

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES
DE CHIAPAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA.

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL.

TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA INTENSIVO DE ACUACULTURA PARA
UNA ESPECIE DE TILAPIA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) EN LA
LOCALIDAD CRUZ PILAR DEL MUNICIPIO DE TENEJAPA,
CHIAPAS.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA:

MARÍA BERENICE LASTRA MUÑOZ.

DIRECTOR:

DR. RUBEN ALEJANDRO VAZQUEZ SANCHEZ.

MTRO. ULISES GONZÁLEZ VÁZQUEZ.

CODIRECTORES:

DR. JOSE MANUEL GOMEZ RAMOS.

ASESORES:

ING. JORDAN ANTONIO JIMÉNEZ REYES.

DRA. KARINA ANTONIA TOLEDO GONZÁLEZ.

Tuxtla, Gutiérrez.

Septiembre, 2025.





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 12 de septiembre de 2025

C. MARÍA BERENICE LASTRA MUÑOZ

Pasante del Programa Educativo de: INGENIERÍA AMBIENTAL

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

DISEÑO DE UN SISTEMA INTENSIVO DE ACUACULTURA PARA UNA ESPECIE DE TILAPIA (OREOCHROMIS NILOTICUS) EN LA LOCALIDAD CRUZ PILAR DEL MUNICIPIO DE TENEJAPA, CHIAPAS

En la modalidad de: TESIS PROFESIONAL

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Mtro. Ulises González Vázquez

Firmas:

[Firma]
[Firma]
[Firma]

Ccp. Expediente



ÍNDICE GENERAL.

CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN.	8
II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	10
III.- JUSTIFICACIÓN.....	12
IV.- OBJETIVOS.....	13
V.-HIPÓTESIS.....	14
VI.- ANTECEDENTES.	15
VII.- MARCO TEÓRICO.....	17
7.1.1. ¿QUÉ ES LA ACUACULTURA?	17
7.1.2. IMPORTANCIA DE LA ACUACULTURA DE TILAPIA EN MÉXICO.	17
7.1.3. BIOLOGÍA DE LA TILAPIA.	19
7.1.4. SISTEMAS DE CULTIVO.	20
7.1.5. PLAN DE MANEJO.....	21
7.1.6. PLAN DE MANEJO DE ACTIVIDADES:	21
7.1.7. PLAN DE MANEJO TAXONÓMICO.	22
7.1.8. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA.....	22
7.1.9. INFRAESTRUCTURAS.....	23
7.1.10. TEMPERATURA.	23
7.1.11. CALIDAD DEL AGUA.....	24
7.1.12. ALIMENTACIÓN.....	24
7.1.13. IMPACTO AMBIENTAL.....	25
7.1.14. MARCO NORMATIVO.....	26
VIII.- MARCO METODOLÓGICO.	27
8.1.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO.	27
8.1.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO.....	27
8.1.3. VISITA A DIFERENTES ESTANCIAS ACUÍCOLAS PARA TOMAR CURSOS Y TALLERES SOBRE EL MANEJO DE DIFERENTES ESPECIES.	25
8.1.4. ANÁLISIS DE VARIANTES DE TEMPERATURA.	26
8.1.5. DELIMITACIÓN DE SISTEMA DE MONITOREO EN MATERIA DE CALIDAD DE AGUA DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.....	28
8.1.6. TEMPERATURA/CALIDAD DEL AGUA (MICROBIOLÓGICO).	29
IX.- RESULTADOS.	30
9.1.1. VISITAS A ESTANCIAS ACUICOLAS.....	30

9.1.2. ANALISIS DE VARIANTES DE TEMPERATURA.	38
9.1.3. PLAN DE MANEJO ADECUADO.....	38
9.1.4. DEFINICIÓN DEL DISEÑO DE ACUERDO CON EL PLAN DE MANEJO DE LA ESPECIE Y CARACTERÍSTICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	40
X.- DISCUSIONES.	44
XI.- CONCLUSIONES.	45
XII.- REFERENCIAS.....	46
XIII.- ANEXOS.	48

INDICE DE FIGURA.

CONTENIDO

Figura 1. Diseño por considerar.....	22
Figura 2. Área del estudio (Cruz pilar) estanque de Tierra.	27
Figura 3. Incubadoras de huevos.	30
Figura 4. Tina de separación de alevines.	30
Figura 5. Lote de alevines Rocky Mountain.	31
Figura 6. Oxigenación.....	31
Figura 8. Filtro implementado de tapas plásticas.	32
Figura 7. Cuneros de alevines para agilizar su crecimiento.....	32
Figura 9. Identificación de enfermedades.	33
Figura 10. Acceso al laboratorio.	33
Figura 11. Rocky Mountain, talla promedio.....	33
Figura 12. Eviscerado de peces para venta en mercados.	34
Figura 13. Mangueras difusoras.....	34
Figura 14. Sistema de desagüe.	34
Figura 15. Jaula piscifactorias de engorda.....	35
Figura 16. Jaula flotante común.	35
Figura 17. Capacitada por la granja JIMRI.	35
Figura 18. Manejo de alimentación en jaulas flotantes.	35
Figura 19. Capacitación por la CESACH.....	36
Figura 20. Trazos y delimitación.	37
Figura 22. Estanque de geomembrana instalada.	37
Figura 21. Instalación del estanque de geomembrana.	37
Figura 23. Diseño definido para la etapa de alevines.	41
Figura 24. Diseño definido etapa de pez juvenil.....	42

ÍNDICE DE TABLAS.

CONTENIDO

Tabla 1. Requerimientos del cultivo de tilapia: calidad del agua.....	24
Tabla 2. Aspectos para considerar en el cultivo.....	28
Tabla 3. Fechas adecuadas para la siembra de alevines.	38
Tabla 4. Plan de manejo adecuado de acuerdo al artículo.	39
Tabla 5. Plan de nutrición para la especie Rocky Mountain.	39
Tabla 6. Cotización de artículos.	43

ÍNDICE DE GRAFICAS.

CONTENIDO

Grafica 1. Informe anual de pobreza y rezago social.	24
Grafica 2. Datos mediante los SMN de Conagua para distinguir las variantes.	27

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, fuente de toda sabiduría y guía en mi camino, por brindarme la fortaleza y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta. Por todas esas oraciones escuchadas y respondidas, sé que los tiempos de Dios son perfectos. ¡¡Mi camino está en tus manos!!

A la universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, (UNICACH) por la estancia, pase momentos inolvidables.

Al Mtro. Ulises González Vázquez, por su invaluable dirección, guía y apoyo durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia, conocimientos y dedicación fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. Agradezco especialmente su paciencia y motivación. Por día a día motivarnos a cada uno de nosotros y entender que los procesos no son fáciles, pero sí posibles.

Al Dr. José Manuel Gómez Ramos, por la paciencia durante todo este tiempo, por compartir su conocimiento con cada uno de nosotros.

Al Ing. Jordan Antonio Jiménez Reyes por ser mi asesor y guía. Agradezco profundamente su dedicación, conocimiento, paciencia y comprensión. Hizo posible superar los desafíos encontrados y que pudiera encontrarme con mi propia capacidad, por el tiempo invertido en guiarme a través de esta tesis. Su apoyo personal y profesional ha sido invaluable. Este trabajo es reflejo del esfuerzo en conjunto con todos ustedes.

A todos mis compañeros, por ser fuente de alegría en la universidad, por siempre sacarme una sonrisa cuando no estaba conmigo misma, los recuerdos siempre permanecerán en mi corazón.

Sin duda agradezco a mi tío José de Jesús Muñoz Damas, por siempre contar con su motivación en casa durante estos 4 años de carrera, su presencia siempre fue importante para mí.

Al igual que a mis prim@s en especial a Christopher de Jesús Muñoz Rizo, gracias por los momentos de motivación que me dabas cuando me sentía cansada, sé que ahora eres la fuente de bendiciones que Dios me pone en cada puerta, esto también tiene parte de ti.

Proverbios 3:5-6

“Confía en el Señor con todo tu corazón, y no te apoyes en tu propia inteligencia. Reconócelo en todos tus caminos, y él allanará tus sendas.

DEDICATORIA

¡¡Le dedico esta tesis al mayor supremo, a Dios!! Por nunca soltarme cuando no podía más, por ser mi pañuelo en esos momentos donde no hablé, por darme la fortaleza todos los días.

A mi padre, Manuel de Jesús Lastra Lastra que desde el cielo me ilumina y me impulsa a seguir adelante. Sin olvidar los valores que me inculcó, un padre profesionalista que hoy es un ángel, ejemplo a seguir.

A mi madre, Ruth Muñoz Damas mi eterno motor y ejemplo de lucha, cuyo amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido el faro que me ha guiado en los momentos más difíciles, le dedico este trabajo como muestra de mi profundo agradecimiento y admiración, sin su aliento constante, este sueño no habría sido posible.

A mi hermano, Manuel de Jesús Lastra Muñoz por su esfuerzo, trabajo y amor sin remordimiento alguno, por ser nuestro mayor apoyo en casa, todo lo que me das hoy, mañana te lo daré a ti,

A mi hermana, Wendy Guadalupe Lastra Muñoz te dedico este trabajo porque fuiste parte, tu cariño y motivación me han forjado a ser la persona que soy ahora, eres mi mayor ejemplo por seguir. Y no solo mío, también de nuestros hermanos.

También a mi pequeña hermanita, Victoria del Rosario Lastra Muñoz, tu inocencia y amor por la vida, me han enseñado a ver las cosas distintas, con pasión y ambición.

A mi amor eterno, a mi abuela (mami) Araceli Damas Damas, esto también es para ti, tu amor incondicional y tus oraciones clamadas por mi siempre me han abierto las puertas, te amo.

Luis Alfonso Espinoza Méndez mi figura paterna en casa, esto no habría sido posible sin tu motivación, conocimiento y cariño compartido conmigo, ¡eres un gran ejemplo para mí!

Y sin olvidar a mi mayor motor cuando todo se venía encima, mi sobrina, Paulina Leon Lastra, tu ternura y amor me enseñaron a ser una nueva persona, esto va para ti, mi niña.

I.- INTRODUCCIÓN.

La acuacultura es una actividad de gran relevancia en México, aportando el 91% de la producción de tilapia en el país. Este cultivo se lleva a cabo en 31 estados de la república, destacando las zonas tropicales como Veracruz, Michoacán, Tabasco, Sinaloa, Jalisco, Nayarit, Chiapas y Guerrero por su alta productividad. El criadero de tilapia no solo representa una fuente esencial de ingresos, sino también contribuye especialmente aquellas afectadas por la sobrepesca, también ha ganado aceptación social debido a la facilidad de cultivo de la especie (Gaspar *et al.*, 2012).

En el estado de Chiapas, se presenta un clima templado que puede afectar el cultivo de tilapia, ya que esta especie prefiere temperaturas cálidas como en el sitio Cruz Pilar. Es crucial diseñar sistemas que mantengan la temperatura del agua adecuada para el crecimiento óptimo de los peces (Comunidad Parlamentaria, 2019). Existen varios sistemas de producción que pueden ser implementados, como el extensivo, semi intensivo e intensivo. La elección del sistema dependerá de los recursos disponibles y los objetivos de producción (Comunidad Parlamentaria, 2019).

Existen diversas variedades de especies de tilapia hermanadas de la (*Oreochromis niloticus*) como; tilapia roja, tilapia de mozámبيق, tilapia de zanzíbar, tilapia azul, tilapia gigante, y la tilapia rocky mountain. Son unas de las variedades de especies más seleccionadas por sus características superiores de crecimiento y resistencia a bajas temperaturas, lo cual se analizará cuál de las especies de tilapia (*Oreochromis niloticus*) es más susceptible a temperaturas bajas (CONABIO, 2025).

Para mantener la temperatura adecuada y reducir costos, se pueden utilizar fuentes de energía sostenible como paneles solares o sistemas de biogás. Esto no solo ayuda a mantener un ambiente óptimo para las tilapias, sino que también reduce el impacto ambiental (González, 2023).

Es fundamental cumplir con las regulaciones locales y nacionales relacionadas con la acuacultura. Esto incluye obtener los permisos necesarios y seguir las normativas de manejo ambiental y sanitario (Producción de tilapia en Chiapas, 2019)

Implementar paneles solares para generar electricidad puede ser una excelente opción, especialmente en regiones con alta radiación solar como Chiapas. Los sistemas solares pueden alimentar bombas de agua, sistemas de aireación y otros equipos esenciales

Considerar y mitigar el impacto ambiental del criadero. Esto incluye la gestión adecuada de los desechos, la reducción del uso de productos químicos y la implementación de prácticas sostenibles

que minimicen la huella ecológica (Montes, 2013). Involucrar a la comunidad local en el proyecto puede generar beneficios adicionales, como la creación de empleo y el fortalecimiento de la economía local.

II.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el municipio de Tenejapa la localidad Cruz Pilar cuenta con bajas temperaturas que afectan negativamente el crecimiento y la supervivencia de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) limitando la producción eficiente en los criaderos locales. La tilapia es una especie tropical que requiere temperaturas óptimas entre 22°C y 24°C para un desarrollo adecuado. En la zona de Tenejapa, las temperaturas pueden variar por debajo de este rango, afectando la producción. A nivel global, la acuicultura de tilapia es una fuente importante de proteína en México, representa una actividad económica significativa (González, 2022).

La temperatura del agua es un factor crucial que afecta a los peces de varias maneras, la temperatura influye directamente en el metabolismo de los peces. Así como el Crecimiento cada especie de pez tiene un rango de temperatura óptimo para el crecimiento, fuera de ese rango, el crecimiento se ve afectado negativamente. En la Reproducción la temperatura también afecta los ciclos reproductivos de los peces, las inadecuadas pueden afectar la calidad de los huevos y la supervivencia de las crías en el Sistema inmunológico, las temperaturas extremas pueden debilitar a los peces, haciéndolos más susceptibles a enfermedades y parásitos (Montes, 2013).

La calidad del pez puede verse afectada por las condiciones de hacinamiento y el uso de aditivos. Es recomendable buscar tilapias criadas en granjas con dietas naturales para asegurar una mejor calidad. Por ejemplo, tilapias criadas en condiciones óptimas pueden alcanzar un peso de 500-700 gramos en 6-8 meses (Méndez, 2019). En el oxígeno disuelto la capacidad del agua para retener oxígeno disminuye a medida que la temperatura aumenta. Esto puede llevar a niveles bajos de oxígeno disuelto, lo cual es crítico para la supervivencia de los peces, afectando también su comportamiento (González, 2023). Para lograr un crecimiento normal y una baja mortalidad, los valores mínimos de oxígeno disuelto se deben mantener por encima de 3.0 Mg/l, valores menores reducen el crecimiento e incrementan la mortalidad (Montes, 2013).

Las pérdidas económicas en la cría de tilapia pueden ser significativas si no se manejan adecuadamente los factores de producción. Problemas como la mala calidad del agua y enfermedades pueden llevar a pérdidas financieras. Como tal, una mortalidad del 10-20% debido a enfermedades puede resultar en pérdidas económicas de hasta \$1,000.00 - \$2,000 por cada 10,000 peces criados (Sánchez, 2019).

III.- JUSTIFICACIÓN.

El diseño de un criadero de tilapia en la localidad Cruz Pilar es una gran oportunidad para mejorar la economía local y proporcionar una fuente de alimentos para la comunidad, sin embargo, es esencial abordar el problema de la temperatura, la fluctuación térmica no sólo afecta la productividad del criadero. Sino también puede llevar a pérdidas económicas significativas debido a la mortalidad de los peces y la disminución de la calidad del producto final.

Al diseñar un sistema de control de temperatura eficiente, se puede mitigar el impacto de las variaciones térmicas, asegurando un ambiente óptimo para el crecimiento de la tilapia. Esto no solo mejorará la viabilidad económica del criadero, sino también contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible de la región. Además, un criadero exitoso puede servir como modelo para otras comunidades en Chiapas, promoviendo prácticas acuícolas sostenibles y resilientes al cambio climático (Montes, 2013).

El uso de energía solar para el calentamiento térmico en los criaderos de tilapia en Cruz Pilar es una solución viable y sostenible para superar el desafío de la temperatura. Esta tecnología no solo garantiza un ambiente adecuado para el crecimiento de la tilapia, sino que también promueve prácticas de acuicultura sostenibles y reduce los costos operativos, con la implementación de sistemas solares térmicos, es posible desarrollar una acuicultura de tilapia exitosa y respetuosa con el medio ambiente en la región (Salazar, 2014).

Uno de los beneficios adicionales son la sostenibilidad ambiental que se enfoca en la energía solar que es una fuente de energía limpia y renovable que reduce la dependencia de combustibles fósiles y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero. También entra la reducción de costos ya que, a largo plazo, la inversión en sistemas solares térmicos puede resultar en ahorros significativos en los costos de energía, mejorando la rentabilidad del criadero. La promoción de prácticas sostenibles en un criadero que utilice energía solar puede servir como ejemplo de prácticas sostenibles, incentivando a otras comunidades y productores a adoptar tecnologías limpias y eficientes (Salazar, 2014).

IV.- OBJETIVOS.

Objetivo General

Diseñar un sistema intensivo de acuacultura para una especie de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la localidad de Cruz Pilar en el municipio de Tenejapa, Chiapas.

Objetivo Específico

1. Visitar diferentes estancias acuícolas para tomar cursos y talleres sobre el manejo de diferentes especies.
2. Analizar las variantes de temperatura en Cruz Pilar y su impacto en el cultivo de tilapia mediante los datos de la estación más cercana de SMN de CONAGUA.
3. Delimitar un sistema de monitoreo en materia de calidad de agua de parámetros físicos, químicos y biológicos.
4. Definir el diseño de acuerdo con el plan de manejo de la especie y características en el área de estudio.

V.-HIPÓTESIS.

El diseño e implementación de un sistema intensivo de acuicultura que integre un manejo avanzado de la calidad del agua (filtración biológica y mecánica) y protocolos de alimentación optimizados (frecuencia y cantidad controladas) mejorará significativamente la tasa de crecimiento individual y la tasa de supervivencia de *Oreochromis niloticus* en la localidad de Cruz Pilar, Tenejapa, Chiapas, en comparación con los sistemas de cultivo semi-intensivos o extensivos tradicionales de la región.

VI.- ANTECEDENTES.

El estudio de Villafuerte (2014) investigó el efecto de la temperatura en el crecimiento de juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), destacando que la temperatura del agua es un factor limitante para su desarrollo metabólico. La investigación comparó el desarrollo de juveniles a 25 °C (TA) y 21 °C (TB), midiendo parámetros fisicoquímicos, crecimiento en peso y longitud, supervivencia y mortalidad. Aunque el tratamiento A (25 °C) mostró mejores resultados en peso y longitud, así como un FCA más eficiente y menor mortalidad, el análisis estadístico no reveló diferencias significativas en el crecimiento entre ambas temperaturas. El estudio concluye que, bajo las condiciones experimentales, el crecimiento de la tilapia es isométrico y que las diferencias de temperatura evaluadas no impactaron significativamente el crecimiento.

(Pis *et al.*, 2017) evaluaron la calidad del agua en el cultivo de Tilapia nilótica GIFT 13-12 en jaulas en la presa La Cidra, Cuba. Los resultados indicaron que las variables fisicoquímicas y microbiológicas se mantuvieron dentro de los límites establecidos por normativas nacionales e internacionales para el cultivo de especies dulceacuícolas. El fitoplancton estuvo dominado por Cyanophytas y Chlorophytas, con Gomphosphaeria sp, Pediastrum y Scenedesmus como géneros más abundantes. La investigación concluyó que el agua de la presa La Cidra es adecuada para el desarrollo de la tilapia GIFT 13-12 en jaulas, permitiendo la obtención de productos de buena calidad para el consumo humano.

(Aguilar *et al.*, 2017) Muestran un enfoque sustentable al cultivo de tilapia, proponiendo un sistema de recirculación acuícola con bajo impacto ambiental y alta productividad, incluyendo plantas medicinales y prebióticos para mitigar los efectos de temperatura.

Solís y Argueta (2019) señalan que el cultivo de tilapia (*Oreochromis sp*) en Guatemala se inició en la década de los cincuenta, impulsado por un programa de piscicultura rural con apoyo de la FAO. Este cultivo alcanzó su auge a finales de los años 90 gracias a la disponibilidad de alevines reversados, mejora genética y acceso a alimento balanceado. La tilapia se cultiva en zonas cálidas debido a su intolerancia a bajas temperaturas. Inicialmente, los estanques se construían en suelos arcillosos o con revestimiento de concreto para evitar filtraciones, aunque actualmente existen alternativas más económicas como el nylon de polietileno o geomembrana. El consumo de carne de pescado es bien aceptado en el departamento de Chiquimula por su aporte nutricional. Para el engorde de tilapia en estanques, los productores deben contar con terreno para la construcción,

área para la producción de forrajes, terrenos con altitud entre 200 y 1300 msnm, estanques cercanos a viviendas o con buena vigilancia, agua de buena calidad y temperaturas entre 20°C y 35°C.

Kevin (2023) Detalla una guía definitiva para el cultivo de tilapia, esta misma cubre desde la configuración hasta la cosecha de tilapia, destacando la importancia de la gestión de la temperatura para maximizar el crecimiento y la productividad.

Montería (2024) Su artículo nos habla acerca del plan de manejo y el plan nutricional que se debe aplicar para la especie Rocky Mountain, basado a este artículo vienen varias informaciones detalladas acerca de la especie.

VII.- MARCO TEÓRICO.

7.1.1. ¿QUÉ ES LA ACUACULTURA?

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la posibilidad de alimento y se como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos (Saavedra, 2006).

Su cultivo es uno de los más difundidos, la rentabilidad puede ser alta o baja dependiendo el sistema. Es altamente productivo, debido a los atributos de la especie, como son: su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a diferentes salinidades (organismos eurihalinos), así como la aceptación de una amplia variedad de alimentos balanceados de tipo comercial de acuerdo a las necesidades de la especie (CONABIO 2018).

Actualmente la acuicultura constituye una actividad que contribuye con la alimentación de muchas comunidades del mundo, ya que la pesca está llegando a sus límites máximos de producción debido a la sobreexplotación de algunas especies, la degradación del ambiente, la contaminación de las aguas y los costos producidos por el alto de los precios de los combustibles (Savendra, 2009).

La acuicultura, cuando se gestiona de manera responsable, puede contribuir a la seguridad alimentaria y reducir la presión sobre las poblaciones de peces silvestres. Sin embargo, es crucial implementar prácticas sustentables que minimicen los impactos ambientales (Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, 2010).

7.1.2. IMPORTANCIA DE LA ACUACULTURA DE TILAPIA EN MÉXICO.

Estas especies se desarrollan en diversos cultivos ya sea de agua salada o dulce, bajo condiciones totalmente controladas y al cuidado de ingenieros, zootecnistas, ingenieros acuícolas y biólogos marinos.

Se ha logrado que la acuicultura en América Latina mantenga el crecimiento más elevado a escala global, superando constantemente el 9% anual promedio en las últimas dos décadas. Colocándola como el sector primario productor de alimentos con mayor desarrollo.

En chiapas, se enfoca en especies como la tilapia, el ostión y el camarón. El gobierno y las instituciones de investigación promueven prácticas Acuícolas sustentables para proteger los recursos naturales y mejorar la producción (SAGARPA,2018).

En México, ha alcanzado niveles de desarrollo que van desde la escala experimental (como sucede con el pescado blanco, mojarra nativa, abulón, callo de hacha, mejillón, langosta y caracol), hasta la producción comercial de otras especies (bagre, carpa, tilapia, trucha, ostión, camarón y langostino). Los programas actuales resuelven la integración de la piscicultura como actividad paralela y simultánea a labores agrícolas, con lo que se mejora la alimentación de alto valor proteínico para los humanos.

La producción acuícola se lleva a través de sistemas de cultivo que al igual que en las demás producciones, están determinados por la densidad de organismos por metro cuadrado o cúbico, tipo de alimentación (natural o artificial), flujo de agua, tecnología empleada, capital a invertir, especie acuática a producir, etc. Según el grado de tecnificación que se utiliza para la producción de organismos acuáticos (moluscos, crustáceos y peces) los podemos dividir en sistemas extensivos, semi Intensivo, intensivos e incluso en producción de camarón tilapia y trucha existe el sistema hiper intensivo.

La Acuicultura ofrece hoy a los productores mexicanos amplias oportunidades de desarrollo: y de inversión con diferentes países y asociaciones, al amparo de 12 Tratados de Libre Comercio con 46 naciones; 32 acuerdos para la Promoción y Protección Recíproca de las Inversiones con 33 países y nueve acuerdos de alcance limitado en el marco de la Asociación Latinoamericana de Integración (Sistema de Acuicultura con Drenaje Recirculante, 2022).

Entre las acciones que se han desarrollado para incentivar la producción de alimento de alta calidad nutricional y precio accesible, se incluye el mejoramiento de líneas genéticas de especies susceptibles a acuicultura; apoyo y desarrollo de investigación aplicada y ordenamiento acuícola destinado a seguir impulsando el potencial acuícola nacional mediante la caracterización de áreas o zonas en donde se pueda realizar acuicultura.

7.1.3. BIOLOGÍA DE LA TILAPIA.

Las especies del género *Oreochromis* se encuentran actualmente en América Central, el sur del Caribe, el sur de Norteamérica, el sudeste asiático, el Medio Oriente y África. La CONABIO las clasifica como especies invasoras en la categoría “E” (CONABIO, 2018).

- **Morfología:** Cuerpo robusto, comprimido y de forma discoidal, raramente alargado. Boca protráctil con labios gruesos, mandíbulas anchas con dientes cónicos y a veces incisivos. Aleta dorsal en forma de cresta con espinas y radios en su parte terminal. Aleta caudal redondeada y truncada. El macho tiene dos orificios en la papila genital: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra tiene tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario (CONABIO, 2018).
- **Ciclo de vida:** La incubación es bucal y dura entre 3 y 6 días. Los machos alcanzan la madurez entre los 4 y 6 meses, mientras que las hembras lo hacen entre los 3 y 5 meses (CONABIO, 2018). La talla promedio de presentación es de 250-600 grs.
- **Hábitat:** Viven en ambientes acuáticos de agua dulce (ríos, embalses, arroyos y lagos) y salobres (lagunas costeras y estuarios).
- **Alimentación en el medio natural:** Son omnívoras, consumiendo fitoplancton, plantas acuáticas, algas, zooplancton, detritos, invertebrados, pequeños insectos y organismos bentónicos (CONABIO, 2018). Las tilapias son peces provistos de branquiespinas, es decir al tener este aspecto los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos tienden a proceso para la digestión como todo ser vivo y para la tilapia lo primero es que pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de incisión en el intestino, el cual mide de 7 a 10 veces más que la longitud del cuerpo del pez. Una de las características de esta especie y beneficio es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para el cultivo se emplean diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos esos empleados de forma balanceada y

suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente (Martínez, 2006).

7.1.4. SISTEMAS DE CULTIVO.

En México los cultivos de tilapia se realizan en sistemas:

- Extensivo: En este sistema, los animales se alimentan de los recursos naturales del ecosistema, sin intervención humana. Se ocupa más terreno y se aprovechan mejor los recursos naturales, del estanque de 90 a 250 Kg. por hectárea al año (FIRCO). (s.f). Una de las ventajas es que suele ser de bajo costo e incluso es mínimo el impacto ambiental que ocasiona (Saavedra, 2006).
- Semi-intensivo: Se trata de un sistema intermedio entre el extensivo y el intensivo. Se utilizan innovaciones tecnológicas, infraestructura productiva y administración para manejar; los pastizales, la genética y el manejo sanitario, de 700 a 2,000 kilos por hectárea al año. Juega un papel de desventaja por contar con un mayor costo que el sistema extensivo al igual que requiere mayor manejo y control (Tacon *et al.*, 2006).
- Intensivo: Se utilizan parcelas pequeñas, más mano de obra, energía y maquinaria, y se requiere mayor inversión. El objetivo es producir el máximo rendimiento posible para satisfacer las necesidades alimentarias del ser humano, de 2 a 15 toneladas por hectárea al año (FIRCO). (s.f). Suele contar con un alto costo a la vez requiriendo alta tecnología y conocimientos técnicos y lo más difícil mayor riesgo de enfermedades (Tacon, Hasan & Subasinghe, 2006).

7.1.5. PLAN DE MANEJO.

El plan de manejo es fundamental para la implementación y producción de tilapias ya que consisten diferentes aspectos o técnicas para el cuidado de tilapia como la producción y de estanques, por lo cual un plan de manejo siempre debe permanecer en un proyecto de cualquier base de estudio.

7.1.6. PLAN DE MANEJO DE ACTIVIDADES:

1. Recopilación de datos
2. Diseño de estanque
 - Preparación del terreno
 - Capacidad de agua
 - Infraestructura
 - Oxigenación
 - Capacidad de peces
3. Preparación del estanque
 - Limpieza y desinfección
 - Llenado y acondicionamiento del agua
4. Siembra de alevines
 - Compra de alevines
 - Aclimatación
5. Alimentación
 - Cantidad considerada de alimentación
 - Tiempo de alimentación
6. Calidad del agua
 - Parámetros
 - Oxígeno disuelto
 - pH
 - Temperatura atmosférica
 - Temperatura del agua
 - Turbiedad
7. Recambio de agua
 - Sacado de agua sucia

- Introducción de agua limpia
- Procesamiento

8. Cosecha

7.1.7. PLAN DE MANEJO TAXONÓMICO.

El plan de manejo taxonómico abarca varios aspectos claves importantes, desde la identificación y clasificación de las especies hasta las prácticas de cultivo y manejo sostenible.

7.1.8. DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA.

Es necesario establecer un diseño de sistema hidráulico (entrada y salida de agua) para cada tipo de estructura o estanquería: cubos y/o circulares, esto es, la implementación de entradas horizontales y verticales, con opción de alineamiento y control del flujo del agua, para crear efectos rotacionales y tangenciales que permitan la adecuada remoción de sólidos, lo anterior, con la finalidad de dar al organismo una calidad de agua óptima, para un mejor aprovechamiento del alimento y que el productor suministre cantidades adecuadas, logrando así una forma eficiente de los recursos que se emplean (CONABIO, 2018).

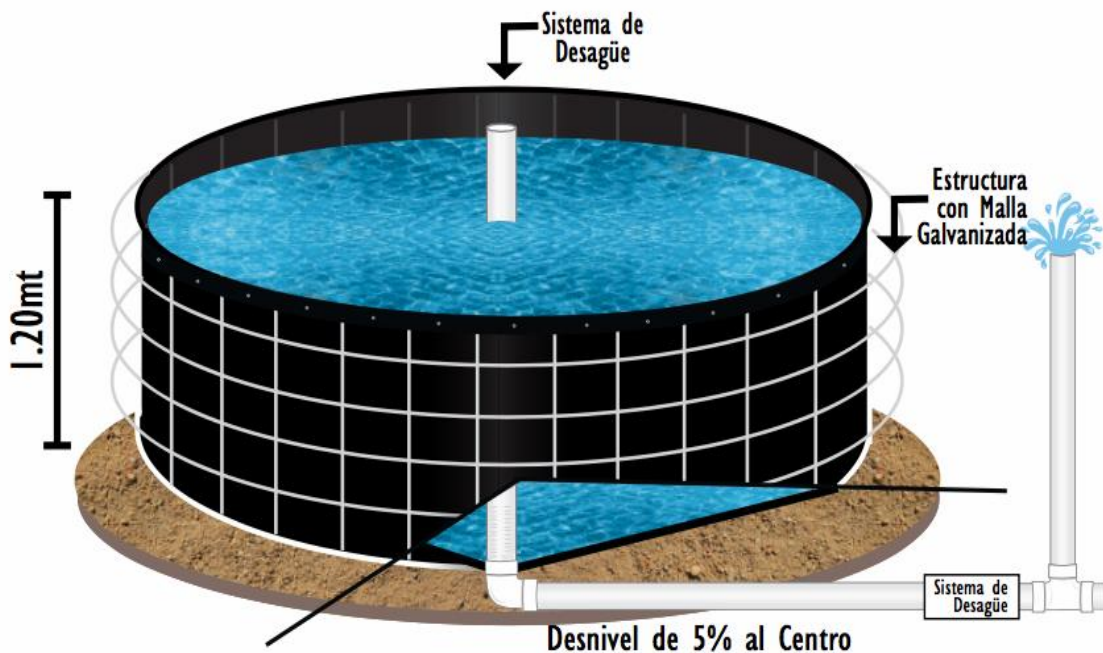


Figura 1. Diseño por considerar.

Fuente. (Iagros, 2024)

7.1.9. INFRAESTRUCTURAS.

Existen varios tipos de infraestructuras para el cultivo de tilapias, cada una con sus propias ventajas y desventajas. Las más comunes:

- **Estanques:** Son la forma más tradicional y común. Pueden ser de tierra, revestidos con plástico o concreto. Son ideales para áreas con suficiente espacio y acceso a agua de buena calidad.
- **Jaulas:** Utilizadas en cuerpos de agua naturales como lagos y embalses. Permiten un control más fácil de la densidad de población y la alimentación, lo cual requiere una buena calidad de agua y protección contra depredadores.
- **Corrales:** Los corrales, también conocidos como jaulas flotantes, son una opción popular para el cultivo de tilapias en cuerpos de agua naturales como lagos, embalses y ríos.
- **Lagunas y reservorios:** Utilizados en áreas con grandes extensiones de tierra y acceso a agua. Son menos controlados que los estanques o tanques, pero pueden ser una opción económica.
- **Canales de regadío:** Aprovechan los sistemas de riego existentes para el cultivo de tilapias. Son una opción interesante en zonas agrícolas.

7.1.10. TEMPERATURA.

Como consecuencia de los efectos del cambio climático en el cultivo de peces, se dan las siguientes consideraciones:

Los cambios en la distribución, en la composición de las especies y en los hábitats, harán modificaciones en las prácticas acuícolas, en donde se tendrá que cambiar la ubicación de las instalaciones o de mejorar las prácticas alimenticias. O colocar estructuras tipo invernadero que mantengan el aire caliente y el agua tibia. Sobre las prácticas alimenticias se daría de comer una vez al día o cuando la temperatura del agua rebase los 20 °C.

Como medidas de adaptación, se recomienda lo siguiente:

- Mejorar la selección de crías para conseguir la tolerancia a temperaturas más altas.
- Prevención y seguir las normas sanitarias para prevenir riesgos sanitarios (CONABIO, 2018).

7.1.11. CALIDAD DEL AGUA.

Para que el pez tilapia se desarrolle de forma óptima, la calidad del agua debe cumplir con ciertos parámetros, como:

Tabla 1. Requerimientos del cultivo de tilapia: calidad del agua.

Parámetros	Rangos
Temperatura	22– 24°C
Oxígeno Disuelto	5.0 – 9.0 mg/l
pH	6.0 – 9.0
Alcalinidad Total	50 – 150 mg/l
Calcio	60 – 120 mg/l
Nitratos	0.1 mg/l
Amonio Total	1.5 – 2.0 mg/l
Hierro	0.05 – 0.2 mg/l
Fosfatos	0.15 – 0.2 mg/l

Fuente: Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura. (s.f.).

7.1.12. ALIMENTACIÓN.

La alimentación en los cultivos de tilapia es importante ya que al final se podrá tener una calidad de carne de la producción, por lo tanto, se debe de ir alimentando conforme al tamaño.

- Alevines: para alevines la alimentación debe de ser constante conforme pasa los días por el proceso de supervivencia, es donde la tilapia debe de consumir más alimento diario que fortalezca a su crecimiento más rápido, llegando a comer 6 veces por día y el número de alimento que se utiliza en esta etapa es de 1 mm de espesor.
- Juvenil: En la etapa juvenil la alimentación cambia en cantidad de veces que se proporciona por día, está es de 4 a 3 veces por día, por lo que no están necesario darle más de 5 veces,

en esta etapa los peces se desarrollan perfectamente para dar inicio a la siguiente etapa que es la de engorde, el número de alimento que se utiliza en esta etapa es de 2 mm de espesor.

- Engorde: Para la engorda se necesita alimento que cubra la cantidad de proteína que debe consumir el alevín en esa etapa final. La alimentación varía de igual manera, puede ser de 3 a 4 veces por día y el milímetro que se utiliza de alimento es de 3 a 4 mm de espesor.

7.1.13. IMPACTO AMBIENTAL.

Implementar sistemas de recirculación acuícola (RAS) puede minimizar el uso de agua y reducir la contaminación, ya que el agua se filtra y reutiliza dentro del sistema, al utilizar prácticas sostenibles, como el uso de plantas medicinales y probióticos para prevenir enfermedades, puede reducir la necesidad de productos químicos y antibióticos, el cultivo de tilapia puede generar empleo y mejorar la seguridad alimentaria en la región, contribuyendo el desarrollo económico social, la eficiencia energética de implementar tecnologías energéticas y fuentes de energía renovable que ayuda para reducir el consumo de energía (ORNELAS, 2017).

7.1.14. MARCO NORMATIVO.

En México, la acuacultura está regulada por varias Normas Oficiales Mexicanas (NOMS) que establecen las reglas y especificaciones para asegurar la calidad, seguridad y sostenibilidad de las actividades acuícolas.

1. ***Norma Oficial Mexicana NOM-059-SAG/PESC-2010:*** Establece las especificaciones técnicas para la producción de tilapia en sistemas de acuacultura, incluye directrices sobre la temperatura del agua, calidad del agua, densidad de población y manejo sanitario (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2010).
2. ***Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables:*** Regula las actividades de pesca y acuacultura en México, promueve prácticas sostenibles, protección del medio ambiente y el uso responsable de los recursos acuáticos.
3. ***Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia:*** Proporciona directrices sobre la selección del sitio, diseño de la granja y manejo de la temperatura del agua, asegura la inocuidad alimentaria y la sostenibilidad del cultivo (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2014).

VIII.- MARCO METODOLÓGICO.

8.1.1. LOCALIZACIÓN DEL SITIO.

El presente estudio se llevo a cabo en la localidad Cruz Pilar del municipio de Tenejapa, Chiapas. Ubicado en el estado de Chiapas, México. Se encuentra en los límites del Altiplano Central y las Montañas del Norte de la Sierra Madre de Chiapas, con una latitud de 16.21666667° , una longitud de -91.33333333° y una altitud de 379 msnm de acuerdo con las normales de CONAGUA, Sus coordenadas geográficas son aproximadamente N $16^{\circ}54'47.0''$ W $092^{\circ}26'34.4''$.



Figura 2. Área del estudio (Cruz pilar) estanque de Tierra.

Fuente. (Lastra, 2025).

8.1.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO.

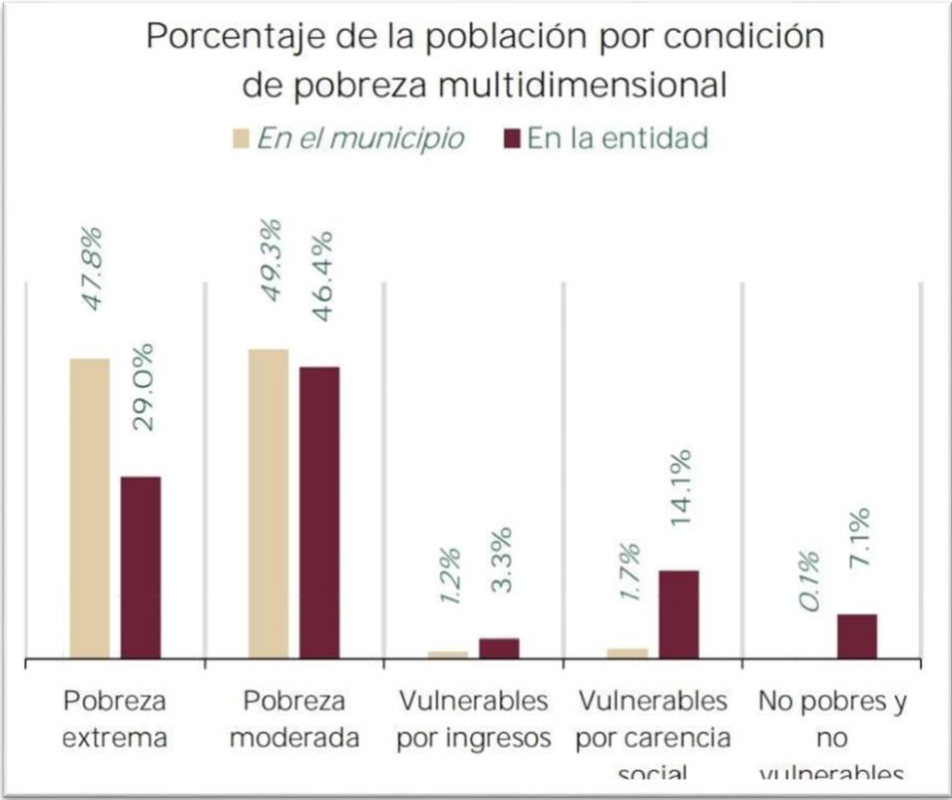
La temperatura en Cruz Pilar varía a lo largo del año. Generalmente, oscila entre 7°C y 23°C , con una temperatura media anual de alrededor de 16°C . La humedad es generalmente alta debido a su ubicación en una región montañosa y su clima templado húmedo, la precipitación pluvial anual promedio es de aproximadamente 1,500 a 2,000 mm el área de estudio cuenta con un Río (Cruz pilar). De acuerdo con la Protección Civil de Chiapas, (2016). Cuenta con una gran diversidad, en sus bosques se pueden encontrar especies como el cedro, el pino y el encino. En cuanto a la fauna, es posible avistar aves como el quetzal, el tucán, el colibrí, el jaguar y el tapir. También se pueden encontrar reptiles como la boa y la iguana.

Se caracteriza por su rica cultura indígena, donde la mayoría de las personas hablan la lengua tzeltal y mantienen vivas sus costumbres y tradiciones.

Las principales actividades económicas en Tenejapa incluyen:

- Agricultura: Cultivo de maíz, frijol y café.
- Ganadería: Cría de ganado bovino y porcino.
- Artesanías: Producción de textiles y artesanías tradicionales, especialmente tejidos de lana y algodón.

Por lo tanto, la acuacultura puede tener beneficios como la reducción de pobreza, al proporcionar empleo y mejorar los ingresos, puede ayudar en áreas rurales. La diversificación de la economía, la acuacultura ofrece una alternativa económica viable a la agricultura tradicional, diversificando las fuentes de ingresos y al mismo tiempo implementando la educación y capacitación, la necesidad de conocimientos técnicos para gestionar criaderos de tilapia puede impulsar programas de educación y capacitación en la comunidad, el acceso a pescado fresco y nutritivo puede mejorar la dieta y la salud de la población.



Grafica 1. Informe anual de pobreza y rezago social.

Fuente: (INEGI, 2024).

De acuerdo con el Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentable, el precio de la tilapia en el mercado puede variar significativamente, según datos recientes, el precio minorista de la tilapia en México oscila entre \$35.00 y \$43.00 MXN por kilogramo.

El costo de producción de tilapia en un criadero puede ser más controlado y eficiente. En un promedio de aproximadamente \$60.00 MXN por kilogramo de pez entero.

Aunque el costo de producción en un criadero puede ser más alto, es importante considerar que los criadores puedan ofrecer un control de calidad superior y una producción más sostenible, además, los precios en el mercado pueden variar dependiendo de la demanda y otros factores económicos.

8.1.3. VISITA A DIFERENTES ESTANCIAS ACUÍCOLAS.

Las visitas y cursos en diversas estancias acuícolas se centran en la adquisición de conocimientos y habilidades prácticas fundamentales para el manejo integral de granjas Acuícolas. Específicamente, se profundizó en:

Biología y Manejo de Especies: Comprensión detallada de las características y requerimientos de especies como *Oreochromis*, incluyendo sus ciclos de vida y comportamiento.

Laboratorio y Sanidad Acuícola: Adquisición de competencias en el manejo de laboratorio para el diagnóstico temprano de enfermedades, así como en la implementación de medidas preventivas y tratamientos efectivos para mantener la salud de los organismos acuáticos.

Monitoreo de Parámetros: Capacitación en la medición y control de parámetros físico-químicos del agua “temperatura (C°), pH, oxígeno disuelto (OD), amonio (NH₄⁺), nitritos (NO₂⁻) nitratos (NO₃⁻), etc.” cruciales para el bienestar y desarrollo óptimo de los peces.

Nutrición y Alimentación: Aprendizaje sobre la formulación y aplicación de dietas específicas, ajustadas al tamaño y etapa de crecimiento de los peces, optimizando la conversión alimenticia y el desarrollo.

Infraestructura y Operación: Conocimientos sobre el diseño, construcción y mantenimiento de estanques acuícolas, así como la gestión eficiente de las instalaciones y equipos necesarios para la producción.

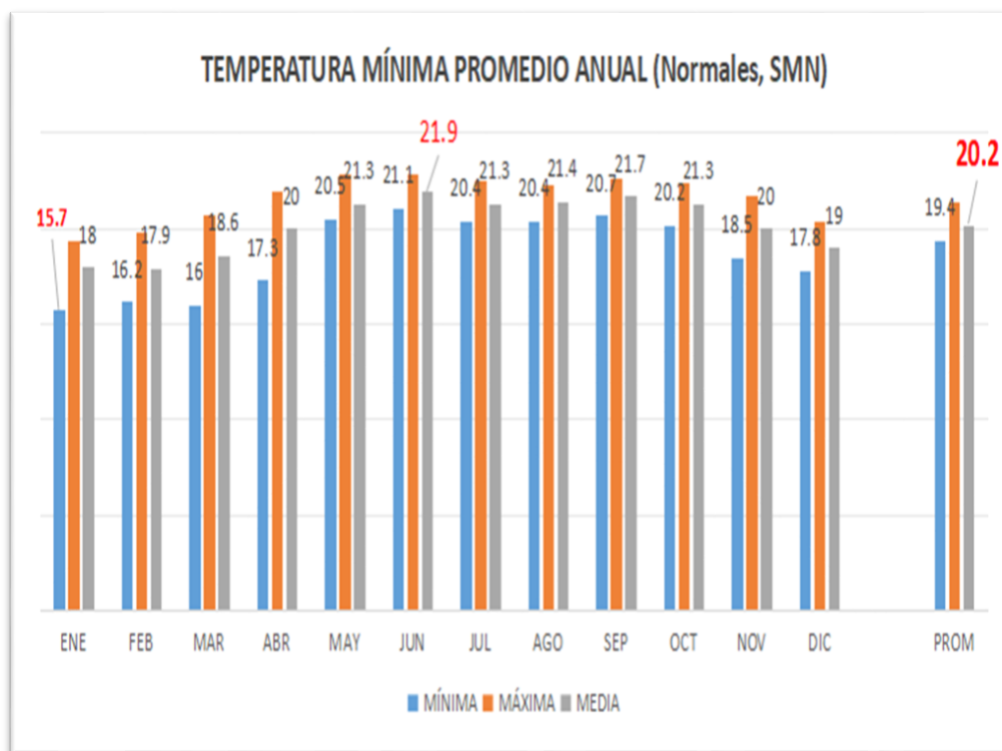
En la granja MEDELLÍN se identificó una especie que llamó la atención por su peculiar característica y sobre todo su temperatura de 16-18 °C se adapta al sitio de estudio de Cruz Pilar.

8.1.4. ANÁLISIS DE VARIANTES DE TEMPERATURA.

Primero se realizará una recopilación de datos, utilizando las estaciones climatológicas de la CONAGUA, que proporcionan datos en tiempo real sobre temperatura, precipitación, evaporación y otras variables climáticas. Consiguiente se consultarán las bases de datos climatológicas de la estación más cercana de la CONAGUA para obtener información sobre temperaturas extremas (máxima y mínima), como consiguiente analizar la relación entre temperaturas del aire y temperatura del agua en el estanque de tilapia basado a eso crear histogramas para visualizar la distribución de las temperaturas a lo largo de 6 a 7 meses, esto permitirá identificar patrones estacionales y posibles extremos que puedan afectar la acuicultura, se consultarán los resúmenes mensuales de precipitaciones de la CONAGUA para obtener información sobre la cantidad de lluvia en Cruz Pilar, esto ayudará a planificar el manejo de agua del estanque.

A partir de los datos proporcionados por la estación más cercana del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de CONAGUA, se elaboró una grafica con información correspondiente al año 2024. Esta grafica nos permitió identificar la temperatura mínima promedio anual. Dichas condiciones ambientales evidencian la necesidad de implementar una instalación especializada

que esté equipada con sistemas adecuados para garantizar la supervivencia y el desarrollo óptimo de los alevines.



Grafica 2. Datos mediante los SMN de Conagua para distinguir las variantes.

Fuente: (Lastra, 2025).

Se generó un histograma que detalla las variaciones de temperatura registradas anualmente. Este gráfico facilita la visualización de las tendencias térmicas, permitiendo una interpretación clara y específica de las condiciones ambientales que influyen en el desarrollo y la supervivencia de los alevines en el sistema de acuicultura.

8.1.5. DELIMITACIÓN DE SISTEMA DE MONITOREO EN MATERIA DE CALIDAD DE AGUA DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.

Para un criadero de tilapia es importante considerar que será un sistema semi intensivo y que considerará la engorda.

Tabla 2. Aspectos para considerar en el cultivo.

ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
Temperatura Ambiente	La tilapia prospera en climas de 22-24°C. en climas más fríos, es necesario utilizar sistemas de calefacción como calentadores, colectores, bombas de calor o sistemas de calefacción solar.
Tipo de Sistema	Se pueden utilizar sistemas de cultivo extensivo, semi intensivo, intensivo la elección dependerá de los recursos disponibles.
Oxigenación	Utilizar aireadores para mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto en el agua, esto es crucial para la salud y el crecimiento de los peces.
Calidad del Agua	Monitorear parámetros como pH, turbiedad y niveles de amoníaco.
Alimentación	200 – 400 gr es la cantidad adecuada para engordar.
Mantenimiento	Realizar mantenimiento regular desde los sistemas de calefacción, hasta posibles fugas.
Monitoreo	Instalar sensores para monitorear continuamente la temperatura, el pH y los niveles de oxígeno del agua.

Fuente: Gobierno de México. (2025). Acuicultura: Tilapia.

8.1.6. TEMPERATURA/CALIDAD DEL AGUA (MICROBIOLÓGICO).

TEMPERATURA DEL AGUA

- Deberá ser dentro del rango de 22– 24 °C, si no se lleva el control y están por debajo de 15°C se podrán observar efectos en el crecimiento y el consumo de alimento de los peces.
- Oxígeno disuelto: Mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto es crucial para la salud de los peces. Utilizar aireadores para asegurar una buena oxigenación.
- Ph: El pH del agua debe mantenerse entre 6.5 y 8.5.
- Turbidez: Monitorear la turbidez para evitar la acumulación de sedimentos y residuos que puedan afectar la calidad del agua.
- Niveles de amoníaco: Mantener bajos niveles de amoníaco para prevenir el estrés y las enfermedades en los peces.

ÉPOCA DEL AÑO

- Invierno: Durante los meses fríos, es crucial utilizar sistemas de calefacción para mantener la temperatura del agua dentro del rango óptimo.
- Verano: En épocas de calor, es importante monitorear el consumo de oxígeno y ajustar la aireación para evitar el estrés térmico.

IX.- RESULTADOS.

9.1.1. VISITAS A ESTANCIAS ACUICOLAS.

Villahermosa, Tabasco.

Se realizó una visita técnica a la granja Acuícola MEDELLÍN, ubicada en Villahermosa, Tabasco, con el objetivo de analizar y comprender en detalle los procesos operativos esenciales de una instalación acuícola. Durante la visita, se observó que la granja cuenta con aproximadamente 30 tinas, utilizadas para la separación y manejo de diferentes etapas del cultivo, incluyendo alevines, reproductores y otras categorías necesarias para el manejo productivo. Esta organización estructurada refleja un enfoque integral y eficiente en la gestión de los recursos acuáticos y en el cumplimiento de las buenas prácticas acuícolas.



Figura 4. Tina de separación de alevines.

Fuente: (Lastra, 2025).



Figura 3. Incubadoras de huevos.

Fuente: (Lastra, 2025).

Dieron acceso a las instalaciones de Incubadoras donde se lleva un control de manipulación donde los huevos se desinfectan con soluciones yodadas para evitar infecciones bacterianas o de hongos. Se incuban en recipientes con fondo redondeado, lo cual permite la continua rotación de los huevos debido a su tamaño y peso tienden a caer rápidamente al fondo del recipiente por lo cual se debe de mantener un flujo de agua constante, simulando el movimiento de rotación que los huevos sufren en la boca de la hembra.

Nos brindaron la información detallada sobre las distintas especies disponibles en el inventario, destacándose entre ellas la especie Rocky Mountain. Tras una platica exhaustiva, se seleccionó esta especie debido a que sus requerimientos de temperatura se alinean de manera óptima con las condiciones climáticas predominantes en la localidad Cruz Pilar, su temperatura óptima es de 18 a 23°C. Ya que se observó que Villahermosa cuenta con temperaturas de 22°C (Weather Company, The (2025). Y el pez se mantiene relativamente en buenas condiciones.



Figura 5. Lote de alevines Rocky Mountain.

Fuente: (Lastra, 2025).

Pasamos ala parte de la oxigenación, la manera en la que distribuyen la oxigenación en los estanques es mediante mangueras difusoras alimentándose de una bomba de agua.



Figura 6. Oxigenación.

Fuente: (Lastra, 2025).

Se utilizan cuneros para realizar la separación de los alevines más pequeños y frágiles, garantizando su protección y evitando competencia desigual en su desarrollo inicial. Los organismos que permanecen dentro de las canastas pasan por un procedimiento especializado que fomenta su crecimiento saludable, optimizando las condiciones de calidad del agua, alimentación y manejo técnico. Este enfoque contribuye al desarrollo homogéneo y sostenible de los alevines dentro de los sistemas acuícolas.

Se pudo observar cómo implementaron un filtro donde utilizan tapas de diferentes envases lo cual ayuda a la filtración que reúne esa pileta de los sedimentos de todas las tinas.



Figura 7. Filtro implementado de tapas plásticas.

Fuente: (Lastra, 2025).

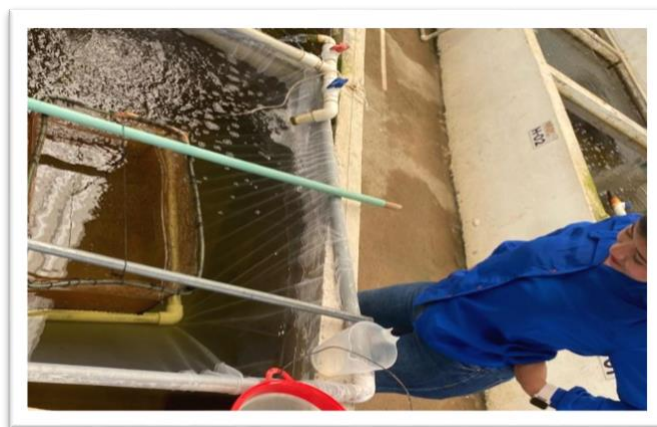


Figura 8. Cuneros de alevines para agilizar su crecimiento.

Fuente: (Lastra, 2025).

También dieron acceso a un área donde cuentan con materiales de laboratorio donde se extrajeron algunos alevines para muestras y se pudo identificar que contaban con algunas enfermedades internas una de ellas la tricodinas y monogenos.

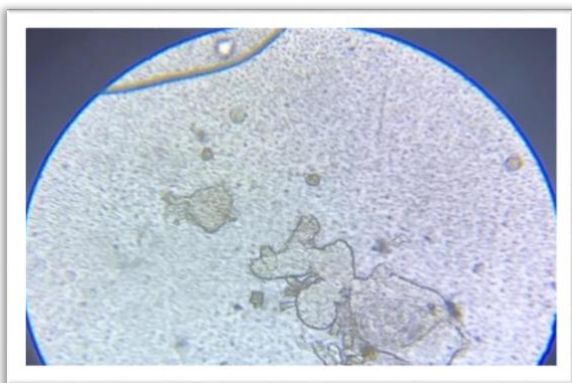


Figura 10. Identificación de enfermedades.

Fuente: (Lastra, 2025).



Figura 9. Acceso al laboratorio.

Fuente: (Lastra, 2025).

Al finalizar nos brindaron acceso a las tinas donde se encontraban las Rocky Mountain en su talla promedio.



Figura 11. Rocky Mountain, talla promedio.

Fuente: (Lastra, 2025).

Mezcalapa, Chiapas.

Se visitó el municipio de mezcalapa “Raurales Malpaso” donde pude ir en conjunto con personas y el presidente de este municipio a una granja Acuícola que se encuentra en el puente Chiapas, la intención de esta visita fue para conocer un poco más de cómo son los procesos que se lleva acabo para el comercio de la tilapia, venta de alevines y el manejo que utilicen.



Figura 12. Eviscerado de peces para venta en mercados.

Fuente: (Lastra, 2025).

Tuvimos la oportunidad de identificar que para mantener el agua en buenas condiciones para peces de temperaturas bajas no es necesario mucha oxigenación del agua, sino que depende del entorno en donde se encuentre, es decir árboles que ventilen.

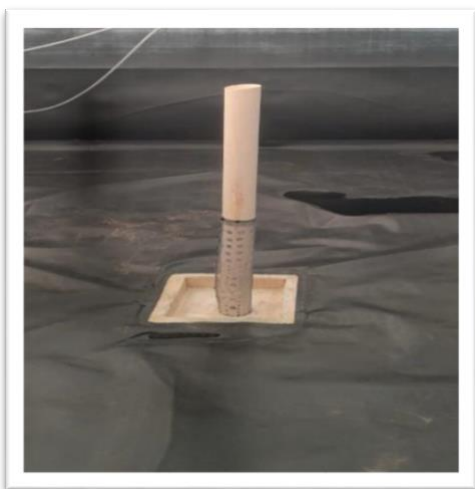


Figura 14. Sistema de desagüe.

Fuente: (Lastra, 2025).



Figura 13. Mangueras difusoras.

Fuente: (Lastra, 2025).

Se realizó un recorrido para poder observar la estructura de las jaulas flotantes y en donde notamos que se manejan dos tipos: las jaulas piscifactorías y las jaulas comunes. En este caso la temperatura de este sitio varía dentro de los 24°C maximo 34°C (Weather Company, The. 2025). Y aun así, se encuentran en buen estado sin ningún mal comportamiento

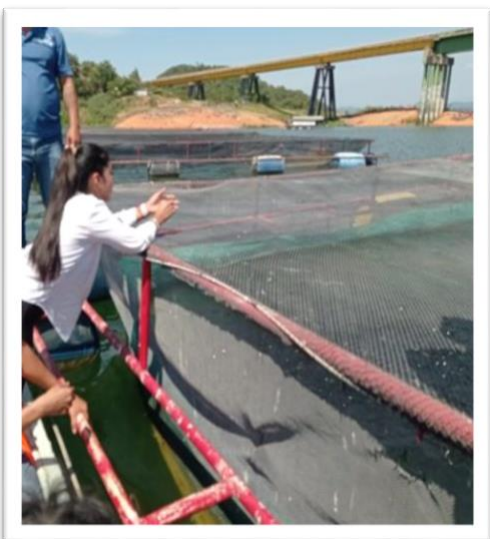


Figura 16. Jaula flotante común.

Fuente: (Lastra, 2025).

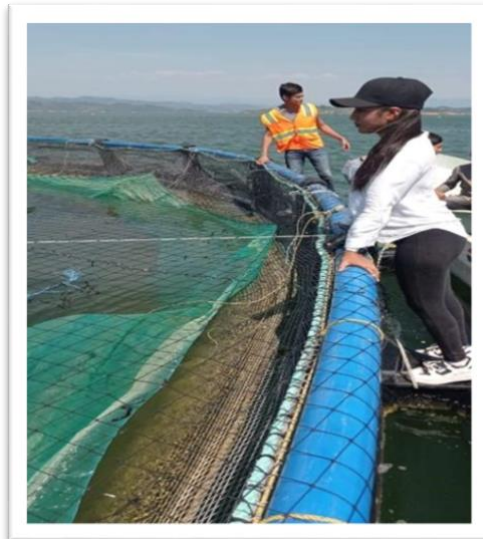


Figura 15. Jaula piscifactorías de engorda.

Fuente: (Lastra, 2025).

Pajonal, Chiapas.

Se visito la granja JIMRI donde se obtuvo una capacitación. Acerca del manejo de alimentación adecuada en jaulas flotantes, así a la vez la granja JIMRI nos permitió participar consecutivamente a las asesorías que se brindan para conocer el tipo de alimentación que se tiene que usar y si en dado caso de enfermedades que métodos aplicar correctamente.



Figura 18. Manejo de alimentación en jaulas flotantes.

Fuente: (Lastra, 2025).



Figura 17. Capacitada por la granja JIMRI.

Fuente: (Lastra, 2025).

A la vez nos sometimos a platicas con el Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Chiapas (CESACH). Para que conociéramos más sobre el cuidado y así poder interactuar profundamente en cualquier otra estancia. En esta parte lo que nos enseñaron fue como sensoriar en lagunas, las zonas mas profundas y poder determinar la zona mas adecuada para la colocación de las jaulas flotantes.



Figura 19. Capacitación por la CESACH.

Fuente: (Lastra, 2025).

Palenque, Chiapas.

En este sitio se encuentra una instalacion de un sistema de cultivo, en el cual se obtuvo una capacitación consecutivamente para poder realizar las Delimitaciones y trazos para la instalación. Se procedió a realizar los trazos precisos del terreno, con el objetivo de instalar posteriormente el sistema de cultivo, este proceso se llevo acabo considerando las condiciones optimas requeridas para el desarrollo de la especie en cuestión, asegurando así un entorno propicio para su crecimiento y productividad. En la figura 20 se ilustran los trazos efectuados en el terreno. Estos sirven como guía para la correcta disposición de los elementos del sistema de cultivo, optimizando el uso del espacio y facilitando las labores de manejo. Lo cual se realizo una circunferencia de 5 mts y trazando en forma de x para guiar el punto medio del tubo de filtración.

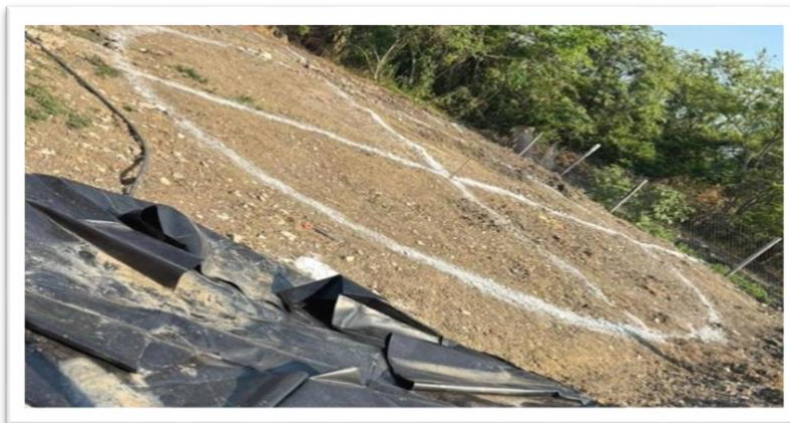


Figura 20. Trazos y delimitación.

Fuente: (Lastra, 2025).

La figura 21 y 22 ilustra la instalación del soporte y la posición de la geomembrana para posteriormente dejarla fija.



Figura 21. Instalación del estanque de geomembrana.

Fuente: (Lastra, 2025).



Figura 22. Estanque de geomembrana instalada.

Fuente: (Lastra, 2025).

9.1.2. ANALISIS DE VARIANTES DE TEMPERATURA.

De acuerdo con la gráfica realizada sobre las variantes de temperatura se procedió a identificar a partir de que fechas se pueden hacer las siembras del alevín y así no se tenga anomalías, por lo regular surgen a partir de mayo a octubre, no sobre pasando los rangos de temperatura a mas de 21. 9° C.

En la tabla 3. Se observa que a partir del mes de mayo se considera apta para la siembra del alevín, tomando en cuenta que la temperatura durante los 6 meses seleccionados oscila entre los 21.3 a 21.9 C°.

Tabla 3. Fechas adecuadas para la siembra de alevines.

Meses	Temperatura (°C)
Mayo	21.3
Junio	21.9
Julio	21.3
Agosto	21.4
Septiembre	21.3
Octubre	21.3

Fuente: (Lastra, 2025).

9.1.3. PLAN DE MANEJO ADECUADO.

Basado a la especie Rocky Mountain se procedió hacer búsquedas documentales, teniendo como resultados artículos que nos mencionan como debe de ser un plan de manejo adecuado para esta misma especie, desglosando los datos de plan de manejo de parámetros y plan nutricional echos en Colombia en las tablas 4 y 5. Los cuales se tomarán en cuenta para que la proyección sea lo más eficiente posible ya que de ahí es proveniente la Rocky Mountain.

Tabla 4. Plan de manejo adecuado de acuerdo al artículo.

Parámetro	Rango óptimo	Frecuencia de monitoreo	Horario recomendado
Temperatura	18-26 °C	2 Veces al día	Mañana y noche
pH	6.5 - 8.0	Diario/Semanal	Mañana
Oxígeno disuelto	5-8 mg/L	Diario	Mañana y tarde
Amoniaco (NH3)	<0.1 mg/L	Semanal	Mañana
Nitritos (NO2)	<0.5 mg/L	Semanal	Mañana
Nitratos (NO3)	<40 mg/L	Quincenal	Mañana
Dureza del agua	50-200 mg/L	Mensual	Mañana
Turbidez	Baja (agua clara)	Diario	Mañana y noche

Fuente: Montería. Colombia, 2024.

Tabla 5. Plan de nutrición para la especie Rocky Mountain.

Plan de Alimentación		Prácticas de Alimentación en la granja			Nutrientes y Tamaño		
Etapas	Producto	Recomendación en cuanto a peso	Ración de Alimentación	Frecuencia de Alimentación	Proteína	Grasa	Tamaño
Crías	Biofingerling Harina	0 - 5 g	13 - 8 %	8 veces al día	50 %	12 %	0.8 mm
Desarrollo	Biofingerling 1.5	5 - 20 g	8 - 5 %	6 veces al día	45 %	16 %	1.5 mm
Desarrollo	Biofingerling 2.5	20 - 50 g	5 - 4 %	4 veces al día	45 %	16 %	2.5 mm
Crecimiento	Grow-tilapia 2	50 - 200 g	4 - 3 %	3 veces al día	35 %	3 %	3.2 mm
Engorda	Grow-tilapia 3	200 - 400 g	3 - 1.8 %	3 veces al día	30 %	3 %	3.2 mm
Finalización	Grow-tilapia 4	400 - 500 g	1.8 - 1.4 %	3 veces al día	25 %	2 %	4.8 mm

Fuente: Montería. Colombia, 2024.

9.1.4. DEFINICIÓN DEL DISEÑO DE ACUERDO CON EL PLAN DE MANEJO DE LA ESPECIE Y CARACTERÍSTICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Identificación de tecnologías y aspectos adecuados para la instalación del criadero:

Este informe detalla los aspectos necesarios para la instalación de un criadero de tilapia utilizando estanques redondos de geomembrana en Cruz Pilar, Chiapas. Se abordarán los criterios siguientes.

1. Selección del sitio:

- Acceso al Agua: El sitio deberá contar con acceso a una fuente de agua limpia y abundante.
- Terreno: El terreno debe ser relativamente plano para facilitar la construcción y evitar problemas de drenaje.
- Protección contra el viento: Seleccionar un lugar protegido de vientos fuertes para minimizar la evaporación y mantener la temperatura del agua.

2. Factores climáticos:

- Temperatura del aire: La temperatura promedio en Cruz Pilar debe ser monitoreada para asegurar que no descienda demasiado, afectando la temperatura del agua.
- Precipitación y humedad: Considerar la cantidad de precipitación y la humedad relativa del área para planificar el manejo del agua y la evaporación.

3. Diseño de construcción del Estanque:

- Tamaño y forma: Los estanques redondos son ideales para una mejor circulación del agua y distribución del oxígeno.
- Material de geomembrana: Utilizar geomembrana de alta calidad, resistentes a los rayos UV, para asegurar la durabilidad del estanque.

4. Construcción del estanque:

- Excavación: Excavar el área del estanque de circunferencia 18.70 cm.
- Instalación de la geomembrana: Colocar la geomembrana cuidadosamente, asegurándose que no tenga pliegues ni arrugas. Fijar los bordes para evitar filtraciones.

5. *Sistemas de soporte:*

- Aireación: Instalar sistemas de aireación para mantener niveles adecuados de oxígeno disuelto en el agua.
- Filtración: Implementar sistemas de filtración para mantener la calidad del agua y eliminar desechos.
- Calefacción/Calentadores solares: En zonas frías, considerar la instalación de sistemas de calefacción o de calentadores para mantener la temperatura del agua dentro del rango óptimo para la tilapia (22-24°C).

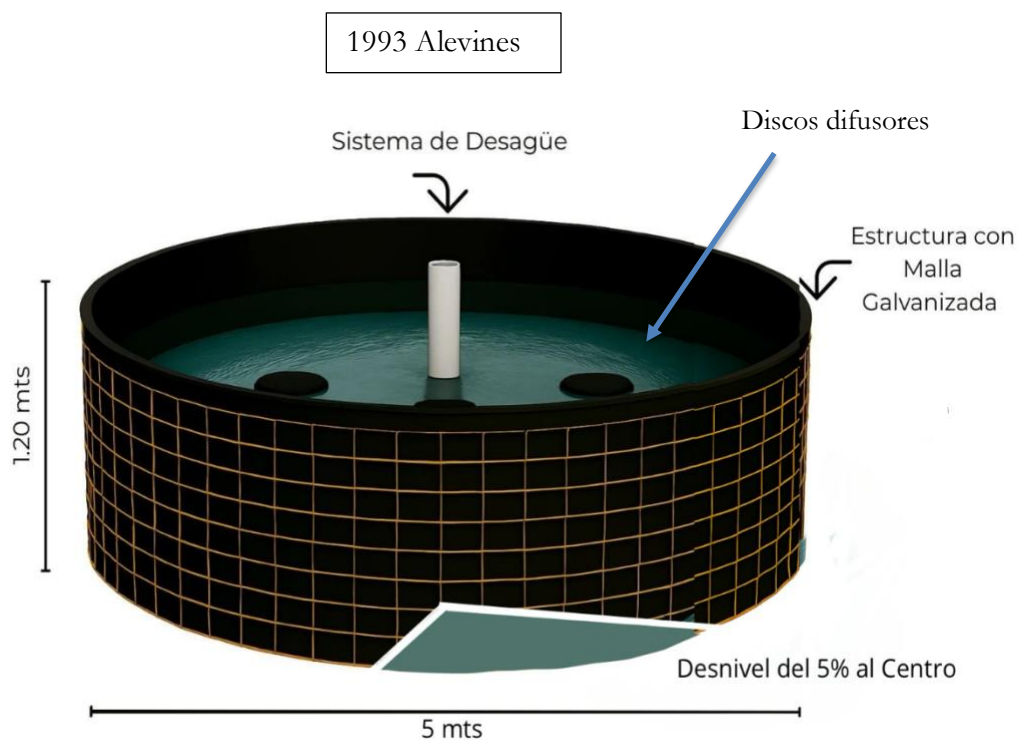


Figura 23. Diseño definido para la etapa de alevines.

Fuente: (Lastra, 2025).

El desnivel del 5% hacia el centro en el sistema de desagüe inferior es crucial por varias razones;

- Drenaje completo: Asegura que toda el agua y los sedimentos se dirijan hacia el punto de desagüe, permitiendo una limpieza más eficiente.
- Prevención de estancamiento: Evita la acumulación de agua en el fondo del estanque, lo que podría generar problemas de higiene y proliferación de bacterias o algas no deseadas.

- Mantenimiento: Facilita el mantenimiento y la limpieza del estanque, reduciendo la necesidad de intervención manual.

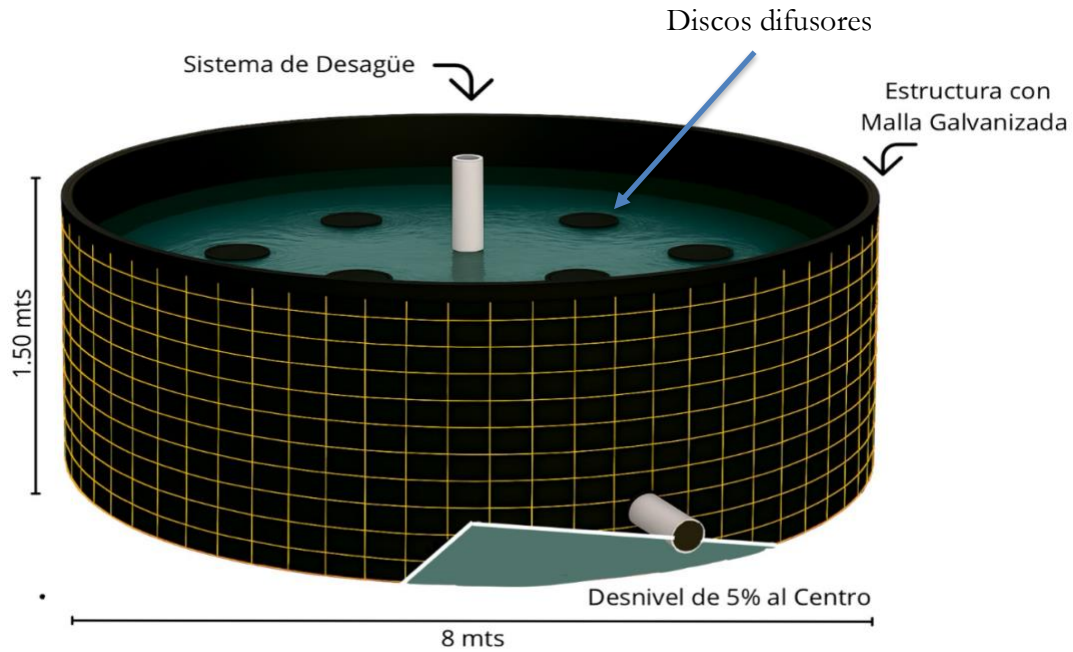


Figura 24. Diseño definido etapa de pez juvenil.

Fuente: (Lastra, 2025).

A diferencia, en la etapa juvenil se considera aumentar el tamaño para:

- Mayor espacio: A medida que los peces crecen, necesitan más espacio para nadar y desarrollarse. Un estanque más grande evita el hacinamiento.
- Estabilidad: Un volumen mayor de agua es más estable en términos de temperatura y calidad, lo que reduce el estrés en los peces juveniles.
- Desarrollo: Permite un desarrollo más natural y saludable, con menos competencia por el espacio y los recursos.
- Profundidad: Una mayor profundidad simula mejor su hábitat natural y puede proporcionar refugio contra los depredadores y las fluctuaciones de temperatura.

El precio de un sistema de acuacultura puede variar según los artículos a utilizar, en este caso son materiales necesarios para adecuarlo al entorno de cruz pilar, tomando en cuenta que a largo plazo rendirá el doble sino más.

Tabla 6. Cotización de artículos.

Artículo	Cantidad	Precio Unitario (MXN)	Precio Total (MXN)
Geomembrana para estanque	1	5,000.00	5,000.00
Aireadores	3	1,200.00	3,600.00
Tubo de PVC blanco para desagüe	1	300.00	300.00
Malla galvanizada para el estanque	1	800.00	800.00
Alevines	1993	15.00	29,895.00
Total Estimado			39,595.00

Fuente. (VIMIFOS, 2025)

Artículo	Cantidad	Precio Unitario (MXN)	Precio Total (MXN)
Alimento de iniciación Harina (Aqua Premier)	25Kg	625.00	625.00
Alimento de desarrollo	25Kg	480.00	480.00
Total Estimado	0	0	1,105.00

$$39,595.00 + 1,105.00 = 40,700.00$$

X.- DISCUSIONES.

La implementación de la tilapia Rocky Mountain en sistemas de acuicultura intensiva en Cruz Pilar representa una oportunidad estratégica para impulsar el desarrollo económico y social de la región. La adaptabilidad de esta especie a las condiciones climáticas locales, combinada con su rápido crecimiento y valor nutricional, la convierten en una alternativa viable para diversificar la producción acuícola y mejorar la seguridad alimentaria de las comunidades.

Sin embargo, es fundamental abordar esta implementación de manera responsable y sostenible. Se deben implementar prácticas de manejo que minimicen el impacto ambiental de la acuicultura, como el tratamiento adecuado de los efluentes y la prevención de la introducción de especies exóticas invasoras. Asimismo, es crucial capacitar a los acuicultores locales en técnicas de cultivo eficientes y sostenibles, promoviendo el uso de tecnologías innovadoras y el intercambio de conocimientos.

Además, es importante establecer alianzas estratégicas entre los productores, las instituciones de investigación y los organismos gubernamentales para impulsar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas de manejo. Esto permitirá optimizar la producción de tilapia Rocky Mountain en Cruz pilar y sus alrededores y asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

La implementación estratégica de la tilapia Rocky Mountain puede generar beneficios significativos para la región, siempre y cuando se aborde de manera responsable y sostenible. Es fundamental promover la investigación, la capacitación y la colaboración entre los diferentes actores involucrados para asegurar el éxito de esta iniciativa y contribuir al desarrollo económico y social de las comunidades.

Y sin duda adecuar un diseño a la estancia ya mencionada es fundamental, ya que damos oportunidad a nuevas granjas a retomar sus actividades y que a mediano o largo plazo puedan generar lo invertido.

XI.- CONCLUSIONES.

La investigación realizada sobre la implementación intensiva de la tilapia Rocky Mountain en sistemas de acuacultura en Cruz Pilar, Chiapas, destaca la convergencia de tres aspectos fundamentales: la notable adaptación de la especie a un nuevo entorno, el potencial de la acuacultura como motor de desarrollo local y la necesidad de un enfoque sostenible para garantizar la viabilidad a largo plazo.

La capacidad de la tilapia Rocky Mountain para prosperar en las condiciones térmicas, a pesar de ser originaria de climas diferentes, subraya la importancia de la plasticidad fenotípica y la necesidad de comprender los mecanismos genéticos y fisiológicos que permiten dicha adaptación. Esta información no solo es valiosa desde el punto de vista científico, sino que también tiene implicaciones prácticas para la selección de especies y el diseño de estrategias de manejo adaptadas a diferentes entornos.

Asimismo, el diseño de este sistema muestra que la acuacultura representa una oportunidad para diversificar la economía local, generar empleo y mejorar la seguridad alimentaria de las comunidades. Sin embargo, es crucial abordar esta actividad de manera responsable, minimizando el impacto ambiental y promoviendo prácticas de manejo que aseguren la salud de los ecosistemas acuáticos.

Finalmente, la sostenibilidad debe ser un principio rector en todas las etapas del proceso, desde la selección de las especies y el diseño de los sistemas de cultivo hasta la comercialización de los productos. Esto implica considerar aspectos como la eficiencia en el uso de los recursos, la prevención de enfermedades, el bienestar animal y la equidad social.

En conclusión, la implementación exitosa de la tilapia Rocky Mountain en Tenejapa requiere un enfoque integrado que combine la investigación científica, la innovación tecnológica y la participación de las comunidades locales. Solo así se podrá aprovechar el potencial de la acuacultura para generar beneficios económicos, sociales y ambientales de manera sostenible.

XII.- REFERENCIAS.

Vásquez-Salazar, R. D., Pupo-Urrutia, A. C., & Jiménez-Aguas, H. J. (2014). Sistema energéticamente eficiente y de bajo costo para controlar la temperatura y aumentar el oxígeno en estanques de cultivo de alevines de tilapia roja. Facultad de Ingeniería, 23(36), 9-23. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413937007002>

Servicio Meteorológico Nacional. (n.d.). Normales climatológicas por estado: Chiapas. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado?estado=chis>

Protección Civil Chiapas. (2016). Plan municipal para la reducción de vulnerabilidades y riesgos: Tenejapa, Chiapas. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado de <https://proteccioncivil.chiapas.gob.mx/documentos/2016/planes-municipales-pnud-2016/tenejapa-plan-rrd-2016.pdf>

Gobierno de México. (2023). Plan municipal para la reducción de vulnerabilidades y riesgos: Tenejapa, Chiapas. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/792810/07093-Tenejapa23.pdf>

Pis, M. A., Delgado, G., Pozo, M., Fuentes, M., & Rubio, M. (2017). Calidad de agua en el cultivo de la Tilapia Nilótica GIFT 13-12 en jaulas flotantes destinada al consumo de la población <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/41770/2017%20calidad%20de%20agua%20en%20el%20cultivo.pdf?sequence=1>

Villafuerte, R. (2014). Efecto de la temperatura en el crecimiento de juveniles de tilapia. Revista de Acuicultura, 22(1), 39-45 http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462022000100039

Solís, M., & Argueta, L. J. C. (2019). Guía práctica para el cultivo de tilapia en estanques. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) <http://www.comunidadparlamentaria.org/storage/app/media/msh/pdf/2019-gua-guia-cultivo-de-tilapia.pdf>

Kevin, Y. (2023). La guía definitiva para el cultivo de tilapia en 2023. YUKE – Fabricante de máquinas de procesamiento de pescado <https://fishcutting.com/es/tilapia-farming-guide-2023/>

https://issuu.com/designpublications/docs/panorama_20acuicola_2025-6_septiembre_octubre_2020/s/11276910

Comunidad Parlamentaria. (2019). Guía práctica para el cultivo de tilapia en estanques. Recuperado de <http://www.comunidadparlamentaria.org/storage/app/media/msh/pdf/2019-gua-guia-cultivo-de-tilapia.pdf>

Agroproyectos. (s.f.). Manual: cultivo de Tilapia en encierros. Recuperado de <https://agroproyectos.org/manual-cultivo-de-tilapia-en-encierros/>

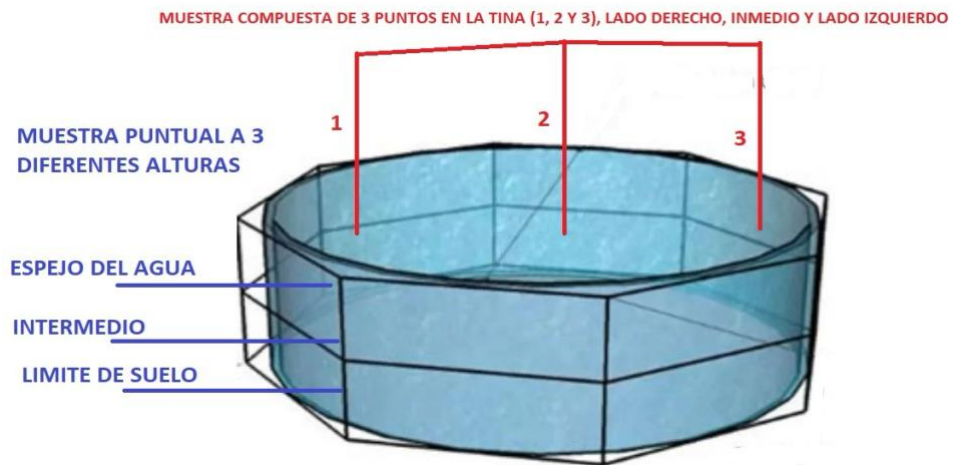
Biblioteca Digital 1Library. (OSIAP, 2019)(s.f.). Producción de tilapia en Chiapas. Recuperado de <https://1library.co/es/article/producci%C3%B3n-tilapia-chiapas-antecedentes-producci%C3%B3n-tilapia.12597099>

Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura. (s.f.). Acuicultura Tilapia. Recuperado de <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>

Verdes Horizontes. (s.f.). Crianza de tilapias en acuaponía: Consejos para una producción saludable. Recuperado de <https://verdeshorizontes.net/disenio-y-planificacion/crianza-tilapias-acuaponia-consejos-produccion-saludable/>

Gobierno de México. (2025). Acuicultura: Tilapia. Recuperado de <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>

XIII.- ANEXOS.



Muestra compuesta de 3 puntos en la tina.



Estanque de tierra no factible.



Trazos y delimitación del área.



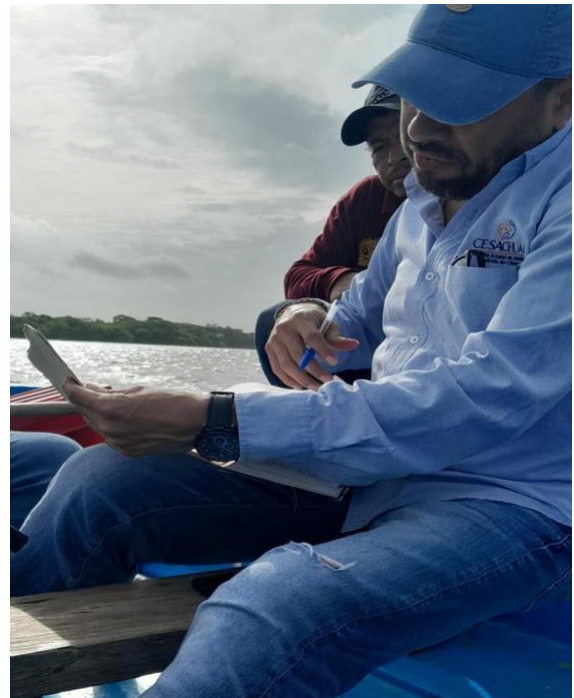
Especie (*niloticus*) Rocky Mountain.



Especie (*niloticus*) Rocky Mountain.



Instalación del tubo de filtración de PVC



Capacitación por la CESACH de Chiapas.



Siembra de alevines.



Capacitada por la granja JIMRI.

