

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME TÉCNICO

**MANIFIESTO DE IMPACTO AMBIENTAL DE UNA GRANJA
ACUÍCOLA UBICADA EN TECOMÁN, COLIMA**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA:

FRANCISCO ENRIQUE MORALES TOVILLA

DIRECTOR:

DR. RUBÉN ALEJANDRO VÁZQUEZ SÁNCHEZ

CODIRECTORES:

M.C. ULISES GONZÁLEZ VÁZQUEZ

DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ RAMOS

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; DICIEMBRE DE 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 09 de Enero de 2026

C. **Francisco Enrique Morales Tovilla**

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ambiental

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

Manifiesto de impacto ambiental de una granja acuícola ubicada en Tecomán, Colima

En la modalidad de: Informe Técnico

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


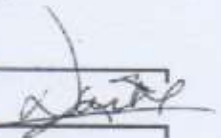

Revisores

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Mtro. Ulises González Vázquez

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Firmas:

Cop. Expediente



Agradecimientos

Primeramente, quisiera agradecerle a mi padre el señor Francisco Morales Fonseca por dejarme de herencia mi universidad terminada y por todos los esfuerzos que hizo gracias papá, y a mi hija el motivo más importante que ha llegado a mi vida Ámbar Morales González. La cual amo y me motivo a mejorar cada día

A mi familia al ING. Edgar Francisco Morales Flores por sus consejos en este camino que no fue fácil que cuando más lo necesite ahí estuvo a mi lado, a mi tío LIC. Rigoberto Morales Fonseca por sus palabras de aliento y siempre a motivarme a no rendirme. A la contadora Berenice González Pozo la madre de mi hija, ella que siempre estuvo a mi lado y me dijo que terminara mi titulación gracias.

A mis amigos y maestros Doc. Ulises Gonzales Vázquez, al Doc. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez al doc. José Manuel Gómez Ramos, Lic. Heidi Selene Montejo Bautista y la ingeniera Krystel Velázquez Escalante que siempre me motivaron a terminar este proyecto y nunca me dejaron solo y mención honorifica a mi amigo Ulises Gonzales Vázquez que siempre creyó en mí gracias amigo.

A la Universidad de ciencias y artes de Chiapas que me vio crecer y terminar mis estudios como ingeniero ambiental. Y a mis demás maestros que hicieron posible esto. Saludos cordiales a todos

Índice

1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1 General	7
4.2 Específicos	7
5. Marco teórico.....	8
5.1. La acuicultura en México.....	8
5.2. Tilapia gris.....	8
5.3. Biología de la especie.....	9
5.4. Morfología.....	10
5.5. Características reproductivas.....	10
5.6. Características Sexuales	11
5.7. Competición y territorialidad	12
5.8. Crecimiento.....	13
5.9. Respiración.....	13
5.10. Ciclo de vida	14
5.11. Hábitos alimenticios	14
5.12. Requerimientos ambientales	15
5.13. Parásitos	17
5.14. Hongos.....	17
5.15. Bacterias	18
5.16. Selección de Reproductores	18
5.17. Sistema de cultivo	19
5.18. Tipos de cultivo.....	20
5.18.1. Cultivo en tanques	20
5.18.2. Cultivo en jaulas	20
5.18.3. Cultivo en corrales	20
5.19. Control de calidad del agua	21
5.20. Cosecha y procesamiento	21

5.20.1. Cosecha parcial.....	22
5.20.2. Cosecha total.....	22
5.21. Impacto ambiental.....	22
5.22. Marco normativo legal.....	23
5.22.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).....	23
5.22.2. Reglamento para la Protección del Ambiente Contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido.....	28
5.22.3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	29
5.22.4. Ley de Aguas Nacionales.....	30
5.22.5. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.....	31
5.22.6. Ley de Pesca y Acuacultura Sustentables.....	32
5.22.7. Normas Oficiales Mexicanas.....	33
6. Metodología.....	38
6.1. Delimitación del área de estudio.....	38
6.1.1. Macro localización.....	38
6.1.2. Micro localización.....	39
6.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental.....	40
6.2.1. Tipo de clima.....	40
6.2.2. Temperatura promedio.....	41
6.2.3. Precipitación promedio anual (mm).....	41
6.2.4. Geomorfología general.....	42
6.2.5. Deslizamientos, derrumbes y actividad volcánica.....	42
6.2.6. Tipos de suelos presentes en el área y zonas aledañas.....	43
6.3. Hidrología superficial y subterránea.....	44
6.3.1. Recursos hidrológicos localizados en el área de estudio.....	44
6.4. Características particulares del proyecto.....	46
6.4.1. Información biotecnológica de las especies a cultivar.....	46
7. Resultados.....	48
7.1. Evaluación de los impactos.....	48
7.2. Fase de preparación del sitio.....	48
7.3. Programas de medidas de mitigación.....	54
7.4. Número y características de construcción de las unidades de cultivo.....	56
7.4.1. Estanques: tipo, uso y descripción.....	56
7.4.2. Red hidráulica.....	59
7.4.3. Red de drenaje.....	60

7.5. Inversión requerida.....	60
7.5.1. Importe del capital total requerido (inversión + gasto de operación)	60
7.5.2. Periodo de recuperación del capital	61
8. Conclusiones.....	62
9. Referencias.....	64
10. Anexos.....	69

Imágenes

Figura 1. Localización del estado de Colima en la República Mexicana, IIEEC, 2020.	38
Figura 2. División política del estado de Colima, IIEEC, 2020.	39
Figura 3. Micro localización del sitio del proyecto, 2020.	39
Figura 4. Carta de climas, Colima, México, INEGI, 2020.....	40
Figura 5. Mapa climático del estado de Colima, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2017.	41
Figura 6. Límites estatales del estado de Colima, México, INEGI, 2020.	42
Figura 7. Relieve presente en Colima, México, INEGI, 2020.	43
Figura 8. Suelo dominante en la ubicación del proyecto, siendo el Phaeozem con mayor presencia en el sitio, INEGI, 2019.	44
Figura 9. Geología general del acuífero, CONAGUA, 2020.	46
Figura 10. Colindancias del predio, 2025.....	53
Figura 11. Dimensiones de las piletas de reproducción, 2025.....	57
Figura 12. Dimensiones de las piletas de Alevinaje I, 2025.	58
Figura 13. Dimensiones de las piletas de Alevinaje II, 2025.....	59
Figura 14. Dimensiones del tanque elevado, 2025.	59
Figura 15. Sistema de colector PEAD 24” diámetro, 2025.	60
Figura 16. Anexo 1. Planos de la localización del Área del proyecto, 2025.	69
Figura 17. Anexo 2. Planos de los estanques para la primera etapa, 2025.	70
Figura 18. Anexo 3. Plano de las obras asociadas al proyecto, 2025.	71

Tablas

Tabla 1. Hidrología principal del área de estudio, INEGI, 2017.	45
Tabla 2. Taxonomía de la especie a cultivar, Yépez, 2021.	47
Tabla 3. Impactos identificados en la fase de Preparación del sitio, 2025.	49
Tabla 4. Descripción del proyecto, 2025.	52
Tabla 5. Diagrama de Gantt para los programas de mitigación, 2025.	55
Tabla 6. Gasto total de operación del proyecto, 2025.	61

Graficas

Grafica 1. Evaluación de impactos en la fase de preparación del sitio, 2025.	50
--	----

1. Introducción

Cada vez son más los países que realizan cultivos acuáticos con fines alimentarios, pero también es utilizada para resolver problemas de conservación de las especies por la sobrepesca a la que son sometidos, buscando un equilibrio ecológico acuático y recreativo, como fuente de empleos y divisas, como lo es la acuicultura ornamental o acuariofilia es la recreación de un ecosistema acuático artificial para el desarrollo y mantenimiento de peces, plantas, invertebrados, anfibios y reptiles, es una de las actividades que aporta grandes ingresos económicos para quienes desarrollan estos cultivos, además de sus ingresos económicos es muy atractivo ya que existen infinidad de especies ornamentales disponibles en el mercado. La crianza de peces ornamentales es un pasatiempo muy popular, y el creciente interés han generado que surja como un importante componente del comercio mundial de pescado (López, 2021).

Acuicultura y acuicultura, son válidas, aunque acuicultura es la forma correcta avalada por la RAE, mientras que acuicultura es un americanismo muy extendido en América Latina y organizaciones sectoriales de la región (Mendoza, 2018).

La acuicultura consiste en criar peces y crustáceos, así como cultivar algas, en el agua dulce o de mar. Anclada en los territorios litorales y rurales, contribuye a su atractivo y ofrece productos alimenticios cada vez más demandados por los consumidores. En interacción con otros usuarios del agua (agrícolas, industriales, domésticos, turísticos, etc.), exige una excelente calidad de los medios que ella misma no debe degradar. Actualmente, el estancamiento de los volúmenes de la pesca ha conducido a muchos países a desarrollar su acuicultura que ahora produce al nivel mundial tanto como la pesca (Martinie y Prévot, 2017).

La cría supone la intervención humana para incrementar la producción, por ejemplo: concentrar poblaciones de peces, alimentarlos o protegerlos de los depredadores. Sin embargo, la mayor parte de la acuicultura se lleva a cabo en el mundo en desarrollo, para la producción de especies de peces de agua dulce de poco consumo en la cadena alimentaria, como la tilapia o la carpa (López, 2021).

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 optimizarse para mejorar la eficiencia, la productividad, la calidad y la 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 (Loor, 2024).

la implementación de los sistemas de gestión ambiental por parte de estos sectores productivos se les considera como practicas comunes, toda vez que son verdaderos instrumentos para prevenir y reducir la contaminación, en éstos sistemas se encuentran implícitos la aplicación de los principios de prevención ante la urgente necesidad de hacer sostenible la actividad acuícola, esto puede lograrse incorporando variables ambientales en las políticas de gestión, haciendo posible identificar las exigencias legales y normativas, permitiendo la toma de decisiones, pero sobre todo constituye un elemento muy importante: la plena conciencia por el cuidado y respeto al medio ambiente de las partes involucradas (Ovando, 2013).

La producción de especies de tilapia (*Oreochromis sp.* y *Tilapia spp.*), introducidas en México desde 1964, representa la segunda mayor, con alrededor de 60,000 toneladas al año (en sistemas controlados), aunque el valor aún es mucho menor que el del camarón. Muchas cepas de tilapia se producen en casi todos los rincones del país, de varias formas (por ejemplo, jaulas, estanques o tanques redondos) y en diferentes densidades. La producción de tilapia es muy importante en términos económicos y de soberanía alimentaria para prácticamente todas las entidades federativas. El cultivo de tilapia es uno de los más exitosos de la acuicultura, debido a los atributos de la especie, como son: tolerancia a condiciones de alta densidad, rápido crecimiento, elevada productividad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno, diferentes salinidades, resistencia a enfermedades y aceptación de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales (Chávez y Vázquez, 2022).

México es reconocido por sus buenas prácticas en procesamiento de alimentos para peces de cultivo, granjas, especies, plantas empacadoras y procesadoras. Estos reconocimientos son de gran importancia para el acceso a mercados internacionales y, aunque queda un largo camino para certificar las operaciones relacionadas con la acuicultura como sustentables, se tiene ya un buen avance en las principales especies: camarón blanco, tilapia, bagre, ostión japonés y ostión Kumamoto (Vázquez y Chávez, 2022).

2. Planteamiento del problema

El cultivo de la tilapia en México es uno de los más rentables dentro de la acuicultura, ya que es altamente productivo, debido a los atributos de la especie, su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, tolerancia a condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y a diferentes salinidades, así como la aceptación de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales. Debido a que la tilapia es un pez originario de zonas tropicales, la temperatura del ambiente influye considerablemente en el desarrollo y conservación del pez, las temperaturas óptimas para su crecimiento se encuentran entre 24°C a 30°C. Del mismo modo existen complicaciones cuando se presentan oscilaciones de temperaturas mayores a 5°C (Montes, 2013).

Al tiempo actual no todos tenemos los ingresos o una buena economía que nos permita invertir en nuevos proyectos lucrativos para la generación de recursos sustentables, esto se ha vuelto una opción poco viable el de promover esta iniciativa de generar nuevos proyectos en especial en sectores rurales, que permitan dinamizar la economía y así empezar a fomentar nuevos emprendimientos que permitan superarnos y dar paso a la generación de empleos (Flores y Aracena, 2018).

La necesidad de detonar la oferta de alimentos, será necesario producirlos a un precio accesible para los consumidores. Por ello, además de las estrategias para reducir los costos de producción, habrá que reducir también los de distribución, por lo que las cadenas de suministro de los mismos tendrán que volverse más eficientes. Ante el crecimiento importante de las cadenas de autoservicio en la distribución de alimentos en el mundo, las tendencias mundiales por parte de los proveedores de insumos primarios apuntan hacia la creación de cooperativas para comercializar productos directamente a los centros de distribución de los supermercados (Gallardo et al., 2014).

Se ha acusado a la acuicultura de ser la causa de numerosos problemas ambientales, sociales, económicos e incluso estéticos. Los ecosistemas no siempre son tan frágiles como podría pensarse; al contrario, poseen una notable capacidad de resiliencia, y mientras los procesos básicos no se alteren irremediablemente, los ecosistemas continuarán reciclando y distribuyendo energía. Sin embargo, ya se han causado daños irreversibles debido a la gestión inadecuada de la actividad. (Frankic y Hershner, 2013).

A consecuencia de poca generación de nuevos proyectos las oportunidades laborales se han ido acortando provocando así una ola de desempleos que sumado a una crisis económica mundial que afectó gravemente la economía de muchos países, la tasa de desempleo actual se ha elevado año a año al punto que se está volviendo un grave problema que pronto empezara a salirse de las manos al gobierno actual (Loor, 2024).

Por otro lado, muchos países en el mundo han estudiado con mucho detalle los efectos del cambio climático sobre sus sectores alimentarios, por lo que están diseñando y aplicando estrategias de política agropecuaria orientadas a enfrentar y minimizar los efectos del cambio climático sobre su sector. Adicionalmente, el deterioro de los suelos, la disponibilidad del agua y la contaminación son temas de gran relevancia para las políticas alimentarias futuras. El adecuado balance entre el crecimiento del sector agropecuario y la sustentabilidad de los recursos naturales es esencial para aspirar a un crecimiento sustentable para el sector. En la búsqueda de una mayor productividad, competitividad y crecimiento económico, el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías será fundamental y deberá tomar en cuenta cuestiones sociales como la reducción de la pobreza rural a través de la creación de más y mejores empleos, y educación y salud para la población, además de considerar en mayor medida retos globales como la seguridad energética, la sustentabilidad y el cambio climático (Flores y Aracena, 2018).

El problema se agrava por el incumplimiento de las normativas ambientales locales que exigen un tratamiento adecuado de las aguas residuales antes de su vertido. Si no se toman medidas correctivas, la granja podría enfrentar sanciones legales, además de un deterioro irreversible del entorno y una mala reputación en el mercado. Es urgente implementar una solución sostenible que permita continuar con la producción y, al mismo tiempo, mitigar su impacto ecológico (Gallardo et al., 2014).

Los productores acuícolas constantemente se enfrentan con desafíos que limitan su crecimiento productivo y económico. Las rentabilidades de los pequeños productores de tilapia son amenazadas por el alto costo de los insumos de producción. El principal problema es la falta de iniciativa y desarrollo de estrategias de comercialización por parte de pobladores y autoridades, lo cual influye en el bajo nivel de competitividad de las productoras de tilapias (Carranza y Aceituno, 2019).

3. Justificación

La importancia de contar con especímenes de tilapia tolerantes a la salinidad es que podría convertirse en una alternativa económica para los productores de camarón y pescadores artesanales. Esto aprovecharía la infraestructura productiva simultáneamente cultivando camarones y tilapia, logrando mejores rentabilidades en las granjas de cultivo y mayores ingresos económicos para el productor. Además, la manera de incorporar una microempresa de manera empírica sin conocimiento del mercado resultaría novedosa al realizar estrategias de comercialización, siendo esto importante cuando existen limitados centros piscícolas de tilapia, de igual manera porque el mercado de consumo de tilapias, se está incrementando paulatinamente (Pineda et al., 2023).

En gran medida el producto de la acuicultura de la tilapia se lleva a mayor escala en las regiones marinas y costeras del país, ya que se produce de manera importante en estas regiones, pero es necesario crear líneas de producción del cultivo de tilapia para el consumo interno del mercado específicamente en el estado de Aguascalientes siendo una alternativa estas granjas de cultivo, ya que puede convertirse en una fuente de consumo de las personas de cualquier edad (Pérez et al., 2020).

Como se mencionó la crianza de tilapia a través de granjas, es una opción de los productores del campo, razón por la cual el presente estudio busca conocer la funcionalidad de estos estanques, así como aquellos factores que permitan la mejora y calidad de sus productos. Al indagar estas causas apoya a encontrar la cobertura del producto en la entidad, conocer la producción de estas granjas de acuerdo con sus tipos promoviendo una mejora en la calidad a través del alimento y el agua que se utiliza, así como de los espacios en los cuales se encuentran los peces para su estudio (Gobi et al., 2018).

la importancia que tiene la acuicultura para la producción integral en las labores agropecuarias, ya que al reciclar el agua se obtienen grandes beneficios para la agricultura, pues contiene una gran cantidad de nutrientes para la flora del lugar, dando origen a nuevos y mejores cultivos (Ruelas et al., 2020).

Es importante a través del establecimiento de proyectos acuícolas, lograr el fortalecimiento de este sector, destacando entre estos el cultivo de tilapia, el cual propiciaría la seguridad alimentaria de la población y la recuperación de las pesquerías al disminuir el esfuerzo de pesca sobre recursos con signos de sobreexplotación o colapsados. Obtener información que demuestre el costo de inversión y la rentabilidad para estos proyectos es fundamental para que se pueda tener acceso a créditos 31

productivos. Y también para tener parámetros que sirvan de guía para aquellas personas que deseen incursionar en la acuicultura, y brindara un aporte significativo al sector poniendo en práctica los conocimientos teóricos adquiridos durante la formación universitaria (Noriega et al., 2020).

El demostrar que un proyecto es rentable permitirá que tenga un mayor apoyo en el caso de llevarse a cabo. Esto debido a que adicional a que brinda una oportunidad de mejorar el nivel de vida de los beneficiarios, se podrán recuperar los recursos que fueron destinados al mismo para poder ser utilizados en otros proyectos o en mejoras del proyecto ya existente. Es por ello que este trabajo comprenderá el estudio financiero para el proyecto de cultivo y comercialización de tilapia en estanques rústicos cavados en tierra (Paredes, y Mendoza, 2022).

El empleo de nuevas tecnologías en el desarrollo de esta área, permite aumentar y asegurar la producción de la misma, además de contar con crías de tilapia durante todo el año, permitiendo obtener producciones escalonadas y sostener la demanda del producto (Méndez et al., 2018).

4. Objetivos

4.1 General

Manifiesto de impacto ambiental de una granja acuícola ubicada en Tecomán, Colima.

4.2 Específicos

1. Identificar los impactos benéficos en el factor socioeconómico, beneficiando principalmente a los pobladores cercanos al sitio del proyecto, con ello se pretende principalmente que la derrama económica se puntualice en el municipio de Tecomán.
2. Analizar la contratación externa de servicios a empresas cercanas a la zona del proyecto.
3. Conocer la viabilidad de generación de empleos temporales, servicio e infraestructura para los pobladores de las localidades aledañas al proyecto.

5. Marco teórico

5.1. La acuicultura en México

Acuicultura, es el termino general y respaldado por la Real Academia Española (RAE) para el cultivo de organismos acuáticos, mientras que la Acuacultura, es Común en países de América Latina, presente en empresas y organizaciones del sector (Mendoza, 2018).

La acuicultura se define como la producción de cualquier ser vivo en el medio acuático, y se considera la solución más importante, entre otras, a los grandes retos que enfrenta la humanidad en cuanto a la producción de alimentos, así como de materias primas para la industria de procesamiento, servicios ambientales y bioenergéticos. México es uno de los países con mayor potencial para la acuacultura en el mundo (Platas et al., 2017).

La acuicultura es una de las actividades con mayor potencial y desarrollo en los últimos años en México, la cual arroja beneficios sociales y económicos que se traducen en una fuente de alimentación para la población con un elevado valor nutricional y costos accesibles. No obstante, este desarrollo ha sido insuficiente. La actividad acuícola ha tenido un avance en cuanto a las especies de moluscos, con resultados efectivos en el cultivo de mejillón, abulón y potencial para el ostión. A la par, se ha llevado a cabo un intenso esfuerzo en cultivos experimentales con otras especies particularmente de peces y moluscos buscando lograr el desarrollo de biotécnicas para su cultivo, tal es el caso de las almejas, callo de hacha, mano de león, concha nácar y madre perla (Norzagaray et al, 2012).

5.2. Tilapia gris

la tilapia gris *Oreochromis niloticus*, oriunda del continente africano, la cual era conocida y consumida hace más de 3,000 años, en la antigua civilización egipcia; sin embargo, el nombre de tilapia fue utilizado por primera vez por Smith en 1840. En la actualidad, es una de las especies piscícolas mayormente cultivadas, ocupando a nivel mundial el segundo lugar de producción, solo por debajo de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. Debido a las preferencias y demandas de producción de esta especie en el mercado, por parte de los consumidores, se requiere continuar generando conocimiento científico que investigue el mejoramiento genético, la prevención y control de enfermedades e inclusive el procesamiento de las especies para diversificar sus productos y comercialización (Jiménez, 2012).

La Tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) es un organismo que ha ganado notoriedad en la industria de la acuicultura y la producción alimentaria a nivel global debido a su rápido crecimiento, adaptabilidad ambiental y su contribución esencial a la seguridad alimentaria, originaria de África, esta especie ha logrado una distribución global debido a su capacidad de adaptación a diversas condiciones acuáticas y su destacado valor en la producción de alimentos, ya que su carne de sabor suave y su capacidad para prosperar en sistemas de cría tanto pequeños como grandes la hacen especialmente valiosa para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad (Pedraza, 2023).

La tilapia gris se caracteriza por un cuerpo robusto y comprimido, a menudo plateado o grisáceo, con una aleta dorsal espinosa y escamas lisas. Es un pez omnívoro de rápido crecimiento y gran resistencia, capaz de vivir en una amplia variedad de ambientes acuáticos, tanto de agua dulce como salobre. Además, su elevada tasa reproductiva y su facilidad de manejo la convierten en una especie muy importante para la acuicultura (López, 2016).

5.3. Biología de la especie

Sumado a lo anterior, la tilapia gris presenta cualidades biológicas adecuadas para su adaptabilidad y resistencia a cambios en su ambiente acuático, por lo que es una especie idónea para su cultivo y manejo, tanto a pequeña escala como a nivel comercial. Entre sus atributos se pueden mencionar: son organismos euritermos que soportan un rango de temperatura que va desde los 15° a 35°C, siendo el rango ideal entre los 24° a 29°C; presentan un crecimiento corporal rápido, donde los machos pueden alcanzar 60 cm de longitud total y 5 kg de peso, siendo la edad máxima registrada para esta especie de nueve años; también presentan una alta fecundidad, siendo posible que una hembra con un peso corporal entre 600 y 1,000 g, produce entre 600 y 1,500 huevos; presentan una alta tasa de eclosión y sobrevivencia en las primeras etapas de vida, debido a que la incubación y protección es oral, la cual puede durar entre tres a diez días; además tienen una reproducción precoz, ya que los machos pueden reproducirse a partir de los dos meses de edad y las hembras a los tres meses, ambos con un peso promedio de 40 g; por todas sus características biológicas, la tilapia gris está categorizada como una especie de resiliencia media (Perdomo et al., 2020).

5.4. Morfología

La morfología externa de la Tilapia gris es un aspecto crucial en su identificación y caracterización, los detalles visibles, como la forma del cuerpo, el patrón de coloración, la disposición de las aletas y la presencia de escamas, son clave para la identificación precisa de la especie, el estudio de la morfología interna nos lleva a un nivel más profundo de comprensión de esta especie, se explorarán aspectos anatómicos, incluyendo la estructura y función de los órganos internos, como el sistema digestivo y reproductivo, fundamentales para comprender su fisiología y biología (Asmamaw y Tessema, 2021).

Cuerpo robusto comprimido y discoidal, raramente alargado. Boca protráctil con labios gruesos, sólo en el caso de la especie *O. mossambicus*; mandíbulas anchas con dientes cónicos y en ocasiones incisivos. Aleta dorsal en forma de cresta con espinas y radios en su parte terminal. Aleta caudal redonda y trunca. El macho tiene dos orificios en la papila genital: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario (Yépez, 2021).

Morfología de la especie

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad describe a la especie de Tilapia Gris con cuerpo con el dorso grisáceo, rosado a los lados, con barras verticales oscuras en la aleta caudal, presenta dimorfismo sexual, la hembra es más pequeña que el macho (aleta caudal en punta) y en época reproductiva el color de las aletas se torna rojizo; la longitud, peso y edad máxima respectivamente reportadas son 60 cm largo estándar, 4.3 kg y nueve años, es una especie omnívora, incluyendo fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna bentónica y detritus en su dieta (CONABIO, 2014).

Es una especie oportunista y puede llegar a ser de hábitos carnívoros, alimentándose de zooplancton, larvas de insectos u otros peces, también puede ser detritívora, estas características le dan a la especie una esperanza de vida de más de 10 años (FAO, 2007).

5.5. Características reproductivas

El comportamiento reproductivo de las tilapias es influenciado por el sistema reproductor de la especie en cuestión. Todas las tilapias del género *Oreochromis* aparentemente presentan cuidado maternal, o sea, incubación y protección en los primeros días de vida en la boca de la madre. El cuidado maternal

bocal es parte de la definición de este género. Por lo menos los machos de *Oreochromis* proveen los indicios de una fuerte selección por el sexo: son más grandes, más brillosos, coloridos, dominantes, más agresivos que las hembras, territoriales, construyen nidos, y desarrollan estructuras sexuales secundarias como largas extensiones de aletas dorsales y anales. El género *Tilapia* se caracteriza por presentar cuidado bi-parental y desove en substratos, pero la selección por sexo es mucho más reducida y probablemente solamente en machos (un poco más grande que las hembras). En *Sarotherodon* el cuidado parental es como *Oreochromis*, en el interior de la boca, pero tanto en las madres como de los padres, dependiendo de la especie (Barraza et al., 2020).

5.6. Características Sexuales

Tilapias son conocidas como peces muy fértiles, y de fácil emparejamiento. En el género *Oreochromis*, donde el dimorfismo sexual es más acentuado, la hembra aparentemente selecciona el macho durante el emparejamiento, en cuanto en *Tilapia* y *Sarotherodon* con el dimorfismo sexual reducido las cruza se dan de forma más al acaso. La escolla de la pareja es basada en características individuales (talla, formato, color, brillo, status jerárquico) y principalmente del medio ambiente o del nido (localización, tamaño, formato), pero también hay una serie de factores diversos involucrados como las feromonas y la estructura social del grupo (Montoya et al., 2018).

Los machos de *Oreochromis* son altamente poligámicos, fecundando varias hembras en cortos periodos de tiempo. Las hembras normalmente desovan solamente con un macho, pero hay registros en la literatura de una desova fecundada por varios machos. La territorialidad, agresividad, y el desgaste corporal de los machos es muy clara cuando construyen los nidos, pero la estrategia de emparejamiento y escolla por parte de la hembra es mucho más relacionada con el nido que la disputa entre machos (Paz, Martínez, y Chávez, 2019).

Cuanto, a la diferenciación sexual, el desarrollo de los gametas y la determinación externa del sexo es posible cuando las tilapias crecen más de 20 o 30 gramos. Los animales sacrificados pueden ser fácilmente sexados través del examen directo de sus gónadas. Entre tanto, existe un grande interés en el desarrollo de métodos confiables, rápidos y prácticos de sexar tilapias vivas. Estos métodos llevarían a una mejora de las estimativas del potencial reproductivo del estoque, en la eficiencia de alimentación y de comercialización. Juveniles de reducida talla son de difícil identificación en términos de sexo, porque no poseen las características externas asociadas a la maduración sexual, como pigmentos,

rugosidades y poros urogenitales visibles. Las determinaciones de sexo en estas condiciones deben ser basadas en el examen directo de las gónadas o través de testes sanguíneos o de la mucosa (Oliveira, 2016).

5.7. Competición y territorialidad

El general, el comportamiento agresivo de los cichlideos está confinado a lo cuidado maternal e el establecimiento de territorios para reproducción. Pesar de la formación de jerarquías de dominancia ser comunes en acuarios y sistemas de cultivo intensivos de baja densidad (como jaulas y raceways), no hay indicaciones que esto ocurre en estanques excavados o en la naturaleza (Ornelas et al., 2017).

En condiciones naturales, no presentan territorialidad afuera de la época de la reproducción. En la naturaleza, tilapias pequeñas y sexualmente inmaduras forman grupos de defensa. Juveniles ya poseen una alimentación comprobadamente territorial. Para las tilapias nilóticas, la territorialidad del emparejamiento es establecida por machos través de la construcción de nidos que poden ser defendidos por muchas semanas, periodo en que hay mucho poca alimentación. En otras especies de *Oreochromis*, los machos permanecen en territorio día y noche y en otras especies solamente durante el día. Las áreas preferenciales para el establecimiento de los nidos presentan características particulares como por ejemplo la proximidad de piedras, raíces y locales más profundos con un borde lateral, especialmente en los estanques. Las peleas entre machos son raras, y la principal razón es que los machos competen entre sí por locales preferidos en términos territoriales. Las hembras por otro lado pelean más, por estarán más móviles, cuando una hembra es atraída por un nido, se comunica químicamente por feromonas durante la corte, y otras hembras adyacentes permanecen irritadas y procuran atacar, siendo combatidas por el macho. Los machos dominados (no territoriales y de coloración normal) presentan un patrón de periferia, en general circulan por el medio e involucran en luchas ocasionales de corta duración. Las luchas territoriales establecen la posición de las fronteras través de peleas cabeza diantre de cabeza. Los machos desarrollan indicaciones de coloración de reproducción (roseado o blanca) antes del establecimiento de territorio (Canseco, Casas, Fernández, Rodríguez, Ramírez, Chávez, Vázquez y Duran, 2015).

Las hembras de tilapia cuando protegen las crías también se comportan de forma agresiva y territorial. Desarrollan características y patrones de guarda de alevines también en la superficie corporal, con

colores más negras, y después que los alevines están sueltos, la hembra prontamente retorna a la coloración normal (Soza, Peralta, Rodríguez, Vera, Alpuche y Mendiola, 2020).

5.8. Crecimiento

El crecimiento de la tilapia gris se puede alcanzar pesos de 1 a 1.5 libras en 6 a 9 meses, aunque puede tardar hasta un año para pesos de más de 1 libra, dependiendo de la alimentación, temperatura y densidad de siembra. Para lograr un crecimiento óptimo, es crucial proveer alimento balanceado (concentrado en polvo y peletizado, según la etapa), mantener la temperatura del agua entre 24-34°C y gestionar adecuadamente la densidad de siembra y la calidad del agua (Yépez, 2021).

Algunos Factores claves para el crecimiento son la Alimentación ya que proporcionar alimento balanceado cuatro a seis veces al día es vital. La ración debe dividirse en porciones para mejorar la eficiencia alimenticia. También influye el tipo de alimento (concentrado en polvo o peletizado) que debe ajustarse a la etapa de crecimiento (alevín, preengorde, engorde). Otro factor importante es la temperatura, por lo que debe ser óptima para el crecimiento de la tilapia está entre 25 y 30°C, con una tasa de crecimiento ideal alrededor de 28°C. Temperaturas más bajas ralentizan el crecimiento y la conversión de alimento. Dentro de estos factores también se encuentra la densidad de siembra, la cual depende de la cantidad de peces por unidad de volumen de agua es un factor limitante. Un estanque debe tener una densidad adecuada para permitir el crecimiento óptimo. Y por último la calidad del agua, mantener una buena calidad del agua es esencial, esto incluye una fuente de agua adecuada, renovarla periódicamente y controlar otros parámetros del agua (Vieira, Fosse, Louzada, Demier, de Andrade y Vázquez, 2019).

5.9. Respiración

La función respiratoria es realizada mediante las branquias o agallas, situadas a ambos lados de la cabeza. Estas cavidades están protegidas por los opérculos que tienen facultad de movimiento para ayudar a la renovación de agua en las branquias o cerrar y protegerlas de cualquier agente externo. El intercambio gaseoso se produce al llegar la sangre venosa, cargada de anhídrido carbónico a las laminillas de las branquias, cediendo por ósmosis al agua y recogiendo oxígeno. Las laminillas de las branquias están constituidas por una delgada piel muy bascularizada implantadas sobre arcos rígidos. Para que se realice el intercambio gaseoso el agua ha de circular desde la boca hasta las branquias. En

el borde interno de los arcos branquiales se encuentran las branquiespinas utilizadas para retener los alimentos (Alvarado, Joutex, Tacuri, Torres, y Parra, 2022).

5.10. Ciclo de vida

El ciclo de vida de la tilapia gris se puede dividir en etapas de reproducción y crecimiento. La reproducción comienza cuando un macho construye un nido y atrae a una hembra, que deposita los huevos y son fertilizados por el macho. La hembra incuba los huevos en su boca durante 3 a 6 días, hasta que eclosionen y los alevines se liberan. Posteriormente, los alevines se convierten en juveniles y crecen hasta la talla comercial en una fase de pre-engorde y engorde, que puede durar entre 6 y 9 meses (Barraza et al., 2020).

Las tilapias tienen un ciclo de vida bien definido en las etapas de huevo, alevín, cría, juvenil y adulto. Para reproducirse requieren de temperaturas mayores a los 24° C, se aparean entre 6 y 8 veces al año. Su talla comercial varía de 250 a 500 gr la que alcanzan en un lapso de 6 a 12 meses, dependiendo de factores como temperatura, alimentación, densidad de siembra, calidad genética y manejo. Para fines comerciales de exportación y fileteo es común cultivarlas hasta tallas de 800 gr a más de 1 kg (Castillo, Castillo, Giraldo, Díaz, Chañi, y Muñoz, 2018).

5.11. Hábitos alimenticios

Generalmente son herbívoras, alimentándose de pastos, hojas, vegetación acuática o plantas terrestres sumergidas, lo que la diferencia de otros peces que muestran preferencias por pequeños invertebrados y ciertos peces. Para un óptimo crecimiento requieren de una alimentación balanceada. Sus requerimientos de proteína varían de acuerdo con su etapa productiva, entre 25 y 45%, presentando mayor requerimiento de proteína cuando más pequeñas son, por lo que cuando se nutre a los alevines de tilapia desde el momento en que reabsorben el saco vitelino y que es cuando iniciamos la reversión sexual por un mes, se les alimenta con una dieta muy alta en proteínas (45%). De hecho, se utiliza la formulación para trucha, aunque esta es un poco excesiva en grasas, pero es una fuente barata de energía (FAO, 2022).

En cuestiones de alimentación y nutrición para el cultivo de la tilapia, se viene promoviendo la búsqueda y evaluación de fuentes alimenticias alternas más factibles en términos económicos y

productivos; a la vez, deben focalizarse en todo momento con los requerimientos nutrimentales de la especie, así como la obtención de una menor tasa de conversión alimentaria. Si bien los insumos no convencionales elaborados con ingredientes de origen vegetal son más económicos, pero no satisfacen los requerimientos nutricionales que la especie necesita, como la proteína de origen animal, no obstante, han dado buenos resultados productivos (Romero, 2019).

Conforme las tilapias van pasando a otros estadios de crecimiento, la proteína va bajando, en la etapa de desarrollo se recomienda 35%, en engorda 30% y en finalización 25% de proteína. Los demás nutrimentos como lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales. En general no se modifican sustancialmente sus porcentajes de inclusión en las dietas en las diferentes etapas de desarrollo, sugiriéndose grasa cruda (lípidos) no menos de 4%, fibra cruda no más de 6%, minerales y vitaminas alrededor de 5%. Sin embargo, se considera que se requieren estudios en relación a sus requerimientos de acuerdo a sus etapas productivas y función zootécnica, ya que por citar un ejemplo muy pocas empresas fabricantes de alimentos balanceados elabora alimento especial para reproductores. En cuanto a los métodos de alimentación, a las tilapias se les puede alimentar con base en las necesidades de los mismos (con alimentadores de demanda que ellos mismos accionan o a mano), o bien de acuerdo con tablas de alimentación correlacionadas con la etapa productiva (cría, juvenil, adulto en engorda, reproductor), de acuerdo con el peso de los organismos y la temperatura del agua. Se recomienda que el alimento a suministrar por día, se divida en 2 o 3 raciones para un mejor aprovechamiento (Llanes y Parisi, 2020).

5.12. Requerimientos ambientales

La tilapia habita en una gran diversidad de cuerpos de agua; como son arroyos, ríos, lagos, lagunas y lagunas costeras, incluso en hábitats marinos, muestran una gran preferencia por aguas de escasa corriente o lénticas, poca profundidad y cerca de las orillas, refugiándose en márgenes de pantanos y riberas entre las raíces de las plantas acuáticas y piedras. Como son especies territoriales, defienden su territorio de depredadores e intrusos que atacan a sus crías. Las tilapias crecen adecuadamente en rangos de temperatura que van de 26 a 30° C, teniendo una temperatura ideal para su desarrollo de 28° C por cada grado abajo o arriba de esta temperatura se pierde 10% en la eficiencia de su crecimiento, debajo de 20° C no muestran crecimiento, los límites de tolerancia van de 15 a 42° C. Otra ventaja de cultivar estas especies es su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto (una parte por millón), pues, aunque su presión parcial sea baja, su sangre es capaz de saturarse de

oxígeno y más aún, de reducir su consumo si la concentración es inferior a 3 mg/l usando un metabolismo semianaerobio, con el cual soporta niveles de 1 mg/l e incluso menor por periodos cortos. En esta última condición disminuye además el consumo de alimento y por lo tanto retarda su crecimiento, por ello no es aconsejable permitir un abatimiento de oxígeno por debajo de 2 o 3 mg/l sobre todo en días sombreados o en ausencia de luz solar, pues inclusive, la baja concentración de oxígeno puede conducir al estrés y facilitar la aparición de enfermedades. El crecimiento óptimo se registra en concentraciones de 5 ppm o más (Mendiola, Vera, Alpuche, Ramos y Barceló, 2019).

El pH óptimo es entre 8 a 8.5. Los nitritos y el amonio que son producto resultante de la degradación de proteínas (por ejemplo, sobrealimentación), resultan sumamente tóxicos (menos de 0.1 ppm). Los efectos directos sobre el cambio de pH en la tilapia son relativos, pues como son herbívoras. La variación en este parámetro puede alterar la productividad natural del estanque y mientras más estable permanezca el pH óptimo del sistema de cultivo (pH 8-8.5) existirá una fuente alimenticia de mejor calidad y cantidad. No son recomendables las aguas ácidas o en contacto con suelos ácidos. La variación en los parámetros de alcalinidad y dureza, al igual que el pH, influyen sobre la cantidad de alimento disponible para la tilapia y no directamente sobre esta, por lo cual no se recomienda una alcalinidad superior a 175 mg/l de carbonato de calcio (CaCO_3), pues afecta la productividad del estanque y las branquias de los peces. El nivel óptimo de alcalinidad es de 20 mg/l de carbonato de calcio (niveles inferiores a 5 mg/l inhiben el desarrollo de las plantas). Cuando la concentración de carbonato de calcio es elevada, se produce una excesiva presión osmótica asfixiando a los peces (anoxia) y bloqueando el mecanismo liberador de sal y cloro. Las tilapias dulceacuícolas evolucionaron a partir de un antecesor marino, por lo cual se adaptan a vivir en aguas saladas, a excepción de *O. mossambicus* y *T. zilli* que se reproducen inclusive en el mar, sin embargo, esta tolerancia se ve influenciada por la temperatura. Las tilapias que soportan amplios rangos de concentraciones de sal (eurihalinos) crecen más rápido a niveles intermedios (isotónicas), ya que reducen el gasto de energía para el control osmótico de sus fluidos corporales, una ventaja que permite cultivar estas especies en zonas de tierra no apta para la agricultura o ganadería, como son los de agua marina o salobre e inclusive de agua dulce (Núñez, Barcenás, Mejías, y Marrero, 2020).

El fenómeno de la turbidez puede ser ocasionado por partículas sólidas que forman suspensiones coloidales en el agua. El efecto primario que ocasionan las partículas en suspensión es sobre las branquias causando lesiones que son puerta de entrada a infecciones por patógenos, pero además impide la libre penetración de la luz solar, reduce la productividad natural (fitoplancton) del estanque

y por lo tanto del alimento disponible para las tilapias, la recomendación conveniente al respecto es no permitir niveles críticos de turbidez, sedimentando las partículas del estanque cuando los niveles son superiores a 100 ppm por medios físicos y químicos. El éxito en la adaptación y distribución de la tilapia puede deberse a su tolerancia a los contaminantes en el medio acuático (eficiente respuesta inmunotóxica) particularmente a pesticidas y algunos metales pesados. Las tilapias, a diferencia de otros peces, son tolerantes a diversas sustancias, desde los desechos metabólicos excretados por los mismos peces como el amoníaco, sobresaturación de gases (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico, etc.), toxinas producidas por el fitoplancton (*Prymnesium* sp.) o por otras plantas (Acacias), anoxias causadas por el exceso de fitoplancton (algas azul verdosas), aflatoxinas de hongos contenidas en el alimento (por mal almacenamiento), metales pesados, pesticidas (DDT, dieldrín, malatión), fertilizantes, detergentes, pinturas, etc. Pero a pesar de estas ventajas, el óptimo desarrollo y factor de conversión alimento-peso requiere de agua de buena calidad (Pineda, Giraldo, Pabón, López y Calderón, 2023).

5.13. Parásitos

Parásito se les llama a aquellos animales que viven sobre o dentro de otro organismo, obteniendo protección y alimento. Entre ellos encontramos animales unicelulares protozoarios (*Tripanosoma*, *Costia* y *Oodinium*), o multicelulares, (trematodos, cestodos, nematodos, acantocéfalos), anélidos y crustáceos (*Lernaea*, *Ergasilus*, etc.). A diferencia de las enfermedades víricas y la mayoría de las infecciones bacterianas, las parasitosis suelen tener una presentación crónica y actúan como factores predisponentes para otras enfermedades. Algunos síntomas son los puntos blancos en cuerpo o aletas preferentemente, úlceras, lesiones branquiales, nado errático, adelgazamiento de pez entre otros (Sanjit et al., 2023).

5.14. Hongos

Los hongos son organismos eucarióticos con pared celular, saprofitos o parásitos, que pueden crecer con aspecto algodonoso, esto lo constituye el micelio o masa de filamentos (hifas) que pueden observarse a simple vista, pero que para estudiarse a detalle requiere del uso del microscopio. La estructura de los hongos varía con respecto al género, a la especie y a su tipo de reproducción. Son pocos los géneros y especies de hongos que se conocen como causantes de enfermedades de peces;

sin embargo, la mayoría de los que han sido reportados como agente causal de alguna enfermedad se han considerado como saprofitos facultativos. Algunos hongos pueden invadir órganos como branquias, cerebro, corazón, riñón, etc. Para obtener el diagnóstico de una enfermedad causada por hongos, es importante identificar el agente causal, para lo cual es necesario conocer tanto el ciclo de vida del hongo, como la morfología de las hifas y esporas. Entre los hongos que con mayor frecuencia se reportan como causantes de enfermedades de peces se encuentran diversas especies de los géneros *Aphanomyces*, *Saprolegnia*, *Achlya*, *Ichthyophonus* y *Branchiomyces*, que aunque se reportan como invasores secundarios, cuando los mecanismos de defensa del pez se ven afectados por una enfermedad o lesiones físicas, al disminuir el mucus en la piel, las esporas pueden germinar fácilmente, penetrar y formar desde dentro un revestimiento algodonoso en forma de pelusa, generalmente de color grisáceo y atacar cualquier parte del cuerpo del pez incluyendo branquias, piel, aletas, entre otros, y bajo ciertas circunstancias pueden causar la muerte (Cabrera, 2020).

5.15. Bacterias

Las bacterias causan graves pérdidas en el cultivo de tilapia y se han considerado como los patógenos más importantes, causando enfermedades crónicas que pueden convertirse en agudas, las mortalidades ocasionadas por estas son frecuentemente asociadas con el estrés, condición que aprovechan para infectar y desarrollarse masivamente en las tilapias. Las enfermedades bacterianas en las tilapias, pueden ser observadas en órganos internos como el hígado, corazón, en fluidos corporales como la sangre, en estructuras con funciones vitales como las branquias y en tejidos de soporte como el músculo. A nivel interno, es frecuente observar palidez hepática y la presencia de focos hemorrágicos. Se detecta necrosis del hígado, corazón, bazo y musculatura esquelética, así como necrosis en el tejido hematopoyético renal. Externamente se manifiestan en la piel, escamas, aletas, ojos, huesos y membranas. Por ejemplo; ojos nubosos, ojos saltones, aletas con áreas rojas con capilares sanguíneos sangrantes, úlceras en la piel. Las infecciones bacterianas se expanden rápidamente por lo que deben ser tratadas inmediatamente (Zanolo, 2022).

5.16. Selección de Reproductores

Los reproductores deben tener entre 10 y 20 meses de edad y provenir de lotes seleccionados previamente, que hayan tenido una alimentación baja en grasa para llegar a su edad reproductiva con

una buena capacidad abdominal. Estos animales deben ser levantados en lotes con condiciones superiores a los demás. El porcentaje de proteína debe estar cercano al 32% para que tenga el desarrollo corporal adecuado al momento de alcanzar la etapa reproductiva. Es importante luego de cada ciclo, separar los reproductores y proporcionarles un descanso de 15 días como mínimo, para mantener picos de producción constantes y para realizar tratamientos preventivos con el fin de evitar cualquier tipo de enfermedad. Un reproductor debe cumplir con poseer un cuerpo proporcionalmente ancho comparado con su longitud, es decir, que su cabeza ocupe más de 1.5 veces el ancho del cuerpo. Debe tener cabeza pequeña y redonda. Poseer buena conformación corporal (buen filete, cabeza pequeña, pedúnculo caudal corto, etc.). es necesario que esté libre de toda malformación. Ser cabezas de lote y estar sexualmente maduro (Ganoza et al., 2021).

5.17. Sistema de cultivo

Para que un proyecto acuícola sea exitoso requiere de una buena fuente de agua. Ésta debe ser permanente durante todo el año, que pueda fluir a las unidades de producción preferiblemente por canales o tuberías a través de la gravedad. La fuente de agua puede ser de ríos, quebradas, manantiales naturales, lagos, ojos de agua y por último, aunque no muy segura, sería el agua proveniente de escorrentías de las lluvias. En todos los casos esa agua debe ser rica en oxígeno, de buena calidad química, sin contaminantes (agroquímicos) y con la temperatura adecuada para la tilapia la cual está por los 20 a 32 °C. En algunos casos y dependiendo del tipo de cultivo se hace necesario la utilización de fuentes de oxígeno adicionales como lo son los aireadores de paleta, blowers y otros. Una vez encontrada la fuente de agua adecuada, se debe considerar un terreno apto para el cultivo, el cual debe ser semi plano con algo de pendiente para facilitar el drenaje, en cuanto a su ubicación debe estar más bajo que la fuente de agua para utilizarla por gravedad, el área debe estar desprovista de bosques para evitar la tala, debe estar cubierto de malezas que puedan ser removidas fácilmente. El suelo debe ser franco arcilloso para que retenga el agua y se eviten pérdidas por filtración. Los suelos arenosos no son recomendables para esta actividad al menos que utilice geomembrana sobre el fondo del estanque. La ubicación del proyecto debe ser en un área que permita ser vigilada para evitar robos posteriormente, así mismo, el sitio no debe correr riesgo alguno de inundaciones (Calderón y Zapata, 2024).

5.18. Tipos de cultivo

5.18.1. Cultivo en tanques

Son recipientes o contenedores instalados en el suelo que pueden llenarse de agua y tienen el volumen de agua necesario para el uso de la maquinaria de cultivo, son impermeables, resistentes a la corrosión, cuentan con un adecuado sistema de recuperación de agua y son fáciles de realizar las operaciones de cosecha, Limpiarlos y desinfectarlos. - Su funcionamiento requiere básicamente de un sistema de captación, bombeo y distribución de agua, un sistema de drenaje y equipos de apoyo. - Pueden ser de diferentes tipos y materiales de construcción, ladrillos, hormigón, bloques, cemento, geomembrana, fibra de vidrio, metal, etc. La forma puede ser rectangular o circular; se puede instalar en serie o en paralelo según las características regionales. - Resulta que los contenedores circulares son los más útiles, ya que aprovechan mejor el movimiento del agua en un camino circular y no dejan zonas muertas como los contenedores rectangulares. La comida se distribuye de manera más uniforme y la limpieza es más fácil, incluso auto limpiante (Cuéllar, Asiain, Juárez, Reta y Gallardo, 2018).

5.18.2. Cultivo en jaulas

El cultivo en jaulas se puede definir como el engorde de peces desde juveniles hasta el tamaño comercial en áreas confinadas delimitadas por mallas que permiten el libre flujo de agua. La principal ventaja de esta cultura es el aprovechamiento de varios ríos y embalses, que por su naturaleza, tamaño o carácter no pueden ser aprovechados sin cambiar su curso. Las jaulas son recintos que consisten en un marco cerrado por todos lados por una red o malla y unido a una estructura flotante. Las jaulas pueden ser diferentes: rectangulares, cuadradas, hexagonales, redondas, etc. El agua se regenera libremente a través de la malla en la pared y el fondo, lo que facilita el suministro continuo de oxígeno disuelto y la depuración de residuos (Isiordia, Isiordia, Cuevas, Ruiz y Bautista, 2021).

5.18.3. Cultivo en corrales

Son conchas ancladas o instaladas en el agua, son un método económico porque su costo inicial es menor que la infraestructura utilizada en tierra y requieren el uso de una tecnología relativamente sencilla. Mantiene a los organismos en un espacio cerrado, pero con un flujo constante de agua. El perímetro del cerco se cierra con una red o rejilla de otro material, y en algunos casos la parte baja o inferior está formada por un embalse, lago o estanque. Se utilizan principalmente durante el cambio de sexo o la fase previa a la reproducción de la tilapia (Martínez et al., 2021).

5.19. Control de calidad del agua

La calidad del agua incluye todos los factores físicos, químicos y biológicos que influyen en el uso benéfico del agua. Estrictamente hablando, cualquier característica del agua que afecte la sobrevivencia, reproducción, crecimiento, producción o manejo tanto de peces como crustáceos, en cualquier forma es una variable de calidad del agua. Si el estanque se contempla como un lago artificial en donde se siembran las crías de tilapia para su engorda a talla comercial; en realidad cada estanque es un ecosistema totalmente diferente, a pesar de estar contiguos uno del otro y en apariencia tengan las mismas características, como puede ser el terreno, abasto de agua, etc. Nunca serán iguales, ya que son microcosmos totalmente diferentes. Un estanque para el cultivo de tilapia, con “buena” calidad del agua, producirá un volumen mayor de peces y de calidad superior, que un estanque con “mala” calidad de agua, aunque todos los demás factores sean iguales en ambos estanques. Los parámetros que determinan la calidad del agua, se agrupan en dos, tomando para ello en consideración si la actividad biológica los altera (no conservativos) o si son independientes de la actividad biológica (conservativos) (Mendiola et al., 2018).

En las producciones de tilapia existen dos causas principales de enfermedad y/o mortalidad, una de ellas es la mortalidad ocasionada por factores no infecciosos, como lo son alteraciones en los parámetros que afectan la calidad del agua un caso muy común de esto es la reducción de oxígeno disuelto, altas concentraciones de materia orgánica, nitritos, nitratos, amonio, cambios bruscos de temperatura. El principal impacto de las enfermedades emergentes en el cultivo de tilapia, es la alta tasa de mortalidad de los peces. Por esta razón, es de suma importancia que se prioricen los protocolos de bioseguridad en la piscicultura y que se tenga el debido cuidado para garantizar un buen manejo sanitario. Los brotes de enfermedades emergentes están asociados a la presencia de factores de riesgo, como la mala calidad del agua, densidades de cultivo inadecuadas y acumulación de metabolitos en los estanques (Das, 2019).

5.20. Cosecha y procesamiento

Estas fases del cultivo son muy importantes. La cosecha es la última fase del ciclo de producción, esta debe ser realizada en horas muy tempranas para evitar que el producto se malogre por las altas temperaturas ambientales y para darle una mayor durabilidad a la calidad de la carne del pez. Dependiendo del mercado objetivo se pueden realizar cosechas totales o parciales, dependiendo de la cantidad y frecuencia con que se desee tener producto disponible para la comercialización. Las

cosechas se realizan cuando los peces han alcanzado el peso o talla adecuados para su consumo o venta. Se debe tener en cuenta que mantener peces grandes (una libra o más) es más costoso, aunque tiene mejor precio. Para la cosecha se pueden utilizar atarrayas, redes de arrastre, cuerdas con anzuelos o el popular chinchorro. Como una recomendación importante que se debe tomar muy en cuenta previa a la cosecha, es que se debe hacer contacto con el mercado para determinar las cantidades y tamaños promedio del pescado solicitado por el consumidor, igualmente debe contarse con todos los equipos necesarios como tanques plásticos, pesas, tinas para lavado y enhielado del pescado para mantener la calidad y frescura del producto. Luego de la cosecha los pescados se lavan en agua limpia y después se colocan en agua helada para tranquilizarlos, en algunos casos se les hace un corte en las branquias aún vivos para provocarles la muerte por desangrado y así se garantiza una carne más blanca. Finalmente, y dependiendo del mercado se pueden filetear o solo se evisceran y se enhielan y para ello se usa hielo en escamas o triturado en una proporción de 2:1 (dos unidades de pescado por una de hielo), para ser entonces trasladados al mercado (Noriega et al., 2020).

5.20.1. Cosecha parcial

Este tipo de cosecha se realiza periódicamente (cada quince días o un mes) según lo programado desde antes en un plan de producción. Se recomienda poder contar con un plan así, ya que permite tener una producción más constante (Martínez et al., 2021).

5.20.2. Cosecha total

Esta se realiza al final del ciclo de producción (cinco a seis meses aproximadamente). Y se cosecha toda la producción, sin importar el tamaño que tengan los peces (Noriega et al., 2020).

5.21. Impacto ambiental

El desarrollo reciente de la acuicultura continental tanto en regiones desarrolladas, como en desarrollo ha dado lugar a muchos de estos mismos impactos. Típicamente, la acuicultura utiliza sustancias que pueden volverse contaminantes, por ejemplo, fósforo y nitrógeno, que se utilizan en alimentos y mantenimiento químico de estanques de acuicultura. Estos químicos cuando se liberan al medio ambiente pueden resultar en floraciones de algas al sobre estimular el crecimiento de las algas. Además de reducir las concentraciones de oxígeno por debajo de la tolerancia de los peces, algunas algas (p. ej., las cianobacterias) también liberan toxinas al agua, que pueden ser tóxicas para los peces (Isiordia et al., 2021).

En relación con el segundo proceso de transformación, la instalación de un centro productivo en el que se requerirán balsas jaula, líneas flotantes y otros sistemas, implica necesariamente un incremento de la actividad humana y de los niveles de ruido. Ello tiene efectos adversos sobre la vida silvestre, tanto en el sitio específico como en toda la zona costera aledaña y en rutas de servicios cercanas a éste. Por otra parte, el cultivo de una especie en un lugar determinado atrae depredadores, lo cual puede producir como resultado final la muerte de animales en forma accidental o deliberada. Ello ha producido, en muchas ocasiones, un aumento de los conflictos con organizaciones preocupadas por el cuidado del medio ambiente cuyas iniciativas de protección, incluso han logrado introducir en algunas regiones Códigos de Prácticas en orden de minimizar los conflictos (González, Fregeneda, Aller, 2019).

5.22. Marco normativo legal

5.22.1 Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

El artículo 5º de esta Ley, señala que son asuntos de interés de la Federación, las obras y actividades incluidas en las fracciones **I** a la **XXI** del presente artículo, además, hace mención de que la ley tiene por objeto establecer las bases para el aprovechamiento racional de los elementos naturales de manera que este sea compatible con el equilibrio de los ecosistemas, estableciendo la coordinación en la materia entre las diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

En este sentido, el proyecto tiene una vinculación que se relaciona con el **artículo 28** con sus fracciones **X** y **XII**, el cual se refiere a:

X. Contar con la autorización en materia de impacto ambiental emitida por la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

XII. Que involucra todas las acciones relacionadas con actividades pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas.

La entrega y presentación del documento representa el compromiso del proyecto “Granja Acuícola Cerro Alto” de cumplir lo dispuesto en las normas jurídicas.

ARTÍCULO 29. Los efectos negativos que sobre el ambiente, los recursos naturales, la flora y la fauna silvestre y demás recursos a que se refiere esta Ley, pudieran causar las obras o actividades de competencia federal que no requieran someterse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental

a que se refiere la presente sección, estarán sujetas en lo conducente a las disposiciones de la misma, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, la legislación sobre recursos naturales que resulte aplicable, así como a través de los permisos, licencias, autorizaciones y concesiones que conforme a dicha normatividad se requiera.

El presente capítulo contiene la vinculación con los ordenamientos jurídicos en materia ambiental nacional, estatal y municipal, sin embargo, el presente documento estará a la disposición de la revisión por parte de la autoridad.

ARTÍCULO 30. Para obtener la autorización a que se refiere el artículo 28 de esta Ley, los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad de que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente.

Si después de la presentación de una manifestación de impacto ambiental se realizan modificaciones al proyecto de la obra o actividad respectiva, los interesados deberán hacerlas del conocimiento de la Secretaría, a fin de que ésta, en un plazo no mayor de 10 días les notifique si es necesaria la presentación de información adicional para evaluar los efectos al ambiente, que pudiesen ocasionar tales modificaciones, en términos de lo dispuesto en esta Ley.

La entrega del presente documento cumple con lo mencionado por el **artículo 30**, ya que se describe el proyecto “Granja Acuícola Cerro Alto”, los impactos ambientales a ocasionar y las medidas de mitigación, compensación o de prevención que se adoptaran durante las 3 fases del proyecto, para llevar a cabo la segunda etapa del proyecto en un escenario futuro se planea la ampliación del Manifiesto de Impacto Ambiental si así lo requiera la secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

ARTÍCULO 35 BIS 1. Las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.

Asimismo, los informes preventivos, las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo podrán ser presentados por los interesados, instituciones de investigación, colegios o asociaciones profesionales, en este caso la responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá a quien lo suscriba.

En cumplimiento al artículo anterior se agrega al documento y a los anexos la carta protesta de decir la verdad, además de utilizar técnicas y métodos que analicen de una forma crítica el desarrollo del presente Manifiesto de Impacto Ambiental.

ARTÍCULO 35 BIS 3. Cuando las obras o actividades señaladas en el artículo 28 de esta Ley requieran, además de la autorización en materia de impacto ambiental, contar con autorización de inicio de obra; se deberá verificar que el responsable cuente con la autorización de impacto ambiental expedida en términos de lo dispuesto en este ordenamiento.

Asimismo, la Secretaría, a solicitud del Promovente, integrará a la autorización en materia de impacto ambiental, los demás permisos, licencias y autorizaciones de su competencia, que se requieran para la realización de las obras y actividades a que se refiere este artículo.

Para dar cumplimiento con el Artículo 35 BIS 3 el presente documento se somete a evaluación y observaciones de la Secretaría correspondiente.

ARTÍCULO 79. Para la preservación y aprovechamiento sustentable de la flora y fauna silvestre, se considerarán los siguientes criterios:

I. La preservación de la biodiversidad y del hábitat natural de las especies de flora y fauna que se encuentran en el territorio nacional y en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

III. La preservación de las especies endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial.

VIII. El fomento del trato digno y respetuoso a las especies animales, con el propósito de evitar la crueldad en contra de éstas.

IX. El desarrollo de actividades productivas alternativas para las comunidades rurales.

El análisis de la zona en la que se ubica el proyecto refleja que no se encuentran especies de fauna contenidas en la lista de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, sin embargo, durante la preparación y construcción del sitio se capacitará al personal para inculcar la preservación y conservación de fauna.

ARTÍCULO 89. Los criterios para el aprovechamiento sustentable del agua y de los ecosistemas acuáticos, serán considerados en:

III. El otorgamiento de autorizaciones para la desviación, extracción o derivación de aguas de propiedad nacional.

Dado que el proyecto requiere del recurso hídrico del agua constante, se requiere un abastecimiento continuo para la operación de la granja, el cual será tomado por transmisión, previo a dicha fase las actividades involucradas en este artículo tendrán que ser manifestadas a la Comisión Nacional del Agua para que emita su autorización respectiva y así realizar correctamente los procedimientos administrativos correspondientes.

ARTÍCULO 98. Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios:

I. El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas; **II.** El uso de los suelos debe hacerse de manera que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva.

El presente proyecto se ubica en una zona impactada principalmente por actividades acuícolas y agrícolas, sin embargo, mediante el cumplimiento de medidas de mitigación y los ordenamientos jurídicos se asevera que el proyecto no alterará el equilibrio del ecosistema.

ARTÍCULO 110. Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

II. Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Los automóviles y maquinaria a utilizar en las 3 fases del proyecto deberán estar en óptimas condiciones, además de tener un mantenimiento periódico, para así garantizar un funcionamiento correcto y reducir las emisiones a la atmosfera de contaminantes, estas emisiones serán controladas para no sobrepasar los límites máximos permisibles mencionados en la **NOM-041-SEMARNAT-2015** y **NOM-045-SEMARNAT-2017**.

ARTÍCULO 117. Para la prevención y control de la contaminación del agua se considerarán los siguientes criterios:

I. La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas del país.

IV. Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.

Se contemplará cualquier situación o evento que produzca la contaminación del agua, así mismo se prevé la aplicación de medidas de mitigación y prevención.

ARTÍCULO 136.- Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

I. La contaminación del suelo.

II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos.

III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación.

IV. Riesgos y problemas de salud.

La disposición de residuos dentro de la zona del proyecto y durante las 3 fases de este, será de manera temporal, contratando empresas externas que se encarguen semanalmente de la disposición final de estos residuos.

ARTÍCULO 155. Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. Las autoridades federales o locales, según su esfera de competencia, adoptarán las medidas para impedir que se transgredan dichos límites y en su caso, aplicarán las sanciones correspondientes. En la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.

No se prevé que los límites máximos permisibles establecidos en la **NOM-081-SEMARNAT-1994** sean superados, sin embargo, de manera preventiva a los trabajadores del proyecto se les brindará equipo de protección auditivo.

Reglamento en Materia de Impacto Ambiental de la LGEEPA, publicado en el Diario Oficial el 25 de febrero del 2003:

Artículo 5o. Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría en materia de impacto ambiental.

U) Actividades acuícolas que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas:

I. Construcción y operación de granjas, estanques o parques de producción acuícola, con excepción de la rehabilitación de la infraestructura de apoyo cuando no implique la ampliación de la superficie productiva, el incremento de la demanda de insumos, la generación de residuos peligrosos, el relleno de cuerpos de agua o la remoción de manglar, popal y otra vegetación propia de humedales, así como la vegetación riparia o marginal.

El proyecto “Granja Acuícola Cerro Alto” comprende las fases de preparación del sitio, construcción y operación de una granja acuícola para la producción de Tilapia Gris, por lo que se requiere de la autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en materia de impacto ambiental, con base a lo anterior el presente documento representa la entrega del Manifiesto de Impacto Ambiental solicitado.

5.22.2. Reglamento para la Protección del Ambiente Contra la Contaminación Originada por la Emisión de Ruido

Artículo 32. Cuando por cualquier circunstancia los vehículos automotores... rebasen los niveles máximos permisibles de emisión de ruido, el responsable deberá adoptar de inmediato las medidas necesarias, con el objeto de que el vehículo se ajuste a los niveles adecuados.

De forma preventiva y considerando las medidas laborales adecuadas se proporcionará equipo de protección auditiva a los trabajadores de la zona del proyecto, así mismo, solo se contemplan jornadas laborales matutinas y con respecto a la maquinaria y automóviles estos tendrán un mantenimiento periódico que garantice su funcionamiento.

5.22.3. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Art. 7. Estipula señalar en la manifestación de impacto ambiental los residuos peligrosos que vayan a generarse o manejarse con motivo de la obra o actividad.

No se contempla la generación de residuos peligrosos en las 3 fases que conforman el proyecto, sin embargo, se contempla la generación de residuos químicos, específicamente envases, por ello para el manejo y disposición final de estos residuos químicos se contratará una empresa externa certificada por SEMARNAT para la recolección y disposición de los residuos químicos.

Artículo 18. Los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables.

Se instalarán estratégicamente en la zona del proyecto tambos cilíndricos con una capacidad de 200 litros con señalizaciones que especifiquen el tipo de residuo, así mismo se realizará una capacitación para fomentar la separación de basura y así disponerla temporalmente en almacén de residuos contemplado, la disposición final será semanalmente y se llevará a cabo mediante la contratación de una empresa certificada por SEMARNAT para la recolección y transporte de los residuos sólidos.

Artículo 19. Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:

V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales.

VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general.

Los lodos generados a partir de la sedimentación de las aguas residuales se someterán a un tratamiento de 5 días por exposición a la luz solar, posterior a esto los lodos se utilizarán como material de relleno y fertilizante en las zonas de cultivo aledañas al proyecto.

Se contempla que la generación de residuos de construcción será mínima, sin embargo, la disposición final de estos serán los especificados por el sitio de disposición autorizado por el municipio o por la autoridad correspondiente.

5.22.4. Ley de Aguas Nacionales

ARTÍCULO 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas. Corresponde a los Organismos de Cuenca expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga a los que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, salvo en aquellos casos previstos en la Fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que queden reservados para la actuación directa de "la Comisión". La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta Ley, sus reglamentos, el título y las prórrogas que al efecto se emitan.

Para la fase de operación del proyecto “Granja Acuícola Cerro Alto” se realizará la instalación de un sistema hidráulico para el abastecimiento de agua por transmisión la cual servirá como principal fuente de agua salobre, derivado a esto se realizará la solicitud de los permisos y concesiones correspondientes ante la Comisión Nacional del Agua.

ARTÍCULO 82. La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales en actividades industriales, de acuicultura, turismo y otras actividades productivas, se podrá realizar por personas físicas o morales previa la concesión respectiva otorgada por "la Autoridad del Agua", en los términos de la presente Ley y sus reglamentos.

El proyecto cumplirá con los permisos necesarios para el uso y aprovechamiento del agua para la operación y mantenimiento de la granja acuícola así mismo se implementarán programas de mitigación que garanticen su control y la preservación de la calidad.

ARTÍCULO 86 BIS 2. Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos

o residuos considerados peligrosos en las Normas Oficiales Mexicanas respectivas. Se sancionará en términos de Ley a quien incumpla esta disposición.

No se llevarán a cabo actividades de disposición final de residuos en los cuerpos receptores de la acción, se contempla un manejo integral de los residuos dentro de la zona del proyecto, disponiendo los residuos sólidos y químicos en almacenes temporales y las aguas residuales tratadas en campos de cultivo para su aprovechamiento agrícola.

ARTÍCULO 88. Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la Autoridad del Agua" para verter en forma permanente o intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos. El control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población, corresponde a los municipios, con el concurso de los estados cuando así fuere necesario y lo determinen las leyes.

Para el vertimiento de las aguas residuales previamente tendrán un proceso de tratamiento en la laguna de sedimentación / oxidación el cual será diariamente monitoreada para no sobrepasar los límites permisibles, posterior a los 20 días de tratamiento será bombeada a los campos de cultivo para ser utilizada para riego y tener un mayor aprovechamiento de este recurso.

5.22.5. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

ARTICULO 30. Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión".

En el uso agrícola a que se refiere el Capítulo II, del Título Sexto, de la "Ley", al presentarse la solicitud de concesión no se necesitará solicitar al mismo tiempo el permiso de descarga de aguas residuales, pero en la solicitud deberán asumir la obligación de sujetarse a las normas oficiales mexicanas y a las condiciones particulares de descarga que en su caso se emitan y, en especial, a lo dispuesto en el artículo 96 de la "Ley" y en el artículo 137 de este "Reglamento".

Dentro del plazo establecido en la "Ley" para expedir la concesión o asignación de agua, en el mismo título se otorgarán las concesiones, asignaciones y permisos solicitados. Lo anterior sin perjuicio, de que conforme a la "Ley" y al presente "Reglamento", cuando ya exista concesión o asignación de agua se pueda solicitar por separado el permiso de descarga. Igualmente, por separado se podrán solicitar las concesiones que se requieran para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos y zonas federales o de los materiales de construcción contenidos en los mismos.

Para dar cumplimiento con el reglamento vigente se presentarán los permisos y se solicitará la concesión de aprovechamiento de aguas salobre, los permisos correspondientes para la descarga de aguas residuales, así mismo el permiso de obras para la realización del aprovechamiento.

Artículo 134. Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier uso o actividad, están obligadas... a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.

El proyecto tendrá un abastecimiento constante de agua por transmisión, para prevenir la contaminación del suelo y del manto freático derivado de las descargas de aguas residuales se aplicará estrictamente la **NOM-001-SEMARNAT-2021**, implementando un sistema de tratamiento aerobio y con los monitoreos diarios se planea cumplir con las condiciones adecuadas para reintegrar este recurso.

Artículo 151. Se prohíbe depositar, en los cuerpos receptores..., basura, materiales... y demás desechos o residuos que, por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos.

Para prevenir la contaminación del manto freático por la infiltración de lixiviados la disposición de residuos sólidos y químicos será en almacenes temporales con pisos de concretos impermeabilizados, los cuales contarán con una supervisión permanente y un almacenamiento no mayor a 7 días para su recolección y disposición final.

5.22.6. Ley de Pesca y Acuicultura Sustentables

ARTÍCULO 95. Para la importación de semillas, ovas, alevines, larvas, postlarvas, cepas algales, reproductores o cualquier otro estadio de especies silvestres, cultivadas o de laboratorio, se deberá adjuntar a la solicitud el certificado de sanidad acuícola otorgado por el SENASICA. En el caso de

organismos genéticamente modificados se sujetará a lo dispuesto en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados.

El proyecto al ser de tipo acuícola se apegará a lo dispuesto en la Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable, por lo que las especies a cultivar de Tilapia Gris (*Oreochromis niloticus*) serán obtenidas a partir de las granjas productoras del país, no se requerirá la importación de alevines, esto debido a que la obtención de estos será de una granja acuícola certificada cercana a la zona del proyecto.

Artículo 30. El aprovechamiento de la fauna silvestre se llevará a cabo de manera que se eviten o disminuyan los daños a la fauna silvestre mencionados en el artículo anterior. Queda estrictamente prohibido todo acto de crueldad en contra de la fauna silvestre, en los términos de esta Ley y las normas que de ella deriven.

Se planea la implementación de un programa de conservación y preservación de fauna silvestre, así mismo, para la conservación de la flora queda estrictamente prohibido el aprovechamiento de zonas no autorizadas para la fase 1, se instalará la señalización correspondiente con respecto a los actos de preservación y conservación de flora y fauna silvestre.

5.22.7. Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) en materia de impacto ambiental son una herramienta que permite a la autoridad ambiental establecer requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán de observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas para el aprovechamiento de los recursos naturales, en el desarrollo de las actividades económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos y en procesos. Asimismo, las normas desempeñan un papel esencial en la generación de una atmósfera de certidumbre jurídica y promueven el cambio tecnológico con la finalidad de lograr una protección más eficiente del medio ambiente.

Para el presente proyecto se han evaluado todos los procesos involucrados en las distintas etapas del mismo, desde la preparación del sitio hasta la operación de la misma, identificando las normas que inciden en la regulación de dichas obras o actividades.

NOM-060-SAG/PESC-2016

Para ordenar el aprovechamiento de los recursos pesqueros de la fauna acuática en los cuerpos de aguas continentales de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, de conformidad con el

objetivo señalado en el **Artículo 2o. fracción IV** de la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables.

Descargas de aguas residuales

NOM-001-SEMARNAT-2021

Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación.

Para la fase de preparación del sitio y construcción se utilizarán baños portátiles cuyo manejo, recolección y disposición final será a cargo de una empresa externa especializada que este certificada por SEMARNAT, para la fase de operación y mantenimiento se contará con un sistema de tratamiento en la laguna de sedimentación / oxidación el cual tendrá una disminución de los contaminantes con un tratamiento aerobio, previamente a la descarga en los cultivos, las aguas residuales tratadas tendrán un monitoreo para el control y cumplimiento de la presente norma.

NOM-002-ECOL-1996

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Para el procedimiento del muestreo completo de la laguna de sedimentación / oxidación conforme a la presente norma se proyectan 2 muestreos mínimos y 3 muestreos máximos diario para el análisis de los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales esto derivado a que las descargas residuales proveniente de las piletas se descargaran en la laguna de sedimentación / oxidación 10 horas al día.

Emisiones a la atmósfera

NOM-041-SEMARNAT-2015

Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Previamente al uso del vehículo y maquinaria se verificará que tenga recientemente el mantenimiento adecuado y así prevenir posibles fallos que originen mayores emisiones a la atmosfera.

NOM-045-SEMARNAT-2017

Que establece los límites máximos permisibles de emisión expresados en coeficiente de absorción de luz o por ciento de opacidad, proveniente de las emisiones del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible.

Se controlarán estas emisiones, mediante los mantenimientos periódicos de la maquinaria.

Residuos peligrosos, solidos, urbanos y de manejo especial

NOM-052-SEMARNAT-2005

Norma Oficial Mexicana establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales.

No se planea la generación de residuos catalogados como RPBI'S, sin embargo, si se contempla la generación de residuos químicos derivados de envases los cuales serán dispuestos en almacenes temporales con piso de concreto para evitar la infiltración de lixiviados al suelo, se implementará una bitácora de residuos para la gestión de estos y se contratará una empresa externa que se hará cargo de la recolección y disposición final de estos residuos.

Flora y Fauna

NOM-059-SEMARNAT-2010

Norma mexicana que tiene el objetivo de identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en nuestro país para la atención y protección correspondiente, mediante la integración de las listas correspondientes.

Durante el análisis de las inmediaciones y de la zona en la que se sitúa el proyecto no se encontraron especies que estén involucradas en las listas incluidas de la presente norma, sin embargo, durante las actividades de preparación del sitio y construcción se fomentará la preservación y conservación de fauna silvestre.

Emisiones sonoras

NOM-080-SEMARNART-1994

Norma que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.

Se implementará una bitácora obligatoria de los mantenimientos de la maquinaria involucrada en el proyecto.

Seguridad laboral

NOM-001-STPS-2008

Norma que señala las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación, con la finalidad de prevenir riesgos a los trabajadores.

Los trabajadores que estén involucrados con las distintas actividades que conforman las tres fases del proyecto contarán con las herramientas, equipos, servicios y condiciones necesarias para prevenir accidentes dentro de la zona del proyecto.

NOM-004-STPS-1999

Norma que establece las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.

Los trabajadores tendrán la accesibilidad a las herramientas, condiciones e infraestructura adecuada para la prevención de accidentes durante la implementación del proyecto.

NOM-011-STPS-2001

Norma mexicana que establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido que, por sus características, niveles y tiempo de acción, sea capaz de alterar la salud de los trabajadores; los niveles máximos y los tiempos máximos permisibles de exposición por jornada de trabajo, su correlación y la implementación de un programa de conservación de la audición.

No se contempla sobrepasar los límites máximos permisibles en la generación de ruido, sin embargo, los equipos de protección que se le suministrará a los trabajadores incluyen equipos de protección auditivo.

6. Metodología

6.1. Delimitación del área de estudio

6.1.1. Macro localización



Figura 1. Localización del estado de Colima en la República Mexicana, IIEC, 2020.

El estado de Colima está ubicado en la región oeste de la República Mexicana entre los meridianos 103° 32' y 103° 43' longitud oeste y los paralelos 18° 53' y 19° 21' latitud norte, con una altitud promedio de 500 metros sobre el nivel del mar (IIEC, 2020). Sus límites al ubicarse en la costa occidental de México, en la región conocida como el Pacífico son: limita al norte con el estado de Jalisco, al este con Michoacán y al sur y oeste con el Océano Pacífico.

La superficie total del estado de Colima es de 5,626.9 km² lo que representa el 0.3 % de la superficie total de la República Mexicana y este se divide políticamente en 10 municipios: Colima, Manzanillo, Tecomán, Vila de Álvarez, Cuauhtémoc, Armería, Ixtlahuacán, Minatitlán, Comala.

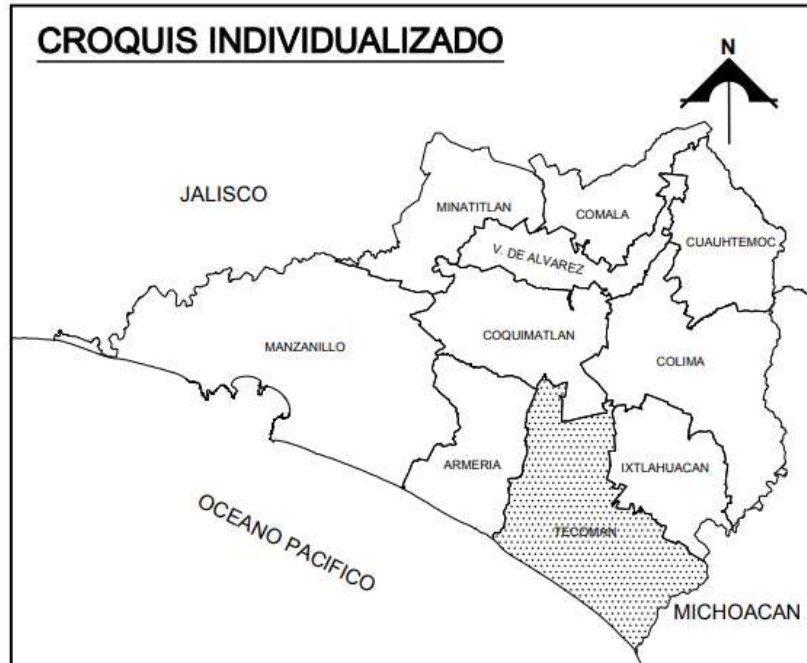


Figura 2. División política del estado de Colima, IIEEC, 2020.

6.1.2. Micro localización

Tecomán es un municipio ubicado en el estado de Colima, México, se encuentra en la costa del Pacífico, aproximadamente a 35 kilómetros al noroeste de la ciudad de Colima, que es la capital del estado, las coordenadas geográficas de Tecomán son aproximadamente 18° 92' 58" de latitud norte y 103° 87' 82" de longitud oeste.

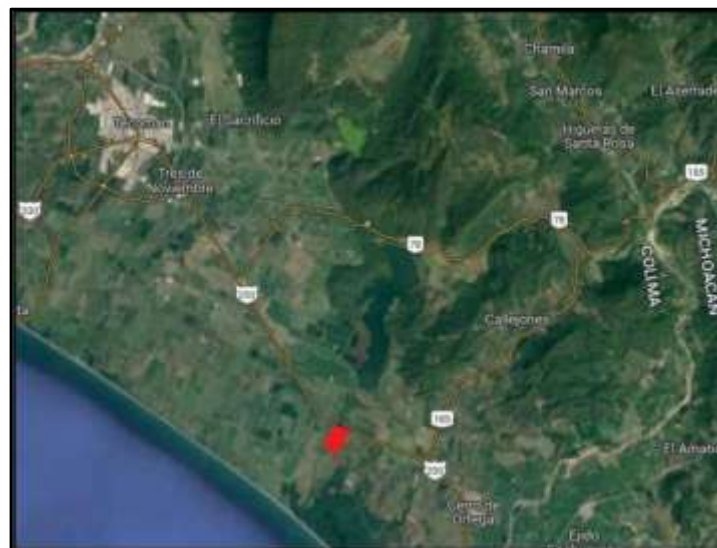


Figura 3. Micro localización del sitio del proyecto, 2020.

El proyecto “Cerro Alto” se encuentra a 20 kilómetros del centro de la ciudad de Tecomán, Colima., hacia el sureste del mismo. Su altitud es de alrededor de 17 metros sobre el nivel del mar.

La zona en donde se desarrolla el proyecto “Granja acuícola Cerro Alto” se ubica en la localidad Cerro de Ortega sobre la carretera Km 17.3 carretera Tecomán - Ciudad Lázaro Cárdenas, cuyas referencias son a 80 metros aproximadamente de Fumigaciones Aéreas del Valle de Tecomán.

Las colindancias son las siguientes: Al Noreste colinda con carretera Tecomán-Cerro Ortega, al Este colinda con la parcela 208, mientras tanto al Oeste colinda con la parcela 125, por el Sur colindando en línea quebrada con parcela 309, por el lado Suroeste presenta colindancia con P.P. José Cárdenas, mientras tanto en el Sureste colinda con P.P. German Ochoa Verduzco.

6.2. Caracterización y análisis del sistema ambiental.

6.2.1. Tipo de clima

En el estado de Colima, predomina el clima Cálido subhúmedo (86%). Asimismo, en el 12.5% de su territorio se presenta clima Seco y Semiseco.

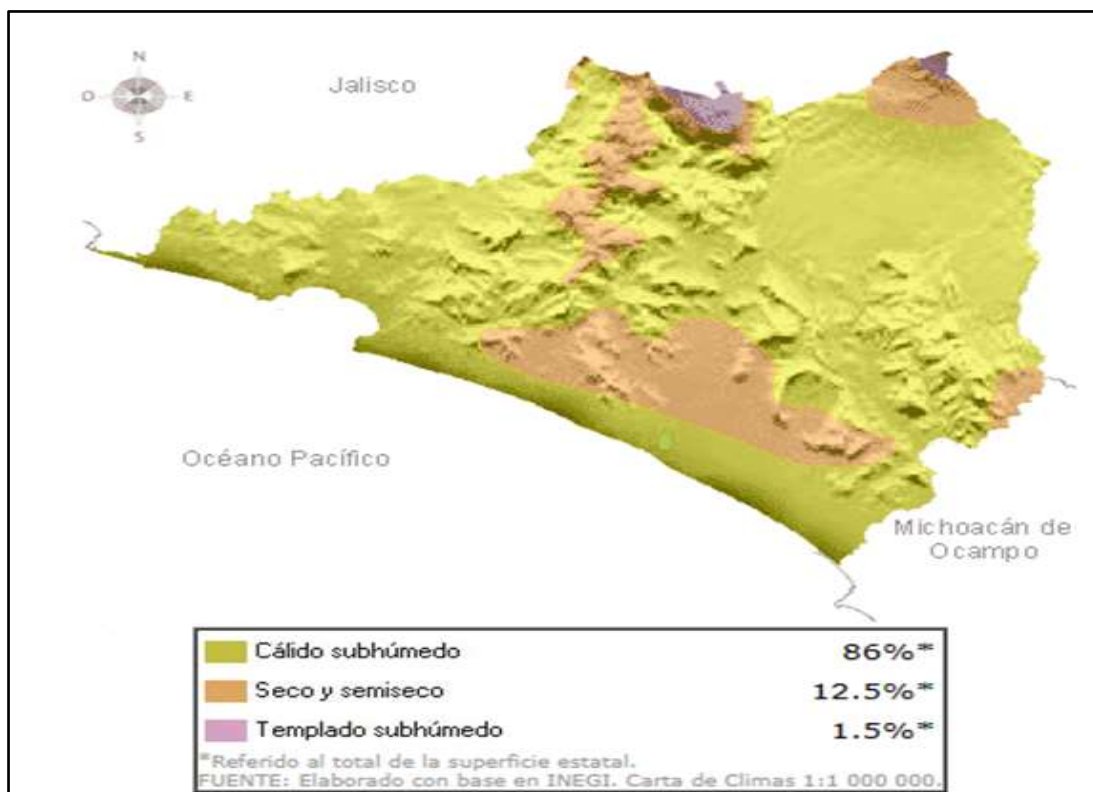


Figura 4. Carta de climas, Colima, México, INEGI, 2020.

6.2.2. Temperatura promedio

La temperatura media anual es 25°C., la temperatura más alta es mayor a 30°C y la mínima de 18°C.

6.2.3. Precipitación promedio anual (mm)

Las lluvias se presentan durante el verano, la precipitación total anual es de aproximadamente 900 mm.

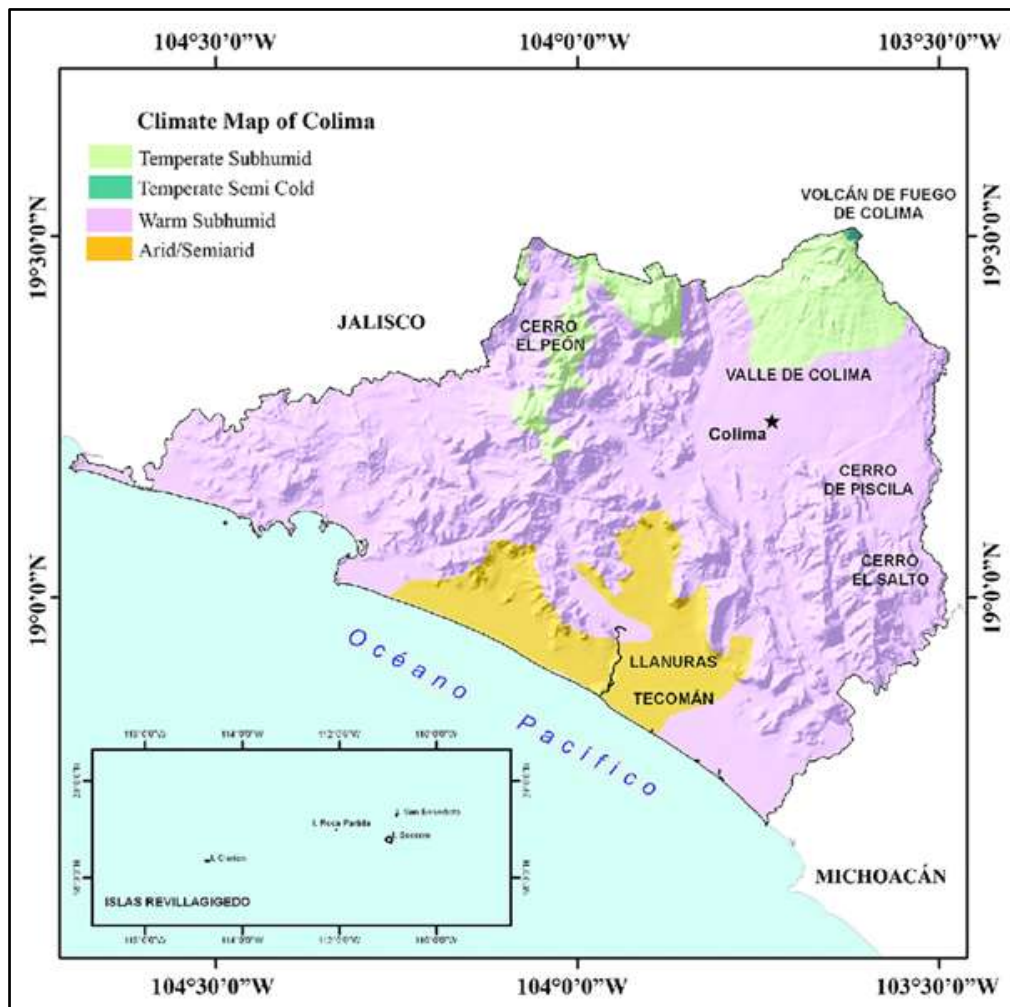


Figura 5. Mapa climático del estado de Colima, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2017.

6.2.4. Geomorfología general

La información con base en el estatus de búsqueda del sistema de INEGI, arroja la siguiente información; Tecomán es una ciudad del Occidente de México, ubicada en el Estado de Colima, cabecera del municipio homónimo; inmersa en la Zona Metropolitana del Valle de Tecomán (ZMVT).

En cuestión de territorio, Colima es uno de los estados con menor tamaño territorial en lo que va a nivel nacional, puesto que tan solo representa un 0.3% del territorio mexicano.



Figura 6. Límites estatales del estado de Colima, México, INEGI, 2020.

6.2.5. Deslizamientos, derrumbes y actividad volcánica.

La superficie estatal de Colima está conformada por la parte de las provincias: Eje Neo volcánico y Sierra Madre del Sur. En el extremo nororiental se localiza el Volcán de Fuego de Colima con una altitud de 3 820 msnm, de aquí hacia el suroeste hay lomeríos que se unen a una llanura, interrumpida por la meseta Coquimatlán.

Existen sierras que continúan con otra llanura extensa en donde se encuentra la localidad de Tecomán (mismo donde se ubicara el proyecto, hablando de las zonas aledañas)

La zona donde está definida el proyecto, no cuenta con cerros aledaños, el suelo cuenta con una característica plana y compacta, mismo que podría indicarse como el valle de Tecomán.

En el occidente predominan las sierras; las del norte y sur están formadas por rocas sedimentarias (se forman en las playas, ríos, océanos y en donde se acumulen la arena o barro) y en la parte centro occidente están formadas por rocas ígneas intrusivas (formadas debajo de la superficie de la Tierra).

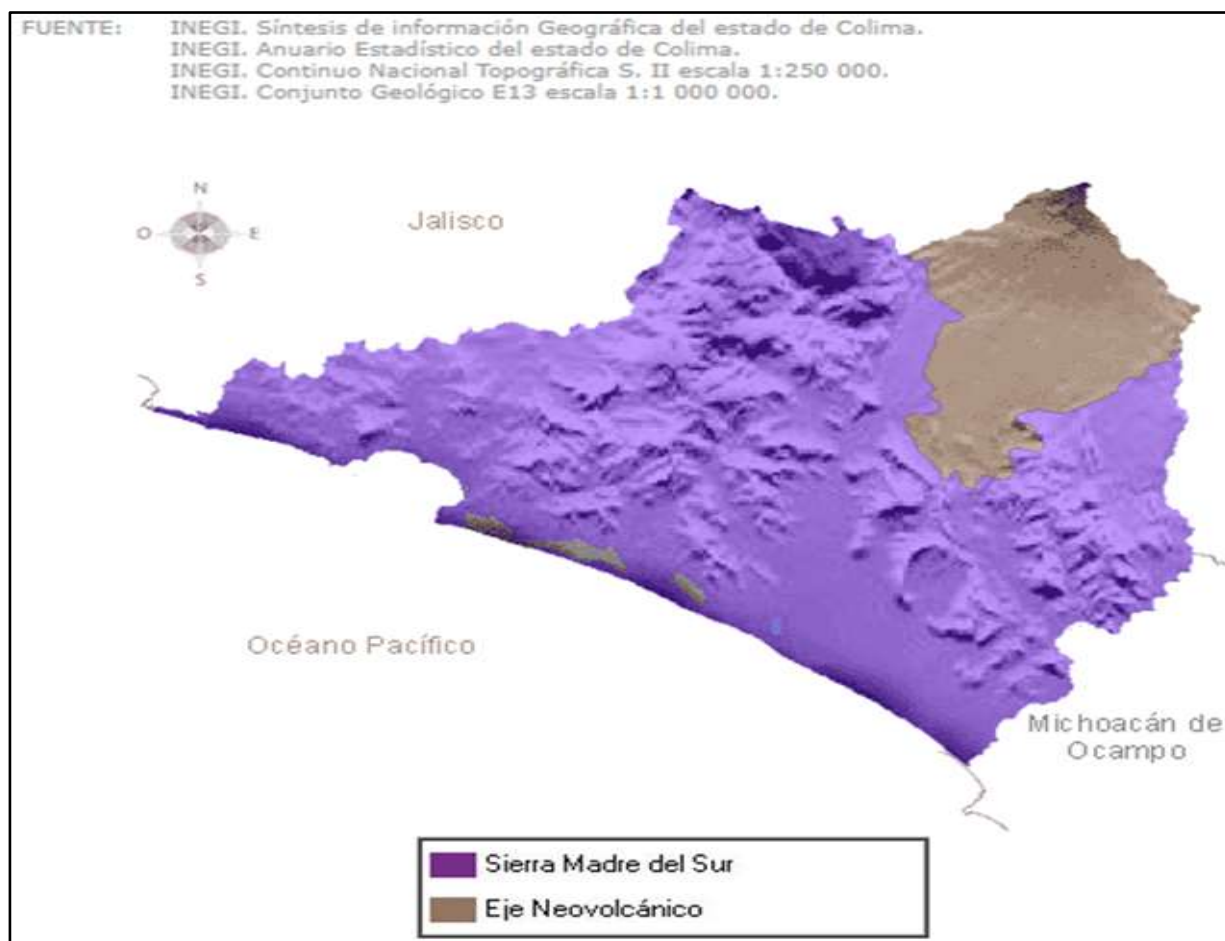


Figura 7. Relieve presente en Colima, México, INEGI, 2020.

6.2.6. Tipos de suelos presentes en el área y zonas aledañas

La información geoespacial que muestra la distribución de los principales tipos de suelo en el territorio nacional, así como los atributos físicos, químicos y limitantes físicas y químicas presentes, de acuerdo con la base referencial mundial del recurso suelo de la FAO.

mientras que los suelos dominantes de manera general en el municipio de Tecomán, como en la ubicación del proyecto son variados como lo son:

Phaeozem (24.94%), Leptosol (22.67%), Vertisol (12.44%), Regosol (9.83%), Chernozem (9.07%), Fluvisol (7.18%), Arenosol (2.14%), Cambisol (1.80%), Solonchak (1.64%), Calcisol (1.08%), Gleysol (1.06%) y Kastañozem (0.84%).

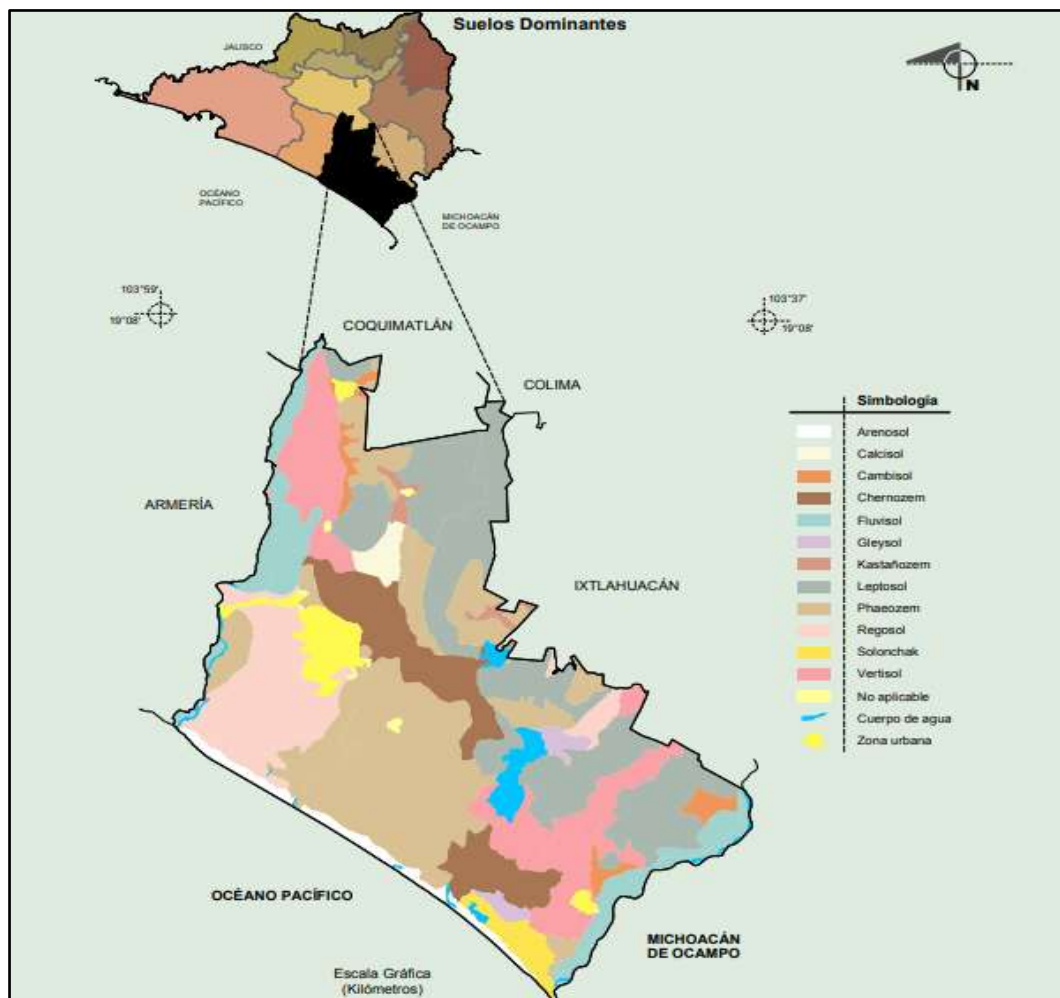


Figura 8. Suelo dominante en la ubicación del proyecto, siendo el Phaeozem con mayor presencia en el sitio, INEGI, 2019.

6.3. Hidrología superficial y subterránea

6.3.1. Recursos hidrológicos localizados en el área de estudio

La Zona Geohidrológica de Armería-Tecomán-Periquillos, se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica denominada: Sierra Madre del Sur, cuyo drenaje principal lo Constituyen las corrientes que fluyen de

la Sierra hacia el Mar. Esta Provincia se caracteriza por tener un relieve variado que incluye Sierras, Valles y Llanuras Costeras (CONAGUA, 2020).

Tabla 1. Hidrología principal del área de estudio, INEGI, 2017.

	REGIÓN HIDROLÓGICA	CUENCA	SUBCUENCAS	CORRIENTES DE AGUA	CUERPOS DE AGUA
HIDROGRAFÍA	Armería- Coahuayana (100%)	R. Coahuayana (83.14%) y R. Armería (16.86%)	L. Alcuzahue y Amela (68.44%), R. Armería (16.86%) y R. Coahuayana (14.70%)	Perennes: Armería, Las Pilas, San Miguel El Ojo de Agua y Coahuayana Intermitentes: Colima, Las Grullas y Hondo	Perennes (2.03%): L. Alcuzahue, L. Colorada, L. Amela, L. El Chupadero, E. La Presa y E. La Media Luna

Los acuíferos de Colima son una parte fundamental de su geología general, estos acuíferos son depósitos subterráneos de agua que se encuentran en diferentes formaciones geológicas de la región, la geología de los acuíferos de Colima se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias, volcánicas y calizas.

Además de las rocas sedimentarias y volcánicas, también se encuentran acuíferos en formaciones calizas, las rocas calizas son altamente solubles en agua, lo que da lugar a la formación de cuevas y sistemas subterráneos complejos, estos sistemas cársticos son muy permeables y pueden albergar grandes cantidades de agua subterránea.

La recarga de los acuíferos de Colima proviene principalmente de la precipitación pluvial. La lluvia se infiltra a través del suelo y las rocas, recargando lentamente los acuíferos.

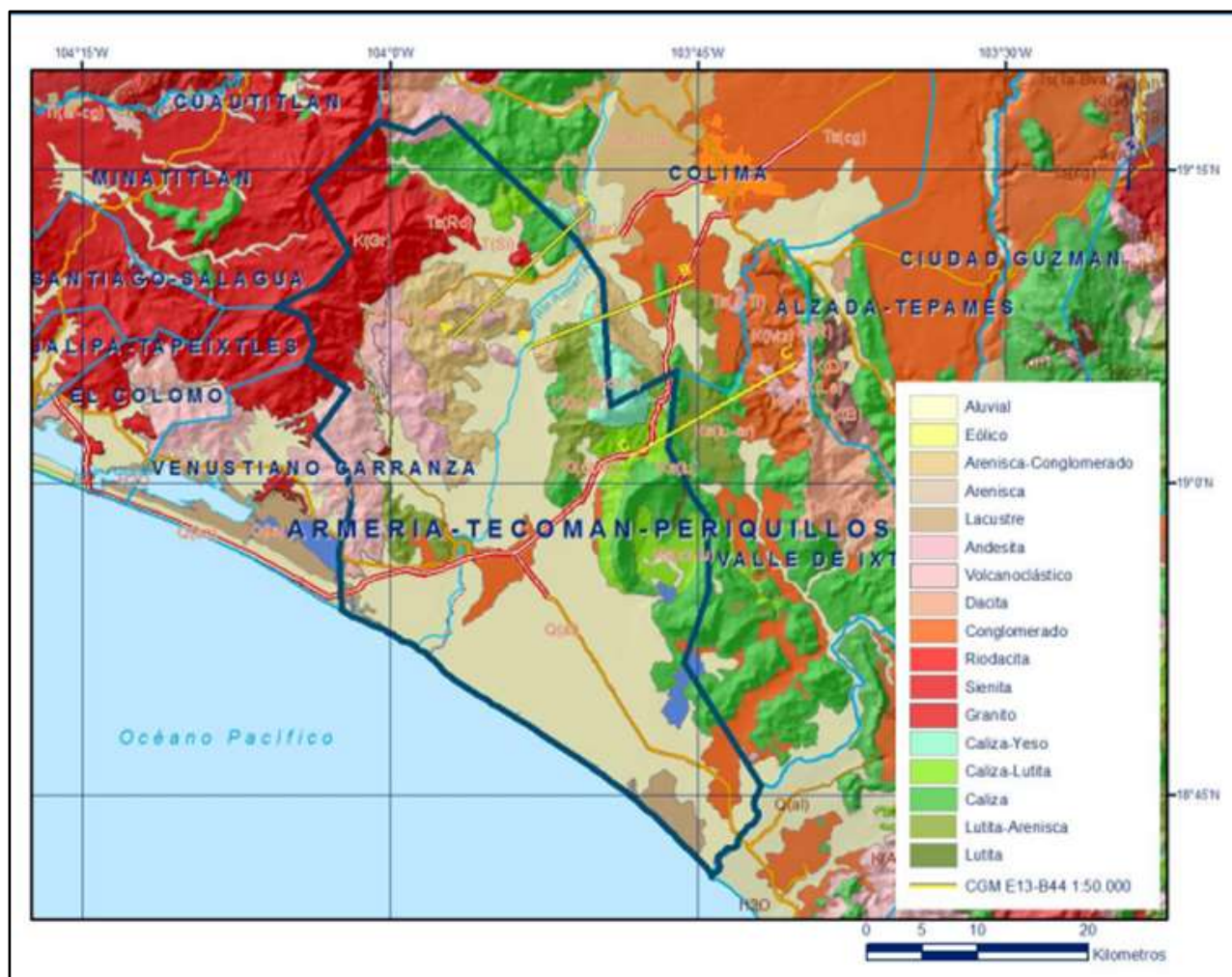


Figura 9. Geología general del acuífero, CONAGUA, 2020.

6.4. Características particulares del proyecto

6.4.1. Información biotecnológica de las especies a cultivar

La especie de Tilapia que será utilizada en el cultivo de engorda para el presente proyecto es:

➤ ***Oreochromis niloticus*** (Tilapia Gris).

La selección de esta especie es debido a la existencia de tecnología de cultivo para *Oreochromis niloticus*, así como la disponibilidad de crías y los altos rendimientos que se obtienen con esta especie en los sistemas de engorda establecidos en la localidad, región y el ámbito nacional, esta especie es **NO NATIVA**, sin embargo se encuentra en distintos ecosistemas y cuerpos de agua a causa de la

dispersión de esta especie por actividades antropogénicas o bien por eventos meteorológicos en la región como inundaciones o escurrimientos, que favorecen su dispersión.

El proyecto “**Granja Acuícola Cerro Alto**” propone la engorda de crías de tilapia, por ello a continuación se presentan las características generales de la especie:

➤ Posición taxonómica

Tabla 2. Taxonomía de la especie a cultivar, Yépez, 2021.

TAXONOMÍA DE LA ESPECIE A CULTIVAR	
➤ Phylum	Chordata
➤ Subphylum	Craneata
➤ Superclase	Gnatostomata
➤ Serie	Pises
➤ Clase	Actinopterygii
➤ Orden	Perciforme
➤ Suborden	Percoidae
➤ Familia	Cichlidae
➤ Género	<i>Oreochromis</i>
➤ Especie	<i>Niloticus</i>

7. Resultados

7.1. Evaluación de los impactos

Al haber identificado los principales impactos al medio ambiente que podrían desarrollarse durante las distintas actividades en las fases de **preparación del sitio** (PS), **construcción** (C) y **operación** (O), se procede a desarrollar la evaluación del impacto ambiental mediante la matriz de Leopold (1971).

Conforme a los valores para la evaluación de impactos proporcionados en la **Tabla 16**, se añadirá un valor a cada uno de los impactos identificados en el proyecto (**Tabla 17**), representando la magnitud del impacto mediante un valor numérico, posteriormente se ponderan los valores numéricos generalizados para cada impacto siguiendo los criterios que a continuación se señalan: Si el valor es menor o igual que 25 se clasifica como **COMPATIBLE (CO)**, si su valor es mayor que 25 y menor o igual que 50 se clasifica como **MODERADO (M)**, cuando el valor obtenido sea mayor que 50 pero menor o igual que 75 entonces la clasificación del impacto es **SEVERO (S)**, y por último cuando se obtenga un valor mayor que 75 la clasificación que se asigna es de **CRÍTICO (C)**.

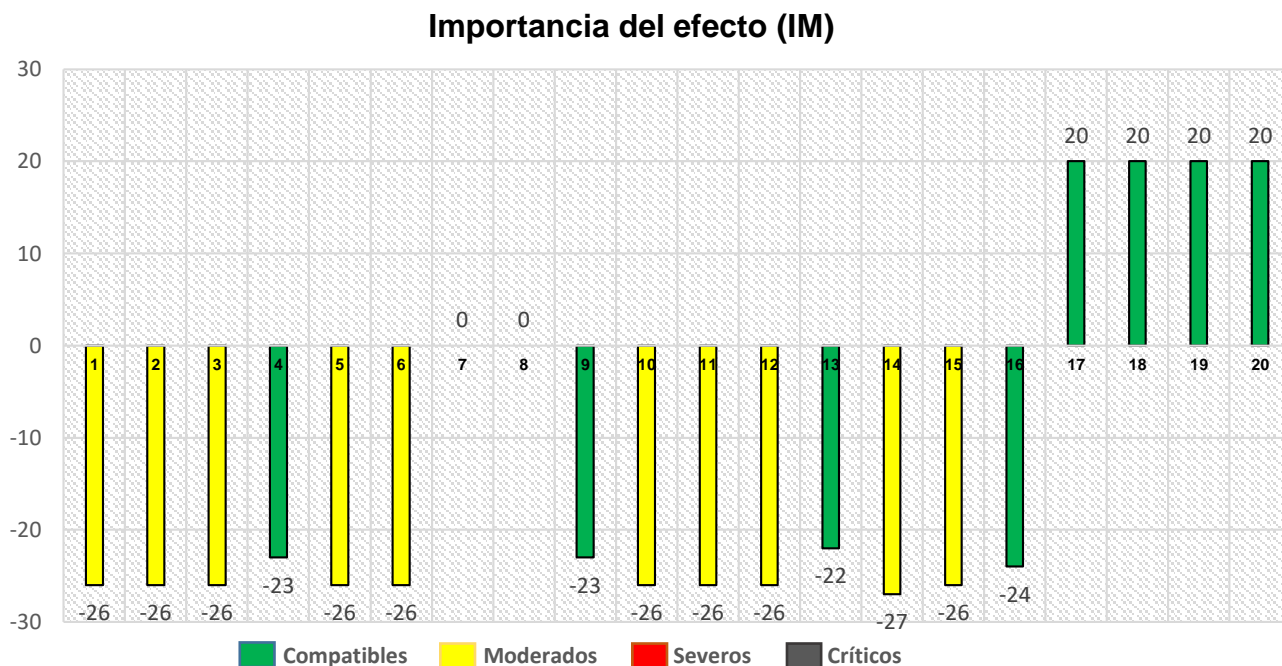
Para el análisis metodológico conforme a la evaluación de impactos se elaboraron tres matrices que corresponden a las 3 fases del proyecto, esto con el objetivo de un análisis crítico en las valoraciones numéricas de los impactos, ya que, son variables de acuerdo a las diferentes fases que conforman el proyecto.

7.2. Fase de preparación del sitio

En la **tabla 3** se expone la valoración numérica de los impactos identificados en la zona del proyecto.

Tabla 3. Impactos identificados en la fase de Preparación del sitio, 2025.

	IMPACTO S	DESCRIPCIÓN	CI	I	EX	SI	PE	EF	MO	AC	MC	RV	PR	RESULTAD O	IM
FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS	1	La entrada y salida de los vehículos, maquinaria y personal generan la incorporación de polvos y partículas hacia la atmósfera.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	2	Se generan emisiones a la atmósfera derivado de los gases de combustión.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	3	Afectaciones por lixiviados generados por los residuos sólidos.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	4	Posible afectación por el derrame o fugas de combustibles.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	1	1	-23	Compatible
	5	Afectaciones a partir los trabajos de excavación y nivelación los cuales disminuyen la cubierta vegetal de la zona del proyecto.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	6	Infiltración en el manto freático de lixiviados, aceites, combustibles, aguas residuales y residuos sólidos.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	7	Uso de agua durante la construcción del proyecto.	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nulo
	8	Abastecimiento de agua durante la operación del proyecto.	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Nulo
	9	Emisiones sonoras generadas durante las actividades del proyecto.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	1	1	-23	Compatible
	10	Remoción de la cubierta vegetal.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
FACTORES BIÓTICOS	11	Desplazamiento, refugio, migración de fauna hacia zonas aledañas.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	12	Se genera una modificación al hábitat original.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	13	Presencia de especies en la zona del proyecto incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	-1	1	1	2	1	1	4	1	4	1	4	-26	Compatible
FACTORES ABIÓTICOS	14	Afectaciones al microclima de la zona del proyecto debido a la implementación de características anteriormente inexistentes.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	2	-27	Moderado
	15	Modificación del paisaje que alterara la calidad visual de la zona.	-1	2	1	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Moderado
	16	Generación de residuos sólidos, fisiológicos de los trabajadores y residuos de manejo especial.	-1	1	2	2	1	1	4	1	4	4	1	-26	Compatible
	17	Generación de empleos directos e indirectos así como la mano de obra durante la etapa de construcción.	1	2	1	2	1	1	4	1	1	1	1	20	Compatible
FACTORES SOCIOECONÓMICOS	18	Requerimiento de empresas externas especializadas en el manejo y transporte de residuos sólidos y residuos fisiológicos.	1	2	1	2	1	1	4	1	1	1	1	20	Compatible
	19	Ingresos económicos derivados de los empleos temporales y permanentes.	1	2	1	2	1	1	4	1	1	1	1	20	Compatible
	20	Efectos beneficiosos sobre los patrones de vida de los pobladores cercanos a la obra.	1	2	1	2	1	1	4	1	1	1	1	20	Compatible



Grafica 1. Evaluación de impactos en la fase de preparación del sitio, 2025.

El proyecto es una obra nueva la cual consta de 5 etapas en distintos periodos, en la primera etapa se desarrollará la construcción y operación de una granja acuícola para el cultivo de tilapia en estanques rectangulares del tipo “piletas”, en los cuales se llevará a cabo la reproducción de las especies en 12 piletas, el Alevinaje I en 18 piletas, Incubación en 2 piletas, Pre-nursery en 2 piletas y por último el Alevinaje II en 8 piletas, en la segunda etapa se planea la construcción de 12 piletas más para la mejora de la producción y el proceso de engorda de tilapia, esto con el objeto de cumplir con la talla comercial.

El presente proyecto consiste en la operación de las obras y actividades para la producción de Tilapia Gris (*Oreochromis Niloticus*) mediante cultivo semi-intensivo en 44 estanques del tipo piletas construidos en una superficie de 6, 545.21 m² (metros cuadrados), equivalente a 65-45.21 hectáreas para la producción de tilapia, con el objetivo de satisfacer la demanda existente en el mercado, por lo que no se realiza la producción de semillas ni de investigación.

Los modelos de estanques presentan las siguientes dimensiones: Para los estanques de Reproducción las medidas son 8.23m x 30.25m x 1.00m cada uno, para los estanques de Alevinaje I, Incubación y Pre-nursery las medidas son 4.00m x 6.00m x 1.00m para cada estanque y para los estanque de Alevinaje II las medidas son 8.20m x 30.20m x 1.00m para cada pileta; estas piletas son estructuras

rectangulares impermeables construidas de concreto, implementados con sistemas de alimentación de agua, drenaje, aireación y energía eléctrica, el equipamiento de la granja para la puesta en marcha de la primera etapa consiste en el equipo de bombeo, sistema de aireación y equipo de trabajo técnico para el monitoreo de parámetros físico-químicos, muestreos biométricos, así mismo el equipo de cosecha y aclimatación de alevines.

Como instalaciones de apoyo se contempla el acondicionamiento en el área del proyecto de: bodega de alimentos (6.20m x 9.46m), cuarto eléctrico (4.00m x 4.00m), almacén de residuos sólidos (4.00m x 4.00m), almacén de sustancias químicas (4.00m x 11.00m), laboratorio de calidad del agua (8.00m x 9.46m), laboratorio de sanidad acuícola (8.00m x 9.46m) y sanitarios (8.00m x 4.00m).

Para la operación del proyecto, la fuente de abastecimiento de agua será suministrada por transmisión a través de una red hidráulica; para asegurar el abasto continuo al módulo de estanques se introducirán equipos de bombeo y red hidráulica que proporcionen un suministro de agua seguro y eficiente.

Así mismo se contempla la construcción de un sistema de drenaje para el desagüe de las aguas provenientes de los estanques, se instalará un colector PEAD que contará con 6" de diámetro, con estas medidas se desarrollará una descarga óptima a la laguna de sedimentación / oxidación para posteriormente tener un uso agrícola y así ser enviada a los campos de cultivos aledaños a la zona del proyecto.

Mencionado lo anterior se planea la construcción de una laguna de sedimentación / oxidación de 30.0x30.0x2.0 m, cuya función será alojar las descargas de aguas residuales generadas en las piletas, misma, que servirá para el riego de cultivo de limón y caña existente en los predios cercanos al proyecto, esto como una medida de aprovechamiento al máximo del recurso hídrico que se utiliza dentro del proyecto y así mismo con el objetivo de minimizar el impacto ambiental del mismo.

El cultivo de tilapia que se producirá en la "Granja Acuícola Cerro Alto" tendrá la implementación de un método innovador y sustentable conocido como Biofloc; el sistema Biofloc ha sido utilizado en la acuicultura por su capacidad de disminución en la cantidad necesaria de agua, así como en el mejoramiento de la calidad de está logrando la remoción de compuestos nitrogenados (Hernández et al., 2019).

Para la segunda etapa se contempla un crecimiento modular con la construcción y operación de 12 piletas más para la reproducción de la especie, 18 piletas para Alevinaje I y 8 piletas para Alevinaje II,

esto con el objetivo de tener un cultivo de especies de *Oreochromis Niloticus* (Tilapia Gris) de calidad internacional.

A manera de resumen, las características totales del proyecto a desarrollar se presentan en la **Tabla 4.**

Tabla 4. Descripción del proyecto, 2025.

CONCEPTO	ESPECIFICACIÓN
Tipo de infraestructura	Estanques del tipo piletas
Especie para cultivar	<i>Oreochromis Niloticus</i> (Tilapia Gris)
Nivel tecnológico	Semi-intensivo
Superficie beneficiada	0.6 Has.
No. de estanques y dimensiones	22 estanques de 1, 059 m ² 12 estanques de 3, 025 m ² 10 estanques de 2, 461 m ²
Organismos sembrados	12, 000, 000 de organismos para la primera etapa
Producción estimada	1.2 toneladas anuales
Vida útil del proyecto	25 a 30 años
Fuente de suministro de agua	Abastecimiento de agua por transmisión
Volumen de agua requerido	200, 000 m ³ para la primera etapa
Destino de las descargas de aguas residuales	100% Uso agrícola

En un área aproximada de 1 km a la zona del proyecto se cuenta con cultivos agrícolas de caña y limón, por lo que las aguas provenientes de los recambios generados en las piletas serán descargadas hacia la laguna de sedimentación / oxidación para posteriormente suministrarles el agua a los cultivos mediante equipos de bombeo.

La zona en donde se desarrolla el proyecto “Granja acuícola Cerro Alto” se ubica en la localidad Cerro de Ortega sobre la carretera Km 17.3 carretera Tecomán - Ciudad Lázaro Cárdenas, cuyas referencias son a 80 metros aproximadamente de Fumigaciones Aéreas del Valle de Tecomán.

Las colindancias son las siguientes (véase figura 4): Al Noreste colinda con carretera Tecomán-Cerro Ortega, al Este colinda con la parcela 208, mientras tanto al Oeste colinda con la parcela 125, por el Sur colindando en línea quebrada con parcela 309, por el lado Suroeste presenta colindancia con P.P. José Cárdenas, mientras tanto en el Sureste colinda con P.P. German Ochoa Verduzco.



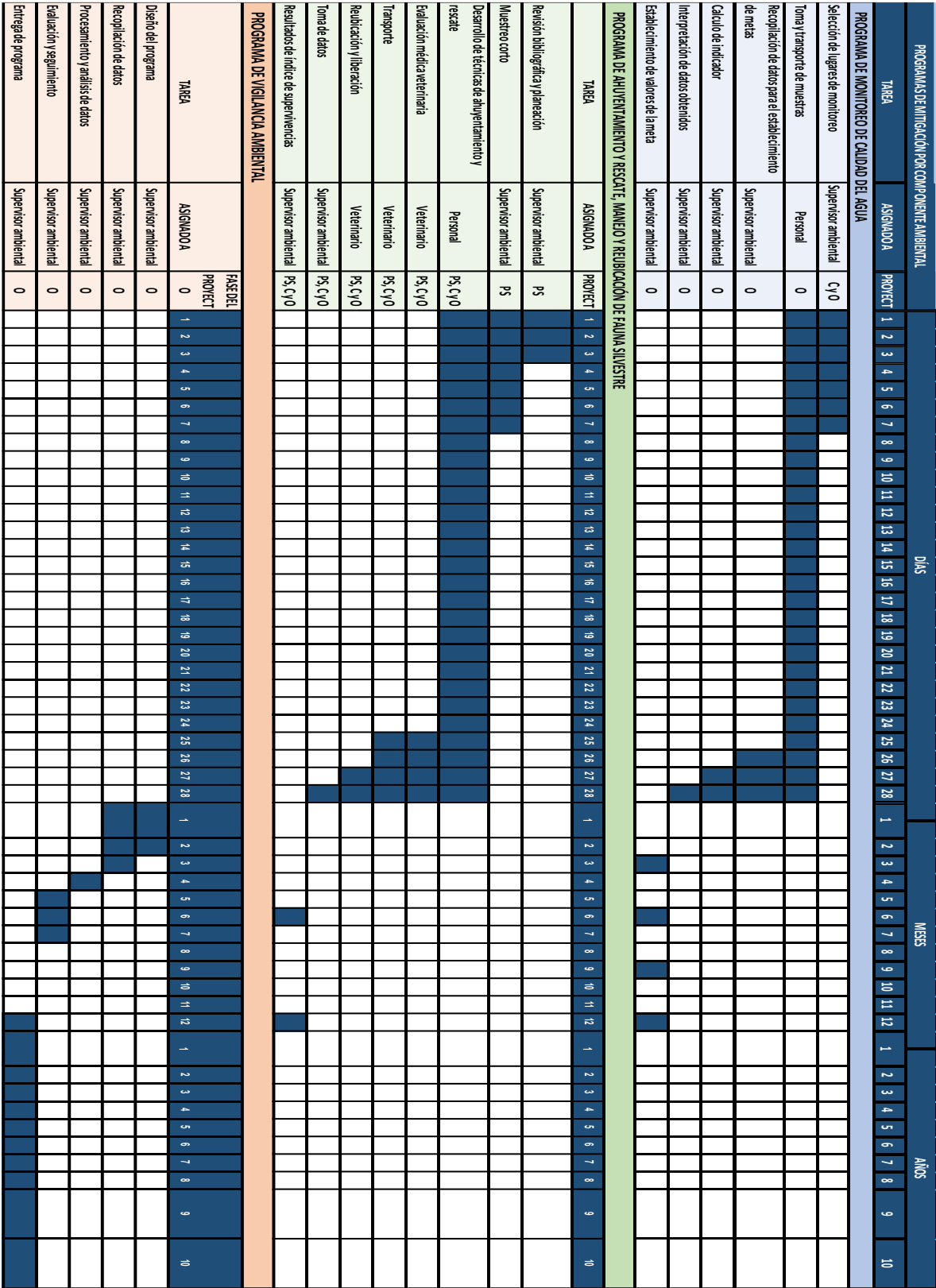
Figura 10. Colindancias del predio, 2025.

7.3. Programas de medidas de mitigación

Aplicar programas de mitigación en una granja acuícola es fundamental para minimizar los impactos negativos que esta actividad puede tener en el medio ambiente y garantizar la sostenibilidad a largo plazo, los programas de mitigación que se aplicaran en el proyecto buscan disminuir estos efectos al controlar y reducir la contaminación del agua, el desplazamiento de fauna y la degradación del hábitat. Al implementar estas prácticas adecuadas de gestión, se protegen los ecosistemas naturales y se conserva la biodiversidad original de la zona del proyecto, en los anexos se presenta el **Programa de Monitoreo de Calidad del Agua**, este programa de mitigación incluye estrategias para controlar y monitorear la calidad del agua, como la medición regular de parámetros como la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH y el oxígeno disuelto, todo esto para mantener una calidad del agua óptima, así mismo el monitoreo constante de las aguas residuales dispuestas en los cultivos de riegos para evaluar e identificar la disminución de los impactos negativos en los cuerpos receptores. También se presenta el **Programa de Ahuyentamiento y Rescate, Manejo y Reubicación de Fauna Silvestre**, este programa sirve como base principal en la conservación de fauna del lugar, si bien ninguna especie situada en el proyecto está bajo protección especial de la **NOM-059-SEMARNAT-2010** es de suma importancia rescatar, evaluar y reubicar la fauna que influya en el lugar y brindarle un ecosistema similar al que habitaba. Así mismo se presenta el **Programa de Vigilancia Ambiental** el cual engloba los programas anteriores e incluye la gestión de residuos sólidos generados por desechos orgánicos, inorgánicos y químicos, así como el correcto manejo y disposición de estos residuos.

A continuación, en la **Tabla 5** se presenta el diagrama correspondiente a los programas de mitigación:

Tabla 5. Diagrama de Gantt para los programas de mitigación, 2025.



Los programas de mitigación implementados en el proyecto son de carácter obligatorio para la operación de este y van de acorde al cumplimiento de regulaciones ambientales y estándares de sostenibilidad específicos para la acuicultura, identificando, evaluando y llevando a cabo correctamente los programas de mitigación se asegura la entrega de estos programas para las instituciones correspondientes y con ello se garantiza que el proyecto "Granja Acuícola Cerro Alto" cumpla con la legislación ambiental actual.

7.4. Número y características de construcción de las unidades de cultivo

Se proyecta la construcción de tres unidades (Reproducción, Alevinaje I y Alevinaje II) para la producción y comercialización de Tilapia Gris (*Oreochromis niloticus*), en el proyecto llamado “Granja Acuícola Cerro Alto” el cual aplicará en su operación un sistema semi-intensivo llevado a cabo en estanques del tipo piletas a base de concreto, las 3 unidades contendrán distintas cantidades de piletas, para la unidad 1 de **REPRODUCCIÓN** se contempla la construcción de 12 piletas, para la unidad 2 de **ALEVINAJE I** se planea la construcción de 22 piletas, 2 para incubación, 2 para pre-nursery, 18 para alevinaje, para la unidad 3 de **Alevinaje II** la construcción de 10 piletas.

7.4.1. Estanques: tipo, uso y descripción

Para la unidad 1 se construirán y se instalarán 12 estanques rectangulares del tipo piletas, con dimensiones de 8.23 metros de ancho, 30.25 metros de largo y 1.00 metro de alto, la unidad 1 será utilizada para la crianza y reproducción de especies de Tilapia Gris (*Oreochromis niloticus*), esta unidad está diseñada para proporcionar las condiciones ambientales adecuadas que promuevan la reproducción exitosa de las especies y la supervivencia de las crías.

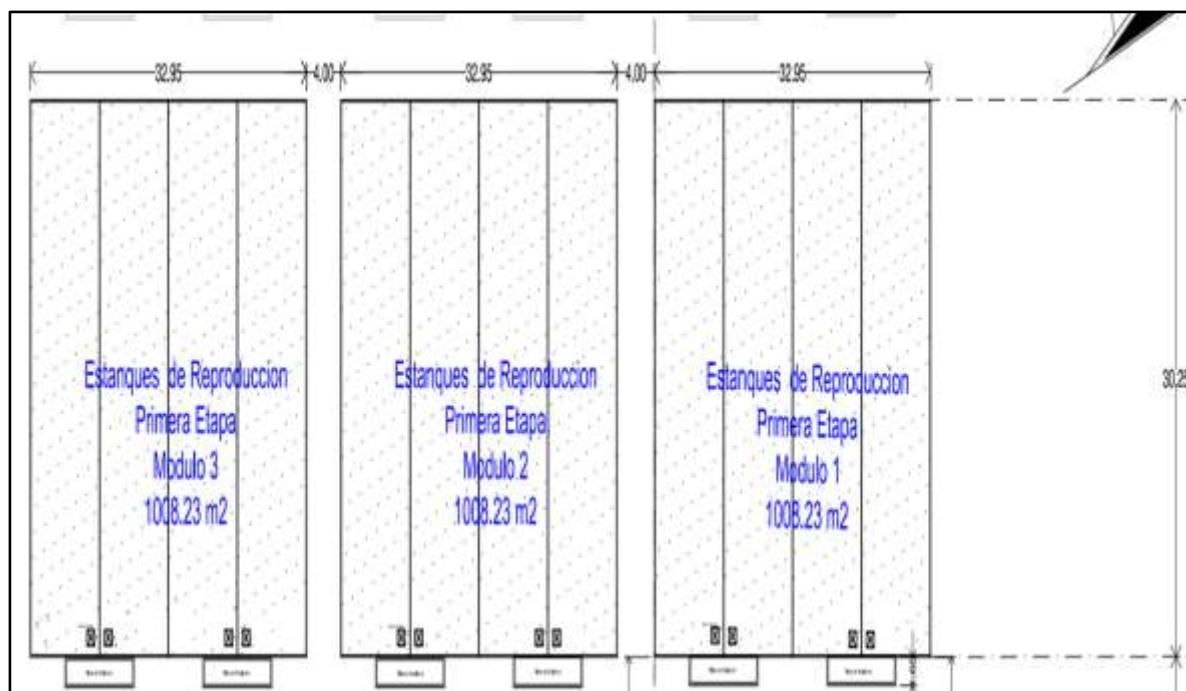


Figura 11. Dimensiones de las piletas de reproducción, 2025.

En la unidad 2 de Alevinaje I se planea la construcción de 22 estanques de tipo pileta con las siguientes dimensiones: 4.00 metros de ancho, 6.00 metros de largo y 1.00 metro de altura, esta unidad está diseñada con 2 estanques específicamente para la incubación de alevines y 2 estanques para Pre-nursery, esta área albergará las crías de Tilapia Gris en sus primeras etapas de desarrollo, dicha unidad es una fase crucial en la producción de esta especie, ya que es donde se asegura el crecimiento y desarrollo adecuado de los organismos acuáticos antes de ser transferidos a sistemas de cultivo más grandes (Alevinaje II).

Está previsto que en la una unidad de Alevinaje I, se proporcionen las condiciones óptimas para el crecimiento de los alevines llevando a cabo el control de factores como la temperatura del agua, la calidad del agua, la alimentación adecuada, la protección contra enfermedades y depredadores, y el monitoreo constante de los parámetros ambientales.

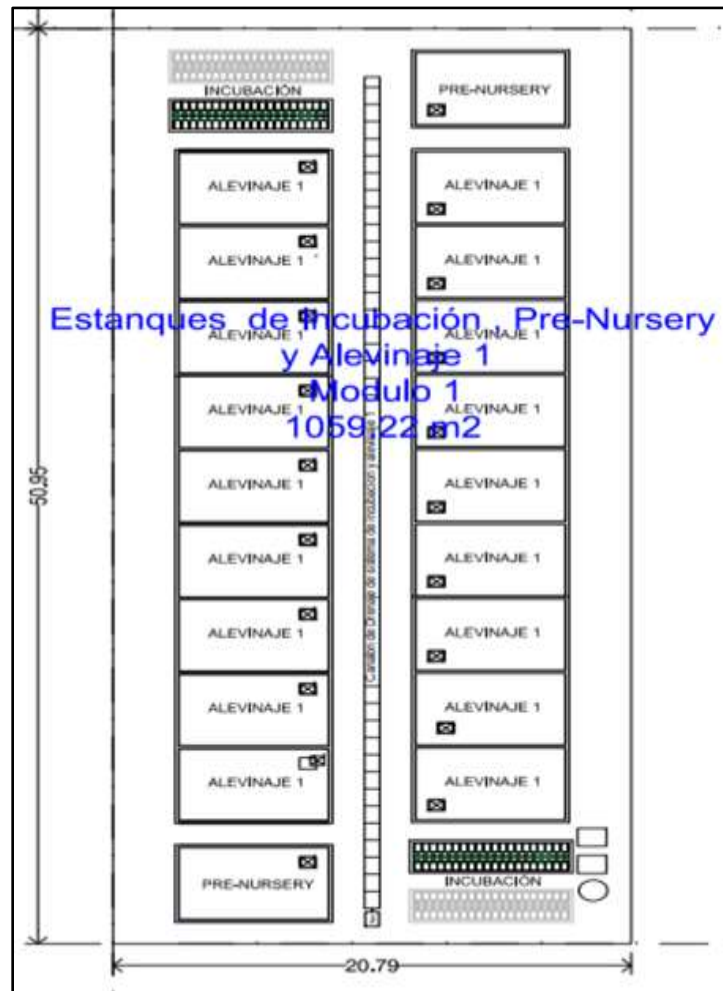


Figura 12. Dimensiones de las piletas de Alevinaje I, 2025.

Para la unidad 3 de Alevinaje II se proyecta la construcción en instalación de 10 piletas con las siguientes dimensiones: 8.20 metros de ancho, 30.20 metros de largo y 1.00 metros de altura, dicha unidad está diseñada específicamente para criar las especies de Tilapia Gris en cautividad con el objetivo de obtener productos alimentarios, esta unidad será instalada para proporcionar un ambiente controlado que promueva el crecimiento óptimo de las especies y maximice la eficiencia de la producción, obteniendo esto con el equipamiento de la unidad con sistemas de suministro de agua y aire, sistemas de filtración y recirculación, y controles de temperatura y calidad del agua, para así permitir un crecimiento rápido y controlado de las especies, optimizando su alimentación, condiciones ambientales y cuidado sanitario.

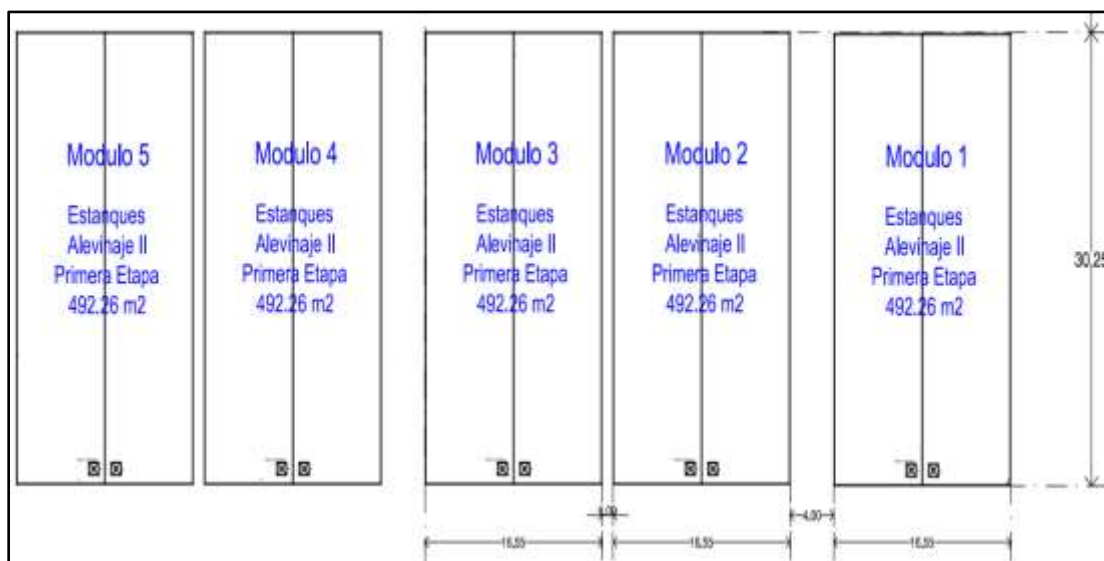


Figura 13. Dimensiones de las piletas de Alevinaje II, 2025.

7.4.2. Red hidráulica

El abastecimiento de agua para la operación del proyecto será mediante transmisión, el recurso hídrico que llegue a la zona del proyecto será almacenado en un tanque elevado con capacidad de 600 m^3 , ubicado estratégicamente a 300 metros de la zona de estanques, este tanque elevado tendrá una altura de 1.80 metros y un diámetro de 20 metros, la estructura estará conformada con láminas con espesor de 1 metro de ancho y serán cubiertas con neopreno, así mismo tendrá una base de piedra con una altura de 1.5 metros para abastecer los estanque por gravedad.



Figura 14. Dimensiones del tanque elevado, 2025.

Se instalará una red de tubos PVC hidráulicos de 6" (diámetro) que suministrara a las piletas de las 3 unidades contenidas en la zona del proyecto, estas piletas se llenarán y mantendrán un nivel de agua

de 0.90 metros de alto, el agua como anteriormente se ha mencionado se obtendrá por transmisión, esto mediante equipo de bombeo.

7.4.3. Red de drenaje

La red de drenaje consistirá en un sistema de conexiones entre los blower de las piletas hacia un colector PEAD de 24" (diámetro), instalado con el objetivo de mantener el nivel de los estanques y para el vaciado de las aguas residuales generadas en los recambios de agua, este sistema contará con una estructura que transporte las aguas residuales hacia su disposición final, es decir la laguna de sedimentación / oxidación.

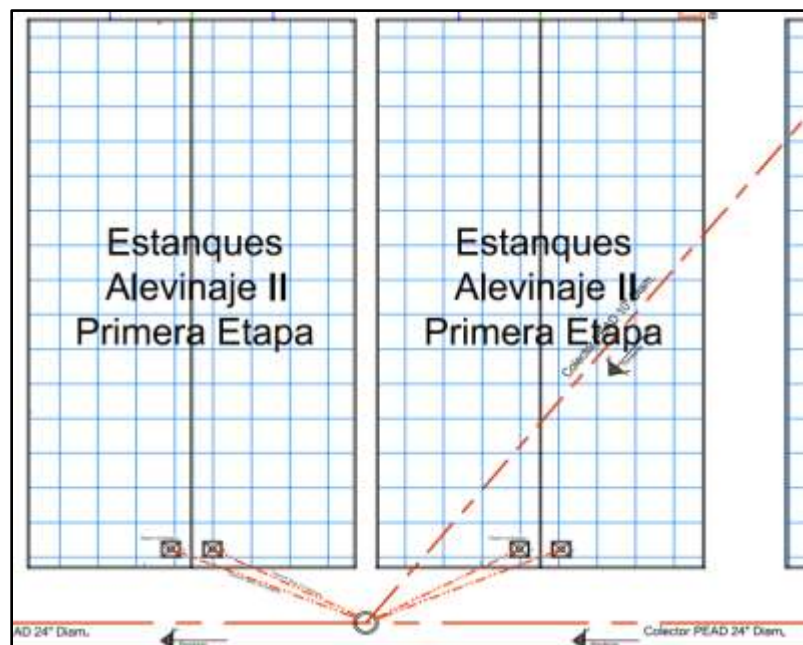


Figura 15. Sistema de colector PEAD 24" diámetro, 2025.

7.5. Inversión requerida

7.5.1. Importe del capital total requerido (inversión + gasto de operación)

Para el proyecto, la proyección financiera se contempla en una inversión inicial total de \$6,456,695 (MXN) donde los recursos provienen de EL PROMOVENTE, los cuales este aportará \$6, 456, 695 (MXN) de inversión fija, para los gastos de operación se establecen en la **Tabla 2** de manera aproximada, los gastos de operación únicamente abordan el ciclo de producción de Tilapia gris en la primera etapa.

Tabla 6. Gasto total de operación del proyecto, 2025.

ACTIVIDAD	GASTO TOTAL ANUAL (MXN)
○ Postlarva	\$62,298
○ Consumo agua potable	\$84,022
○ Combustibles	\$48,480
○ Fertilizantes	\$23,960
○ Personal en etapa de siembra	\$22,363
○ Mantenimiento de bombas	\$24,919
○ Rastreo	\$33,225
○ Tarralleros	\$35,941
○ Alimento	\$439,281
○ Biofloc	\$24,204
GASTO TOTAL POR OPERACIÓN	\$798,693

7.5.2. Periodo de recuperación del capital

La recuperación del capital invertido se obtendrá en el mismo ciclo de producción generado en la primera etapa esto en aproximadamente de 2 a 3 años.

8. Conclusiones

Al evaluar y analizar los impactos ambientales que generaría el proyecto “Granja Acuícola LACOSTE” sobre el medio físico, biótico y abiótico, se identifica que la afectación es mínima y poco significativa, ya que se demostró que esta zona ha sido impactada con anterioridad por diversas actividades agropecuarias y actividades acuícolas que predominan ampliamente en la zona, esto ha ocasionado que en las zonas cercanas del proyecto se produzca el desplazamiento de fauna, y la disminución de las características ambientales originales del lugar.

La implementación y puesta en marcha del proyecto desarrollará la integración, fortalecimiento, mejoramiento económico y social del municipio de Tecmán, con la generación de empleos temporales y permanentes, así como los empleos directos e indirectos se creará una derrama económica que impacte dentro de la región, mencionando también la demanda de servicios externos para las 3 fases del proyecto, lo anterior, engloba que las actividades acuícolas sean unas de las actividades principales de la región de Tecmán, y del estado de Colima.

En la zona del proyecto se identificó vegetación arbustiva secundaria de menor importancia, las cuales permanecen con escasas en las zonas aledañas al predio debido a que anteriormente el sitio era utilizado para actividades de agricultura, no se identificó fauna contenida en la zona del proyecto así mismo siendo importante la mención que la fauna registrada en las zonas aledañas no se encuentran dentro de los listados de la norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, sin embargo para la incidencia de fauna en el sitio del proyecto se cuenta con un Programa de Ahuyentamiento y Rescate, Manejo y Reubicación de Fauna Silvestre.

Para los impactos negativos derivados de la generación de aguas residuales se implementará un sistema de tratamiento llevado a cabo en una laguna de sedimentación / oxidación a efecto de disminuir la carga de contaminantes contenidas en el recambio de agua de los estanques, respecto a ello se implementará un Programa de Monitoreo de Calidad del Agua, con el objetivo de implementar medidas que garanticen el cumplimiento de la norma oficial mexicana **NOM-001-SEMARNAT-2021**.

Derivado de los argumentos antes expuestos, se concluye que la operación y puesta en marcha del proyecto “Granja Acuícola LACOSTE” aplicando las medidas de mitigación propuestas resulta ambientalmente viable, derivado principalmente del impacto económico, la producción, la generación

de empleo que desarrollará en la región, abordando así la demanda actual en la acuicultura, se establece que para cada una de las fases que componen el proyecto se asegura un impacto mínimo en el componente ambiental que conforma la zona del proyecto, siempre y cuando se tomen las medidas de mitigación que se proponen en materia de prevención y mitigación así como las que opte la autoridad correspondiente como la más viable.

9. Referencias

- Alvarado, K. L., Joutex, J. J., Tacuri, G. C., Torres, A. R. y Parra, G. B. (2022). Eficiencia de una dieta con base en harina de lenteja (*Lens culinaris*), en el crecimiento de alevines de tilapia. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 4 (1), 40-52.
- Asmamaw, B. y Tessema, M. (2021). Morphometric Variations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758) (Perciformes, Cichlidae) collected from three rift valley Lakes in Ethiopia. *JAFH*, 10, 341-355.
- Barraza, R. H., Pérez, A. M., González, M. L., Ortega, J. A., Muñoz, R., Zúñiga, M. y Pérez, M. (2020). Uso de microalgas como constituyentes parciales del alimento balanceado para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Biotecnia*, 22 (1), 135-141.
- Cabrera, M. A. (2020). *Identificación y caracterización ultraestructural de monogeneos presentes en las branquias de tilapia del Nilo oreochromis niloticus asociados a las lesiones histológicas procedentes de cultivos de la provincia de san martín* (Tesis de posgrado). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú.
- Calderón, C. S., y Zapata, A. (2025). Manual de Cultivo de Tilapia 2025. *Fondepes*. Segunda Edición.
- Canseco, L. E., Casas, J. L., Fernández, A. D., Rodríguez, R., Ramírez, H., Chávez, A., Vázquez, O. y Duran, S. (2015). Desarrollo de alimentos formulados para especies acuícolas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2 (1), 40-48.
- Carranza, E. O., y Aceituno, C. A. (2019). Evaluación de la tolerancia a la salinidad de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) en diferentes densidades de siembra en la región sur de Honduras. *Revista Ciencia y Tecnología*, (24), 49-63.
- Castillo, S., Castillo, H., Giraldo, E., Díaz, J. E. Chañi, L. O. y Muñoz, M. H. (2018). Efecto de dietas balanceadas con harina de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el crecimiento de Paco (*Piaractus brachipomus*, Cuvier). *Journal Livestock Research for Rural Development*, 30 (1), 1-13.
- CONAGUA. (2020). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Colima (0601), Estado de Colima. En *Comisión Nacional del Agua*.
- CONAPESCA. (2019). La producción acuícola en Colima en franco crecimiento. En *Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca*.

- Cuéllar, M. B., Asiain, A., Juárez, J. P., Reta, J. L. y Gallardo, F. (2018). Evolución normativa e institucional de la acuicultura en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15: 541-564.
- Das, S. K. (2019). Small-scale rural aquaculture in Assam, India. A case study. *Journal World Fish Center Quarterly*, 29 (1), 42-47.
- Flores, S. y Aracena, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques. *ingeniería*, 64(26), 55.
- Frankic, A, Hershner, C. (2013) Acuicultura sostenible: desarrollando la promesa de la acuicultura. *Aquaculture International*, 11 (6), 517–530.
- Gallardo, L. A., Cervantes, M., Castro, A. y Díaz, F. I. (2014). La creación de valor bajo el enfoque estratégico de la sustentabilidad. Estudio de caso: granja de tilapia Ahumada, El Alamito, Guasave, Sin. *Recherches en Sciences de Gestion*, 104 (5), 43-61.
- Ganoza, F., Prieto, C., Álvarez, J., Dibucho, O., y Gonzales, L. (2021). Guía para obtención de alevines de tilapia en ambiente controlado (*Oreochromis niloticus* tilapia gris y *Oreochromis* sp. tilapia roja). *Inf Inst Mar Perú*, 48 (1), 80-89.
- Gobi, N., Vaseeharan, B., Chen, J.-C., Rekha, R., Vijayakumar, S., Anjugam, M., & Iswarya, A. (2018). La suplementación dietética con el probiótico *Bacillus licheniformis* Dahb1 mejora el crecimiento, los parámetros inmunitarios mucosos y séricos, la actividad enzimática antioxidante y la resistencia contra *Aeromonas hydrophila* en tilapias *Oreochromis mossambicus*. *Inmunología de peces y mariscos*, 74, 501-508.
- González, C., Fregeneda, J. M., y Aller, J. M. (2019). Biocontrol de la saprolegniosis en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* W albaum) utilizando dos aislados bacterianos (LE89 y LE141) de *Pseudomonas fluorescens*. *J Fish Dis*, 42 (2), 269–275.
- Hernández, L. E., Londoño, J. I., Hernández, K. A., y Torres, L. C. (2019). Los sistemas Biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *Medicina veterinaria y zootecnia*, 14 (1), 70-99.
- IECC. (2020). *Municipios de Colima*. Instituto Electoral del Estado de Colima.

- INEGI. (2020). Presentación de resultados educativos del Estado de Colima. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*.
- Isiordia, E., Isiordia, A., Cuevas, B. L., Ruiz, J. M., y Bautista, J. C. (2021). Crecimiento y sobrevivencia de la tilapia *Oreochromis niloticus* cultivada en jaulas flotantes rectangulares. *Acta Pesquera*, 7(13).
- Jimenez, J. (2012). Sistemas de Recirculación en Acuicultura: Una Visión y Retos Diversos para Latinoamérica. *Revista Industria Acuícola*, 8 (2), 6-10.
- Llanes, J.E. y Parisi, G. (2020). Indicadores productivos y económicos de Clarias gariepinus, alimentadas con subproductos pesqueros ensilados con los ácidos sulfúrico y fórmico. *Revista Pastos y Forrajes*, 43 (3), 184-189.
- Lloor, R. I. (2024). *Propuesta de optimización de los procesos de producción en una granja de tilapia ubicada en la ciudad de Guayaquil* (Tesis de pregrado). Universidad Politecnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- Lopez, J. A. (2016). Buenas prácticas de acuicultura sostenible y ecológica. *Terra Latinoamericana*, 28 (1), 35–41.
- López, Z. (2021). Distingue sistemas de cultivos acuícolas. *Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar*, 7, 1-30.
- Martínez, F. J., Delgadillo, T. S., Sánchez, E. y Cai, J. (2021). La acuicultura como estrategia de desarrollo de zonas costeras y rurales de México. Universidad Autónoma Indígena de México. *Ra Ximhai*, 2(3): 769-793.
- Martinie, E. y Prévot, J. (2017). Las granjas acuícolas marinas y continentales: retos y condiciones de un desarrollo sostenible exitoso. *Sección de agricultura, pesca y alimentación*, 15, 1-2.
- Méndez, Y., Pérez, Y., Torres, Y., & Reyes, J. J. (2018). Estado del arte del cultivo de Tilapia roja en la mayor de Las Antillas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 2 (20), 15-24.
- Mendiola, J. V., Vera, F. C., Alpuche, A., Ramos, J. R. y Barceló, V. M. (2019). Análisis nutrimental, microbiológico y digestibilidad en un alimento para tilapia gris. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(6), 12-24.
- Montes, M. A. (2013). *Modelado y diseño de un sistema térmico para cultivo de tilapia* (Tesis de posgrado). Centro de Investigación de Materiales Avanzados, Durango, Durango.

- Montoya, N., Hernández, J. T., Márquez, E., Rodríguez, F., Torres, W., Castillo, F. J., Canizales, D. F. y Ocaña, V. M. (2018). Efecto de la sustitución de proteína animal por vegetal en el alimento sobre la fisiología de la tilapia del Nilo. *Revista Biotecnia*, 20 (2), 37-42.
- Noriega, A., Rivas, D., y Silva, R. (2020). Crecimiento y sobrevivencia de juveniles de tilapia roja con dietas suplementadas con vitaminas Cy E. *Revista Ciencia UNEMI*, 13(34), 16-27.
- Norzagaray, M., Muñoz, P., Sánchez, L., Capurro, L., & Llánes, O. (2012). Acuicultura: estado actual y retos de la investigación en México. *Aqua TIC*, (37), 20-25.
- Oliveira, M. (2016). Piscicultura. El turno de la tilapia. *Revista Pesquisa*, 249 (1), 230-252.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Hacia la transformación azul. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
- Ornelas, R., Aguilar, B., Hernández, A., Hinojosa, J. y Godínez, D. E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27 (5), 19-25.
- Ovando, M. (2013). La acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 2 (3), 61-80.
- Paredes, A., y Mendoza, M. (2022). Sobre el cultivo de tilapia: relación entre enfermedades y calidad del agua. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 4 (7), 34-49.
- Paz, P. E., Martínez, A. D. y Chávez, J. I. (2019). Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. *Revista CEIBA de la Escuela Agrícola Panamericana*, 8 (43), 1-6.
- Perdomo, D. A., Corredor, Z. A., Reyna, Y. M., González, M., Moratinos, P. A. y Perea, F. P. (2020). Influencia del tamaño, la variedad y la proporción de sexos en la producción de huevos de tilapia (*Oreochromis* spp.) en un sistema tropical intensivo al aire libre. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31 (4), 19-37
- Pérez, M., Yenizey, M., Soriano, J., & Pérez, M. A. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura: una revisión. *Hidrobiológica*, 30 (1), 93-105.

Pedraza, L. L. M. (2023). Aplicación de alimentos funcionales adicionados con probióticos del género *Bacillus* en el cultivo de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) para la optimización de respuesta frente a infecciones bacterianas.

Pineda, H. R., Giraldo, M. C., Pabón, W., López, O. A., y Calderón, V. M. (2023). Evaluación zootécnica de alevinos de tilapia roja *Oreochromis* sp suplementados con botón de oro *Tithonia diversifolia*. *Revista Politécnica* 19 (37), 151-159.

Platas, D. E. Hernández, J. C. González, L. (2017). Importancia económico y social del sector acuícola en México. *Agro productividad*, 10 (2), 19-24.

Romero, M. R. (2019). *Elaboración y evaluación de una dieta formulada con Lupinus albus y harina de huevos infértiles de incubadora en la cría de tilapia (Oreochromis niloticus)*. (Tesis posgrado). Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco; México.

Sanjit, D., Jamie, M. Ben, T., Jérôme, D. D. Chadag, V. M. Charles, R. T. (2023) Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiomes in health and disease. *Aquaculture International*, 31 (7), 2945–2976.

Soza, U.G., Peralta, F., Rodríguez, F., Vera, F.C., Alpuche, A. y Mendiola, J. V. (2020). Estimación del contenido nutrimental, inocuidad y costos en cuatro ensilados químicos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 7 (1), 39-49.

Vázquez, L. y Chávez, P. (2022). Diagnóstico de la acuicultura en México. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. México.

Vieira, R., Fosse, J. C., Louzada, S., Demier, L., de Andrade, D. R. y Vázquez, M. (2019). Manano oligosacárido dietético y *Bacillus subtilis* en dietas para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Animal Sciences*, 38, 347-353.

Yépez, J. D. (2021). Inclusión de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L) en la dieta: Sobre los parámetros productivos y la calidad de la carne (*Oreochromis* spp). (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo; Provincia Los Ríos, Ecuador.

Zanolo, R. (2022). enfermedades que afectan a los alevinos de tilapia. *Universo de la Salud Animal*, 12 (7), 3-15.

10. Anexos

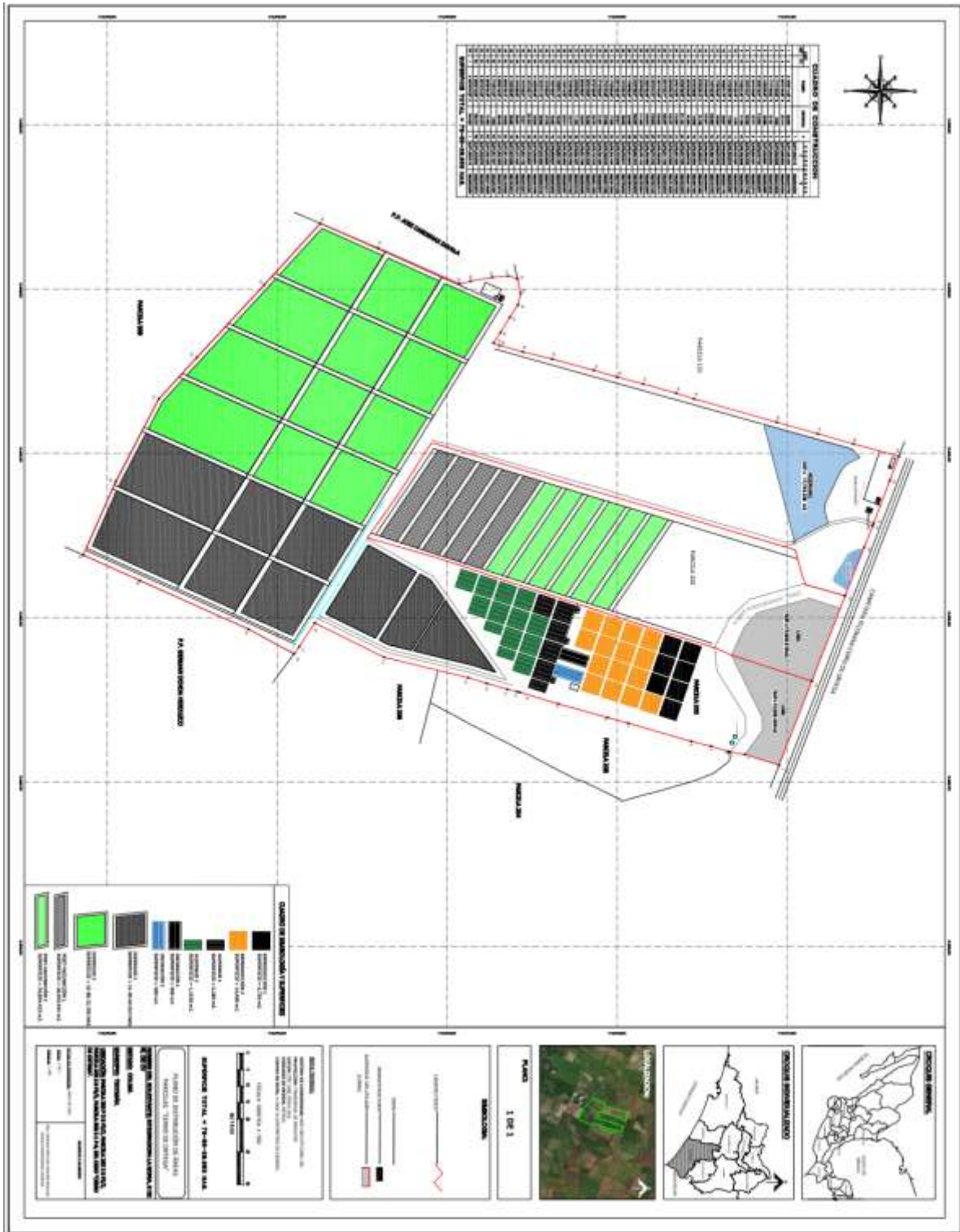


Figura 16. Anexo 1. Planos de la localización del Área del proyecto, 2025.

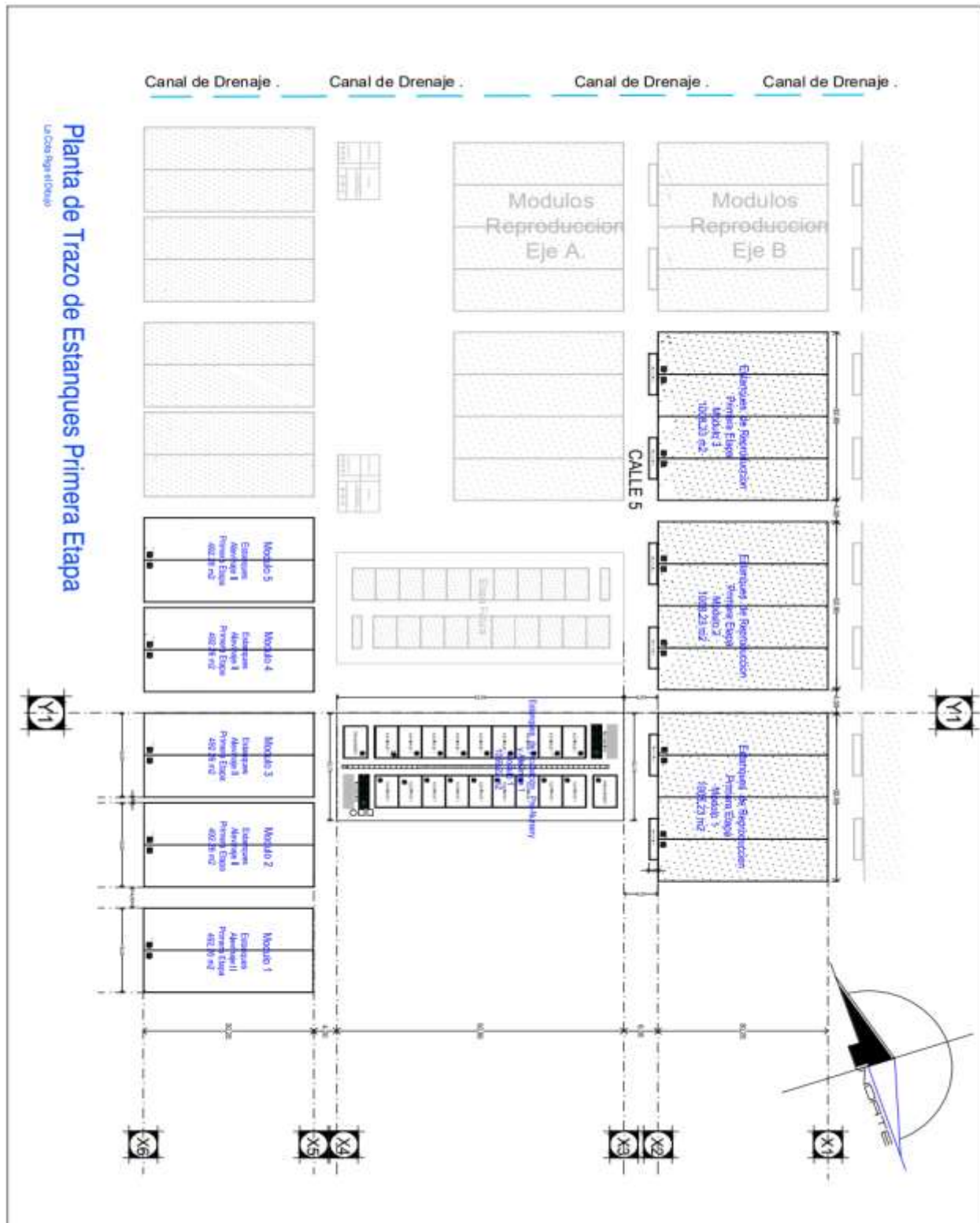


Figura 17. Anexo 2. Planos de los estanques para la primera etapa, 2025.

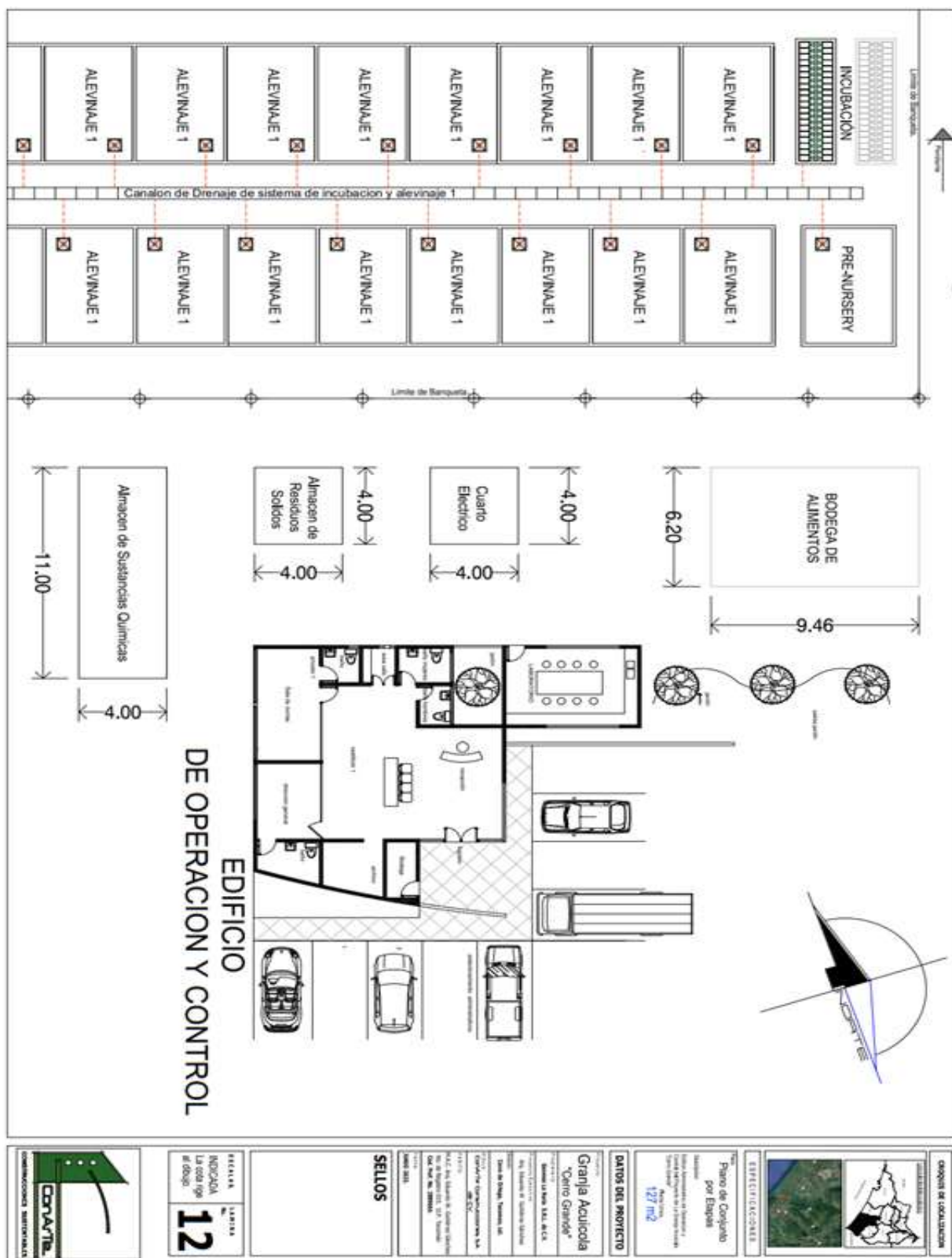


Figura 18. Anexo 3. Plano de las obras asociadas al proyecto, 2025.