienestar social.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La tilapia es una especie de pez de agua dulce que se ha convertido en una importante fuente de alimento y proteína para la humanidad. Es un pez de gran valor nutricional, ya que es rico en proteínas, vitaminas y minerales. Además, es un pez de rápido crecimiento y fácil adaptación, lo que lo hace ideal para la producción acuícola.

En Ecuador, el cultivo de tilapia es una actividad importante que contribuye a la economía y la nutrición del país. Guayaquil es una ciudad con un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, ya que cuenta con una ubicación geográfica favorable, un clima adecuado, disponibilidad de agua y una infraestructura vial y portuaria.

La optimización de los procesos de producción en una granja de tilapia puede mejorar la eficiencia, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad del sistema productivo. Esto se puede lograr mediante la implementación de nuevas tecnologías y técnicas, así como la adopción de mejores prácticas de gestión.

Existen pocos estudios sobre la optimización de los procesos de producción en una granja de tilapia en la ciudad de Guayaquil. Por lo tanto, se requiere generar conocimiento científico y técnico que oriente las decisiones y las prácticas de los productores.

Algunos de los beneficios potenciales de la optimización de los procesos de producción de tilapia en Guayaquil incluyen:

- Incremento de la producción de tilapia: Esto puede ayudar a satisfacer la demanda creciente de este producto en el mercado nacional e internacional.
- Mejora de la calidad de la tilapia: Esto puede aumentar el valor agregado del producto y mejorar su competitividad.

- Reducción de los costos de producción: Esto puede mejorar la rentabilidad de las granjas de tilapia.
- Reducción del impacto ambiental: Esto puede contribuir a la conservación de los recursos naturales y al desarrollo sostenible.

Este conocimiento puede ayudar a las granjas de tilapia de Guayaquil a mejorar su productividad, rentabilidad y sostenibilidad. Esto, a su vez, puede contribuir al desarrollo económico y social de la ciudad.

1.4 GRUPO OBJETIVO BENEFICIADO

Los productores de tilapia se beneficiarán de los resultados de la investigación, ya que les ayudará a mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de sus operaciones. Esto les permitirá aumentar sus ingresos, reducir sus costos y mejorar su impacto ambiental.

Los consumidores de tilapia se beneficiarán de los resultados de la investigación, por el hecho de que tendrán acceso a un producto de mayor calidad y a un precio más competitivo.

La sociedad en general se beneficiará de los resultados de la investigación, por el hecho de que ayudará a promover el desarrollo sostenible de la acuicultura. La acuicultura es una actividad que puede contribuir a la seguridad alimentaria, al desarrollo rural y a la conservación de los recursos naturales.

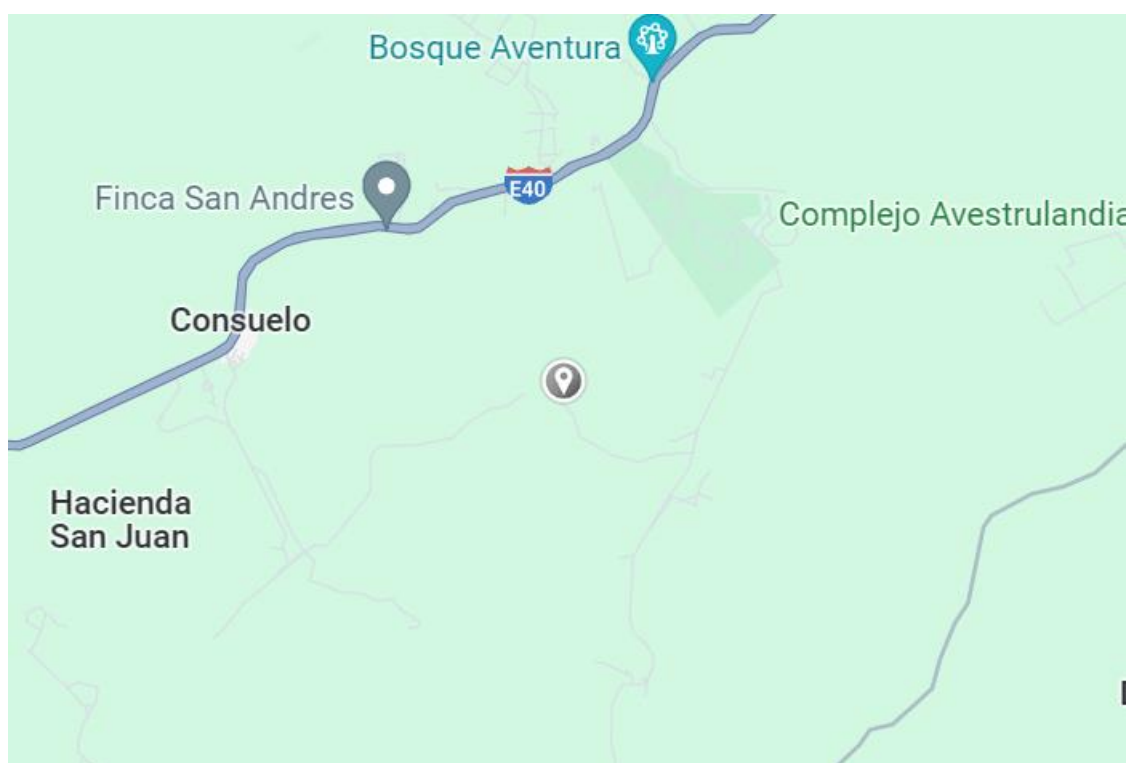
La autora de la presente tesis adquirirá conocimientos y habilidades en el campo de la acuicultura y la ingeniería industrial. Estos conocimientos y habilidades serán útiles en la carrera profesional, permitiéndome también adquirir el título de ingeniero industrial.

1.5 DELIMITACIÓN

1.5.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La granja acuícola de tilapia está ubicada en el km 25 vía Chongón en las afueras de la ciudad de Guayaquil. Los datos de ubicación precisa son confidenciales por parte de la empresa dueña de la granja acuícola.

Imagen 1: *Ubicación Geográfica*



Fuente: Google Maps

1.6 OBJETIVOS

1.7 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y proponer estrategias de optimización de los procesos de producción en una granja de tilapia en Guayaquil, con el fin de mejorar significativamente la eficiencia operativa y fortalecer la sostenibilidad económica, ambiental y social de la operación.

1.8 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar en detalle los procesos de producción actuales en la granja de tilapia en Guayaquil, identificando puntos críticos de ineficiencia y oportunidades de mejora.
- Proponer tecnologías avanzadas y prácticas de manejo que puedan ser implementadas en la granja para optimizar la cría, alimentación, monitoreo y procesamiento de la tilapia.
- Diseñar estrategias de recirculación del agua y tratamiento de efluentes que reduzcan la contaminación y el consumo de agua en la granja.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CULTIVO DE TILAPIA

2.1.1 GENERALIDADES

La tilapia es un pez perciforme de la familia Cichlidae, nativa de África y Asia. Es una especie omnívora de crecimiento rápido y adaptable a una amplia gama de condiciones ambientales, convirtiéndola así en una de las especies de peses más importantes a nivel mundial.

El cultivo de tilapia es una práctica acuícola que ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, convirtiéndose en una fuente clave de proteínas para muchas comunidades. Es conocida por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, lo que la hace adecuada para una variedad de sistemas de cultivos, desde estanques hasta sistemas avanzados de recirculación de agua (Sanjit Chandra, 2023). Este fenómeno ha contribuido a su popularidad en la acuicultura a nivel mundial.

La demanda creciente de tilapia se debe a su reputación como fuente de proteínas magras y su rápida tasa de crecimiento en comparación con otras especies. La versatilidad de la tilapia la ha convertido en un componente valioso para la seguridad alimentaria en diversas regiones.

2.1.2 ESPECIES DE TILAPIA

Dentro del género tilapia existen más de 100 especies, de las cuales varias son de gran interés para la acuicultura, entre las cuales se destacan tilapia nilótica, tilapia aurea y tilapia mossambica (FAO, 2023). La elección de la especie de tilapia para un cultivo específico puede depender de factores como las condiciones ambientales, preferencias del mercado y la

resistencia a enfermedades específicas. Cada especie tiene sus propias características distintivas, lo que permite a los productores adaptar su elección a las condiciones de su entorno.

Imagen 2: *Tilapia Nilótica*



Fuente: (FAO, 2023)

Imagen 3: *TILAPIA AUREA*



Fuente: (FAO, 2023)

Imagen 4: *Tilapia Mossambica*



Fuente: (FAO, 2023)

2.1.3 REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

El éxito del cultivo de tilapia depende en gran medida de la gestión adecuada de los requerimientos ambientales. Estos incluyen parámetros críticos como la temperatura del agua, el pH, la concentración de oxígeno disuelto y la salinidad. La tilapia muestra una notable adaptabilidad, pero mantener estos parámetros dentro de rangos óptimos es esencial para garantizar un entorno propicio para su crecimiento y reproducción. (Stickney, 2022)

Esta especie es nativa de agua dulce, pero es capaz de tolerar una amplia gama de condiciones ambientales. La temperatura óptima para su cultivo es de 25° a 30 °C. La tilapia es capaz de tolerar temperaturas de hasta 35 °C, pero el crecimiento y la reproducción se ralentizan a temperaturas superiores a 32 °C (Noriega y otros, 2020). Además, el nivel de salinidad que puede tolerar la tilapia es de 10 g/L. Sin embargo, el crecimiento y reproducción se afectan con salinidades superiores a 5 g/L (Paredes & Mendoza, 2022).

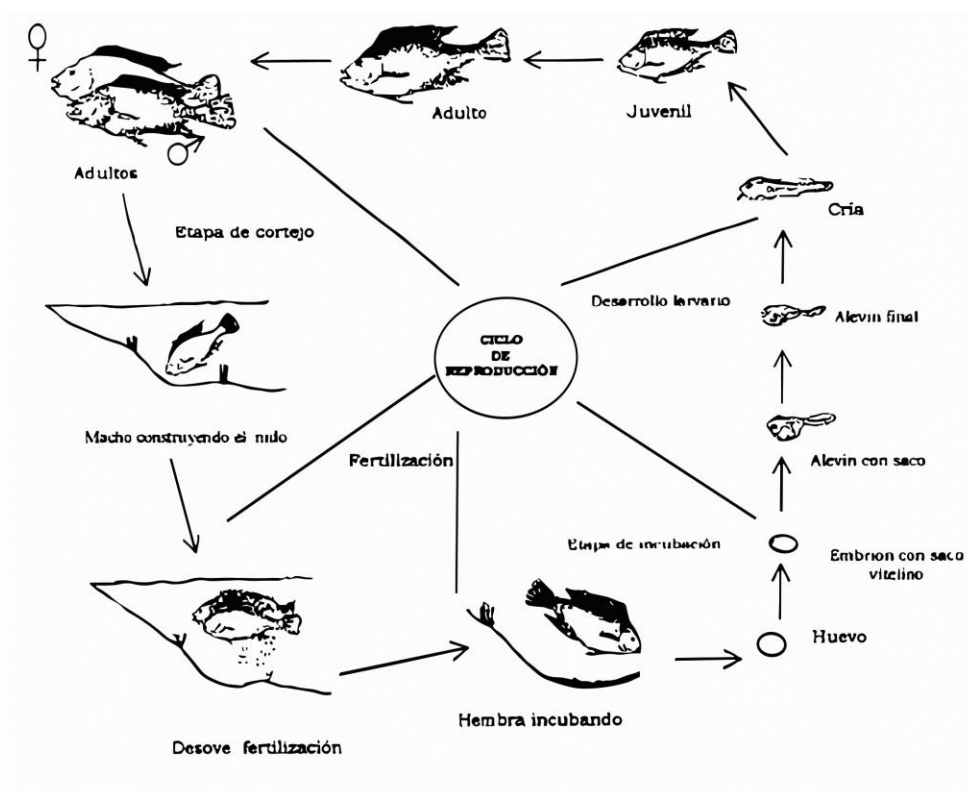
2.1.4 CICLO DE VIDA

El ciclo de vida de la tilapia abarca varias etapas, desde la reproducción hasta la cosecha. La fase de reproducción generalmente se lleva a cabo en estanques específicos o sistemas de control, seguida por el crecimiento en estanques de cultivo o tanques de recirculación. (M.C. Ndong, 2022)

Este ciclo se divide en tres etapas:

- Etapa huevo
- Etapa de larva
- Etapa juvenil

Imagen 5: *Ciclo de Vida*



Fuente: (FAO, 2023).

Comprender estas etapas es fundamental para implementar estrategias de manejo efectivas en cada fase del ciclo, optimizando así el rendimiento del cultivo.

2.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

2.2.1 SELECCIÓN DE REPRODUCTORES

La selección de reproductores en la acuicultura de tilapia es un proceso crítico que influye directamente en la calidad genética de la progenie y, por ende, en el rendimiento del cultivo. Se busca elegir individuos con características deseables, como resistencia a enfermedades, tasa de crecimiento y eficiencia alimentaria.

La diversidad genética es esencial para prevenir la consanguinidad y mantener la vigorosidad de la población. Estrategias como la implementación de programas de mejoramiento genético contribuyen a optimizar la selección de reproductores, promoviendo características genéticas beneficiosas para la producción de tilapia.

2.2.2 PREPARACIÓN DE LOS ESTANQUES

La preparación adecuada de los estanques de cultivo es fundamental para garantizar un entorno adecuado para el desarrollo saludable de la tilapia (Martínez, P., 2017). Esto implica la adecuación del suelo, la nivelación del terreno y la implementación de sistemas de drenaje eficientes.

Un suelo bien preparado favorece la retención de agua y reduce la sedimentación, mejorando así la calidad del agua en los estanques. La nivelación del terreno facilita la distribución uniforme del agua, mientras que los sistemas de drenaje evitan el estancamiento y promueven la renovación del agua, reduciendo riesgos de enfermedades. (Macías & Chicharro, 2023)

Imagen 6: *Estanque*

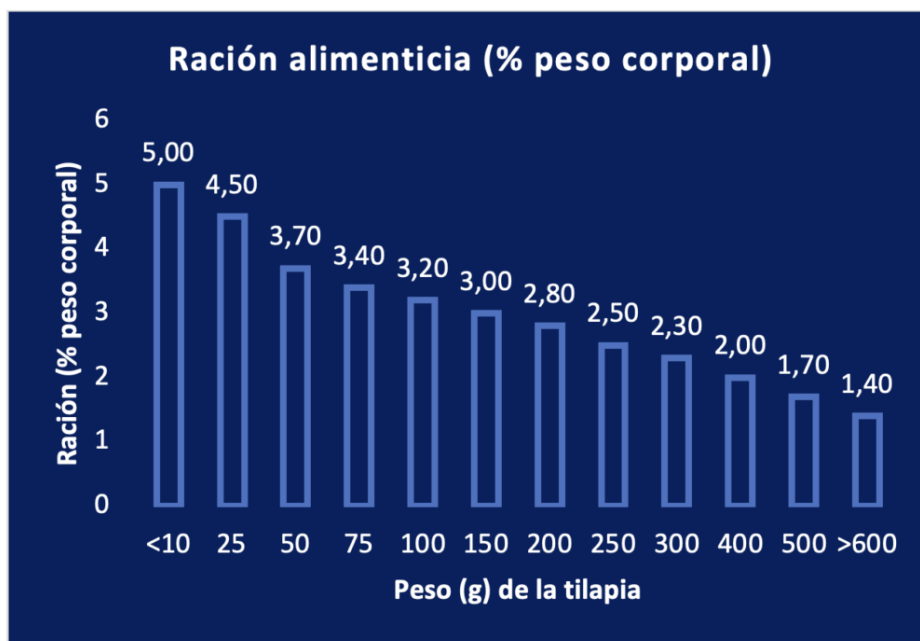
Fuente: (FAO, 2023)

2.2.3 ALIMENTACIÓN

La alimentación balanceada es esencial para el óptimo crecimiento y desarrollo de la tilapia. Las dietas deben ser formuladas considerando las necesidades nutricionales específicas de cada etapa de vida del pez (Huang, Y. et al., 2019). Esto implica la selección de ingredientes adecuados que proporcionen proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales en las cantidades correctas.

La implementación de tecnologías avanzadas en la formulación de alimentos, como la inclusión de enzimas digestivas y aditivos nutricionales, puede mejorar la eficiencia de conversión alimentaria y reducir los residuos.

Imagen 7: *Ración Alimenticia*



Fuente: (DeltLABS, s.f.)

2.2.4 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

El monitoreo constante de la calidad del agua es esencial para prevenir problemas de salud en los peces. Parámetros como la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno disuelto y el amoníaco deben ser controlados regularmente (Li, S. et al., 2018).

El control de la calidad del agua puede realizarse mediante sensores automáticos, lo que permite una respuesta inmediata a cambios en los parámetros. Un agua de calidad óptima mejora la salud de los peces y contribuye al éxito general del cultivo.

2.2.5 COSECHA Y PROCESAMIENTO

La fase de cosecha y procesamiento marca el final del ciclo de producción. Estrategias eficientes de cosecha incluyen métodos no estresantes, como el uso de redes adecuadas, para evitar daños a los peces y mantener la calidad del producto final (García, R., 2016).

El procesamiento debe llevarse a cabo de manera rápida y cuidadosa para preservar la frescura y calidad del pescado. La implementación de tecnologías modernas de procesamiento mejora la eficiencia y la seguridad alimentaria.

Imagen 8: *Cosecha*

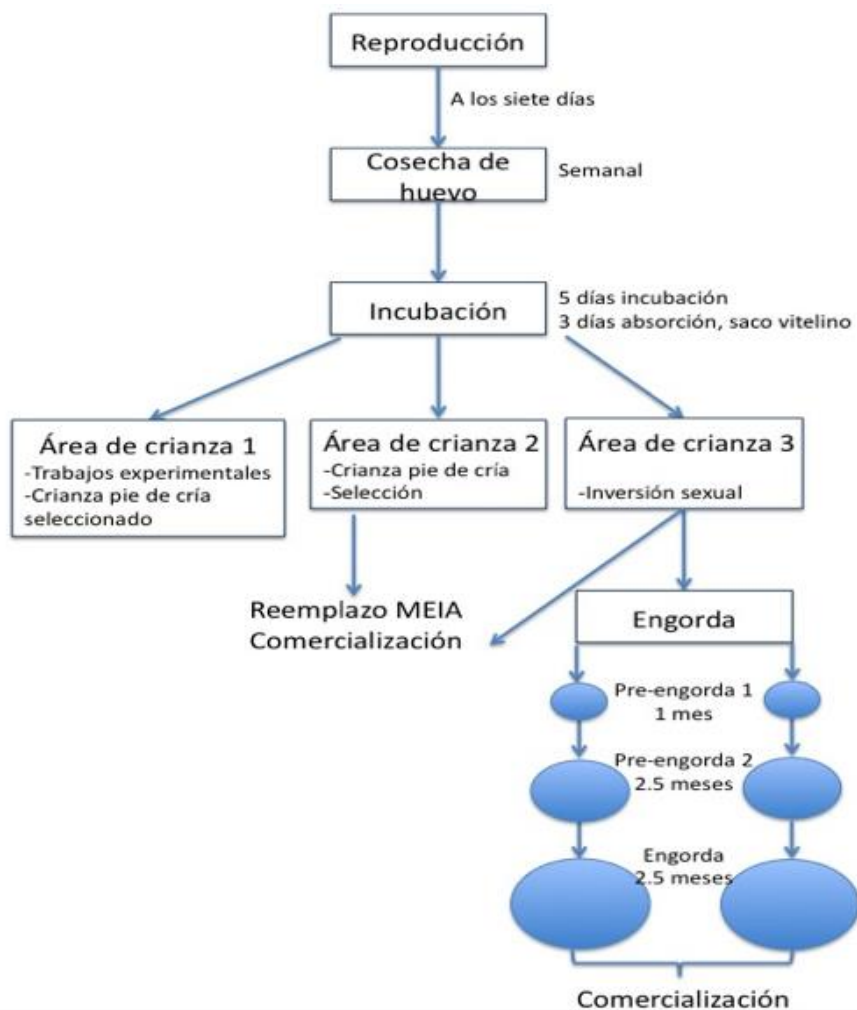


Fuente: Google Imágenes

2.2.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA

El diseño de un diagrama de flujo detallado permite visualizar y optimizar cada etapa del proceso de producción de tilapia (Jones, C. et al., 2019). Este diagrama puede incluir desde la preparación de estanques hasta la fase de procesamiento y envasado.

Imagen 9: Diagrama de flujo del proceso de producción de tilapia



Fuente: (FAO, 2023)

2.3 EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA

2.3.1 EFICIENCIA

2.3.1.1 PRODUCTIVIDAD

La productividad en la acuicultura de tilapia se mide mediante indicadores clave, como la tasa de crecimiento, la conversión alimentaria y la uniformidad del tamaño de los peces (Brown, J. et al., 2015). Estrategias de manejo eficientes contribuyen a mejorar estos indicadores, lo que da como resultado una producción más rentable.

La selección cuidadosa de reproductores, el monitoreo preciso de la alimentación y la gestión efectiva de la calidad del agua son aspectos esenciales para mejorar la productividad. Además, la aplicación de tecnologías avanzadas en la genética y la alimentación puede optimizar estos indicadores.

2.3.1.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

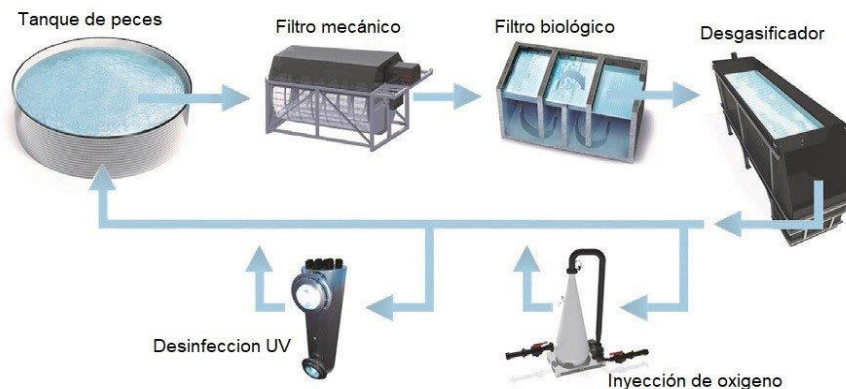
La optimización de los costos de producción es crucial para la sostenibilidad económica del cultivo de tilapia. Estrategias que incluyen la mejora de la eficiencia en la alimentación, la gestión de insumos y la reducción de desperdicios pueden influir positivamente en los costos operativos (Sánchez, G., 2018).

La implementación de tecnologías que mejoren la eficiencia en la conversión alimentaria y reduzcan la dependencia de insumos costosos puede contribuir a la rentabilidad a largo plazo.

2.3.2 SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad en la producción de tilapia implica la gestión equilibrada de aspectos ambientales, sociales y económicos. La adopción de prácticas que minimizan el impacto ambiental y contribuyen al bienestar social y económico, local es esencial (Chen, Z. et al., 2021).

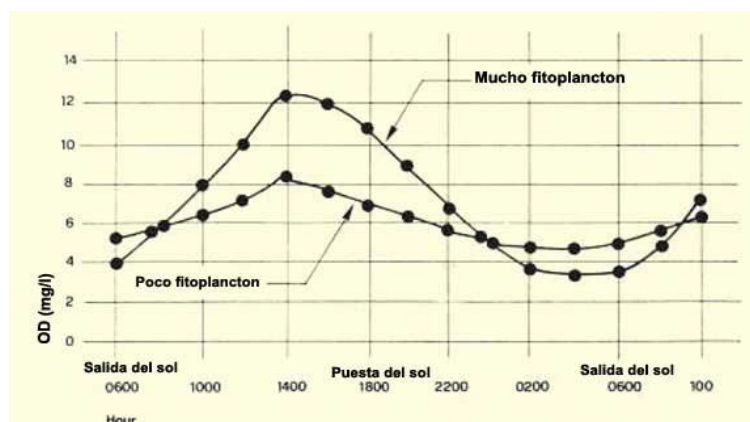
La certificación por parte de organismos reconocidos por prácticas sostenibles puede ser un indicador positivo para los consumidores y mejorar la posición en el mercado.

Imagen 10: *Recirculación del agua*

Fuente: Google Imágenes

2.3.3 RECURSOS NATURALES

La gestión sostenible de los recursos naturales en la acuicultura de tilapia es esencial para minimizar el impacto ambiental. Estrategias que incluyen la reutilización eficiente del agua y la conservación del suelo contribuyen a la conservación de recursos valiosos (Nguyen, H. et al., 2017). La implementación de sistemas de manejo integrado que consideren los aspectos ecológicos y sociales es clave para garantizar la preservación de los recursos naturales a largo plazo.

Imagen 11: *Calidad de agua en los estanques*

Fuente: (FAO, 2023)

2.3.4 IMPACTO AMBIENTAL

El cultivo de tilapia puede tener impactos ambientales significativos, especialmente en términos de efluentes y uso de recursos. Estrategias de tratamiento de efluentes, como la implementación de sistemas de infiltración y lagunas de fitorremediación, pueden reducir la contaminación del agua y minimizar el impacto ambiental (Rodríguez, A. et al., 2020).

La monitorización constante del impacto ambiental a través de evaluaciones periódicas es esencial para ajustar las prácticas y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

2.2 METODOLOGÍAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA

2.2.1 SIX SIGMA (DMAIC): UNA METODOLOGÍA PARA LA EXCELENCIA EN LA CALIDAD

La metodología Six Sigma es un enfoque sistemático y altamente efectivo utilizado por organizaciones de todo el mundo para mejorar la calidad de sus procesos y productos. Su objetivo principal es reducir la variabilidad y los defectos, lo que a su vez conduce a una mayor satisfacción del cliente y una mayor eficiencia operativa (Jirasukprasert, 2018).

2.2.1.1 LAS ETAPAS DE DMAIC:

1. Definir (Define):

- En esta fase, se identifica el problema o la oportunidad de mejora. Se establecen los objetivos del proyecto y se crea un equipo multidisciplinario.
- La pregunta clave: ¿Qué problema queremos resolver y cómo afecta a nuestros clientes o procesos?

2. Medir (Measure):

- Se recopilan datos relevantes para comprender el rendimiento actual del proceso. Esto implica la creación de un mapa de flujo, la identificación de puntos críticos y la medición de indicadores clave.
- La pregunta clave: ¿Cómo estamos funcionando actualmente y cuál es la magnitud del problema?

3. Analizar (Analyze):

- Aquí se investigan las causas raíz de los problemas. Se utilizan herramientas estadísticas y análisis detallado para identificar patrones y relaciones.
- La pregunta clave: ¿Por qué ocurren los problemas y qué factores contribuyen a ellos?

4. Mejorar (Improve):

- Se implementan soluciones basadas en datos para abordar las causas raíz identificadas. Esto puede incluir cambios en procesos, capacitación del personal o ajustes en la tecnología.
- La pregunta clave: ¿Qué acciones específicas podemos tomar para mejorar?

5. Controlar (Control):

- Se establecen medidas para mantener las mejoras a largo plazo. Esto implica la creación de planes de control, monitoreo continuo y capacitación del personal.
- La pregunta clave: ¿Cómo aseguramos que las mejoras se mantengan y no haya una recaída?

2.2.1.2 BENEFICIOS DE SIX SIGMA:

- **Reducción de defectos:** Six Sigma se centra en reducir la variabilidad y, por lo tanto, los defectos en los productos o servicios (Garza-Reyes, 2015).
- **Mejora de la satisfacción del cliente:** Al ofrecer productos más confiables y consistentes, las organizaciones pueden aumentar la satisfacción de sus clientes.
- **Eficiencia operativa:** La metodología Six Sigma ayuda a eliminar procesos ineficientes y a optimizar re

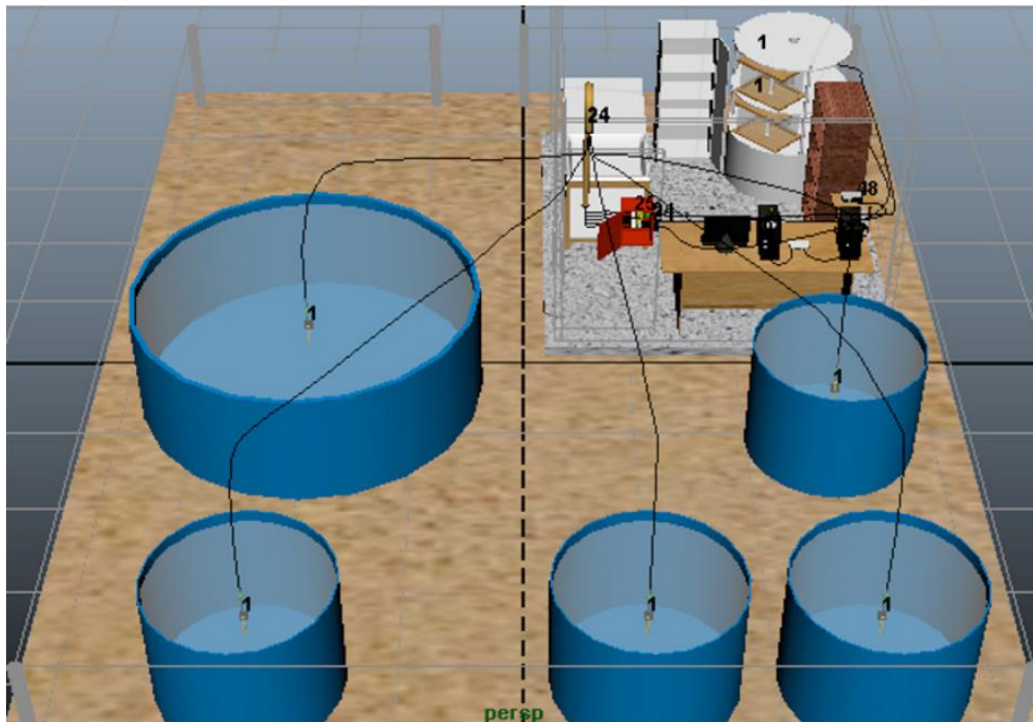
2.2.2 TECNOLOGÍAS AVANZADAS

La aplicación de tecnologías avanzadas en el cultivo de tilapia ha experimentado avances significativos en las últimas décadas. La genómica, por ejemplo, se ha utilizado para mejorar la selección de reproductores mediante la identificación de marcadores genéticos asociados con características deseables, como la resistencia a enfermedades y la tasa de crecimiento (Li, J. et al., 2019).

La incorporación de tecnologías de monitoreo automatizado, como sistemas de videovigilancia y sensores inteligentes, también ha demostrado ser eficaz para optimizar la gestión de parámetros críticos, como la calidad del agua y el comportamiento de los peces.

En los últimos años se han efectuado sistemas de monitoreo en la acuicultura en los países nórdicos, donde se han aplicados sensores de traspaso de luz, cuya finalidad sea el monitoreo y control de cohesión de la creación de biomasa de microalgas en grandes tanques tubulares. Cuyos resultados evidenciaron comportamientos de desarrollo y variables de entorno que extienden la cosecha de microalgas por la instalación del monitoreo constante (Flores & Aracena, Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques, 2018). Este tipo de tecnología sería apropiado para el mercado de cultivos de tilapias.

Imagen 12: *Sistema de monitoreo remoto*



Fuente: (Flores & Aracena, 2018)

2.2.3 RECIRCULACIÓN DEL AGUA

Los sistemas de recirculación de agua han ganado popularidad en la acuicultura de tilapia debido a su eficiencia en el uso del agua y la reducción de impactos ambientales. Estos sistemas reciclan y purifican el agua, minimizando la necesidad de grandes volúmenes de agua fresca y disminuyendo los riesgos de contaminación (Xu, Y. et al., 2016).

La implementación de sistemas de biofiltración, que utilizan microorganismos para descomponer los residuos orgánicos, puede mejorar aún más la calidad del agua y garantizar condiciones óptimas para el cultivo de tilapia.

2.2.4 TRATAMIENTO DE EFLUENTES

El tratamiento efectivo de efluentes es esencial para mitigar el impacto ambiental de las granjas de tilapia. Estrategias como la fitorremediación, que utiliza plantas para filtrar

contaminantes del agua, son altamente eficaces en la reducción de la carga contaminante de los efluentes (Liu, Q. et al., 2017).

Además, la aplicación de sistemas de sedimentación y filtración mecánica puede ayudar a retener partículas sólidas y mejorar la calidad del efluente liberado al medioambiente.

2.3 BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO

2.2.1 ALIMENTACIÓN

El manejo adecuado de la alimentación en la producción de tilapia es un factor clave para asegurar el crecimiento saludable y eficiente de los peces. La adopción de buenas prácticas en este aspecto comienza con la selección de ingredientes de alta calidad y la formulación precisa de las dietas, considerando las necesidades nutricionales específicas de cada etapa de desarrollo de la tilapia (Chen et al., 2020).

La calidad de la alimentación no solo influye en el crecimiento, sino también en la salud general de los peces. La monitorización constante del comportamiento alimentario, junto con la adaptación de las cantidades y frecuencias de alimentación según las condiciones específicas del cultivo, contribuye significativamente a la eficiencia en la conversión alimentaria y al bienestar de los peces.

Además, la implementación de tecnologías avanzadas en la formulación de alimentos, como la inclusión de enzimas digestivas y aditivos nutricionales, puede mejorar aún más la eficiencia de la alimentación y reducir los residuos.

2.2.2 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

El control efectivo de la calidad del agua es esencial para el éxito de la producción de tilapia. Esta práctica implica la monitorización regular de parámetros clave, como la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno disuelto y la salinidad (Huang, X. et al., 2018).

La calidad del agua no solo afecta el entorno en el que los peces se desarrollan, sino que también influye en su salud y comportamiento. La implementación de buenas prácticas implica no solo la medición de factores fisicoquímicos, sino también la observación cuidadosa del comportamiento de los peces. La detección temprana de posibles problemas de salud mediante la evaluación del comportamiento y la apariencia de los peces contribuye a un manejo proactivo y a la prevención de enfermedades.

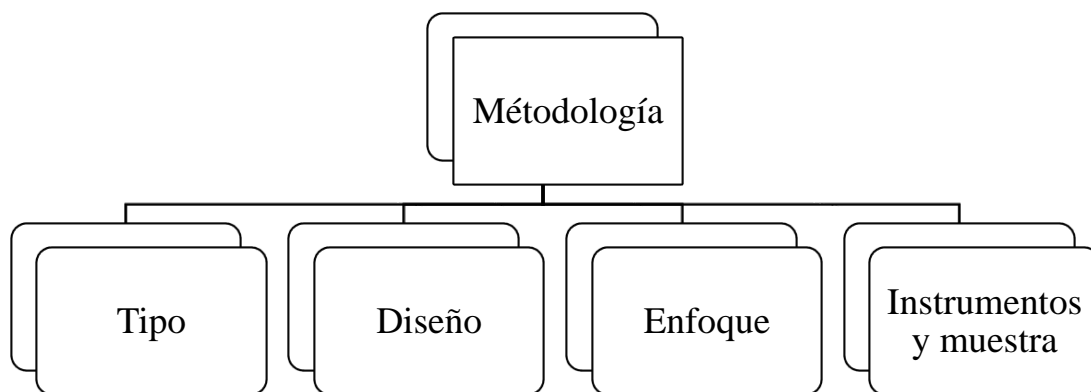
CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El presente capítulo muestra el procedimiento metodológico que se maneja para la elaboración de los estudios de investigación. Este campo, modela la manera ordenada de trabajar para generar propuesta de soluciones a la problemática presentadas. En tal aspecto, Escudero & Cortez (2018) señalan que “Todo proyecto de investigación requiere del campo metodológico, como herramienta para viabilizar los problemas formulados” (p. 15).

Los autores citados en el párrafo precedente manifiestan la necesidad de utilizar técnicas organizadas para exponer el trabajo desarrollado. En este sentido Hernández & Mendoza (2018) afirman que la estructura metodológica de investigación como: tipo, diseño, enfoque e instrumentos (Figura 1).

Figura 1: Estructura metodológica



Fuente: Hernández & Mendoza (2018)

3.1 TIPO DE ESTUDIO

En esta investigación, se aplicará un enfoque de diseño experimental para comprender y evaluar críticamente los procesos de producción en la granja de tilapia en Guayaquil. Este diseño permitirá manipular variables específicas, analizar resultados y establecer relaciones causa-efecto (Arias & Covinos, 2021), contribuyendo así a la identificación de áreas de mejora.

3.1.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se opta por un diseño experimental para establecer comparaciones entre las prácticas actuales y estrategias propuestas. Esto permitirá una evaluación precisa de la eficacia de las intervenciones y la identificación de posibles mejoras en términos de mejora operativa y sostenibilidad (Cabezas y otros, 2018).

3.1.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La investigación de campo implicará la recopilación directa de datos en la granja. Mediante observaciones in situ (Arévalo y otros, 2020), entrevistas con el personal y recolección de muestras, se obtendrá una comprensión profunda de los procesos y condiciones únicas de la granja.

3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 MÉTODO CUALITATIVO

La inclusión de un método cualitativo permitirá capturar percepciones, experiencias y opiniones del personal de la granja de tilapia (Piza y otros, 2019). Se realizarán entrevistas semiestructuradas y grupos focales para obtener datos cualitativos significativos y enriquecer la interpretación de los resultados.

Tabla 1: Operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensiones	Indicadores	Preguntas	Técnica e instrumento
Dependiente: Producción de tilapia	Conjunto de operaciones que la organización realiza y que permite convertir las larvas en tilapias para vender al mercado	Acciones que involucra la siembra de larvas para obtener como resultado la pesca de tilapias	Proceso de actividades piscícola	Limpieza	¿Cómo es el proceso de limpieza y tratamiento para la preparación de las piscinas?	Entrevista y cuestionario
				Agua	¿Cuál es el rango del pH que presenta el agua de las piscinas del estudio?	
				Temperatura	¿Cuál es el rango de la temperatura que presenta el agua de las piscinas del estudio?	
			Control	Consumo de alimento	¿Cómo determina la cantidad de alimento y tipo de ingredientes que necesita cada piscina?	
				Incremento de peso	¿De acuerdo a los registros históricos, las tilapias alcanzan su peso esperado?	
				Tamaño de tilapia	¿De acuerdo a los registros históricos, las tilapias alcanzan el tamaño esperado?	
				Mortalidad	¿De acuerdo a los registros históricos, las tilapias no exceden el límite de mortandad esperados?	
Independiente: Optimización de procesos	Estrategia que involucra la adecuación de diferentes procesos cuya finalidad es aumentar la eficiencia, minimizar tiempo y disminuir costes.	Mejorar resultados mediante la incorporación de tecnología y disminución de costos	Buenas Prácticas de manejo	Personal calificado	¿El responsable de asignar cantidad e ingredientes de alimentos para la piscina tiene es biólogo marino?	Entrevista y cuestionario
				Tamaño inicial- final	Considera cambios químicos y biológicos para lograr mejor tamaño de la tilapia	
				Peso inicial - final	Considera cambios químicos y biológicos para lograr mejor peso de la tilapia	
			Costos	Equipos	¿La organización cuenta con sistema automatizado de alimentación?	
				Área contable	¿Los responsables del área contable asisten, controlan y supervisan el trabajo operativo en las piscinas?	
				Indicadores de control	¿Se utilizan KPI o algún otro indicador de control?	

Elaboración: Loor Andrade

De igual forma, se establecieron preguntas puntuales en relación a los indicadores señalados, estos indicadores son el resultado de las dimensiones que derivaron de las variables establecidas. Cada pregunta se relaciona con el volumen y pH del agua, peso, tamaño y alimento para las tilapias, niveles de nutrientes y costo de alimento.

Tabla 2 Banco de preguntas

Número de Pregunta	Pregunta	Tipo de Información Esperada
1	Presentación del entrevistador y propósito de la entrevista. ¿Consentimiento informado? ¿Cuánto tiempo has trabajado en la granja?	Asegurarse de que el entrevistado comprenda el propósito y garantizar la confidencialidad.
2	¿Cuáles son tus responsabilidades principales?	Antecedentes y roles laborales del entrevistado.
3	¿Cuáles son los principales procesos de producción en la granja? ¿Describir el ciclo de vida de la tilapia en la granja?	Conocimiento sobre los procesos de producción y ciclo de vida de la tilapia.
4	¿Existen áreas específicas en los procesos de producción que consideras ineficientes? ¿Problemas recurrentes?	Identificación de puntos críticos e ineficiencias en los procesos.
5	¿Cómo evalúas la efectividad de las tecnologías actuales en la granja? ¿Prácticas de manejo exitosas o problemáticas?	Percepciones sobre la eficacia de las tecnologías y prácticas actuales.
6	¿Tienes alguna sugerencia para mejorar la eficiencia en los procesos? ¿Cómo podríamos implementar cambios de manera efectiva?	Propuestas y posibles soluciones para optimizar los procesos.

Elaboración: Loor Andrade

3.2.2 MÉTODO CUANTITATIVO

Se empleará este método para recopilar datos numéricos objetivos que respalden el análisis de eficiencia y rendimiento, la medición de variables como tasa de crecimiento, la conversión alimentaria y los costos de producción proporcionará una base sólida para evaluar el impacto de las estrategias propuestas.

Tabla 3 Matriz de datos cuantitativos para evaluación de eficiencia

Categoría	VARIABLES/INDICADORES	MÉTODOS DE MEDICIÓN
Características Generales	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie total de la piscina. - Volumen de agua utilizado en la piscina. 	<ul style="list-style-type: none"> - Medición directa de la superficie de la piscina. - Medición directa del volumen de agua.
VARIABLES de Tasa de Crecimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Peso inicial y final de un lote de tilapia. - Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la cosecha. - Cantidad total de alimento proporcionado durante un ciclo de cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pesaje al inicio y al final del ciclo de cultivo. - Registro del tiempo de cultivo.
CONVERSIÓN Alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> - Peso total de la tilapia cosechada al final del ciclo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de la cantidad de alimento suministrado. - Pesaje de la tilapia al final del ciclo.
VARIABLES Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura del agua en la piscina. - Niveles de oxígeno disuelto en diferentes etapas del ciclo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Medición directa de la temperatura del agua. - Uso de sensores para medir los niveles de oxígeno.
COSTOS de Producción	<ul style="list-style-type: none"> - Costo total de alimentos. - Costos operativos (mantenimiento, salarios). 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de la factura y tipo de alimento. - Registro de los gastos operativos.
EFICIENCIA del Uso del Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad total de agua consumida durante el ciclo de cultivo. - Relación entre agua utilizada y producción obtenida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro del consumo de agua. - Cálculo de la relación entre agua y producción.
INDICADORES de Calidad del Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Niveles de nutrientes (amonio, nitrato, fosfato). - pH del agua en diferentes fases del cultivo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis químico del agua. - Medición del pH por etapas.
VARIABLES de Calidad de la Tilapia	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de tilapia que alcanza peso comercializable. - Índices de salud y calidad de la carne de la tilapia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro del peso al momento de la cosecha. - Evaluación visual y análisis de la calidad de la carne.
INDICADORES Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Ingresos generados por la venta de tilapia. - Margen de beneficio neto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro de las ventas y precios de venta. - Cálculo de ingresos netos y comparación con costos
Datos Históricos	<ul style="list-style-type: none"> - Información de ciclos de cultivo anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivo de datos de cultivos anteriores para comparaciones.

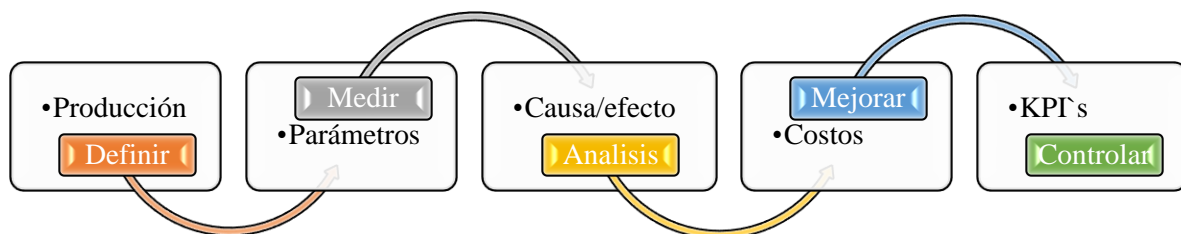
Elaboración: Loor Andrade.

3.3 HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS

3.3.1 MÉTODO SIX SIGMA

Six Sigma es una metodología que ayuda en la mejora continua y la reducción de variabilidad en los procesos (Calla y otros, 2023). Para abordar los problemas específicos de la granja de tilapia, aplicaremos la metodología *DMAIC* (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar):

Figura 2: Metodología DMAIC aplicada a la operación en piscina



Fuente: Calla y otros. (2023).

3.3.2 DEFINIR (PROCESOS DE PRODUCCIÓN ACTUAL)

Para definir los procesos de producción y estado actual de la granja es necesario recopilar datos, se llevó a cabo mediante diversas herramientas, entrevistas en profundidad, observaciones directas y registros documentales. Además, se utilizó dispositivos de medición específicos para evaluar parámetros críticos como la calidad de agua y salud de los peces.

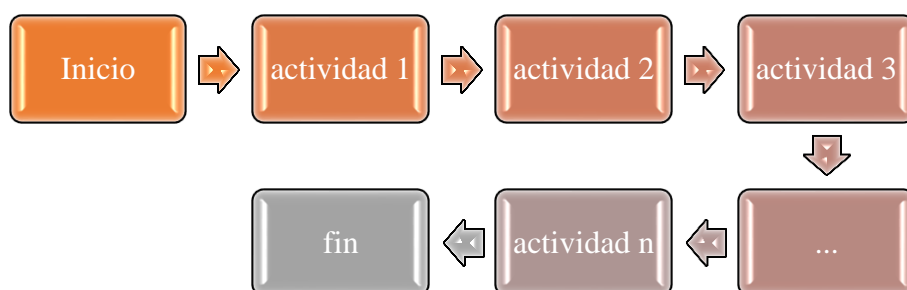
También se estableció parámetros para poder determinar con certeza el estado actual de la granja de producción de tilapia. Por otro lado, se visibiliza los resultados de la definición de los procesos actuales en el punto 4.1.2. Dichos resultados se establecen en la infraestructura con el proceso general de producción, calidad de agua en el estanque, equipos para el cultivo y el comportamiento del animal una vez que se es colocado en la respectiva piscina.

Tabla 4 *Parámetros de medición*

CATEGORÍA	PARÁMETROS DE MEDICIÓN
Infraestructura	Evaluación visual del estado de estanques y equipos Uso de tecnologías avanzadas en el cultivo y procesamiento
Operaciones	Frecuencia y cantidad de alimentación Eficiencia en la recolección y procesamiento de tilapia Existencia y aplicación de procedimientos para el manejo de desechos
Calidad del agua	Medición de parámetros físicos (pH, Oxígeno, Temperatura) Análisis de contaminantes y nutrientes en el agua Evaluación de sistemas de recirculación y tratamiento de efluentes
Bienestar Animal	Observación directa del comportamiento y salud de los peces Uso de prácticas que promuevan el bienestar de los peces
Recursos Naturales	Consumo de agua en comparación con la capacidad de recarga Impacto ambiental de las operaciones, según informes ambientales
Aspectos Sociales	Encuestas o entrevistas para la evaluación de relaciones comunitarias Evaluación de condiciones laborales y satisfacción del personal

Elaboración: Loor Andrade

Mediante el uso de diagrama de procesos, también se definió, cada tarea en el cultivo, monitoreo y cosecha de la tilapia. A continuación, en la figura se muestra un ejemplo de diagrama de procesos lineal:

Figura 3. *Diagrama de procesos lineal*

Elaboración: Loor Andrade

3.3.3 MEDIR

Para la medición y verificación se utilizó la herramienta de Los KPIs. Estas son métricas que se utilizan para medir el éxito de una operación en relación con sus objetivos. En la producción de tilapia, los KPIs ayudaron en el proyecto a evaluar la eficiencia, la rentabilidad y la sostenibilidad de las operaciones. A continuación, se presenta una lista de algunos KPIs clave para la producción de tilapia:

Crecimiento y supervivencia:

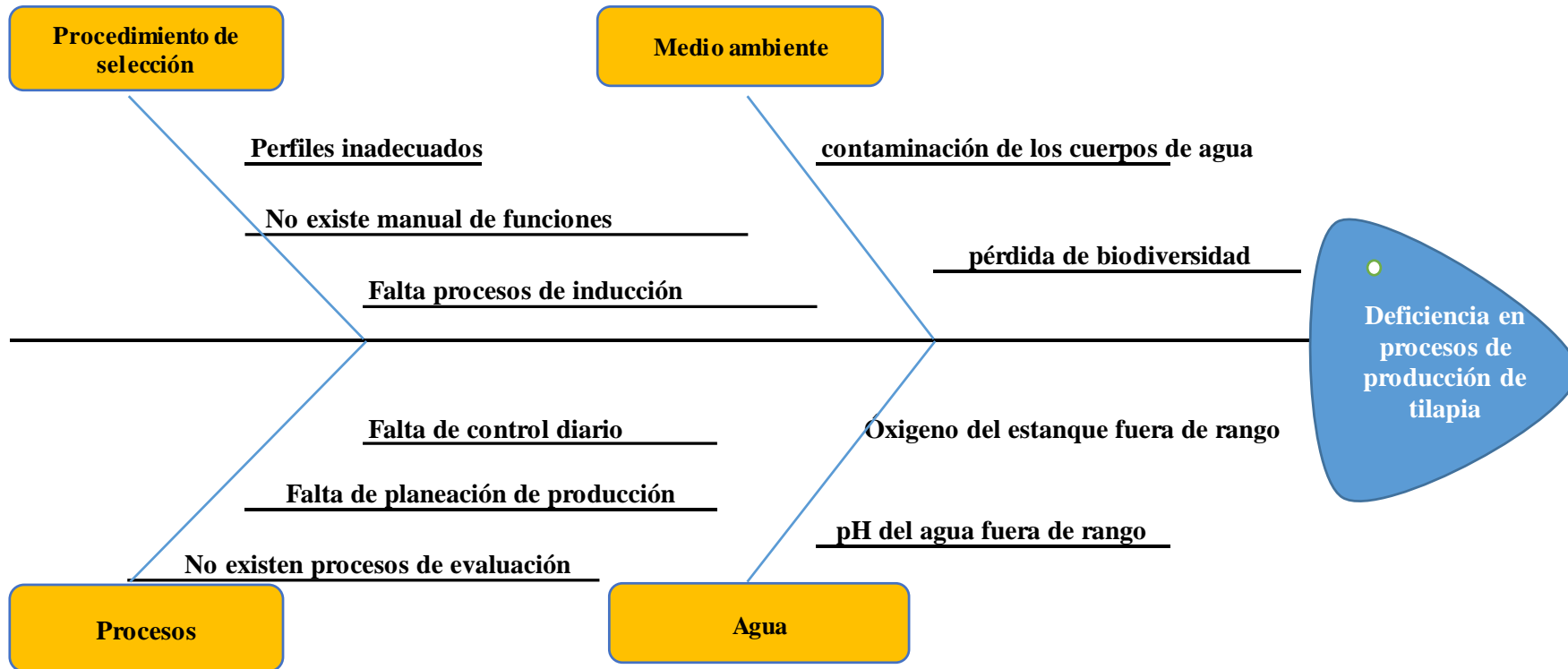
- Tasa de crecimiento: Aumento de peso promedio por pez por día o semana.
- Tasa de supervivencia: Porcentaje de peces que sobreviven desde el inicio hasta la cosecha.
- Talla promedio a la cosecha: Tamaño promedio de los peces al momento de la cosecha.

Cabe señalar que, el detalle de las mediciones técnicas en cuanto a la tasa de crecimiento, mortalidad y peso de tilapia en cosechas, se presenta en el capítulo cuatro resultados, específicamente en el punto 4.1.3.

3.3.4 ANÁLISIS TÉCNICO

Se llevó a cabo un análisis técnico exhaustivo de los procesos de producción actuales en la granja de tilapia. Este estudio comprendió sistemas de cultivo, alimentación, manejo de agua y procesamiento. La información obtenida fue esencial para identificar áreas específicas de ineficiencia y respaldar la propuesta de mejoras. Analizar la problemática, permitió identificar las causas y efectos que derivan en procesos ineficientes. En el capítulo cuatro, sección 4.1.4 se evidencia los principales factores que derivan en la problemática expuesta. Así mismo, se muestra el registro de temperatura, oxígeno, pH, y amonio y nitritos.

Figura 3 Diagrama de Ishikawa



Elaboración: Loor Andrade

3.3.5. CALIDAD DEL AGUA

Para asegurar el éxito de la crianza de tilapias, fue fundamental controlar los parámetros del agua, como la temperatura (entre 25 °C y 30 °C), el oxígeno (mayor a 5 mg/L), el pH (entre 6.5 y 9) y la transparencia (superior a 30 cm). Estos factores impactan directamente en el crecimiento, la salud y la reproducción de los peces. Un monitoreo constante y el ajuste adecuado de estos parámetros son claves para un cultivo exitoso.

Tabla 5 Indicadores

Parámetro	Rango Óptimo
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
pH	6.0 - 9.0
Alcalinidad Total	50 - 150 mg/l
Dureza Total	80 - 110 mg/l
Calcio	60 - 120 mg/l
Nitritos	0.1 mg/l
Nitratos	1.5 - 2.0 mg/l
Amonio Total	0.1 mg/l
Hierro	0.05 - 0.2 mg/l
Fosfatos	0.15 - 0.2 mg/l
Dióxido de Carbono	5.0 - 10 mg/l
Sulfuro de Hidrógeno	0.01 mg/l

Elaboración: Loor Andrade

3.3.5.1. PARÁMETROS IMPORTANTES

Temperatura

La temperatura ideal para la tilapia se encuentra entre 28 y 32 °C. Si la temperatura desciende a 15 °C, los peces dejan de comer, y si baja a menos de 12 °C, no sobreviven mucho tiempo. Durante los meses fríos, el crecimiento y el consumo de alimento disminuyen, y los

cambios repentinos de 5 °C en la temperatura del agua pueden causar estrés e incluso la muerte de los peces. Cuando la temperatura supera los 30 °C, los peces consumen más oxígeno, y las temperaturas letales se ubican entre 10 y 11 °C.

Oxígeno

El oxígeno es un factor crítico para el cultivo de tilapia. Es uno de los aspectos más difíciles de entender, predecir y manejar, y tiene un gran impacto en la salud, el crecimiento y la calidad del agua. Los niveles de oxígeno en el agua varían según la hora del día y el clima. La fotosíntesis, realizada por el plancton y las plantas acuáticas bajo la luz solar, es la principal fuente de oxígeno en el agua. Cuando el clima es nublado, la producción de oxígeno se reduce, lo que puede generar problemas con niveles críticos de oxígeno.

Salinidad

La tilapia puede tolerar diferentes salinidades, pero es sensible a los cambios bruscos. El agua de mar tiene una salinidad de 34 PPT (partes por mil), mientras que el agua dulce tiene una salinidad muy baja o nula (menor o igual a 1 PPT). La tilapia nilótica puede vivir, crecer y reproducirse a una salinidad de 24 PPT.

pH

El pH del agua determina si es dura o blanda. La tilapia crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino. Su crecimiento se reduce en aguas ácidas, y aunque tolera un pH de 5, un pH alto (de 10 durante las tardes) no la afecta y el límite, aparentemente, es de 11. Un pH entre 6.5 y 9 se considera ideal para el cultivo.

3.3.5 MEJORA DEL PROCESO

Basándonos en los hallazgos de la revisión, diseñamos estrategias de mejora específicas para optimizar la producción de tilapia. Estas estrategias incluyen:

- **Optimización de la Alimentación:** Investigar sobre opciones de alimentación más eficientes y evaluamos la calidad nutricional de los piensos utilizados.
- **Control de Calidad del Agua:** proponer controles y equipos para monitorear y mantener parámetros óptimos del agua, como pH, oxígeno disuelto y amoníaco, la temperatura.
- **Propuesta de tecnología avanzada:** Proponer implementación tecnología como
 - Sistema automatizado de alimentación
 - Sensores de monitoreo de agua
 - Cámaras de videovigilancia

3.3.6 CONTROL DEL PROCESO

Establecer un mayor control es importante para determinar la eficiencia de la mejora, saber si se está implementando de manera correcta. Para ellos se plantea un formato de control de acuerdo con las mejoras realizadas o propuestas y sea más acorde al punto crítico identificado.

Diseño de un Formato de Control:

- **Adaptación a las Mejoras:** El formato debe ser flexible y adaptable a las diferentes mejoras realizadas o propuestas.
- **Enfoque en los Puntos Críticos:** El diseño debe considerar los puntos críticos identificados en el análisis previo, permitiendo un seguimiento específico de las áreas que requieren mayor atención.
- **Indicadores Clave de Desempeño (KPIs):** Se debe incorporar la medición de KPIs relevantes para cada mejora, posibilitando la evaluación cuantitativa del progreso.

- Registro y Seguimiento: El formato debe facilitar el registro y seguimiento de la información relevante, incluyendo fechas, responsables, acciones realizadas y resultados obtenidos.

3.3.7 METODOLOGÍA KANBAN

Esta es una metodología de gestión visual que se utiliza para controlar el flujo de trabajo en proyectos para aumentar la eficiencia de realización de tareas, en pocas palabras es una filosofía de la mejora continua en la cual la lista de acciones pendientes genera un flujo de trabajo constante, esta metodología se aplica mediante tableros que son una forma visual para la gestión de proyectos.

Para la granja se realizará un tablero Kanban en el cual se representarán por medio de columnas las frecuencias que se deben realizar estas tareas, y por medio de tarjetas serán representadas las tareas a realizarse, permitiendo así observar quién hace y en que etapa del proceso se encuentra, ayudando a eliminar cuellos de botella y optimizar el proceso. Dichos resultados se muestran en el capítulo cuatro, sección 4.2.5.

3.4 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Se conocen diversas limitaciones potenciales, como la dependencia de la cooperación del personal de la granja, condiciones climáticas impredecibles y restricciones presupuestarias. Estas limitaciones se abordarán con estrategias de mitigación específicas, y se comunicarán de manera transparente en la interpretación de los resultados. Hacer este control por medio de tablas prácticas que determine el control a llevar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN ACTUAL

La empresa, una granja ubicada en el Km 25 Vía Chongón. Cuenta con 50 estanques de producción de 480 m² cada uno de tilapia Nilótica, una planta de procesamiento en el sitio y 10 empleados. Lleva operando desde 2015 y tiene una producción anual aproximada de 15 toneladas de tilapia.

4.1.1 METODOLOGÍA SIX SIGMA

Mediante la aplicación de la metodología DMAIC de Six Sigma (de los cual en este apartado aplicamos: Definir, medir, analizar y de visitas de campo se definieron los procesos y los resultados de los instrumentos. Con estas definiciones se establecieron diagrama de los procesos más importantes y definir

4.1.2 DEFINICIÓN DE PROCESOS ACTUALES

En la tabla 6, se presenta un resumen de los pasos y el tiempo estimado para cada etapa en la producción de tilapia, desde la preparación del terreno y hasta la cosecha.

Tabla 6 *Proceso general de producción de tilapia*

Paso	Descripción	Tiempo Estimado
1	Preparación del Terreno: Se selecciona un terreno adecuado con altitud entre 200 a 300 metros sobre el nivel del mar. Se construyen los estanques en el terreno. Se asegura que haya acceso cercano a una vivienda o buena vigilancia.	1-2 semanas
2	Abastecimiento de Agua: Se asegura que el agua utilizada para llenar los estanques sea de buena calidad. La temperatura del agua debe estar entre 20 °C y 35 °C.	1 día

3	Cultivo de Tilapia: Se introduce la tilapia en los estanques. Se controla la alimentación y se monitorea el crecimiento. Se mantiene la sanidad del cultivo. Se controlan las variables ambientales en los estanques.	4-6 meses (hasta que alcancen el tamaño deseado)
4	Reproducción: El macho construye un nido en el fondo del estanque. La hembra deposita los huevos en el nido, que son fertilizados por el macho.	1-2 semanas (dependiendo del ciclo reproductivo)
5	Cosecha: Cuando la tilapia alcanza el tamaño deseado, se realiza la cosecha. Se procesa y comercializa la tilapia.	1-2 días (dependiendo del volumen de cosecha)

Elaboración: Loor Andrade

Luego del análisis general se realizó un análisis específico de cómo se comienza el cultivo de tilapia que va desde la preparación del estanque hasta la cosecha, que se evidencia en la tabla 7

Tabla 7 Diagrama de proceso de cultivo de tilapia

Control de calidad de agua en el estanque	Nivel pH de agua
	Concentración de Oxígeno
	Dureza del agua
	Temperatura
	Concentración de amoníaco, nitritos y nitrato
Limpieza de piscina	Aplicar vinagre y bastante agua
	Se agrega cal con gallinaza
Selección de semilla	Selección de alevines de buena calidad, proveedores certificados
	Proveedor HATCHERY
Introducción de semilla	Introducción de alevines en bolsas para climatización
	Abrir bolsas y dejar ellos mismo salgan lentamente
	Bolsas se distribuyen de manera uniforme
Instalación de difusores	Se instalan difusores de aire por medio de tubería PVC de 1" con perforaciones para una oxigenación homogénea

Observación y monitoreo	Verificar que naden libremente y que no existe ningún alevín anómalo
Alimentación	Se verifica que el esófago sea permeable Se confirma que el abdomen este plano y el alevín este activo
Control de depredadores	Se instala mallas protectoras Se enciende el repelente ultrasónico
Mantenimiento continuo	Se hace un control de agua al igual que el paso 1: Se controla alimentación Se hace seguimiento del crecimiento de la tilapia
Desdoble	Se realiza vaciado de piscina, pero no su totalidad Se clasifica de manera manual las tilapias grandes de los chicos Cambio de peces grandes a estanque donde están listos para cosecha

Elaboración: Loor Andrade

Durante este proceso se utilizaron los siguientes equipos que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8 Equipos para el cultivo y monitoreo de la tilapia

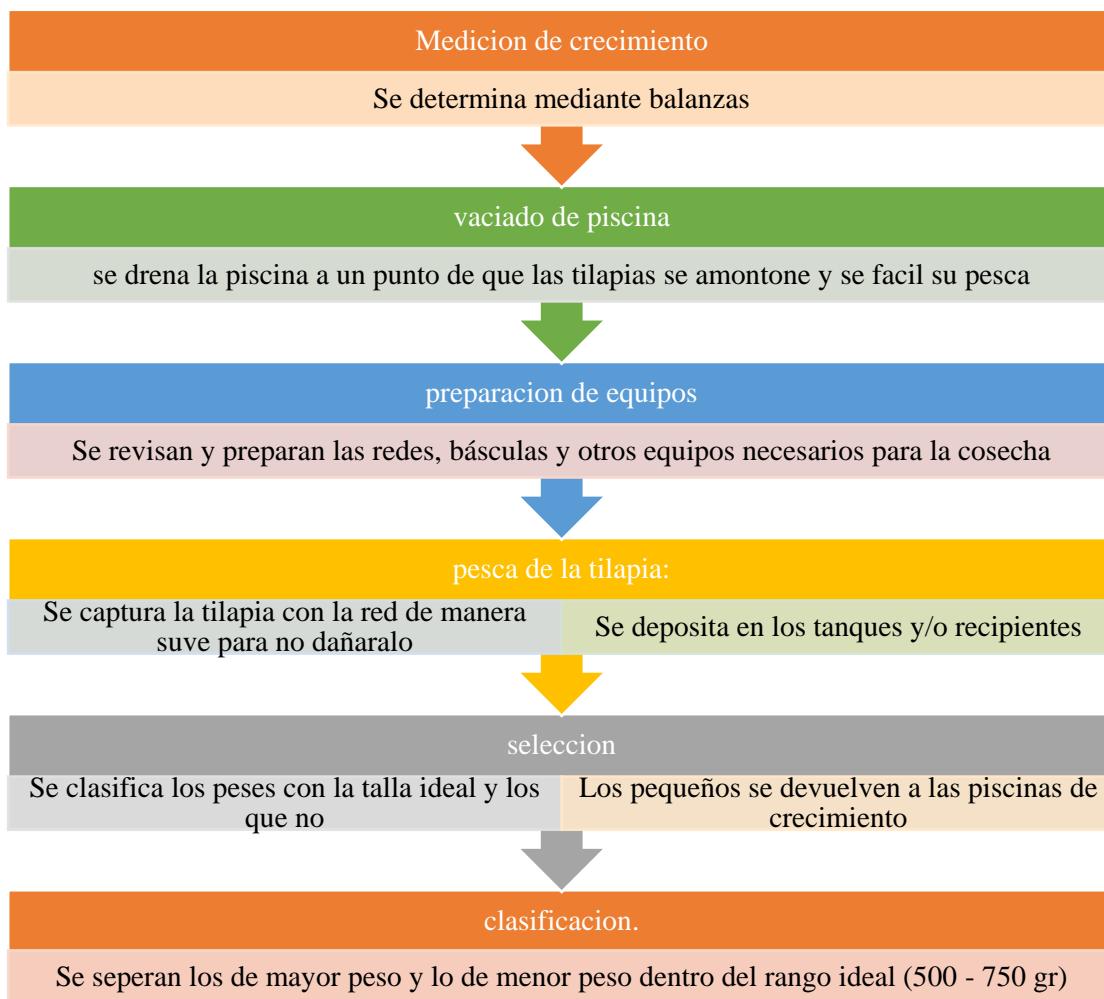
Categoría	Herramienta/Equipo	Función
Contención y Protección	Redes y Cercas	Contener y proteger a los peces en estanques y jaulas para evitar pérdidas de peces.
Oxigenación	Aireadores	Aumentar la concentración de oxígeno en el agua y mejorar la calidad del agua.
Circulación y Oxigenación	Bombas de Agua	Para la circulación y oxigenación del agua en estanques y sistemas de acuicultura.
Monitoreo de Calidad del Agua	Sensores de medición de pH, sondas	Medir parámetros del agua como temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica.

Inspección y Mantenimiento	Agenda con formato de bitácora	Realizar inspecciones, mantenimiento y tareas de cosecha en estanques y jaulas. Con fecha, hora y en la piscina en la que se realizó
Alimentación	Pesas análogas y digitales,	Distribución eficiente y controlada de alimentos. Disminuyendo desperdicios
Cosecha	Redes de Pesca	Capturar y transferir peces durante la cosecha.
Medición	Pesas digitales y regla metálica	Medir tamaños de peces, estanques y otros parámetros.
Disuasión de Depredadores	Dispositivos de Iluminación Estroboscópica	Ahuyentar depredadores nocturnos y reducir el estrés en los peces por luz inadecuada
Control de Depredadores	Trampas para Depredadores	Capturar depredadores terrestres que puedan amenazar los peces.
Seguridad	Equipos de Seguridad	Guantes anticorte, botas y chalecos impermeables, linternas de mano y en cacos

Elaboración: Loor Andrade

Luego de 6 a 7 meses desde su primer día de siembra y que la tilapia tenga entre 1 a 1.7 libras de masa (500 a 750 gramos) se procede con la cosecha de este. Los procesos los podemos ver en el siguiente diagrama:

Figura 4. Diagrama de proceso de cosecha



Elaborado por: Loor Andrade

Durante la definición de procesos de producción y entrevista con los encargados se pudo también analizar los siguientes procedimientos:

- Obtención de alevines: Los alevines provienen de un hatchery externo certificado. Se siembran en densidades de 1 alevín/litro. La supervivencia es del 85 %.
- Engorde: Los peces se cultivan durante 7 meses antes de alcanzar el peso comercializable (500 a 750 g). Se alimentan con concentrado de 32 % proteína. No hay un sistema automatizado de alimentación y no hay un control estricto en las cantidades de alimentación.

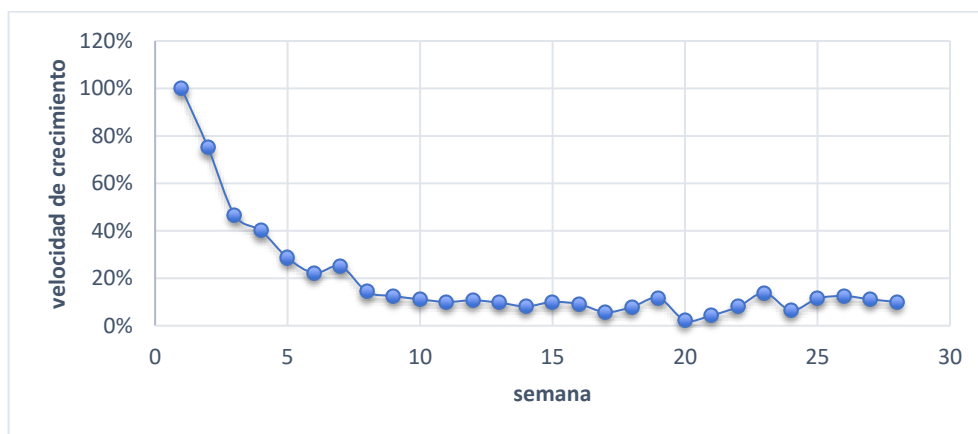
- Cosecha y procesamiento: La cosecha se realiza de forma manual. El procesamiento implica pesca y montaje de vehículos de transporte hacia los clientes.

4.1.3 MEDICIONES TÉCNICAS (TASA DE CRECIMIENTO, MORTALIDAD Y PESO DE TILAPIA EN COSECHAS) KPI

Continuando con la revisión de la granja de tilapia, se realizó una medición para determinar el nivel de éxito de producción, para ello se evaluó el crecimiento y supervivencia del pez.

Para la tasa crecimiento se realizó la medición por semana de las piscinas, en este caso la granja nos proporcionó los datos de masa por semana que tomaban de la tilapia, desde el estado de alevín hasta su cosecha, en la siguiente figura 3 se presenta la tasa de crecimiento durante 7 meses.

Figura 5. *Tasa de crecimiento %*

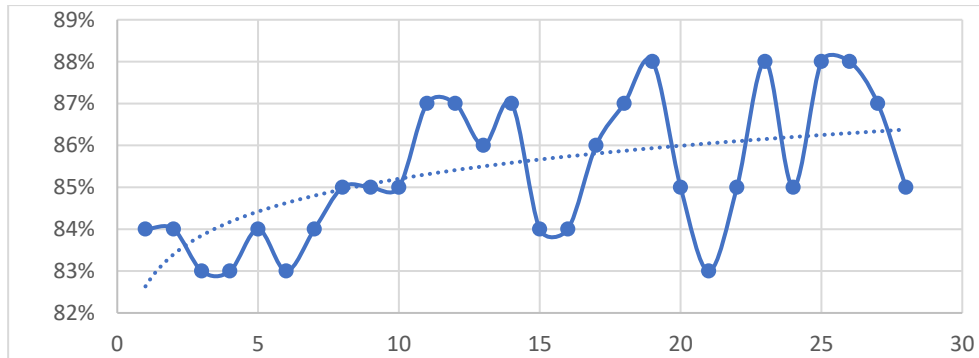


Elaboración: Loor Andrade

Durante las primeras semanas la tasa de crecimiento es hasta del 85 % luego, la velocidad de crecimiento disminuye a un promedio de 10 %.

Luego se revisó la tasa de supervivencia de la tilapia, así mismo, por semana, durante todo su proceso de crecimiento de 7 meses, la gráfica lo podemos ver en la siguiente figura 4.

Figura 6. *Tasa de supervivencia %*

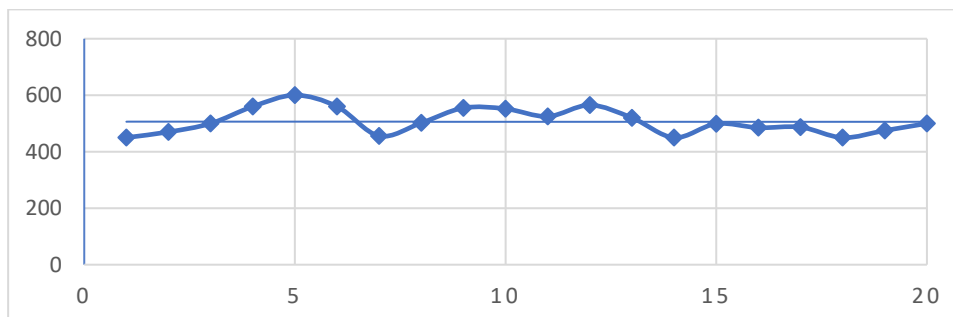


Elaboración: Loor Andrade

Como se ve en la gráfica, hay una tendencia a mayor supervivencia a medida que crece la tilapia, teniendo un porcentaje promedio de 85 % de supervivencia, esto quiere decir que hay un 15 % de mortalidad.

Seguimos con peso promedio de cosecha, estos datos al igual que los otros se nos fue proporcionado para su análisis, así con esta medición determinar el estado actual de la cosecha. A continuación, en figura 5 se muestra los pesos de la tilapia lista para cosecha.

Figura 7. *Peso de la tilapia en cosecha (gramos)*



Elaboración: Loor Andrade

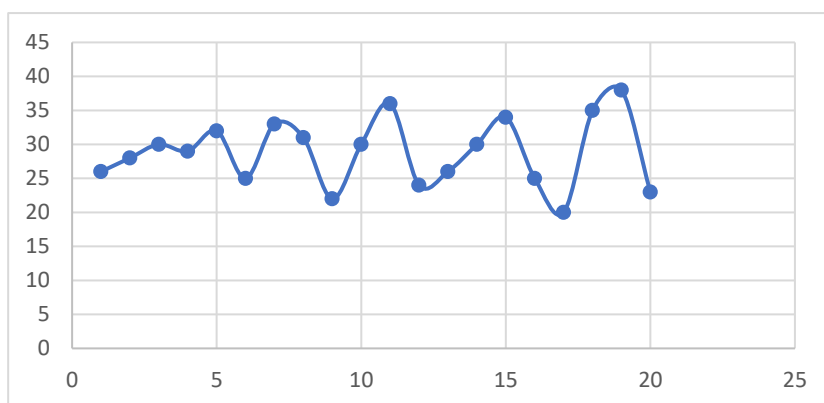
Como se muestra en la figura 6, es el peso promedio de las últimas 20 cosechas de tilapia, este peso de 500 gramos con máximos de 600 gramos y mínimos de 450 gramos, lo que evidencia un peso estándar para el mercado.

4.1.4 MEDICIONES TÉCNICAS (CALIDAD DE AGUA DE LAS PISCINAS)

Para la medición de la calidad del agua él decidió tomar muestras aleatorias de las piscinas diferentes días, en total 20 muestras, siendo esta el 40 % del total de piscinas, y obtener los resultados de las condiciones en las que se encontraban, los Resultados de análisis de Calidad de Agua fueron los siguientes:

- Temperatura: Registrada entre 26 y 32 °C durante el ciclo de cultivo. Lo que se interpreta como rangos dentro del proceso óptimo.

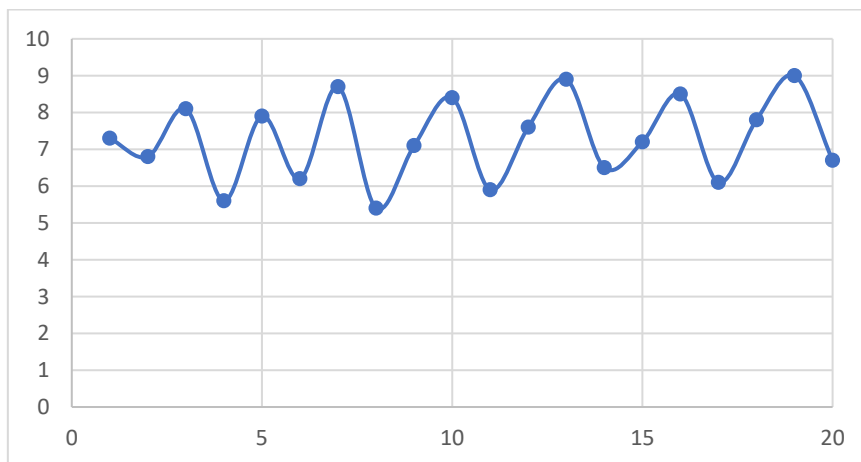
Figura 8. *Temperatura de la piscina °C.*



Elaboración: Loor Andrade

- Oxígeno disuelto: Los niveles varían entre 3 y 7 mg/L dependiendo de la hora del día. Han ocurrido eventos de concentraciones menores a 3 mg/L durante la noche, indicando riesgo de estrés en los peces.

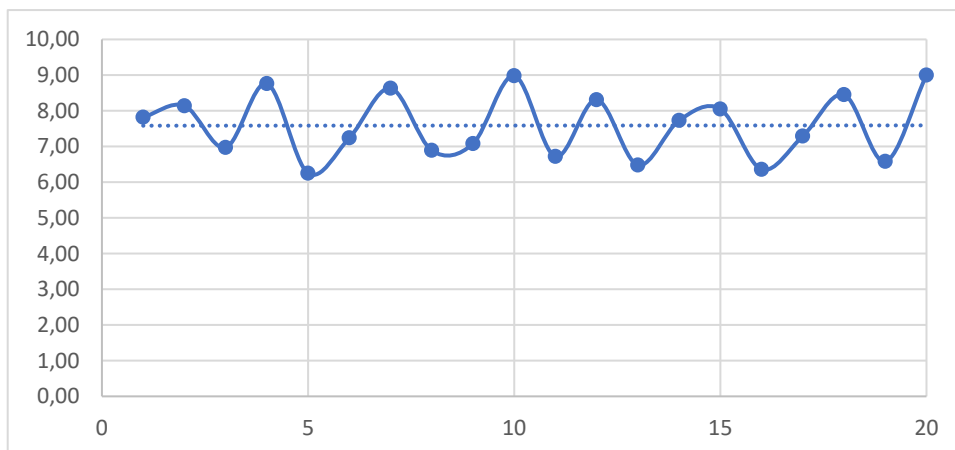
Figura 9. *Oxígeno disuelto mg/L*



Elaboración: Loor Andrade

- pH: Fluctúa entre 5.5 y 8.5, probablemente por la acumulación de materia orgánica sin remover en los estanques. Está por fuera del rango recomendado de 6 a 9.

Figura 10. *pH*



Elaboración: Loor Andrade

- Amonio y nitritos: Las concentraciones son superiores a 0.1 mg/L para ambos parámetros, lo que revela acumulación excesiva de desechos nitrogenados. Esto puede ser tóxico para los peces.

En resumen, hay problemas significativos con los niveles de oxígeno, el pH y los residuos nitrogenados que afectan la salud y productividad de los peces. Se requiere optimizar el tratamiento y renovación del agua de los estanques.

Para la medición de estos parámetros en las piscinas se utilizaron los siguientes equipos, lo que podemos ver en la tabla

Tabla 9 Equipos para la medición de piscinas

Equipo	Función	Marca	Descripción	Precio
Sonda multiparamétrica HI9829	Medición de pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez	Hanna Instruments	Sonda robusta con 5 sensores, pantalla LCD, registro de datos.	\$650
Medidor de oxígeno disuelto HI9146	Medición de concentración de oxígeno disuelto	Hanna Instruments	Basado en luminiscencia, resultados precisos, calibración automática.	\$450
Medidor de pH HI98107	Medición de pH y temperatura de muestras de agua	Hanna Instruments	Electrodo reemplazable, compensación de temperatura automática.	\$95
Espectrofotómetro DR1900	Medición colorimétrica de amonio, nitritos, nitratos	Hach	Incluye cubetas de medición, display táctil a color. Alta precisión.	\$2400
Turbidímetro TN-100	Determinación de la turbidez del agua	Eutech Instruments	Cumple norma ISO 7027. Resultados reproducibles.	\$350
Termómetro digital acuarium	Registro de la temperatura del agua	Inkbird	Sonda de acero inoxidable, rango de -50 a 70 °C, precisión 0.1 °C	\$15

Elaboración: Loor Andrade

4.1.5 HALLAZGOS CUALITATIVOS DE ENTREVISTAS Y ENCUESTAS AL PERSONAL.

Mediante una conversación durante el estudio de campo se pudo hablar con algunos de los trabajadores están insatisfechos con equipos de protección deficiente para labores como cosecha y procesamiento.

Tabla 10 Entrevista de campo

Número de Pregunta	Pregunta	Respuesta
1	Presentación del entrevistador y propósito de la entrevista. ¿Consentimiento informado?	Asegurarse de que el entrevistado comprenda el propósito y garantizar la confidencialidad.
2	¿Cuánto tiempo has trabajado en la granja? ¿Cuáles son tus responsabilidades principales?	10 trabajadores, entre administrativo y producción Administrativo: supervisar y llevar control de producción y cosecha, así como de proveedores y clientes.
3	¿Cuáles son los principales procesos de producción en la granja? ¿Describir el ciclo de vida de la tilapia en la granja?	Operativo: limpieza y preparación de piscinas, siembra, control, alimentación y cosecha
4	¿Existen áreas específicas en los procesos de producción que consideras ineficientes? ¿Problemas recurrentes?	El proceso principal es la siembra alimentación, estos considero los principales para una buena cosecha. La muerte de las tilapias en gran cantidad y altos costos de alimentación
5	¿Cómo evalúas la efectividad de las tecnologías actuales en la granja? ¿Prácticas de manejo exitosas o problemáticas?	Poco eficientes, y escasas. Se lleva trabajando con equipos manuales y registros a mano de algunas cosas que se realizan
6	¿Tienes alguna sugerencia para mejorar la eficiencia en los procesos? ¿Cómo podríamos implementar cambios de manera efectiva?	Mayor capacitación y que se involucre más al departamento administrativo en los procesos de producción

Elaboración: Loor Andrade

La administración no invierte en nuevas tecnologías para modernizar/optimizar procesos. Depende de métodos tradicionales.

Se comentó y no se encontró hallazgo de identificación de puntos críticos de control, ya que se solicitó documentación de ello y se comentó que no hay, que los trabajadores con base en su experiencia desempeñaban los trabajos.

La empresa solo lleva registro de pagos de empleados, pago a proveedores, ingreso de materia prima y cantidad de cosecha por siembra. Durante los procesos de alimentación tienen una cantidad establecida, pero no se hace un registro como tal por piscina, solo por cosecha un solo registro.

4.1.6 ANÁLISIS DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS E INEFICIENCIAS EN EL PROCESO.

Durante el estudio se pudo hacer amplio análisis y se logró determinar los puntos críticos en la producción de tilapias:

- Alta tasa de mortalidad en alevines (15 %) por estrés en transporte y adaptación.
- Baja productividad: solo se logran cosechar 3 toneladas por estanque al año. Está por debajo del promedio de la industria (5 ton/estanque/año).
- Altos costos de alimentación por desperdicio de concentrado. No hay control automatizado.
- Calidad de agua inadecuada por falta de tratamiento de lodos y efluentes. Esto impacta en salud y crecimiento de los peces.

4.2 PROPUESTA DE MEJORA

4.2.1 ESTRATEGIAS DE MANEJO MEJORADO EN ALIMENTACIÓN, MONITOREO DE AGUA E IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA

Se implementará una alimentación estratégica basada en el ajuste preciso de las cantidades suministradas y los horarios, de acuerdo con las necesidades nutricionales en cada etapa del ciclo de cultivo. Esto promoverá un crecimiento más eficiente y tasas de conversión alimenticia óptimas.

Tabla 11 Estrategia de alimentación

Etapa	Objetivo	% Biomasa/día	No. comidas	Horario
Alevinaje	Promover adaptación	8-12 %	6	01h00 - 07h00 - 13h00 - 19h00 - 01h00 - 07h00
Crecimiento	Impulsar aumento de talla	3-5 %	4	07h00 - 13h00 - 19h00 - 01h00
Engorde	Maximizar ganancia de peso	1.5-2.5 %	2	07h00 - 19h00

Elaboración: Loor Andrade

4.2.2 DISEÑO DE SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA Y TRATAMIENTO DE EFLUENTES.

Se plantea incorporar un circuito cerrado de recirculación del agua integrado por los siguientes componentes:

Estrategia de remoción de lodos:

Se realizará un mantenimiento proactivo a los estanques mediante la remoción periódica de lodos acumulados en el fondo. Esto evitará la generación excesiva de amonio y compuestos

tóxicos por descomposición de materia orgánica, que son nocivos para el bienestar y salud de los peces.

La remoción se efectuará cada 15 días durante las etapas de alevinaje y crecimiento, y semanalmente en la etapa de engorde debido a la mayor carga de desechos. Se empleará un sistema de bombeo para aspirar los sólidos decantados sin perturbar la columna de agua.

Biofiltro

Es un reactor biológico que utiliza poblaciones bacterianas para convertir el amonio y los nitritos tóxicos para los peces en nitratos, que tienen menor toxicidad.

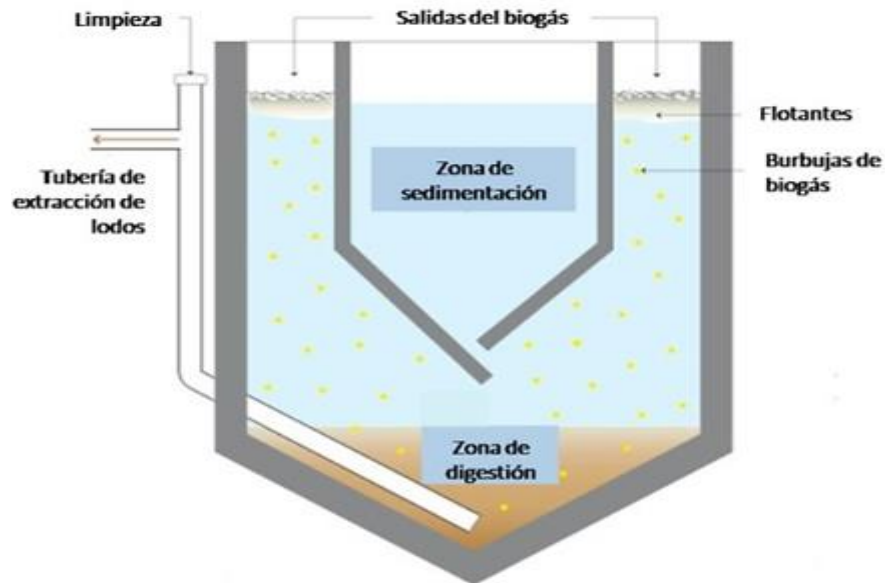
Tabla 12 *Cantidad de químicos*

Parámetro	Entrada	Salida
Amonio (mg/L)	1.5	<0.1
Nitritos (mg/L)	1.2	<0.1
Nitratos (mg/L)	0.5	20-40

Elaboración: Loor Andrade

Con la implementación de un estanque de sedimentación, este permite la decantación de los sólidos en suspensión contenidos en el efluente del biofiltro. Esto clarifica el agua que será devuelta a los estanques de cultivo, incorporando un sistema de recolección del lodo sedimentado en el fondo para su posterior tratamiento y disposición adecuada, ver figura 13.

Imagen 13: *Estanque de sedimentación*



Fuente: tanque Imhoff, 1996

Estanques de fitorremediación

Se utilizarán camalotes (*Eichhornia crassipes*) y otros vegetales acuáticos para absorber mediante sus raíces diversos contaminantes remanentes como fósforo, metales pesados y plaguicidas.

4.2.3 PROPUESTA DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS

Luego de establecer y determinar la situación actual de producción de tilapias, se propone un sistema automatizado de alimentación:

Este permitirá suministrar la cantidad exacta de alimento requerido, reduciendo desperdicios. Se espera disminuir costos de alimentación en 15 %.

Con esta propuesta de tecnología se implementarán sensores de monitoreo de agua: Medición en tiempo real de oxígeno, pH y temperatura para detectar rápidamente condiciones fuera de rango. Cámaras de videovigilancia: Supervisión remota del comportamiento alimenticio y natación de los peces para identificar problemas de salud

A continuación, se detalla el sistema de automatización de alimentación de las tilapias en la tabla 7

Tabla 13 Sistema de automatización de alimentación de tilapia

Tecnología	Características	Funciones	Beneficios	Costo Estimado
Sistema automatizado de alimentación	-Sensores de biomasa -Software de control -Tolvas de distribución	-Cálculo de alimento requerido -Distribución homogénea	-Reduce desperdicio de alimento (30 %) - Mejora conversión alimenticia Disminuye contaminación	USD 5.000 (3 tolvas)
Sensores de monitoreo de agua	-Sondas multiparamétricas -Transmisión telemétrica de datos	-Registro en continuo de Oxígeno disuelto, pH, temperatura, turbidez	-Detección temprana de condiciones fuera de rango - Prevención de mortandades masivas	USD 3.000 (3 sondas completas)
Cámaras de videovigilancia	-cámaras HD con visión nocturna -Resistencia climática IP66 - Acceso remoto vía celular	-Transmisión en vivo de comportamiento de peces	-Identificación visual de problemas sanitarios - Ajustes rápidos en manejo	USD 2000 (4 cámaras completas)

Elaboración: Loor Andrade

La implementación de estas tecnologías innovadoras traerá múltiples beneficios a las empresas acuícolas, optimizando varios aspectos clave del proceso de producción. Los sistemas de alimentación automatizados harán que la entrega de alimentos sea más eficiente y precisa. Esto ahorrará significativamente el costo del desperdicio de alimento. Además, una distribución uniforme del concentrado en el estanque proporcionará un acceso justo a todo el lote de peces, mejorando así su crecimiento. Los sensores para el monitoreo continuo de la calidad del agua proporcionarán información en tiempo real sobre posibles cambios en los parámetros fuera del rango óptimo. Esto permitirá respuestas rápidas para mitigar las condiciones de estrés en los peces que pueden causar enfermedades y mortalidad masiva.

Finalmente, la instalación de cámaras de videovigilancia permitirá detectar anomalías en el comportamiento de los peces que podrían indicar problemas de salud o bienestar. El acceso remoto a los registros ayudará a ajustar las estrategias de gestión para prevenir o controlar los brotes de enfermedades infecciosas. Juntas, estas tecnologías conducirán a una mayor eficiencia de producción, sostenibilidad ambiental y bienestar animal.

4.2.4 CONTROL DE PROPUESTA DE MEJORAS

Es crucial realizar un seguimiento regular del crecimiento y el estado sanitario de los peces. La frecuencia de este monitoreo dependerá del tipo de alimentación que se les proporcione. Si se utilizan productos de bajo costo o se les da alimentación complementaria de forma ocasional, se puede realizar un control mensual. Sin embargo, si se invierte una cantidad considerable en la alimentación, se recomienda aumentar la frecuencia del monitoreo a una vez cada quince días, para ellos planteamos plan de control tal como se muestra.

Tabla 14 *Plan de control*

seguimientos	frecuencia de seguimiento			
	diariamente	semanalmente	15 - 30 días	Trimestral
suministro de agua				
entrada principal de agua: limpiar/reparar/ajustar	x	-	-	xx
Canal principal de alimentación: limpiar/reparar/ajustar	x	xx	-	-
Otros canales de alimentación: limpiar/reparar/ajustar	x	xx	-	-
entrada de los estanques: limpiar/reparar/ajustar	x	-	-	xx(pH)
Estanque				
nivel de agua: comprobar ajustar	x	-	-	-
calidad del agua: comprobar el color, turbidez	x	.-	.-	.-
oxígeno disuelto	(x)	xx(s)	-	-
t°, AT, pH, DS	x	xx(s)	x(s)	-
temperatura	-	xx(s)	x(s)	-
Barro del fondo: Controlar espesor/calidad	x	-	-	-
Infecciones: Comprobar/controlar	x	-	x	-
Peces				
comportamiento de los peces: Comprobar	x	-	-	-
utilización de la alimentación suplementaria: comprobar	x	-	-	-
Crecimiento de los peces: Comprobar	-	-	x	-
Salud de los peces: Comprobar	-	-	x	-

Bodega

Almacenamiento/inventario: comprobar	-	xx	-	xx
alimento/inventario: comprobar/controlar	x	x	-	xx
EPP's/ inventario: Comprobar/controlar	-	x	-	xx

clave: (x) solo por periodos críticos

xx control más exhaustivo

(s) solo si se fertiliza o algún tipo de tratamiento

(PV) piscina vacía

Elaboración: Loor Andrade

Razones para el monitoreo regular:

Existen diversas razones por las que se debe llevar a cabo un seguimiento regular de los peces:

- Evaluar las condiciones generales y el estado sanitario: Permite observar si hay signos de enfermedad, estrés o problemas ambientales.
- Determinar y mejorar el crecimiento: Se puede evaluar si el crecimiento es adecuado y tomar medidas para optimizarlo si es necesario.
- Medir y optimizar la eficiencia de la alimentación: Permite determinar si se está utilizando la cantidad adecuada de alimento y efectuar ajustes para mejorar su eficiencia.
- Ajustar las raciones diarias de alimento: Se pueden ajustar las raciones de acuerdo a las necesidades de la población, lo que a su vez ayuda a ahorrar en costos de alimentación.
- Controlar la tasa de población: Permite determinar si la población es demasiado densa y si es necesario realizar una cosecha selectiva de peces de mayor tamaño.
- Evaluar el cumplimiento de los objetivos de peso: Se puede verificar si la población está alcanzando el peso deseado y realizar ajustes en el programa de producción o cosecha si es necesario.

Beneficios del monitoreo regular:

- Mejora de la salud y el bienestar de los peces.
- Optimización del crecimiento y la producción.
- Reducción de los costos de alimentación.
- Planificación y gestión eficiente de la producción

4.2.5 METODOLOGÍA KANBAN

En la granja de tilapia, es importante tener una visión clara del proceso de producción y además un control estricto para cada etapa del proceso, es por eso por lo que se optó por utilizar la metodología Kanban para un mejor conocimiento de las tareas periódicas en la granja.

Imagen 14: *Tablero Kanban*



Elaboración: Loor Andrade

4.3 RESULTADOS ESPERADOS

Con la implementación de las mejoras tecnológicas y estrategias de manejo planteadas, se prevén los siguientes resultados positivos:

4.3.1 INCREMENTO PROYECTADO EN PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA.

Aumento de la biomasa cosechada de tilapia, al menos un 30 %, alcanzando 6 toneladas por estanque/añ., mejora en la conversión alimenticia de 2:1 actual a 1.6:1. Crecimiento más rápido y uniforme de los peces, reduciendo el ciclo de cultivo en 1 mes, disminución de mortandades en todos los estadios: alevines (1 %), crecimiento (2 %), engorde (3 %).

4.3.2 DISMINUCIÓN PREVISTA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Reducción de la carga contaminante del efluente final mediante los sistemas complementarios de tratamiento biológico, disminución en 20 % del nitrógeno y 15 % del fósforo vertidos por la granja acuícola y la mitigación del impacto en el suelo por disposición adecuada de lodos colectados en los estanques de sedimentación.

CONCLUSIONES

La propuesta de optimización de los procesos de producción en una granja de tilapia ubicada en la ciudad de Guayaquil, realizada desde una perspectiva cualitativa, proporcionó una mejor comprensión del fenómeno estudiado y a su vez, brindó alternativas que permiten mejorar los diferentes procedimientos que se llevan a cabo en la empresa objeto de estudio. Una vez realizado el análisis de los capítulos precedentes, se generan las conclusiones basadas en el cumplimiento de los objetivos específicos que se detallan a continuación:

- Se analizó en detalle los diferentes procesos de producción que actualmente se realizan en la granja de tilapia en Guayaquil, en el mismo, se identificaron puntos críticos de ineficiencia a través de la herramienta Ishikawa, así como las respectivas oportunidades de mejora.
- De igual forma, se realizó la propuesta de la implementación de tecnologías avanzadas, como sistemas automatizados de alimentación y monitoreo de agua, la cual es fundamental para optimizar el cultivo de tilapia.
- Así mismo, se efectuó la estrategia de recirculación y tratamiento de agua, como biofiltros y fitorremediación, que ayudan a reducir de forma significativa el consumo de agua y la carga contaminante, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.
- Las proyecciones de resultados indican un aumento proyectado del 30 % en la productividad de la tilapia, con una reducción del 18 % en los costos operativos y un impacto ambiental reducido. Finalmente, se manifiesta que la estrategia propuesta no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la sostenibilidad de la empresa, integrando aspectos productivos, económicos, sociales y ambientales.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones del estudio se realizan en función de las conclusiones generadas, las mismas que sirven para un mejor desempeño en la organización materia de análisis, así como para diferentes empresas del sector acuícola:

- Explorar opciones para ampliar la capacidad productiva de la granja cuando las mejoras en productividad estén estabilizadas, aprovechando la experiencia adquirida para planificar la expansión.
- Se sugiere la implementación gradual de las tecnologías propuestas, iniciando por los sistemas automatizados de alimentación y monitorización de agua por su rápida relación costo-beneficio.
- Se propone implementar la estrategia de recirculación y tratamiento de agua la misma que garantiza niveles óptimos de cantidad de agua para el sostenimiento de los organismos acuícolas en sus distintas etapas.
- Así mismo, se sugiere realizar mediciones y análisis periódicos de los indicadores de productividad, eficiencia y calidad una vez que se integren las mejoras tecnológicas, para cuantificar su impacto real y hacer ajustes.
- Por otro lado, la capacitación debe ser permanente y exhaustiva al personal operativo y administrativo, para garantizar la adopción exitosa de cambios y mejoras en temas relacionados a costos operativos.
- Mantener un enfoque de mejora continua sobre todos los procesos optimizados, realizando revisiones periódicas para identificar nuevas oportunidades de aumentar la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

- Difundir los resultados del estudio entre los productores acuícolas de la región, lo que puede motivar la adopción de buenas prácticas similares y así impulsar la competitividad del sector

REFERENCIAS

(INSHT), I. N. (2023). *Guía de Mantenimiento Correctivo*. INSHT.

(ISO), I. O. (s.f.). <https://www.iso.org/home.html>

Arévalo, P., Palacio-Fierro, A., Cruz-Cárdenas, J., & Bonilla-Bedoya, S. (2020). *Actualización en metodología de la investigación científica*. Quito: EDITORIAL UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA. <https://doi.org/ISBN: 978-9942-821-13-3>

Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Arequipa: ENFOQUES CONSULTING EIRL. <https://doi.org/ISBN: 978-612-48444-2-3>

Cabezas, E., Andrade Naranjo, D., & Torres Santamaría, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Sangolquí: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <https://doi.org/ISBN: 978-9942-765-44-4>

Calla, M. A., Maldonado Mamani, R. A., Rodríguez San Román, C. M., Quispe Bellido, N. H., & Farfán Casapino, J. W. (2023). Análisis de la aplicación de metodología DMAIC en procesos de producción de una empresa de alimento. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 6907-6932. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6678

DeltLABS. (s.f.). <https://www.deltalabs.online/formulacion-de-dietas-para-tilapias/>

Escudero, C. L., & Cortez, L. A. (2018). *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica*. Machala: Editorial UTMACH, 2018. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodosCualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>

- FAO. (2023). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.
https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletilapia.htm
- Flores, S., & Aracena, D. (2018). Remote monitoring system of aquaculture in tanks for shrimp breeding. *Ingeniare*, 55-64.
- Flores, S., & Aracena, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 64(26), 55.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000500055>
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Business Process Management Journa. En . *Application of Six Sigma principles to improve business processes*. (págs. 287-301).
- Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las ruta cuantitativas, cualitativa y mixta*. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Jirasukprasert, P. G.-R. (2018). *International Journal of Lean Six Sigma*.
- M.C. Ndong, C. M. (2022). Efectos de la temperatura y la salinidad en el desarrollo embrionario y larval de la tilapia aurea. *Journal of Applied Aquaculture*, 34, Número 2, pp. 185-197.
- Macías, J., & Chicharro, F. (2023). *Procesos de producción de tilapias (Oreochromis niloticus) con aplicación informática*. Grupo Editoreal AEA.
<https://doi.org/https://doi.org/10.55813/egaea.1.2022.64>
- Noriega, A., Rivas-Salaza, D., & Silva-Acuña, R. (2020). Crecimiento y sobrevivencia de juveniles de tilapia roja con dietas suplementadas de vitaminas C y E. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(34), 16-27. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica->

estatal-de-quevedo/agronomia/dialnet-crecimiento-y-sobrevivencia-de-juveniles-de-tilapia-roja-c-8375354/70791294

Paredes, A., & Mendoza, M. (2022). Sobreel cultivo de tilapia: relación entre enfermedades y calidad del agua. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 4(7), 34-49. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.38186/difcie.47.04>

Piza, N. D., Amaiquema Márquez, F. A., & Beltrán Baquerizo, G. E. (Octubre de Diciembre de 2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. Babahoyo, Los Rios, Ecuador.

Sanjit Chandra, J. M.-D. (2023). *Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiomes in health and disease*.

Stickney, R. R. (2022). *Manual de Producción de Tilapia*. CRC Press.