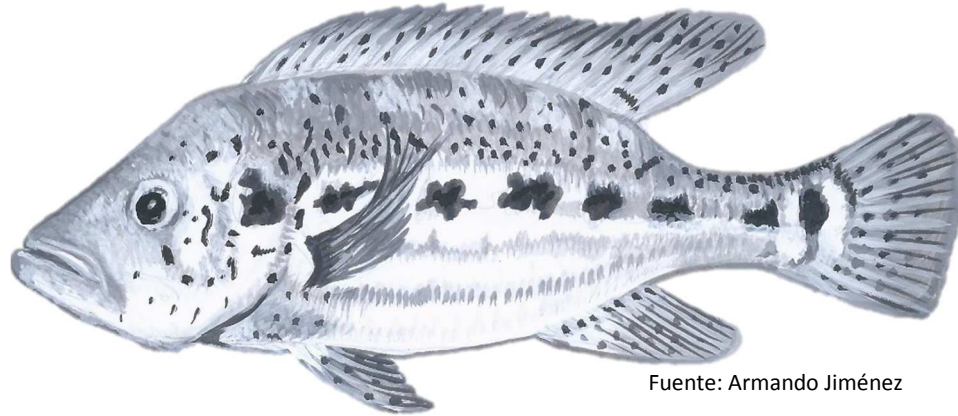


IMPLEMENTACIÓN DE UNA GRANJA ACUÍCOLA CON SISTEMA ACUAPÓNICO PARA REPRODUCCIÓN, ENGORDA Y COMERCIALIZACIÓN DE LA TENGUAYACA (*Petenia splendida*)



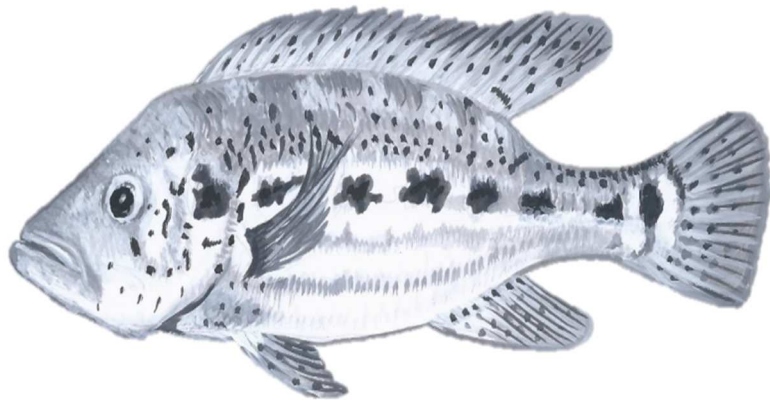
Fuente: Armando Jiménez

PLAN DE RECONVERSIÓN PRODUCTIVA DE TILAPIA DE MOZAMBIQUE
(*Oreochromis mossambicus*) POR TENGUAYACA (*Petenia splendida*) EN LA
POBLACIÓN DE ANDRÉS QUINTANA ROO, COMUNIDAD LIMÍTROFE A LA
RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN



“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este proyecto no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus estados miembros.”

Servicio de Consultoría para la elaboración de un Plan de reconversión productiva de Tilapia de Mozambique por Tenguayaca en la población de Andrés Quintana Roo, comunidad limítrofe a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.



Por: Armando Jimenez

Implementación de una Granja Acuícola con Sistema Acuapónico para Reproducción, Engorda y Comercialización de la Tenguayaca (*Petenia splendida*)

Consultor: Econciencia A.C.

Fecha de Elaboración: marzo de 2018

Número y Título del Proyecto: 00089333 FSP – Aumentar las Capacidades Nacionales de Manejo de Especies Exóticas (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional de EEI. Servicio de consultoría para la elaboración de un Plan de reconversión productiva de Tilapia de Mozambique por Tenguayaca en la población de Andrés Quintana Roo, comunidad limítrofe a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an.

Objetivo: Estimular el aprovechamiento de especies nativas de alto valor nutricional como la tenguayaca (*Petenia splendida*) para disminuir el cultivo, y con eso, el riesgo que representa la especie exótica invasora tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*), mediante la implementación de un sistema Acuapónico en la comunidad de Andrés Quintana Roo.

Autores: Bayona Miramontes, A., Santander Cruz, I. & Briceño Domínguez, D.

Modo de citar el informe: PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Implementación de una granja acuícola con sistema Acuapónico para reproducción, engorda y comercialización de la Tenguayaca (*Petenia splendida*) en la población de Andrés Quintana Roo. Servicio de consultoría para la elaboración de un Plan de reconversión productiva de Tilapia de Mozambique por Tenguayaca en la población de Andrés Quintana Roo, comunidad limítrofe a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Proyecto 00089333 "Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". Bayona Miramontes, A., Santander Cruz, I. & Briceño Domínguez, D. ECONCIENCIA A.C. Playa del Carmen, Quintana Roo, México. 53 pp.

Área objeto del informe: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an

Fecha de inicio y de término: 8 de mayo, 2017-30 de noviembre, 2017.

Resumen: El Proyecto se enfoca al desarrollo y aplicación de la Acuaponía para la producción de la Tenguayaca en la comunidad maya de Andrés Quintana Roo, enfatizado en evitar y reducir la producción de Tilapia de Mozambique en las actividades productivas.

Los principales vínculos con los objetivos, metas y acciones prioritarias identificadas de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras 2010-20 (CONABIO, 2010) son las siguientes:

Objetivos:

Objetivo estratégico 1, prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras.

Meta:

Meta 1.6, enfocada a la sustitución de especies invasoras nocivas, de uso arraigado, por especies nativas de menor riesgo.

Acciones prioritarias:

Se relaciona con el manejo de EEI en áreas naturales protegidas (ANP) continentales, apoyando la implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras (ENEI) principalmente en sus objetivos para el fortalecimiento de la efectividad de su manejo.

Contenido

1 **Introducción** 7

2 **Objetivos y metas**..... 7

 Objetivos específicos 7

 Objetivos particulares 7

 Metas 8

3. **Análisis y diagnóstico de la situación actual** 8

 3.1 Alevines..... 8

 3.2 Reversión sexual 9

4. **Desarrollo de actividades** 11

 a) Antecedentes 11

 b) Constitución del grupo de trabajo “la tenguayaca” 11

 c) Perfil requerido y capacidades de los operadores y asesores 12

 d) Relación de socios de “La Tenguayaca” 12

 e) Inventarios de Activos Fijos (construcciones, terrenos, inventario de equipos, infraestructura, otros)..... 12

5. **Análisis de mercado** 13

 a) Descripción y análisis de materias primas, productos y subproductos (presentación, empaque, embalaje, naturaleza calidad, atributos, necesidades que satisface) 13

 • Presentación 13

 • Empaque..... 13

 • Naturaleza calidad..... 13

 b) Plan y estrategias 14

 • Compra de insumos 14

 c) Demanda del producto 14

 d) Estrategias de comercialización y condiciones de venta 15

6. **Ingeniería del proyecto** 16

 a) Localización y descripción específica del sitio del proyecto 16

 b) Descripción técnica del proyecto 17

7. **Instituciones involucradas** 17

8. **Componentes del proyecto (infraestructura, equipos y materiales)** 19

9. **Sistema de producción de tenguayaca para Andrés Quintana Roo:**..... 23

 9.1 Camas hidropónicas..... 24

 9.2 Funcionamiento del sistema 27

10. **Diseño de las instalaciones** 28

10.1 Sistema de tuberías, bomba de agua y “timer”	28
11. Programa de manejo de la especie	29
11.1 Los peces	29
11.2 Las hortalizas	30
11.3 Las bacterias y la calidad del agua	30
13. Ingresos monetarios del sistema	31
13.1 Lechugas.....	31
13.2 Peces.....	32
15. Plan de bioseguridad	35
15.1 Estado sanitario y el riesgo de enfermedades en la granja.	36
15.2 Fuente de agua	37
15.3 Salud y condición de los animales acuáticos	37
16. Descripción de las condiciones originales del predio y medida de mitigación para el desarrollo de granja.....	38
17. Descripción de las Medidas de Mitigación para la instalación de la granja acuícola	41
18. Programa de Vigilancia Ambiental	49
19. Normatividad aplicable.....	49
20. Conclusiones.....	50
21. Referencias.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Coordenadas geográficas donde se establecerá la granja de Acuaponía. 17

Tabla 2.- Requerimientos 19

Tabla 3.- Principales especies vegetales que se encuentran en los alrededores del predio. 40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Macro localización y microlocalización de Andrés Quintana Roo, Quintana Roo.. 16

Figura 2.- Marco externo de la cama hidropónica. 24

Figura 3.- Disposición de las tablas en el fondo de la cama..... 25

Figura 4.- Cama hidropónica. 25

Figura 5.- Cama hidropónica completa 26

Figura 6.- Entrada de agua 26

Figura 7.- Sistema Acuapónico para Andrés Quintana Roo..... 28

Figura 8.- Vista superior de Sistema Acuapónico para Andrés Quintana Roo. 29

Figura 9.- Componentes del kit para análisis de agua..... 31

Figura 10.- Vegetación, el área de 60 m x 40 m, (2,400 m2) a un lado de las instalaciones existentes, donde se levantará la granja acuícola..... 40

1 Introducción

La presente propuesta, es la primera iniciativa organizada presentada en la zona maya del municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, para desarrollar el cultivo de una especie de pez nativo, muy apreciada por su tamaño, textura y sabor: La bocona o tenguayaca de nombre científico *Petenia splendida*.

Actualmente, los pocos esfuerzos conocidos de cultivo de esta especie se están realizando en el lago Peten Itzá en Guatemala, por una compañía de Taiwán y en la Universidad Autónoma Benito Juárez de Villa Hermosa, Tabasco, donde un grupo de investigadores se ocupan del tema.

El grupo de trabajo “La Tenguayaca” visitó las instalaciones de estas granjas en Tucta, Tabasco, así como a los investigadores que desarrollan el proyecto, donde se conocieron las técnicas para la reproducción esta especie.

Con apoyo del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES) de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, se realizaron las primeras acciones, consistentes en un estudio sobre la demanda del producto pesquero a nivel local, visitas a Tabasco y acondicionamiento inicial del terreno, todo bajo la asesoría del Biólogo Arturo Bayona Miramontes.

Los impactos sociales y económicos pueden ser muy significativos, que sumados al bajo impacto ambiental producido por el método que se va a utilizar (Acuaponía) y a la inclusión de una especie nativa en la producción acuícola estatal, dan a este proyecto los elementos necesarios para ser el precursor de un sistema de acuacultura nuevo, que se adapta perfectamente a las demandas productivas que plantea el gobierno del Estado y cumple con la normatividad ambiental exigida por la SEMARNAT, sobre todo en el aspecto del manejo de las aguas residuales, por lo que autorizó la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) correspondiente para desarrollar el proyecto, según el OFICIO NUM.:04/SGA/1278/14-4427.

2 Objetivos y metas

Objetivos específicos:

Introducir en la población de Andrés Quintana Roo -del Estado de Quintana Roo- la técnica de Acuaponía para el cultivo del pez cíclido *Petenia splendida*, con fines comerciales y de conservación.

Objetivos particulares:

- Extender las técnicas de cultivo Acuapónico a otras comunidades del municipio de Felipe Carrillo Puerto, y del estado de Quintana Roo, para ofrecer opciones alternativas y sustentables para la producción de alimento animal y vegetal.

- Impulsar iniciativas locales encaminadas a la generación de procesos orientados a la conservación del ecosistema, patrimonio natural y manejo de los recursos acuáticos de una manera sustentable, en coordinación y vinculación interinstitucional.

Metas:

- Beneficiar directamente a 10 familias de productores de la comunidad de Andrés Quintana Roo.
- Establecer la primera granja de cultivo de *Petenia splendida* con el sistema de Acuaponía.

3. Análisis y diagnóstico de la situación actual

La exitosa reproducción natural de peces nativos en cenotes, aguado, lagunas y canales de Quintana Roo ha conducido a que, en ciertos lugares de fácil acceso, exista una sobreexplotación de las mismas. Un caso particular es el del pez cíclido ***Petenia splendida***, conocido comúnmente como tenguayaca o bocona.

A pesar de la favorabilidad de la tenguayaca para el aprovechamiento humano aún no existen registros de sistemas de producción y cultivo en el estado de Quintana Roo. Desde un enfoque ecológico y dentro del marco del Desarrollo Sustentable este y otros recursos de agua dulce potenciales podrían ser aprovechados haciendo uso de las técnicas de acuacultura e hidroponía,

Si bien hay avance en las pesquerías marinas, Quintana Roo requiere de proyectos que tiendan a la producción sostenible de recursos hidrobiológicos de agua dulce, desarrollados con base en el cultivo de especies nativas, con el fin de fortalecer la identidad cultural y apoyar la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Además de dar cobertura a necesidades básicas como la alimentación y la generación de excedentes para integrarse a las cadenas productivas, todo ello sin agotar los recursos naturales característicos de la región.

El cultivo de la especie invasora conocida comúnmente como tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*), ha propiciado alteraciones en muchos cuerpos de agua en el estado (lagunas, cenotes, canales), con consecuencias significativas desde el punto de vista ecológico. Si bien ha contribuido de cierta manera al impulso económico de algunas comunidades, en la mayoría de los casos el cultivo de la tilapia ha propiciado el desplazamiento de las especies acuáticas nativas, invadido nichos ecológicos -desatando su competencia por el espacio (territorio y lugares de anidación) y fuentes de alimento.

Por lo anterior, es elemental fomentar el uso sostenible de los recursos naturales a través del cultivo y manejo de especies nativas, como la tenguayaca, para conservar la diversidad íctica que caracteriza a Quintana Roo y particularmente a la fauna acuática de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (KA'AN, 1983).

3.1 Alevines

Debido a que no existen en la localidad granjas que produzcan alevines, los peces a cultivar, estos se pueden conseguir de 2 maneras: obtenerlos de parejas reproductivas que se tomarán de la laguna localizada en Andrés Quintana Roo. Para ello se cuenta con la autorización pertinente por parte de la SEMARNAT. Esta laguna es cuidada por la comunidad desde hace años; en ella se encuentran diversas especies de peces nativos y el tomar algunos ejemplares no tendrá ningún impacto significativo en la población natural de *Petenia splendida* que habita dicho cuerpo de agua. La otra

Proyecto GEF Invasoras. Reconversión Productiva de Tilapia por Tenguayaca
alternativa es comprarlos en Tabasco, donde la División de Ciencias Agropecuarias de la UJAT, tienen en venta alevines de la especie. Se seleccionará la mejor opción o las dos.

De acuerdo a la experiencia de algunos habitantes de la comunidad, que por sus propios medios han abierto pozas en el suelo, las cuales han llenado con agua de lluvia e introducido algunos ejemplares de *Petenia splendida* en años anteriores, no se requieren condiciones especiales para su reproducción y se han obtenido aproximadamente 1,000 alevines por camada. Así, la estimación del número de alevines obtenidos en dos o tres parejas, será entre 2,000 y 3,000 con lo que se cubrirá la densidad pretendida en los 3 tanques de engorda.

Rodríguez-González y colaboradores (2015) recomiendan que en el cultivo de peces de agua dulce (en su caso particular, tilapia), los juveniles sean alimentados, durante los primeros 40 días, con una dieta comercial conteniendo 50% de proteína (Nutripec Migaja, Purina®), posteriormente, se alimentarán con una dieta comercial con un contenido de proteína de 35% (Nutripec 3.5 mm, Purina®) hasta los 80 días de cultivo, y hacia el final del cultivo, la proteína se reducirá hasta 32% (Nutripec 4.8 mm, Purina®). La ración alimenticia se ajusta a saciedad semanalmente de acuerdo al peso promedio de los organismos, realizando una biometría a 40 organismos. La alimentación será otorgada en tres raciones al día (10:00, 13:00 y 16:00 h). Los valores de oxígeno (O₂), nitratos (NO₃), nitritos (NO₂) y amonio (NH₄) de la unidad de producción de tenguayaca, se determinarán semanalmente mediante técnicas sencillas utilizando Kits específicos para cada elemento, lo anterior apegándose a los análisis hechos por Strickland & Parsons (1972).

3.2 Reversión sexual

La proporción de sexos de las larvas al momento de la eclosión es aproximadamente de 50% hembras y 50% machos. El método de reversión más empleado en el país, es la mezcla de andrógenos al alimento balanceado que se suministra a las larvas durante aproximadamente treinta días a partir del tercer día post-eclosión o cuando finaliza la reabsorción de vitelo. La hormona masculinizante metil-testosterona (MT) es mezclada con el alimento en una concentración de 0.06 g/kg de alimento, con niveles de eficiencia del 75 al 95%, dependiendo de las condiciones de manejo del cultivo (como temperatura y calidad del agua, frecuencia de alimentación), de las condiciones del alimento (como porcentaje de proteína, cantidad de hormona masculinizante y homogenización de la misma) y otras como competencia por el alimento, condiciones climáticas y sanidad.

El proceso de reversión puede producir estrés en las larvas y cierto grado de mortalidad, dado que se ven obligadas a consumir exclusivamente el alimento con la hormona evitándose al máximo el acceso a su alimento para que haya buenos índices de eficiencia en los resultados. (López *et al.*, 2007).

La fase de crecimiento 1, se inicia desde la siembra de los organismos en los estanques, los cuales deberán tener un peso aproximado de 50 gr y durante 6 semanas, la alimentación se da mediante el suministro del 4% de la biomasa total del estanque, obteniéndose un aumento promedio en peso del 350%.

La fase de crecimiento 2, se realiza desde la semana 6 hasta la 9, aquí se les suministra alimento por el 3% de la biomasa total, lo que al final de este periodo se espera que los organismos alcancen un peso promedio de 200 gramos.

La fase de crecimiento 3, conlleva un cambio en el suministro del alimento a una razón del 2% del total de la biomasa existente, y se obtienen, después de 5 semanas, organismos cuyo peso promedio es de 250 gramos.

La fase de engorda 1, se refiere al proceso de alimentación de 5 semanas donde solo se le suministra alimento por el 1.5% de la biomasa total existente, con eso se espera que al final de esta fase se obtengan organismos cuyo peso promedio sea de 350 gramos.

La última fase engorda 2, se desarrolla durante 10 semanas o más, dependiendo del peso que hayan alcanzado, periodo durante el cual se suministra alimento por tan solo el 1 % de la biomasa total, sin embargo, transcurrido este periodo de tiempo los organismos habrán adquirido el peso promedio final esperado de 400-500grms.

Es importante, durante todo el proceso de nacimiento y engorda, realizar un 10% de recambio de agua diario, para garantizar la sanidad del cultivo y por ende asegurar la supervivencia y el crecimiento.

4. Desarrollo de actividades

a) Antecedentes

Tabla 1. Avances del proyecto obtenidos del 2005 al 2018 (Elaboración propia ECONCIENCIA. 2018).

AÑO	ACTIVIDADES
2005	Con recursos del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES) de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Econciencia -con apoyo de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Tecnológico local- realizó un estudio de factibilidad de mercado en la ciudad de Felipe Carrillo Puerto para conocer su demanda y sondear las posibilidades de implementar un proyecto acuícola mediante el aprovechamiento del pez cíclido <i>Petenia splendida</i> .
2007	Nuevamente con el apoyo de PROCODES, el grupo realizó una visita a la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma Benito Juárez en Villahermosa, Tabasco; donde se llevan a cabo proyectos productivos y de investigación sobre la tenguayaca. La visita permitió la vinculación con los investigadores que desarrollan dichos trabajos y conocer directamente las técnicas, metodología e infraestructura que se están utilizando.
2010	Con los fondos de PROCODES se limpió el terreno para el establecimiento de la granja y se compraron algunos materiales para arreglar la casa que se piensa implementar como laboratorio y bodega. Se realizó la limpieza del tanque elevado y el desazolve de pozo con el que se cuenta. Lamentablemente, los efectos de un huracán destruyeron el techo de la casa. Se presentó la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) correspondiente, la cual fue aprobada.
2011-2015	Econciencia solicitó recursos económicos a través de la Secretaría de Economía (SEDES), la Secretaría de Pesca (SEPESCA) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) durante esos años, sin obtener respuesta favorable. Se venció la MIA y hubo que gestionar una prórroga de otro año, con el consiguiente gasto, esperando hasta el 2015 sin ningún resultado positivo, lo que desanimó a la comunidad y decidieron no continuar.
2016	A finales de ese año Econciencia participó en la licitación a través del proyecto "Plan de Reconversión productiva de Tilapia de Mozambique (<i>Oreochromis mossambicus</i>) por Tenguayaca (<i>Petenia splendida</i>) en la población de Andrés Quintana Roo, comunidad limítrofe con la Reserva de la Biosfera d Sian Ka'an" que se publicó por parte de Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el marco del proyecto GEF-Invasoras, el cual tiene como objetivo apoyar en la implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras. A través de esa licitación se consiguieron los recursos para continuar y regresar el ánimo a la comunidad.
2017-2018	Se Iniciaron los trabajos con PNUD, GEF, CONABIO, CONANP.

b) Constitución del grupo de trabajo "La Tenguayaca"

El grupo de trabajo fue constituido en 2007 por 10 hombres de la comunidad Andrés Quintana Roo, con el único interés de incursionar en la actividad; sin forma jurídica, todos campesinos Mayas, padres de familia, con estudios básicos y elementales de primaria. Dos integrantes de la organización participaron anteriormente en actividades relacionadas con el cultivo de tilapia.

Es importante destacar que, una vez que esté por iniciar la fase de producción, el grupo “La Tenguayaca” piensa tomar la figura jurídica de cooperativa de producción acuícola.

c) Perfil requerido y capacidades de los operadores y asesores

Operadores: grupo de trabajo capacitado en el manejo de técnicas de acuicultura, con el sistema Acuapónico.

Asesores: personal con experiencia en las ramas de Biología, Acuicultura, Ingeniería Ambiental.

d) Relación de socios de “La Tenguayaca”

Comité Directivo

1.- Presidente: Rigoberto Pantoja Caballero

2.- Secretario: Jorge Villamonte González

3.- Tesorero: Crescencio Poot Yamá

Integrantes

4.- Julián Moisés Pantoja Caballero

5.- Luis Pantoja Caballero

6.- Joaquín Pantoja Caballero

7.- Aurelio Uuh Uicab

8.- Ismael Campos Peraza

9.- Samuel Campos Peraza

10. José del Carmen Villamonte Centeno

e) Inventarios de Activos Fijos (construcciones, terrenos, inventario de equipos, infraestructura, otros)

La granja se piensa implementar en un terreno de propiedad ejidal, mismo que, anteriormente, fue empleado para el desarrollo de un programa de la Coordinación General del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (COPLAMAR) para la siembra de hortalizas. Para tal efecto, se ha rescatado y limpiado un pozo de 12 metros de profundidad, un tanque elevado con capacidad para 5,000 litros y una casa habitación de 4 por 17 metros, que fue reparada en parte con recursos de PROCODES. También se adquirió una planta generadora de energía eléctrica a base de gasolina y se obtuvo una computadora a través de una donación particular.

5. Análisis de mercado

A continuación, se describen las características del producto con respecto a su análisis de mercado:

a) Descripción y análisis de materias primas, productos y subproductos (presentación, empaque, embalaje, naturaleza calidad, atributos, necesidades que satisface)

- **Presentación:** Producto fresco viscerado y eviscerado.
- **Empaque:** No se contempla empaque ni embalaje
- **Naturaleza calidad. Se producirán ejemplares de 500 gramos, bajo las normas de calidad y saneamiento aplicables:** Producto de primera calidad.

Atributos:

Tamaño comercial: filetes de 25 centímetros de longitud y 200 gramos de peso.

Textura de la carne: Fina.

Color: blanco.

Sabor: ligero.

Necesidades que satisface: Un producto local con alto potencial nutricional, que satisface necesidades alimenticias y genera fuentes de trabajo, promoviendo el uso de los recursos naturales acuáticos de las comunidades.

Condiciones y mecanismos de abasto de insumos y materias primas

Para el abasto de insumos y materias primas necesarios en la realización del proyecto se requiere de varios mecanismos para su obtención:

1. **Alevines:** Para iniciar la producción se obtendrán huevecillos de hembras, extraídos de poblaciones silvestres localizados en cuerpos de agua cercanos a la comunidad. Bastará con la ovoposición de una o dos hembras para tener el número suficiente de alevines e iniciar la producción (la MIA incluye la autorización para la extracción de dos parejas reproductivas para iniciar la reproducción y contar con alevines) (Bayona, 2014)
2. **Alimento:** Se utilizará alimento balanceado de diferente grado de contenido proteico (véase manual PNUD México, 2017b), de acuerdo al tamaño de los peces, el cual se abastecerá en la ciudad de Mérida, Yucatán. El alimento será obtenido de comercios especializados.
3. **Materiales y equipamientos:** Existen empresas como TANGEOMEX, GRUPO A y P, INAGRA y EQUIPESCA, los cuales cuentan con distribuidores en el estado de Yucatán y Quintana Roo, que proveen lo necesario para implementar el sistema Acuapónico que se pretende implementar (ver el detalle de los mismos en el apartado 8).

4. **Energía:** Se recurrirá a energías alternativas, específicamente paneles solares. Sin embargo, de manera inicial se hará uso de una planta generadora de energía eléctrica que opera con gasolina y para alguna emergencia en la fallarle la energía solar.
5. **Agua:** Se obtendrá de un pozo antiguo del programa COPLAMAR. También existe la alternativa de recurrir al almacenamiento de agua de lluvia si fuera necesario.
6. **Productos para prevención de enfermedades en los peces:** Será abastecido en la empresa Equipesca de Mérida, Yucatán.

b) Plan y estrategias

Características del producto:

Popularmente conocido con los nombres de “bocona” o “tenguayaca”, es un pez que presenta diversas tonalidades de color de acuerdo a su hábitat y distribución: plateado, amarillo, verdoso y rojo, 7 manchas negras redondeadas a lo largo del cuerpo, la de la cola bordeada en dorado. Machos hasta de 40 cm de longitud y hembras más pequeñas en ambientes naturales. Carne blanca de excelente calidad, con un peso de hasta 1,000 g por ejemplar. Habitante de los cuerpos de agua del estado, perfectamente adaptado a las condiciones climáticas de la localidad.

Compra de insumos

Existe un amplio mercado para la adquisición de insumos y productos requeridos para la implementación del proyecto. Actualmente empresas de Mérida, Yucatán, ofrecen los materiales para montar granjas acuícolas de diversos tipos, como tanques, oxigenadores, sistemas de energía solar y otros equipos que serían utilizados en su construcción.

Respecto al alimento existen algunas marcas como Tropical, Aquatic Nature, entre otras con el contenido proteico adecuado para la alimentación de esta especie carnívora y actualmente se trabaja con estudiantes del 8° semestre de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de la localidad, quienes están experimentando en la elaboración de un alimento específico para la tenguayaca.

Demanda del producto

Aun cuando la especie tiene demanda local, rara vez se encuentra disponible para su venta en mercados o pescaderías. La población que lo obtiene lo canaliza al consumo familiar. Los dueños de las pescaderías de Felipe Carrillo Puerto y pobladores locales que se han entrevistado consideran que existe una gran demanda de este pez por su tamaño, carne blanca y buen sabor, aumentando durante la cuaresma.

Oferta del producto

Durante el primer ciclo de 8 meses se proyecta generar una cosecha de peces para consumo humano calculada, aproximadamente, en 1,680 Kg, con un costo de \$120.00 por kilo. En un futuro con práctica y experiencia se podrá tener una producción escalonada, con tres cosechas cada dos años. Sobre los peces de ornato se pretende una producción mínima de 100 ejemplares cada 8 meses a un costo de \$100.00 por ejemplar.

Principales competidores

No existen lugares de venta de esta especie en los mercados del Estado de Quintana Roo. La mayoría de las que se consumen son especies de origen marino, a excepción de la tilapia, y si bien esas especies tienen un buen mercado, la demanda de la bocona es grande y constante, sobre todo en las comunidades rurales. Por otro lado, el cultivo de tenguayaca con método de Acuaponía sería el primero implementado en Quintana Roo, lo que significa que por el momento no hay competencia directa.

Valor agregado

A futuro, se planea implementar la venta de pescado asado frente a la granja de producción y realizar visitas guiadas para estudiantes y grupos de campesinos. La venta de alevines también podrá proporcionar recursos económicos extras cuando la granja inicie su producción y pueda expandirse a otras comunidades.

c) Estrategias de comercialización y condiciones de venta

Mercado

Comunidades rurales aledañas y pescaderías de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos, situadas en un rango de 80 kilómetros a la redonda con oportunidades de expansión. Se ofrecerán los productos directamente en la granja de cultivo y en la comunidad de Andrés Quintana Roo.

Tenguayaca

Para consumo humano

La venta será directamente entre productor y consumidores, operando desde el centro de producción acuícola en Andrés Quintana Roo. A futuro se puede explorar también la venta a pequeños hoteles y restaurantes ecoturísticos en Bacalar u otras zonas turísticas cercanas a la comunidad, que podrían estar interesados en ofrecer productos de la región.

Para acuarios y peceras

De la misma manera se trabaja en otras formas de ofertar el producto a través del Acuarismo, por lo que se ha iniciado, en coordinación con la empresa local Kay-Life (dedicada a la venta de especies de ornato) la introducción y venta de juveniles de tenguayaca dentro de sus productos. ECONCIENCIA proporcionó los materiales para instalar una pecera donde se tienen en exhibición algunos ejemplares, además de trabajar en una campaña de difusión en redes sociales para impulsar un mercado local y regional. Si bien, no se puede hablar de la existencia de un mercado local consolidado en este aspecto, hay la posibilidad de que a mediano plazo puedan interesarse algunos negocios de este giro en Cancún, Playa del Carme, Tulum o Chetumal, donde hay una mayor demanda, lo que aumentaría las opciones de comercialización.

Producción vegetal

Lechugas

La venta de las lechugas se hará directamente en el sitio o se pueden surtir algunos pedidos. Se cuenta con un amplio mercado local para la venta de lechuga variedad “Romanita”. Los platillos típicos de la Zona Maya llevan este ingrediente, por lo que la demanda es continua, esto sin tomar en cuenta las posibilidades de comercializarla en algunos restaurantes o negocios del giro alimenticio del norte o sur del Estado que se interesen en el producto.

d) Estructura de precios de los productos y subproductos así como políticas de venta

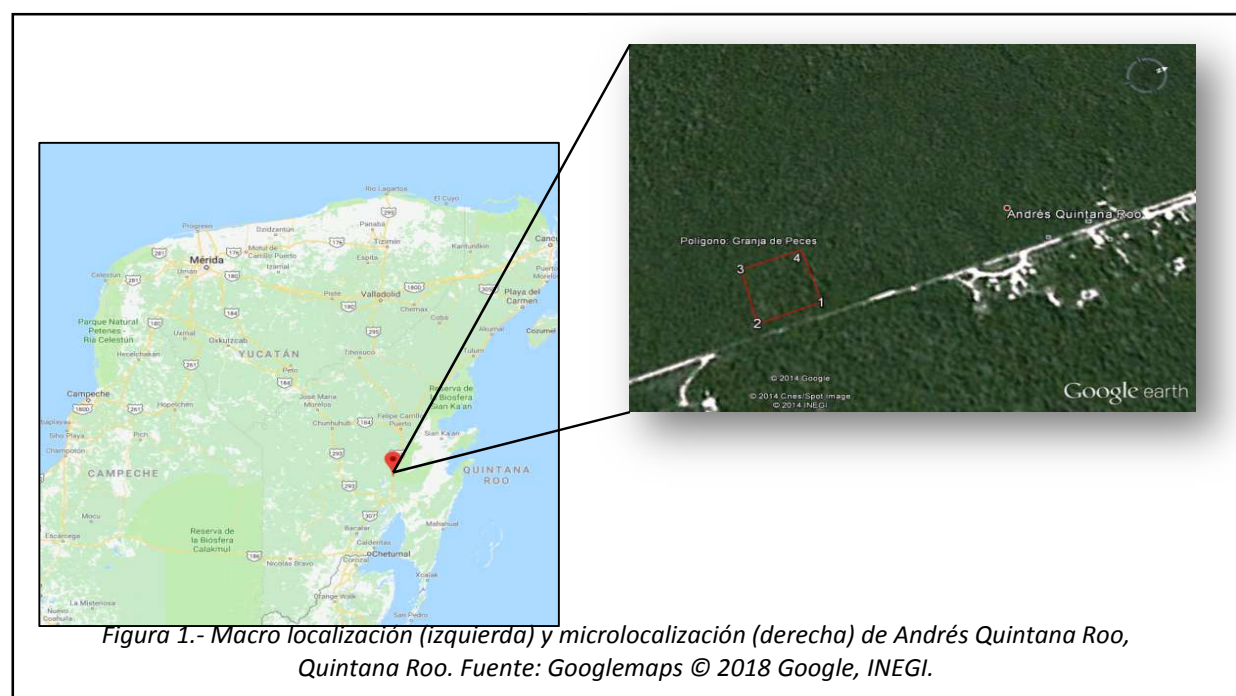
Análisis de precio: De acuerdo con el mercado local establecido:

- Precio por kilo, eviscerado, varía entre \$110.00 y \$115.00 pesos directamente al consumidor, aumentando hasta \$120.00 durante la temporada de cuaresma.
- La comercialización de la especie en acuarios o peceras, es variable, como lo evidencia la fluctuación en el costo de un ejemplar de tenguayaca joven (15 cm +/-); el mercado internacional lo presenta entre 10 y 15 euros o dólares, de acuerdo al país; en la granja se ofrecerá cada ejemplar (15-20 cm) en \$100. Los proveedores de este pez a nivel nacional son muy escasos derivado de la falta de presencia de la especie en el mercado; los negocios de peces de ornato están enfocados a especies de alta demanda comercial, la tenguayaca en estadio juvenil se considera un producto nuevo y se tratará de aumentar la oferta para generar una demanda en este segmento.
- Sobre el cultivo de hortalizas, se iniciará la siembra de lechuga tipo “Romanita” que es la de mayor demanda en la zona y la más solicitada localmente; el precio de ésta varía con la oferta, manteniendo un promedio entre \$12 y \$15 por pieza. Posteriormente se analizará la posibilidad de sembrar otros tipos de hortalizas, de acuerdo a la experiencia que se vaya teniendo con estos cultivos.

6. Ingeniería del proyecto

a) Localización y descripción específica del sitio del proyecto

Límites políticos. El Municipio de Felipe Carrillo Puerto se localiza en la porción Centro Oriental del Estado de Quintana Roo, entre los 20° 30' y 19° 04' de latitud norte y los 87° 27' y 89° 25' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita al norte con el estado de Yucatán y municipio de



Proyecto GEF Invasoras. Reconversión Productiva de Tilapia por Tenguayaca
Solidaridad, al sur con el municipio de Othón P. Blanco, al este con el municipio de Solidaridad y el Mar Caribe, y al oeste con el estado de Yucatán y municipio de José María Morelos.

Es, por su extensión, el segundo municipio más grande del estado, mide 13,806 kilómetros cuadrados, que representa el 27.15% de la superficie estatal. Se localiza, aproximadamente, a 150 km de Chetumal, la capital del Estado.

Tabla 2.- Coordenadas geográficas donde se establecerá la granja de Acuaponía (Elaboración propia ECONCIENCIA. 2018).

Punto	Coordenadas UTM Granja de Peces: Andrés Q.Roo (Zona 16 Q)	
	X	Y
1	383861.00	2118276.00
2	383856.00	2118176.00
3	383754.00	2118192.00
4	383759.00	2118290.00

b) Descripción técnica del proyecto

- **Beneficiarios directos**

Un grupo organizado de 10 ejidatarios de la comunidad mencionada y sus familias.

- **Beneficiarios indirectos**

Pobladores locales y de otras comunidades

- **Productos a obtener una vez implementada la unidad de producción**

- Establecimiento de la Granja piloto para reproducción y engorda de *Petenia splendida* con un sistema Acuapónico
- Una cosecha de peces a los 8 meses (560 kg por tanque -1680 kg por 3 tanques)
- Al menos cinco cosechas de hortalizas por ciclo (lechuga “Romanita”)
- 120 juveniles para venta como peces de ornato
- Implementación de semilleros para la producción de hortalizas en el sistema
- Canales de comercialización adecuados
- Contar con un padrón de clientes potenciales
- Desarrollo de un paquete tecnológico completo sobre el cultivo y manejo de la especie, con base en el Manual de Buenas Prácticas, para ser replicado en otras comunidades del estado de Quintana Roo que cuenten con las condiciones requeridas.

Tipo de proyecto

Centro de reproducción y producción de peces y hortalizas a través de método de Acuaponía.

7. Instituciones involucradas

Econciencia Asociación Civil, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Global Environmental Facility

Proyecto GEF Invasoras. Reconversión Productiva de Tilapia por Tenguayaca
(GEF), Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaria de Economía (SEDE), Instituto Tecnológico Superior de Felipe Carrillo Puerto y la Dirección de Proyectos del H. Ayuntamiento local.

Actividades para el armado de la granja acuícola:

- Preparación del terreno (limpieza, nivelación, adecuación)
- Adquisición de materiales, equipamiento y herramientas
- Ensamble del sistema Acuapónico y camas hidropónicas
- Pruebas preliminares del sistema
- Capacitación del grupo operativo en su manejo
- Obtención de huevecillos para el inicio de la producción de alevines
- Siembra de semilleros para hortalizas
- Inicio de la producción de peces y hortalizas
- Acciones de seguimiento y asesoría continua al grupo de trabajo durante el primer año
- Cosecha de peces para consumo humano o para acuarios o peceras
- Cosecha de hortalizas para venta

8. Componentes del proyecto (Infraestructura, equipos y materiales)

Los insumos y materiales para la instalación e implementación de un sistema Acuapónico de reproducción y de engorda *Petenia splendida* se muestran en la tabla 2.

Tabla 3.- Lista de requerimientos necesarios para la implementación del proyecto (*Elaboración propia ECONCIENCIA, 2018*).

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
INSTALACIÓN DE EQUIPO				
Hydro-tanque (bolsa) de geomembrana de HDPE DE 1 mm con ensamblaje por termofusion con malla electrosoldada galvanizada por inmersión 66/66, tubo de acero galvanizado de 1 1/2" pulgadas, calibre 18 y fleje de resistencia, de 6.30 metros de diámetro por 1.20 m de altura.	Estanque	3	\$12,699.00	\$38,097.00
Estanque Acuicultura 3.20 m de diámetro y 1.2 m de altura. Capacidad 9,290 L	Estanque	3	\$7,599.00	\$22,797.00
Sistema de Bombeo de 130 W con bomba Sumergible Sun Pumps SDS-Q128. Capacidad de bombeo 3,500 litros/día a 25 m de profundidad. Acoplamiento electrónico, no requiere baterías, Operación automática (incluye interruptor de apagado manual por el usuario). Soporte de módulo solar a poste con	Equipo	1	\$29,034.00	\$29,034.00

Proyecto GEF Invasoras. Reconversión Productiva de Tilapia por Tenguayaca

inclinación y orientación ajustable, fabricado en acero galvanizado e inoxidable.				
Blower GzLing 2 hp 110/220 v 60 hertz monofásico	Equipo	1	\$10,800.00	\$10,800.00
Paneles solares 150 Watts, Marca Solartec, marca mexicana avalada por Normas Internacionales (Incluye mano de obra, equipos y materiales)	Equipo	16	\$14,471.87	\$231,550.00
Instalación del sistema hidráulico/C-PVC HIDRA. Lata 475 ml. TANGIT.	Paquete	4	\$500.00	\$2,000.00
Sistema de bombeo interno de camas hidropónicas a los tanques de peces	Paquete	1	35,000.00	\$35,000.00
Tubería C-PVC 2 pulgadas, 50 metros, Tubería C-PVC 1 pulgada 100 metros, Codos PVC 2 pulgadas 20 piezas, Cruces PVC Codos PVC 1 pulgada 25 piezas, Cruces PVC 2 pulgadas 8 piezas, Válvulas para PVC 2 pulgadas 25 piezas, Válvulas para PVC 1 pulgada 55 piezas.	Paquete	1	\$12,737.00	\$12,737.00
MANO DE OBRA				
Mano de Obra (jornales) para Instalación de la granja	Paquete	1	\$87,395.94	\$87,395.00
COMIDA PARA PECES				
Comida peces (8 meses; 1.5 kg por pez; 30 peces x m³), crecimiento y engorda. Goldfish Wardley Pellets Flotantes.	Kg	5,040.00	\$22.50	\$113,400.00
Comida peces acuarios	Kg	60.00	\$22.50	\$1,350.00
			SUBTOTAL	\$584,160.00
			IVA 16%	\$ 93,465.60
			TOTAL	\$677,625.60
CONSTRUCCIÓN CAMAS HIDROPONICAS				

Proyecto GEF Invasoras. Reconversión Productiva de Tilapia por Tenguayaca

Madera dura de zapote (<i>Manilkara zapota</i>) para 30 camas hidropónicas (1m x 80 x 50)	Pie	3,000	\$15.00	\$45,000.00
Hechura de camas hidropónicas	Pieza	30	\$700.00	\$21,000.00
Hule negro para forrar camas	M2	300	\$30.00	\$9,000.00
Metros de enredón para forro camas hidropónicas	M2	300	\$30.00	\$9,000.00
Tezontle como sustrato (Saco de 25 Kg)	Saco	10	\$185.00	\$1,850.00
Hule espuma para sostener las raíces	M2	10	\$55.00	\$550.00
Kit para análisis de aguas	Equipo	1	\$10,000.00	\$10,000.00
Oxímetro AZ instrument 8403 con sonda y cable	Equipo	1	\$8,900.00	\$8,900.00
Charolas de germinación (200 cavidades)	pieza	65	\$57.00	\$ 3,705.00
Semillas de lechuga	Lb	5	500.00	\$2,500.00
SUBTOTAL				\$111,505.00
IVA 16%				\$ 17,840.08
TOTAL				\$129,345.08
BIOFILTRO				
Tezontle como sustrato				\$370.00
Saco 25 Kg	Saco	2	\$185.00	
Bote plástico de basura Grande (80 cm x 1 m)	Pieza	1	\$100.00	\$100.00
C-PVC 1" Conexiones	m	0.5	\$20.00	\$10.00
Esponja gruesa	m	2	\$20.00	\$40.00
SUBTOTAL				\$520.00
IVA 16%				\$ 83.20
TOTAL				\$603.20
ADECUACIÓN DEL TERRENO				

Proyecto GEF Invasoras. Reconversión Productiva de Tilapia por Tenguayaca

SASCAB para nivelación de terreno (con flete)	M3	20	\$600.00	\$12,000.00
Nivelación de terreno m²	M2	200	\$100.00	\$20,000.00
Combustible (traslados a la comunidad)	Litros	800	\$18.00	\$14,400.00
Mallasombra	M2	50	\$75	\$3,750.00
SUBTOTAL				\$ 50,150.00
IVA 16%				\$ 8,024.00
TOTAL				\$ 58,174.00
ADECUACION DE LA CASA-OFICINA BODEGA				
Sistema de energía solar, conexiones eléctricas internas para la casa, (bodega)	Equipo	1	\$60,000	\$60,000.00
Lámina galvanizada (6 m x .90 m)	Pieza	10	\$350.00	\$3,500.00
Cemento Maya	Bulto	20	\$220.00	\$4,400.00
Mano de obra reparación del techo, resane paredes, pintura interna y externa, puesta de cancelería puertas y ventanas en la casa-bodega-oficina	jornales	50	\$200.00	\$10,000.00
SUBTOTAL				\$77,900.00
IVA 16%				\$12,464.00
TOTAL				\$90,364.00
ASISTENCIA TECNICA				
Consultoría, asesoría, seguimiento del proyecto (Biólogo)	Consultoría	1	\$80,000.00	\$80,000.00
Asesoría técnica especializada (Ingeniero en Acuacultura)	Asesoría	1	\$60,000.00	\$60,000.00
Asistencia Técnica y Capacitación (Ing. Inds. Alim.)	Asistencia	3	\$30,000.00	\$90,000.00
SUBTOTAL				\$230,000.00
IVA 16%				\$ 36,800.00
TOTAL				\$266,800.00
GRAN TOTAL				\$1' 222,911.88

Debido a las características del sitio, se recurrirá exclusivamente a sistemas de energía solar, por lo que la inversión inicial será de **\$1, 222,911.88 MXN.**

9. Sistema de producción de tenguayaca para Andrés Quintana Roo:

Los principales sistemas de cultivos hidropónicos utilizados en Acuaponía son: Sistema de camas hidropónicas, Sistemas de raíz flotante y Técnicas de solución nutritiva recirculante.

En el caso la granja acuícola de Andrés Quintana Roo se utilizará un sistema basado en Camas Hidropónicas (Figura 2), considerando que de esta manera se optimizarán los resultados.

Este sistema se puede implementar con materiales existentes en ferreterías, depósitos de construcción, agroservicios y aserraderos. El sistema Acuapónico diseñado, especialmente, para Andrés Quintana Roo, estará constituido por:

- ✓ 3 tanques para engorda; cada tanque con un diámetro base de 6.30 m, 1.4 m de altura y 37,400 L de capacidad.
- ✓ 2 tanques para alevines de 3.20 m de diámetro base, 1.2 m de altura y 9,290 L de capacidad. Estos tendrán conexión con los tanques de engorda, pero también funcionarán de manera independiente.
- ✓ 1 tanque de almacenamiento de agua de 3.20 m de diámetro base y 1.2 m de altura y 9,290 L de capacidad.
- ✓ 30 camas hidropónicas rectangulares de 1m x 80 x 50 de altura, 10 por cada tanque de engorda.
- ✓ Una superficie de siembra inicial de 30.2 m².
- ✓ 1 biofiltro construido con un recipiente reciclado grande de plástico, capacidad de 100 L, al cual se le adecuarán las conexiones necesarias de entrada y salida del agua de las camas hidropónicas. Se llenará a una tercera parte con el mismo material inerte (piedra) que se utilizará en las camas hidropónicas, un pedazo de esponja grueso (60 x 60 x 10cm) para detención de sólidos generados, que se cambiará de acuerdo a su uso.
- ✓ 1 sistema de extracción de agua de pozo operado con energía solar.
- ✓ 1 sistema de bombeo solar (1/2 HP) para recircular el agua del tanque de almacenamiento a los tanques de peces. El sistema que puedes ser automatizado o de encendido manual, todo operado por energía solar.

9.1 Camas hidropónicas

De acuerdo al Manual de buenas prácticas para el cultivo de tenguayaca (PNUD México, 2017b) las Camas Hidropónicas serán construidas con madera de la localidad. El espesor de las tablas estará entre $\frac{3}{4}$ a 1 pulgada y el tamaño final de la cama medirá 100 cm de largo por 80 cm de ancho, con una profundidad de 15 a 25 cm, asentada en 4 patas de 50 cm de altura, utilizando clavos o tornillos del grosor adecuado en las uniones.

Para empezar la fabricación de estas, se unen las tablas que forman el marco externo de la cama como se muestra a continuación en la Figura 2.



*Figura 2.- Marco externo de la cama hidropónica.
Fuente: Econciencia 2017*

Terminado el marco externo, se procede a completar el fondo de la cama, colocando tablas del mismo espesor hasta cubrir el fondo de la cama, tal como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 3.**



Figura 3.- Disposición de las tablas en el fondo de la cama.
Fuente: Econciencia 2017; Colagrosso, 2014

Una vez completado el fondo, se procede con el acople de las patas clavando de adentro hacia afuera de la cama, para evitar que las puntas de los clavos sobresalgan de la madera en el interior de la cama y causen daños al plástico que se usará para forrarla. El mismo cuidado es necesario durante toda la construcción de la cama (Figura 4).



Figura 4.- Cama hidropónica. Fuente: Econciencia 2017; Colagrosso, 2014

Terminada la estructura de la cama y antes de forrarla, es necesario hacer un orificio a 4-5 centímetros del fondo para la salida del agua, el cual se puede realizar con la ayuda de un

taladro y una broca para madera. El diámetro de la broca y del orificio, deberá ser el mismo que el de la tubería que se utilizará para el desagüe del agua.



Figura 5.- Cama hidropónica completa
Fuente: Econciencia 2017; Colagrosso, 2014

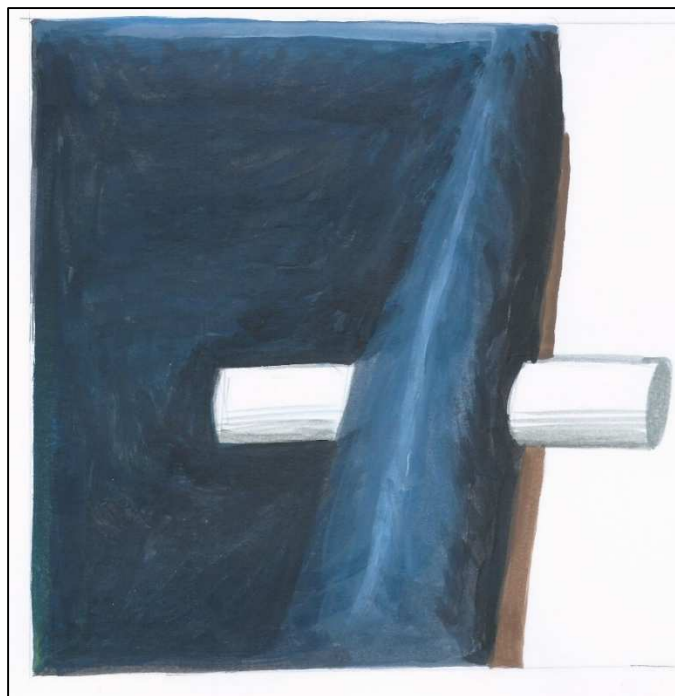
Tal y como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, una vez construida la cama esta debe ser forrada con plástico especial, mismo que es importante para el cuidado y conservación de las camas hidropónicas. Para cumplir con las especificaciones de calidad, se recurrirá a plástico negro calibre 600, ya que ofrece el grosor y la resistencia adecuada para este tipo de proyectos: el plástico tipo salinero utilizado en hidroponía y de venta en negocios de agroservicios.

Al momento del forrado, el plástico debe ser prensado en los bordes externos utilizando para ello grapas; además se debe tener cuidado de no romper el plástico que cubre el interior de la cama y que este quede liso o aplanado, de modo que no queden pliegues en el fondo de esta que vayan a impedir el adecuado drenaje del agua.

Completada la construcción y el forrado de las camas, se procederá a posicionar estas a un lado de los tanques de peces, para seguir luego con la instalación del sistema de tuberías y el llenado de las camas con el sustrato, que en este caso será grava de piedra inerte, previamente lavada.

Con respecto a las salidas de agua de las camas hidropónicas, el tubo se posiciona dentro del orificio, para ello se debe cortar el plástico lo mínimo necesario para que el tubo pase

unos 5 centímetros hacia adentro (Fig.6). Luego con silicón se sella adentro y afuera de la cama.



*Figura 6.- Construcción de la salida de agua.
Fuente: Econciencia 2017; Colagrosso, 2014*

Terminada la colocación de las tuberías se procede a conectarlas a la bomba y la bomba al temporizador en caso de querer automatizar el sistema.

9.2 Funcionamiento del sistema

El agua proviene de un pozo localizado a 10 m de las instalaciones; la extracción será a través de una bomba de energía solar e irá directamente, a través tuberías independientes, a los tanques de engorda y alevines, además de surtir las instalaciones donde estará la oficina, bodega y cuarto de estancia.

Al encender el sistema y abrir las válvulas, el agua será conducida de los estanques de peces a las camas hidropónicas por gravedad, para lo cual se colocarán los tanques de engorda a diferentes niveles para generar este flujo de manera natural y dirigirlo a las camas hidropónicas donde estarán sembradas las lechugas. El agua circulará por éstas, suministrando los nutrientes necesarios para su crecimiento; se regulará el flujo en todas las entradas y salidas a través de válvulas manuales. De las camas pasará al biofiltro y de allí al tanque de almacenamiento temporal para ser recirculada nuevamente a los tanques de peces mediante una bomba solar de ½ HP.

Los tanques de los alevines-juveniles estarán funcionando de manera independiente. Por sus características, será diferente al proceso que se llevará en los tanques de engorda, pero estarán conectados a toda la red hidráulica.

La oxigenación de los peces para engorda y juveniles se dará a través del Blower GzLing que estará conectado a todos los tanques.

Como todo proyecto piloto, será necesario hacer adecuaciones o reconexiones al iniciar la construcción y pruebas del sistema, cuestiones normales en una actividad inicial.

A continuación, se describen los componentes del Sistema Acuapónico que se utilizará en la granja acuícola de Andrés Quintana Roo, para el cultivo del pez *Petenia splendida*. Respecto a la producción de vegetales, se iniciará con la siembra de lechuga “Romanita”; posteriormente se trabajará con otros cultivos que puedan ser redituables como, cilantro, tomate, pepino y chile habanero, entre otras.

10. Diseño de las instalaciones

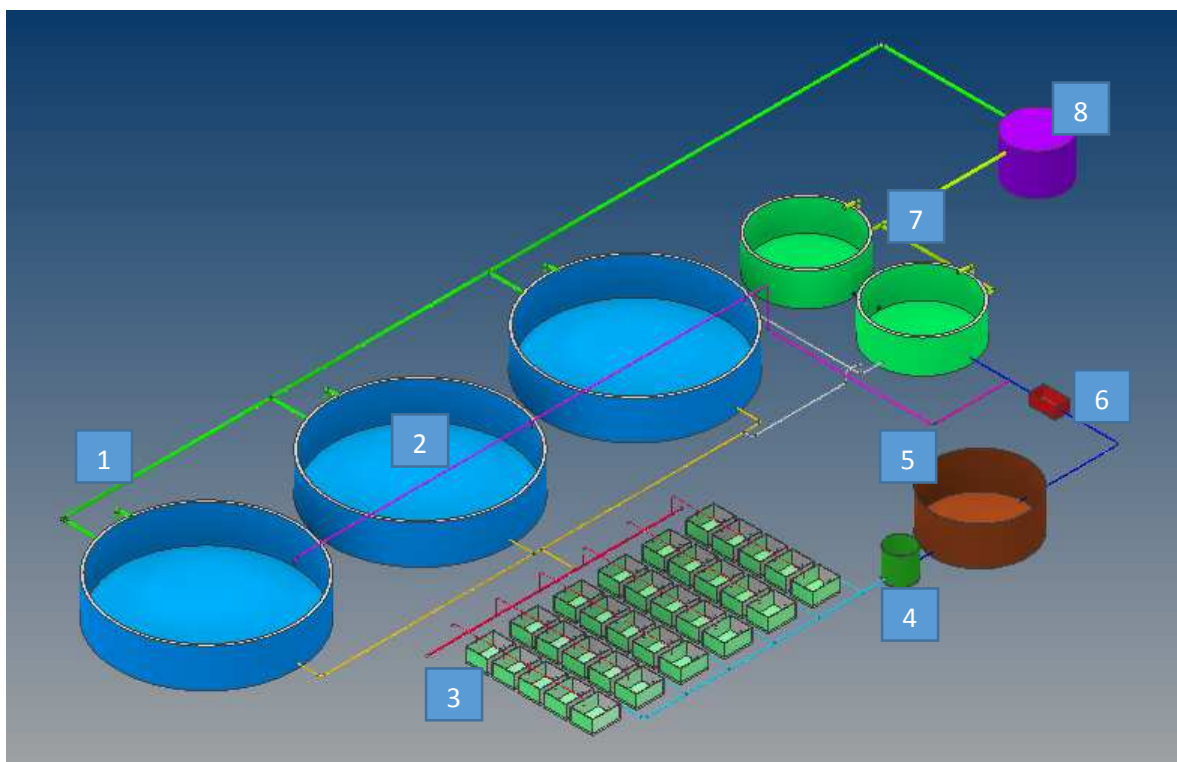


Figura 7.- Sistema Acuapónico para Andrés Quintana Roo. 1) sistema de tuberías, 2) tanques de cultivo para peces de engorda, 3) camas hidropónicas, 4) biofiltro, 5) tanque almacenamiento agua de salida, 6) bomba solar, 7) tanques para juveniles y alevines, 8) pozo. Fuente: Econciencia, 2018.

10.1 Sistema de tuberías, bomba de agua y “timer”

Las principales tuberías de un sistema Acuapónico son las que transportan el agua desde el pozo a los tanques de los peces, de los tanques a las camas hidropónicas (entradas de agua) y de las camas nuevamente al tanque de los peces (salidas de agua). El diámetro utilizado será de 2” para el llenado de los tanques y salida de las camas hidropónicas y de 1” para los demás sistemas. Todas las conexiones tendrán válvulas para abrir, cerrar o direccionar los flujos, esto con el fin de tener el sistema interconectado, pero al mismo tiempo permitir que trabaje de manera independiente.

La forma y el diseño de las conexiones de estas tuberías se aprecian más claramente en la Figura 8, donde se observan las llaves de paso en cada entrada de agua con el fin de regular el flujo de forma independiente en todas las camas.

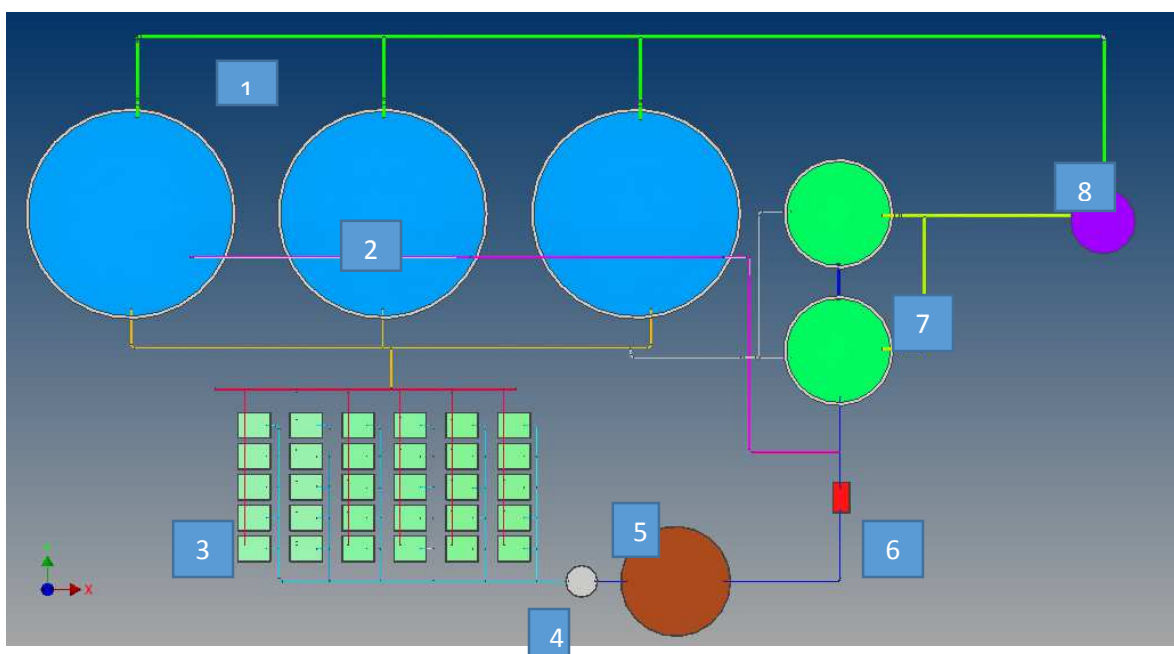


Figura 8.- Vista superior de Sistema Acuapónico para Andrés Quintana Roo. 1) sistema de tuberías, 2) tanques de cultivo para peces de engorda, 3) camas hidropónicas, 4) biofiltro, 5) tanque almacenamiento agua de salida, 6) bomba solar, 7) tanques para juveniles y alevines, 8) pozo. Fuente: Econciencia, 2018.

11. Programa de manejo de la especie

11.1 Los peces

Los peces son los primeros organismos en entrar al sistema, sus excretas favorecen la colonización de las bacterias nitrificadoras que a su vez crean las condiciones óptimas para la siembra de las plantas. Se producirán peces comestibles y de ornato. En este caso la especie seleccionada es *Petenia splendida*, adaptada a la temperatura, condiciones y calidad de agua de la zona.

Respecto a la densidad de siembra por estanque, será de 30 ejemplares por metro cúbico, para una producción semi-intensiva; así, los tanques de 6.30 metros de diámetro y una altura de 1.2 m, con capacidad de 37.4 metros cúbicos, incluirán unos 1,120 ejemplares de *Petenia splendida* por tanque de engorda, aproximadamente 3,330 peces en total en los 3 tanques.

El proceso de producción da inicio con la selección de reproductores que cumplan con las características necesarias como buen peso y tamaño, libres de enfermedades, que no tengan deformaciones y de buena estructura corporal; esto con el fin de obtener alevines de buena calidad.

11.2 Las hortalizas

Las plantas son los últimos organismos que entran en un sistema Acuapónico. Se pueden escoger entre una amplia variedad de hortalizas, hierbas aromáticas y ornamentales.

En este caso se producirá lechuga como cultivo hidropónico inicial y se irán añadiendo otros que resulten redituables.

Normalmente, los sistemas Acuapónicos pueden tener deficiencias en hierro y potasio, algunos también en calcio, todo depende del tipo de agua que se utilice y del tipo de alimento para los peces. En este caso, podría haber deficiencia en los primeros dos elementos ya que el agua a utilizar es rica en carbonatos. Si fuera el caso, para corregir el hierro, se usarán quelatos de hierro, que son estables en el agua a los pH de los sistemas Acuapónico y da tiempo de sobra a que las plantas absorban el hierro. Si hace falta potasio, usaremos sulfato potásico en pequeñas cantidades; esto lo sabremos conforme hagamos los análisis periódicos de la calidad del agua. Si el pH está por debajo de 7 habrá que subirlo, utilizando algún agente químico que no afecte a las especies cultivadas; este se aplicará diluido en un recipiente y se verterá poco a poco en el circuito Acuapónico, pero nunca directamente en el agua del sistema.

12. Las bacterias y la calidad del agua

Las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) se encuentran libremente en la naturaleza y son las encargadas de colonizar los sustratos del biofiltro y de las camas hidropónicas en forma natural (Vazquez, 2015).

En un sistema Acuapónico se puede detectar la presencia de esas bacterias, o mejor dicho su actividad, a través de un análisis del agua. Una vez liberados los peces en el tanque, las excretas que ellos aumentan el nivel de amonio, siendo las bacterias *Nitrosomonas* sp. Las primeras en colonizar el sistema y las encargadas de transformar el amonio en nitrito. De esta forma, la concentración de amonio tiende a bajar y aumenta el nivel de nitritos; en este punto comienzan a aparecer las bacterias *Nitrobacter* sp., que transforman los nitritos en nitratos.

Un biofiltro se dice maduro cuando los niveles de amonio y nitritos son bajos y se dispara el nivel de los nitratos, este es el momento para sembrar las plantas (Luna, 2010). Se considera una concentración de nitratos de 40 ppm para sembrar.

En la figura 9 se observa que el kit de análisis de agua, que está compuesto por un colorímetro, pequeños recipientes que contienen las soluciones indicadoras, tubos de ensayo, pipeta entre otros aditamentos para conocer el pH y las concentraciones de nitrito, nitrato y amonio.



Figura 9.- Componentes del kit para análisis de agua. Fuente: ECONCIENCIA, 2018.

Para realizar la medición de los parámetros indicados, se extrae agua del tanque de los peces con la ayuda de una pipeta o frasco de vidrio y se llena un tubo de ensayo. La cantidad de agua está especificada en las instrucciones, también los tubos de ensayo incluyen una marca que muestra el límite de agua necesaria. Luego se aplican las gotas de solución en la cantidad que indica el manual, se agita y se compara el color obtenido con la tabla de colores o utilizando el colorímetro.

El equipo de productores analizará el agua una vez por semana y llevará un registro de los datos obtenidos en una bitácora, los cuales se pueden graficar en una tabla de Excel y tener una mejor lectura e interpretación de las condiciones físico-químicas del agua de una manera continua.

13. Ingresos monetarios del sistema

Considerando solamente la siembra de lechugas y peces en el sistema, durante un ciclo de 8 meses, se obtendrían los siguientes ingresos monetarios:

13.1 Lechugas

Se trabajarán inicialmente 30 camas hidropónicas rectangulares de 1 m por 80 cm, es decir, 31.5 metros cuadrados de superficie total de siembra.

La lechuga será sembrada a razón de 30 plántulas por cada cama, es decir, 900 unidades en total; 300 por cada estanque de engorda. Si el tiempo promedio de cultivo de una lechuga (variedad "Romanita") es de aproximadamente 45 días, esto permite 5 cosechas, que a su vez significan 4,500 lechugas cosechadas cada 8 meses por cada estanque de peces, 13,500 en total.

Con una pérdida promedio del 10%, se cosecharán unas 4,050 lechugas cada 8 meses por estanque con un total de 12,150 por los 3 tanques. Con un valor promedio de \$12 por lechuga, se obtendrían \$169,128.00 por ciclo de 8 meses.

13.2 Peces

Los tanques de engorda tienen una capacidad total de 37,400 litros. Considerando una densidad de 30 peces por metro cúbico, se obtendrán 1,120 peces por tanque. Con un valor en el mercado entre \$110.00 y \$115.00 el kg de producto fresco, serán aproximadamente 3,360 peces cultivados en los 3 tanques, con un peso de cosecha de 500 g c/u, de acuerdo a la bibliografía reportada en otros sistemas semi-intensivos, 1,680 kg en total. Se estima tener un ingreso de \$216,316.80 por ciclo de 8 meses por los 3 estanques.

La venta de juveniles para peceras o acuarios iniciará con 120 ejemplares. Estos se tendrán en un tanque diferente y no llevarán un proceso de engorda como tal, ya que por su destino y mercado, solo requieren de una talla entre 10 y 15 cm para ser comercializados. Incursionar en el comercio de peces de ornato, puede impulsar proyecto y a mediano o largo plazo igualar o rebasar la producción para consumo humano, cuestión que exigiría una menor inversión y duración de los procesos de cultivo, por lo que se pondrá especial atención en este mercado.

Al sumar los ingresos netos anuales de los peces y las lechugas:

Venta de lechugas (c/8 meses):	\$ 169,128.00
Venta de peces por ciclo:	\$ 216,316.80
Juveniles:	\$ 12,000.00
Total neto:	\$ 399,364.80

Esta es la producción mínima que se puede obtener. Por ser un sistema nuevo, que se ha adaptado a especies vegetales de variedades tropicales y peces nativos, habrá que ir haciendo ajustes, evaluando las posibilidades de ampliación, de aumento o disminución en la densidad de peces por m³, de darle valor agregado al producto mediante el ahumado y fileteado, de la ampliación o mejoramiento de las conexiones de sistema y camas hidropónicas, la integración de otras hortalizas al cultivos, optimizando el manejo integral de la granja con sistema Acuapónico trabajando para cerrar el ciclo de engorda en 8 meses y lograr 3 ciclos de cosecha cada 2 años, de optimizar el uso de los equipos utilizando únicamente sistemas de energía solar, evaluando al final del ciclo el real costo-beneficio. Con estos datos, y teniendo en cuenta que los ingresos pueden aumentar en un futuro en función de lo expuesto en este punto, la inversión se recuperaría aproximadamente en 4 años, ya que serían 6 ciclos de 8 meses manteniendo la misma producción al mismo precio se daría por amortizada la inversión en la granja.

14. Plan de manejo. Rutinas diarias y semanales

Es importante mantener una calidad del agua de acuerdo a los requerimientos de la especie; la tenguayaca requiere de determinados niveles de oxígeno, tanques con buena aireación y una recirculación constates de agua, estas acciones preventivas ayudarán a evitar posibles

enfermedades. Las principales rutinas que se llevarán diariamente para el manejo y control del sistema serán aplicadas por los productores. Los asesores estarán en comunicación constante con el grupo para apoyar y aclarar las dudas o necesidades que se irán presentando.

- Alimentación de los peces.
- Remoción de peces, enfermos, heridos, muertos
- Control del nivel del agua y llenado del faltante. (Evaporación, manejo del sistema, fuga momentánea, absorción vegetal)
- Revisión y control de fugas en las tuberías.
- Control de las entradas y salidas para verificar el normal flujo de agua y que no se presentaran obstrucciones.
- Observación minuciosa de las hortalizas para descartar la presencia de plagas o enfermedades.
- Remoción de hojas enfermas.
- Control de pérdidas de agua en las camas.

Las rutinas semanales se basan principalmente en la medición de la temperatura y del análisis de la calidad del agua mediante el uso del kit colorimétrico.

Si los niveles de amonio y nitritos son superiores a los tolerados por *Petenia splendida*, se recomienda cambiar parcialmente el agua (cerca de un 20%), aumentar el tiempo de bombeo, disminuir la dosis de alimento de los peces e incrementar el número de plantas en las camas hidropónicas.

Manejo integrado de plagas y enfermedades de los cultivos Acuapónicos

Las hortalizas son un cultivo agrícola muy difundido en todo el mundo y las modalidades de producción son variadas, puede ser intensiva o extensiva, en monocultivo o en policultivo, para el autoconsumo o con fines comerciales.

Como todo cultivo agrícola, las hortalizas están sujetas al ataque de plagas y enfermedades, las cuales comprometen el nivel de producción (Oerke, 1994)

Las enfermedades que afectan las plantas pueden ser de origen abiótico o biótico. Las primeras dependen principalmente de la ausencia, escasez o exceso de uno o más factores de crecimiento (Arauz, 2011) como por ejemplo los nutrientes el agua y la temperatura; y los daños se manifiestan con síntomas visibles como son la pudrición, descoloración (clorosis), muertes de tejidos (necrosis), coloración de las hojas diferentes de la normal y otros (Bertsch, 1998).

Las enfermedades bióticas son causadas por organismos como lo son los virus, los hongos, las bacterias. Los síntomas y las manifestaciones de estos patógenos en las plantas son muy variados, pueden ser manchas en el tallo o en las hojas, pudrición de raíces y otros.

Al igual de los cultivos agrícolas convencionales, también los cultivos Acuapónicos sufren pérdidas por los ataques de plagas y enfermedades.

El control de las plagas y enfermedades, en la agricultura convencional, se realiza principalmente mediante el uso de agroquímicos, lo cual implica un alto costo tanto económico como ambiental (Arauz, 2011)

Existen múltiples problemas asociados al abuso de agroquímicos tales como los impactos negativos en la salud y en el ambiente, como el desarrollo de resistencia en patógenos de plantas y plagas, entre otros (Mendoza, 2008)

El manejo integrado de plagas y enfermedades en general y los biopesticidas en particular, constituyen una alternativa al uso de los agroquímicos, garantizando a la vez la obtención de hortalizas sanas y seguras como la sobrevivencia de los peces. En los cultivos Acuapónicos no se pueden utilizar pesticidas y fungicidas de origen químico porque son altamente tóxicos para los peces, deben considerarse otras opciones como el manejo integrado de plagas y enfermedades, pero, las acciones de prevención serán siempre la mejor opción.

El manejo integrado de plagas y enfermedades son un conjunto de técnicas utilizadas para prevenir y reducir los ataques de plagas y enfermedades que afectan los cultivos. Estas técnicas no son excluyentes entre sí, o sea, se pueden aplicar al mismo tiempo y al mismo cultivo. Las más comunes y compatibles con los cultivos Acuapónicos son:

Combate tradicional

Es la aplicación o modificación de las prácticas agrícolas tradicionales para prevenir la aparición de plagas o enfermedades en los cultivos. En la zona maya de Quintana Roo existen varias maneras de tratarlas, como la rotación de cultivos y el policultivo.

Por otro lado el uso de especies nativas y técnicas nuevas para su producción, como lo es la Acuaponía, tienen que ver con la adopción de prácticas sustentables enfocadas a impulsar una cultura ambiental y marcar las diferencias entre acuicultura tradicional y la que están practicando.

El grupo de 10 productores deberá organizarse bien, utilizar el Manual de Buenas Prácticas, ser asesorado por los técnicos y ampliar su experiencia como grupo; es necesario llevar una bitácora de las actividades y participar en las diferentes acciones que se desarrollarán durante el proceso. Se requiere que cada uno conozca todas las áreas para poder tomar las decisiones pertinentes en el momento oportuno.

Combate Mecánico

Consiste en recolectar manualmente y destruir las partes de la planta afectada por una plaga o enfermedad en cultivos tradicionales o hidropónicos Esta práctica se le conoce también como poda sanitaria y se recomienda realizarla diariamente.

Control de enfermedades de los peces

Las variaciones bruscas de temperatura, calidad de agua y alimentación provocan estrés en los peces y los hacen más vulnerables a las enfermedades. En este caso lo favorable del clima local, al que los peces están adaptados, podrá evitar algunos de estos efectos, ya que solo tiene algunas variaciones mínimas en invierno.

La calidad del agua a extraer para el funcionamiento del sistema es buena, ya que se obtendrá de un pozo, aislado, distante a la comunidad, alimentado por corrientes subterráneas que forman las lagunas y cenotes del área. Como acciones preventivas el grupo deberá estar pendiente de la temperatura de los tanques a través de la medición continua y recurrir a las acciones necesarias en caso de que baje más de lo normal.

Una forma sencilla y común de contrarrestar las enfermedades de los peces, provocadas por hongos, consiste en aplicar 0.5 gramos por litro de sal de ganadería y aumentar la temperatura del agua. En caso de ser necesario, los miembros del grupo, bajo asesoría del personal técnico, aplicará la sal.

15. Plan de bioseguridad

En consideración con el ACUERDO mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola, donde la tenguayaca es considerada como especie con Potencial Acuícola y tomando en cuenta algunos aspectos fundamentales de la acuicultura sustentable, en este proyecto no se trabajará con especies invasoras, reduciendo así los riesgos en su manejo de una manera significativa, enfocando el esfuerzo al cultivo de una especie nativa de alta demanda entre la población local (D.O.F., 2013).

El Plan de Bioseguridad para la granja acuícola de Andrés Quintana Roo, se ha diseñado de acuerdo al tamaño, tipo de producción y especie a cultivar; su principal ventaja es que reduce los riesgos de manejo de una manera significativa por ser una especie adaptada al medio, a diferencia de las medidas requeridas para el manejo de una especie invasora que son de mayor complejidad e incluyen otros aspectos.

Para una granja piloto pequeña, experimental, como esta, donde se trabajará por primera vez en el Estado de Quintana Roo con la especie nativa *Petenia splendida* utilizando el Método de Acuaponía, serán aplicadas acciones que ayuden a mantener la bioseguridad en su operación, basadas en el monitoreo continuo de la buena calidad del agua, alimentación, así como la salud de animales y vegetales. Será indispensable la vigilancia general de los sistemas y los procesos que se llevarán a cabo para su operación, en donde los 10 productores tendrán la responsabilidad de organizarse tanto como grupo e individualmente, lo que deberá verse reflejado en resultados.

El contar con un Plan de Bioseguridad escrito nos ayudará a examinar, evaluar y registrar las fuentes potenciales de riesgo que pueden presentarse durante las operaciones. Este está diseñado exclusivamente para esta granja y su objetivo es prevenir o enfrentar amenazas

locales, evitar un posible impacto ambiental, tomando como directriz la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México.

Este Plan de Bioseguridad, se ha basado y adaptado de acuerdo al Proyecto GEF-EEI_ Servicios de consultoría para desarrollar una propuesta técnica entre los productores para minimizar el riesgo de dispersión de Especies Exóticas Invasoras (EEI) en el sector acuícola del estado de Morelos (PNUD México, 2017a) e incluye los siguientes aspectos:

15.1 Estado sanitario y el riesgo de enfermedades en la granja.

Debido al tipo de proyecto y al no existir otra granja acuícola similar en el estado, se desconocen los riesgos de incidencia de patógenos y parásitos que pudieran tener los peces por ser una especie nativa.

Observando un buen monitoreo sobre la calidad del agua, la alimentación, temperatura y otros factores, se podrá evitar, en buena medida, la incidencia de enfermedades en la especie, ya que está perfectamente adaptada al medio y no existen otras granjas o factores de contaminación externa o enfermedades conocidas en la zona, que pudieran propiciar alguna infección en los peces. De generarse algún problema de salud inesperado o desconocido, se contará con la asesoría de los técnicos para darle solución, esto dependerá de la rapidez en la detección del problema y la actuación del personal para neutralizarlo.

En la experiencia comunitaria anterior de uno de los miembros del grupo, quién ha criado tenguayaca en pozas naturales excavadas en tierra, sin oxigenación y alimentándolas con sobras de alimento. Mencionó que durante su experiencia no detectó algún padecimiento, enfermedad, cambio de comportamiento, muerte masiva o incidental, de los ejemplares cultivados con ese sistema en su terreno, eso sin llevar a cabo ninguna actividad de monitoreo o prevención en su cultivo, indicador que muestra la adaptación de la especie al medio ambiente local.

La zona donde se piensa ubicar la granja está en la selva, muy alejada de la costa, lo más cercano es el puerto de Majahual, a 80 km de la comunidad; no se practican actividades de pesca comercial o recreativa en el área y las granjas acuícolas, exclusivamente de tilapia, están ubicadas principalmente en la parte sur del estado, por lo que no se detectan actividades que puedan introducir enfermedades en la granja.

Por otro lado dentro del Plan de Bioseguridad y para disminuir el riesgo de alguna enfermedad externa, se evitará introducir peces de origen desconocido, que no provengan de la misma área y, de ser necesario, se recurrirá a la compra de alevines certificados producidos por el Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT en Villahermosa, Tabasco.

15.2 Fuente de agua

Para garantizar que la especie cuente con un abastecimiento de agua con la calidad requerida, se recurrirá al pozo que se tiene en el sitio, cuyas aguas son subterráneas, generalmente consideradas libres de enfermedades, las cuales presentan características y calidad similares a la laguna donde habita *Petenia splendida*. Las acciones de monitoreo y vigilancia del sistema de cultivo Acuapónico por parte de los productores, serán definitivas para mantener un flujo continuo entre estanques y camas hidropónicas, mediante el sistema de recirculación, el cual presenta un mayor grado de control en la calidad del agua y reducen la posibilidad de afectación o a la exposición de patógenos externos.

En las cercanías de la granja no existen sistemas hídricos como cenotes, canales o lagunas, lo que evitará el desplazamiento, dispersión accidental o provocada de los peces a través de estos medios y, si por alguna circunstancia no prevista, escaparan algunos ejemplares, su impacto como especie nativa no representaría peligro alguno desde el punto de vista biológico.

15.3 Salud y condición de los animales acuáticos

El Plan de Bioseguridad está también enfocado a mantener la capacidad de los peces para resistir las enfermedades, a través de la aplicación correcta de los procesos establecidos, ya que esto tiene relación directa con la salud y la condición del animal. Se procurará que no haya hacinamiento manteniendo una capacidad de 30 peces por m³, acceso a una nutrición adecuada y buena calidad del agua, temperatura dentro de los rangos establecidos, evitar a lo máximo el movimiento de los peces sin ser necesario; esto generará bienestar en los animales, evitará el estrés, mejorando su salud y disminuyendo las posibilidades de contraer alguna enfermedad.

Por el momento no se puede realizar una inspección del estado sanitario de los animales y vegetales para examinar los posibles patógenos y parásitos que pudieran afectar la población de tenguayaca; será hasta que la granja esté establecida que se aplicarán estas medidas dentro del Plan de Bioseguridad.

Por lo aislado del sitio donde se piensa ubicar la granja, puede estar expuesta a acciones de depredadores naturales, de personas ajenas a la comunidad y al proyecto, ya que se localiza a 500 m del poblado y a 30 m de la carretera 307, Chetumal-Cancún, con un continuo flujo vehicular.

El Plan de Bioseguridad está enfocado a realizar acciones de vigilancia continua para evitar la intrusión de depredadores naturales y humanos. Para lograr el objetivo, las instalaciones de la granja cuentan con una casa dividida en tres habitaciones: Oficina laboratorio, bodega

y cuarto de estancia con baño. Se colocará mallasombra en el área de producción como parte de las medidas de seguridad contra depredadores.

La permanencia en el área de trabajo durante las 24 horas de cada día, por parte de los productores que se organizarán en turnos, será la mejor alternativa para evitar acciones negativas. Si bien el tráfico vehicular constante y de todo tipo podría considerarse una amenaza, en un futuro será una fortaleza que ayudará a que la gente conozca el sitio y lo que allí se produce, ya que por encontrarse a orillas de la carretera se facilitará la comunicación, el contacto directo con clientes potenciales y el transporte de los productos e insumos que se requieran para su operación.

Dentro de las instalaciones, el desplazamiento de las personas será caminando y solo en contadas ocasiones se tendrá la recepción de algún vehículo, ya sea para transporte de materiales, equipos u otros insumos.

De la misma manera se evitará el desplazamiento de animales domésticos dentro o fuera de las instalaciones, para evitar la propagación de alguna enfermedad o padecimiento que afecte la salud de los peces o vegetales. A mediano plazo se incluirá la construcción de una barda perimetral que garantice una mejor protección de la granja. Así mismo, los productores contarán con una bitácora y un registro de visitantes. En caso necesario o emergencia, por la presencia de un contaminante de algún tipo, se colocarán tapetes sanitarios cerca de la entrada de las áreas de cultivo.

La colaboración decidida, basada en el conocimientos y experiencias adquiridas con la capacitación previa por parte de los 10 productores de Andrés Quintana Roo, quienes son los propietarios de la granja a desarrollar, será de gran importancia en la aplicación del Plan de Bioseguridad de una manera formal, para garantizar que la producción de tenguayaca para consumo humano, los juveniles canalizados al acuarismo y las lechugas, sean productos saludables, solo así se podrá lograr y mantener la rentabilidad económica de la empresa.

El aprovechamiento de especies nativas, como la tenguayaca, es una actividad con un gran potencial en la Zona Maya del Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, con el fin reducir la amenaza que un futuro puedan constituir (las especies invasoras de plantas, animales y otros organismos biológicos) a los recursos naturales del área; tenemos ejemplos clásicos como el del pez león, el cual fue tratado en un principio como el gran enemigo y que a largo plazo se vio incluido como parte del menú que se ofrece en las zonas turísticas del norte del estado, lo que ha contribuido a mantener cierto control de esta especie invasora.

16. Descripción de las condiciones originales del predio y medida de mitigación para el desarrollo de granja.

Características del predio

Los tipos de vegetación más importantes son: selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia y selva baja caducifolia (Miranda, 1959). También existen asociaciones de menor extensión, de distribución irregular como manglar, sabana, tintal, chechenal, tasistal, carrizal-sabal-tular y dunas costeras.

Biogeográficamente, la flora en general presenta una gran similitud con la de la provincia de la costa del Golfo de México, pero destaca un número considerable de endemismos y una estrecha relación con las Antillas, mayor que cualquier otra parte de la República (Rzedowski, 1978).

La flora de Sian Ka'an es muy variada. Se tienen clasificadas 800 especies (Olmsted, 1990). Todas se agrupan en un mosaico formado por diferentes comunidades o tipos de vegetación que dependen de las condiciones edáficas e hídricas: suelos profundos o someros, negros o rojos, secos o con diferentes grados de inundación, y de influencia de sales marinas (Ornat, 1983).

Estado de Conservación de la vegetación del sitio:

La vegetación encontrada en los alrededores del predio, corresponde a un ecosistema de selva mediana subperennifolia, en proceso de recuperación, impactada por actividades agrícolas anteriores.

Especies en categoría de conservación

En lo que respecta a especies en categoría de protección status de conservación y de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (D.O.F., 2010), que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas nativas en peligro de extinción, amenazadas y sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección, mencionamos que en el sitio de trabajo existen algunos cedros (*Cedrela odorata*), enlistada en la categoría de sujeta a protección especial y una antigua plantación de caoba (*Swietenia macrophylla*) enlistada como amenazada según la lista roja de la IUCN.

Vegetación Arvense.

La vegetación secundaria tipo arvense que domina el predio en su parte central, debe su origen a un proceso de repoblación natural en las áreas (Figura 10).

Este tipo de vegetación es característica de zonas o terrenos impactados por la actividad agrícola en otros años; en el sitio está dominada principalmente por la altamisa (*Parthenium hysterophorus*), el tajonal (*Viguiera dentata*), algunas acacias en crecimiento y pastos.



Figura 10.- Vegetación, el área de 60 m x 40 m, (2,400 m²) a un lado de las instalaciones existentes, donde se levantará la granja acuícola. Fuente ECONCIENCIA, 2012.

Por otro lado, debido a que el censo vegetal presentado en la MIA se realizó hace tiempo, la vegetación existente en la actualidad ha variado. Presentamos a continuación la lista de las principales especies vegetales localizadas en el área de trabajo, las cuales corresponden a una selva mediana subperennifolia en recuperación. Como se indica, se utilizará únicamente 2,400 m² (60 m de largo por 40 m de ancho) para las instalaciones fijas, quedando todo el resto del predio como área de recuperación de flora y fauna (Tabla 3).

Tabla 4.- Principales especies vegetales que se encuentran en los alrededores del predio (Elaboración propia ECONCIENCIA, 2018).

NUM	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
1.	Palma de huano	<i>Sabal yapa</i>
2.	Subin	<i>Acacia cornígera</i>
3.	Pich	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
4.	Guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i>
5.	Chaca	<i>Bursera simaruba</i>
6.	Chacanal	<i>Aphelandra deppeana</i>
7.	Palma camedoria	<i>Chamaedorea seifrizii</i>
8.	Hoja de cuero	<i>Anthurium schlechtendalii</i>
9.	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>
10.	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
11.	Ramón	<i>Brosimum alicastrum</i>
12.	Majahua	<i>Hampea trilobata</i>
13.	Jobo	<i>Spondia sp</i>
14.	Jabín	<i>Piscidia communis</i>
15.	Bari	<i>Calophyllum brasiliense</i>
16.	Dzalam	<i>Lysiloma latisiliqua</i>
17.	Guayabillo	<i>Piscidium sartorianum</i>
18.	Ya'axnik	<i>Vitex gaumeri</i>
19.	Higo silvestre	<i>Ficus sp</i>
20.	Capulín	<i>Muntigia calabura</i>

21.	Zapote negro	<i>Diospyros nigra</i>
22.	Mango	<i>Mangifera indica</i>
23.	Palma de coco	<i>Cocos nucifera</i>
24.	Limonaria	<i>Murrayapaniculata</i>
25.	Uaxim	<i>Leucaena leucocephala</i>

La metodología utilizada para obtener estos resultados fue la observación, identificación y clasificación directa de las especies vegetales en el predio, utilizando las guías Flora de la Península de Yucatán (CICY) e Imágenes de la Flora Quintanarroense (CIQROO) respectivamente.

Fauna

La fauna más representativa del municipio después del caracol rosado (*Strombus gigas*) emblema de la entidad y del mismo municipio son los mamíferos. Entre ellos destaca por su importancia ecológica el manatí (*Trichechus manatus*), también existe el tepezcuintle (*Cuniculus paca*), el jabalí (*Tayassu tajacu*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el cereque (*Dasyprocta punctata*); en menor abundancia se encuentran nutrias (*Lontra longicaudis*) y reptiles como el cocodrilo (*Crocodylus moreletii*), iguana “toloc” (*Ctenosaura acanthura*) y las tortugas marinas caguama (*Caretta caretta*), carey (*Eretmochelys imbricata*) y blanca (*Chelonia midas*). En cuanto a las aves, la más representativa es el tucán (*Ramphastos sulfuratus*) tortolita “mukuy” (*Columbina passerina*), chachalaca “beech ha” (*Ortalis vetula*), ceniztonle “xchica” (*Mimus gilvus*).

Zonas de anidación o refugio

Por las características y lo reducido del área de trabajo (2400 m²) no se identificaron ni definieron áreas especialmente sensibles para las especies de fauna identificadas como son las zonas de anidación, refugio o crianza, con particular énfasis en aquellas que se encuentren listadas en la Norma Oficial Mexicana **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

En el resto del predio (7600 m²) y debido a la altura de la mayoría de los árboles, se propiciará el libre tránsito de las especies de aves que aniden o se refugien en la vegetación de los alrededores, vigilando que no haya efectos o impactos negativos en las que pudieran habitar o transitar por el predio.

17. Descripción de las Medidas de Mitigación para la instalación de la granja acuícola

Para la construcción de la granja se respetarán los lineamientos establecidos en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental, es así que a continuación se describen las actividades a realizar en cada fase del proyecto para respetar las Medidas Preventivas y de Mitigación de los Impactos Ambientales (D.O.F, 2018)

Descripción de las medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

Etapa Preparación del sitio

Actividad: Desmonte y despalde

Atributos Naturales Impactados: Suelo, atmósfera y biota (flora y fauna)

Medidas de Mitigación:

Las actividades serán realizadas en apego a las siguientes normas:

- NOM-003-CONAGUA-1996, requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de febrero de 1997.
- 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. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de junio de 2015.
- NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997; en proyecto de modificación en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 2018.
- NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998.

A. *Antes de realizar actividades de desmonte o despalde del área (2,400 m²) para la preparación del terreno, se deben extraer y trasplantar, en caso de encontrarse y con los cuidados necesarios, los ejemplares florísticos que así lo requieran, hacia áreas de repoblación en el perímetro del proyecto, a fin de conservarlas y protegerlas, asegurando su reproducción. El retiro de estos ejemplares se debe hacer manualmente con personal debidamente capacitado.*

En caso de existir ejemplares que requieran trasplante, se hará de acuerdo a lo estipulado.

B. *Realizar únicamente el desmonte necesario para las obras que así lo requieran, colocando el material, producto de este, cerca del área de trabajo de manera uniforme.*

Como se ha mencionado, el desmonte será mínimo, pues la mayoría del sitio de trabajo está desmontado (frente a la construcción). Actualmente se encuentra cubierto por vegetación secundaria debido a las intensas lluvias.

- C. *Para evitar la generación de polvo durante la actividad, se debe humedecer el área de trabajo para evitar el levantamiento de material terrígeno hacia la atmósfera.*

Por las características de la obra y la nivelación manual que se hará en los espacios que lo requieran, no habrá generación excesiva de polvo, en caso de que así fuera se humedecerá la tierra.

- D. *Se recomienda que el desmonte se limite a las áreas estrictamente necesarias y se avance desde las áreas perturbadas hacia la selva mediana circundante para permitir la emigración de la fauna.*

El despalme se limitará a áreas estrictamente necesarias, las cuales serán mínimas.

- E. *Concientizar a los trabajadores y operarios para que respeten la vegetación y la fauna para evitar su depredación.*

Como pobladores locales y actores directos del proyecto, los socios respetarán la vegetación y fauna evitando su depredación.

- F. *Reducir a un mínimo los movimientos de tierra y la operación de maquinaria.*

Se reducirá al mínimo el movimiento de tierra y no se utilizará maquinaria pesada.

- G. *Permitir y facilitar el escape y libre tránsito de la fauna silvestre que pudiera presentarse en el área durante el desarrollo de las actividades de preparación del terreno.*

Por las características del proyecto y la superficie de trabajo, se permitirá el libre tránsito de fauna silvestre en el área, tanto durante su construcción como su operación.

- H. *Las áreas dentro del sitio que no tengan afectaciones, se deben mantener en las condiciones originales.*

Se dejará la mayor parte del predio como zona de recuperación

- I. *Contratar personal calificado y no calificado de la zona como apoyo a la economía local.*

Será contratada únicamente habitantes locales y socios del grupo

- J. *Prohibir la quema a cielo abierto de cualquier material en el sitio por la generación de residuos como madera, carbón, plásticos de empaques, etc.*

Se vigilará que no se dé la quema a cielo abierto de ningún material utilizado o sobrante

Actividad: Uso de Maquinaria y Equipo

Atributos Naturales Impactados: Suelo, aire y social

Medidas de Mitigación: N/A

Debido a que no se tiene pensado utilizar maquinaria pesada no se planea ninguna medida de mitigación. Sin embargo, serán necesarios aproximadamente 10 m³ de material para la nivelación en los sitios que así lo requiera, mismo que se obtendrá del predio mismo y será realizado con herramientas manuales (carretillas, palas, picos, azadones).

Actividad: Trazo, excavaciones, compactación y nivelación

Atributos Naturales Impactados: Suelo, aire y social

Medidas de Mitigación:

- A. *Limitar las brechas y los caminos a los estrictamente necesarios para los trabajos.*

El predio es cruzado únicamente por un camino, el cual no sufrirá modificación alguna.

- B. *Las áreas dentro del sitio que no tengan afectaciones, se deben mantener en las condiciones originales.*

Se mantendrán en condiciones originales las áreas que no tengan afectación y se conservarán las demás, que en este caso es casi el 75% de área.

- C. *Las terracerías y materiales de relleno se deben regar constantemente con agua tratada.*

Como mencionamos, serán aproximadamente 10 m³ de material de relleno y compactación, lo cual generará poco polvo, en caso de ser necesario se rociará agua.

- D. Fijar los taludes con vegetación apropiada y hacer elementos de retención del suelo en las zonas que se requiera.*

En caso de requerirse se fijarán los taludes.

- E. Aprovechar los materiales de corte y excavación para los rellenos en las franjas que lo requieran.*

Se aprovechará el material de despalme del terreno para relleno.

Etapas de Construcción Actividad: Transporte de Materiales

Atributos ambientales impactados: Aire, suelo, biota, social

Medidas de mitigación

- A. Los vehículos de transporte de materiales deben ir cubiertos con lonas*

Debido a las características de la obra no habrá vehículos transportadores de materiales.

- B. Utilizar caminos existentes, abriendo el menor número posible de caminos nuevos para el paso de vehículos.*

Para el transporte en el área de trabajo siempre se hará uso de los caminos existentes.

Actividad: Almacenamientos temporales

Atributos naturales impactados: Paisaje, suelo, agua

Medidas de Mitigación: N/A

Por las características del proyecto no habrá almacenamiento de combustibles, aceites o sustancias peligrosas o de manejo delicado.

Actividad: Introducción de servicios (Agua potable, drenaje, electricidad): Atributos ambientales impactados: Suelo, aire, agua, flora, fauna, social

Medidas de Mitigación:

- A. Los cauces naturales que se ubican en la zona del proyecto deben ser conservados y rectificados a fin de que el agua, que de forma natural se mueve por estos, no encuentre obstáculos. En caso de existir o de formarse algún cauce natural de agua se conservará. Se recurrirá a paneles de energía solar para la operación del sistema Acuapónico y la extracción del agua.

Actividad: Levantamiento de la estructura

Atributos naturales impactados: Paisaje, suelo, agua

Medidas de Mitigación:

- A. *Los residuos que se generen durante la etapa de construcción deben ser almacenados adecuadamente en lugares predestinados para tal fin, sin interferir con los lugares de tránsito.*

Debido a que la mayor parte del predio es plano, durante el armado de la estructura de la granja el material (Sascab y desechos orgánicos de la limpieza del predio) será usado sólo para rellenar algunos desniveles del suelo en los sitios requeridos. Debido a lo anterior, el impacto en el suelo será mínimo. Los residuos y sobrantes de materiales utilizados en la construcción y armado de la granja serán reciclados o dispuestos en lugares adecuados.

Etapas de Operación y mantenimiento

Actividad: Abastecimiento de agua

El agua será abastecida del pozo que se tiene en el sitio.

Atributos naturales impactados:

Agua

Medidas de Mitigación:

Como el sistema Acuapónico es cerrado, no se generarán aguas residuales; se vigilará que no existan fugas en las tuberías de los tanques de peces y camas hidropónicas, que la circulación del agua por el sistema sea la correcta y se utilizará principalmente para completar los faltantes por evaporación, absorción de las raíces y posibles fugas (10% del total del volumen).

Por el tipo de sistema habrá un gran ahorro en el consumo de agua. Se dará mantenimiento adecuado y periódico a la bomba de agua y biofiltros para un funcionamiento óptimo.

Para evitar el uso de energía eléctrica se recurrirá a energías alternativas utilizando una bomba de energía solar para extracción del agua del pozo existente.

Actividad: Reforestación de áreas verdes

Atributos naturales impactados; Suelo, fauna

Medidas de Mitigación:

- A. Reforestar las áreas verdes contempladas en el Proyecto, a fin de evitar la erosión del suelo.*

Para evitar el impacto en el suelo se dejará el 74% de la superficie de selva mediana subperennifolia como área de recuperación y se utilizará el 26% para armar las instalaciones.

- B. La actividad de reforestación coadyuvará a mejorar el hábitat de la fauna de la zona, alterado durante la etapa de preparación del sitio y construcción*

Por las especificaciones del proyecto se logrará que la fauna terrestre y aérea pueda circular libremente por el terreno, mejorando su hábitat.

Vegetación y Flora silvestre

Debido a la importancia de la flora y fauna en el sitio, se establecen las siguientes medidas con el propósito de evitar y mitigar daños severos a las mismas.

Actividad: Mantenimiento del área de recuperación

Atributos naturales impactados: Clima, social

Medidas de Mitigación:

- A. Respetar la zona de recuperación ecológica, para ello debe moderarse, o en su caso, restringirse el acceso a esa parte del predio, colocando señalamientos alusivos a la conservación para evitar daños a la flora y fauna silvestre.*

Se respetará la zona de recuperación del sitio

- B. En caso de haber árboles pequeños donde se implementarán las instalaciones, estos serán trasplantados a otras áreas de sitio.*

Si se diera el caso, serán trasplantados

- C. Se deberán recuperar las plantas epífitas que se encuentren en la vegetación, en caso de que sea necesaria su remoción (orquídeas, bromelias, helechos, cactáceas) para cambiarlas se lugar manualmente, procurando que sea en las mismas condiciones que se localizó (sombra, altura, tipo de árbol).*

Se recuperarán las plantas epífitas que se localicen en el área de trabajo para cambiarlas manualmente de lugar.

Otras medidas de Mitigación

Se evitará el desmonte con maquinaria, los trabajos de deshierbe y derribo de arbustos se llevará a cabo con herramientas manuales.

Fauna silvestre:

- A. El deshierbe deberá llevarse de manera paulatina. La intención es fomentar el desplazamiento natural y por si solo de la fauna silvestre.
- B. Se tomarán en cuenta aspectos de educación ambiental dirigidas a los socios del grupo de trabajo para evitar la caza, captura o molestia a los animales.
- C. En el sitio de la obra se colocarán letreros alusivos al cuidado y conservación de la fauna silvestre.

Impactos residuales

Durante la preparación del sitio y armado del sistema Acuapónico se producirá la mayor parte de impactos. Debido al área que comprende el proyecto, el tipo de instalaciones y las medidas de mitigación que se han establecido, se asegurará que los impactos sean mínimos y otros incluso eliminados.

Durante la etapa de operación los impactos generados serán en su mayoría positivos, enfocados a aspectos socioeconómicos y alimentarios de la comunidad.

Todas las medidas de mitigación propuestas en la MIA correspondiente para el proyecto acuícola son viables en su ejecución, sin embargo, será necesario el programa de vigilancia ambiental para verificar que se cumplan las medidas de mitigación.

Por otra parte, el desarrollo de este proyecto, no causará mayores impactos a los ya observados, solamente la nivelación del terreno para la instalación de las tinajas circulares de geomembrana afectará negativamente de manera poco significativa y permanente el elemento suelo, sin considerarse medidas de mitigación, sin embargo, la superficie de afectación será mínima, por el contrario, elementos como el agua, la flora y fauna, el paisaje o el elemento socioeconómico no solo no serán afectados si no que serán beneficiados al proponerse medidas preventivas y de mitigación, así como una vista más agradable, la reutilización del agua residual en el proceso productivo, entre otras, además de proporcionar empleos temporales y permanentes, directos e indirectos, beneficiando

principalmente a los pobladores locales al traer bienestar familiar y elevar su calidad de vida.

Habrán impactos residuales, mismos que una vez que se hayan aplicado correctamente las medidas de mitigación podrán ser absorbidos por el ecosistema, sin mayores afectaciones que las mencionadas.

18. Programa de Vigilancia Ambiental

El programa de monitoreo ambiental o vigilancia ambiental (PVA) se realizará con el propósito que se apliquen correctamente las medidas de mitigación y compensación propuestas por personal designado para tal tarea, cuyos responsables, en este caso, serán los 10 socios del grupo “La Tenguayaca”.

La razón principal de elaborar un Programa de Vigilancia Ambiental es el de mantener un equilibrio ecológico de los recursos ambientales en el sitio de trabajo, así como la flora y fauna, por lo que es prioritario mantener programas constantes de vigilancia de la calidad ambiental.

19. Normatividad aplicable

Toda actividad y procedimiento relacionado con este proyecto deberá realizarse en apego a la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de julio de 2007 (CONAP, 2015) Así como Ley de Pesca Responsable y Acuicultura para el estado de Quintana Roo, última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo el día 04 de julio de 2017, de igual forma con las Normas Oficiales Mexicanas que a continuación se mencionan.

- NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de agosto de 2003.
- NOM-033-SAG/ZOO-2014. Que establece los métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de agosto de 2015.
- NOM-054-ZOO-1996. Establecimiento de cuarentenas para animales y sus productos. Diario Oficial de la Federación el 8 de junio de 1998.
- NOM-012-ZOO-1993. Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo de estos.
- PROY-NOM-021-PESC-1994. Que regula los alimentos balanceados, los ingredientes para su elaboración y los productos alimenticios no convencionales, utilizados en la acuicultura y el ornato, importados y nacionales, para su comercialización y consumo

en la República Mexicana, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de enero de 1995.

- NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental.- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.
- NOM-060-SAG/PESC-2014. Pesca responsable en cuerpos de aguas continentales dulceacuícolas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros.
- NOM-061-ZOO-1999. Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de octubre de 2000.
- NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Protección ambiental.- Salud ambiental- Residuos peligrosos biológico-infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de febrero de 2003.
- NOM-126-SEMARNAT-2000. Especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de marzo de 2001.
- NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba (10/02/2011).
- PROY-NOM-020-PESC-1993. Que acredita las técnicas para la identificación de agentes patógenos causales de enfermedades en los organismos acuáticos vivos cultivados, silvestres y de ornato en México. que acredita las técnicas para la identificación de agentes patógenos causales de enfermedades en los organismos acuáticos vivos, cultivados, silvestres y de ornato en México.
- PROY-NOM-022-PESC-1994. Que establece las regulaciones de higiene y su control, así como la aplicación del sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en las instalaciones y procesos de las granjas acuícolas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de enero de 1995.

20. Conclusiones

Tomando en cuenta todo lo expuesto en la presente propuesta, se considera que el desarrollo del proyecto acuícola a través de la implementación del sistema Acuapónico, generará beneficios significativos en los aspectos socioeconómicos de la comunidad. Particularmente se espera un mejoramiento en la calidad de vida de las familias de los productores de la comunidad de Andrés Quintana Roo, ya que se considera técnica y económicamente viable la integración de la acuicultura dentro de sus actividades productivas, lo que generará empleos directos e indirectos y promoverá la producción de hortalizas y peces para autoconsumo y comercialización bajo un esquema de sustentabilidad, permitiendo un incremento en la derrama económica.

ECONCIENCIA dará seguimiento a las acciones realizadas y por realizar, para lo cual está en pláticas con varias instituciones y organizaciones para dar continuidad al proceso. De la misma manera se estará asesorando al grupo y se sumará personal especializado requerido para lograr mantener el buen funcionamiento de la granja, todo en coordinación y con la participación directa del personal de la dirección de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, como se ha hecho desde los inicios del proyecto. La dirección de la RB de Sian Ka'an como componente medular de este proyecto deberá continuar la vigilancia y capacitación a través del Programa de Inspección y Vigilancia de esta ANP.

Si se implementan de manera correcta las medidas que se establecen en esta propuesta, los impactos (aun cuando sean mínimos, o casi nulos) ocasionados pueden ser acotados. Las medidas propuestas se orientan en fomentar el cuidado y protección del ambiente e impedir que, tanto el suelo como el agua, aire, flora y fauna, puedan ser contaminados o dañados de manera severa. Por otro lado, reforzará y apoyará la implementación de la Estrategia Nacional contra Especies Invasoras.

En cuanto a la vinculación con SENASICA para iniciar el proceso relacionado con la emisión del *certificado de sanidad de especies acuícolas*, con el que deberá contar la granja, se hará en coordinación con la Dirección de la Reserva, así se tendrán argumentos sólidos de la participación de una ANP en el desarrollo de programas de aprovechamiento de los recursos del área, utilizando las especies

21. Bibliografías

- Arauz, H.** 2011. *Manejo Integrado De Plagas y Enfermedades De Los Cultivos Acuaponícos*.
Obtenido de <http://www.acuaponiaandina.tk/article/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-los-cultivos-acuaponicos/>
- Bertsch, A.** 1998. *Manejo Integrado De Plagas Y Enfermedades De Los Cultivos Acuaponícos*.
Obtenido de <http://www.acuaponiaandina.tk/article/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-los-cultivos-acuaponicos/>
- Cabrera, L. A.** 1998. *Tilapia pilas circulares; FAO*. Obtenido de <http://teca.fao.org/es/read/3828>
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Exóticas Invasoras.** 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/estrategia.html>
- D.O.F.(Diario Oficial de la Federación).** 1994. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-020-PESC-1993, Que acredita las técnicas para la identificación de agentes patógenos causales de enfermedades en los organismos acuáticos vivos cultivados, silvestres y de ornato en México. Publicada el 7 de diciembre de 1994.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 1995. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-PESC-1994, Que regula los alimentos balanceados, los ingredientes para su elaboración y los productos alimenticios no convencionales, utilizados en la acuacultura y el ornato, importados y nacionales, para su comercialización y consumo en la República Mexicana. Publicada el 20 de enero de 1995.
- D.O.F.(Diario Oficial de la Federación).** 1995. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-022-PESC-1994, Que establece las regulaciones de higiene y su control, así como la aplicación del sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en las instalaciones y procesos de las granjas acuícolas. Publicada el 26 de enero de 1995.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicada el 6 de enero de 1997; en proyecto de modificación 5 de enero de 2018.
- D.O.F.(Diario Oficial de la Federación).** 1997. Norma Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos. Publicada el 3 de febrero de 1997.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 1998. Norma Oficial Mexicana NOM-054-ZOO-1996, Establecimiento de cuarentenas para animales y sus productos. Publicada el 8 de junio de 1998.

- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 1998. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, Que establece los Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público. Publicada el 21 de septiembre de 1998.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-061-ZOO-1999, Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal. Publicada el 11 de octubre de 2000.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000, Especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional. Publicada el 15 de junio de 2000.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Protección ambiental. Salud ambiental. Residuos peligrosos biológico-infecciosos. Clasificación y especificaciones de manejo. Publicada el 17 de febrero de 2003.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Publicada el 15 de agosto de 2003.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2004. Norma Oficial Mexicana NOM-012-ZOO-1993, Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo de estos. Publicada el 17 de enero de 1995; modificada el 27 de enero de 2004.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010 Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Publicada 10 de junio de 2015.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Publicada el 30 de diciembre de 2010.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2011. Norma Oficial Mexicana NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Publicada el 10 de febrero de 2011.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2013. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola. Publicado 9 de septiembre de 2013.

- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2014. Norma Oficial Mexicana NOM-060-SAG/PESC-2014, Pesca responsable en cuerpos de aguas continentales dulceacuícolas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Publicada el 27 de mayo de 2014.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2015. Norma Oficial Mexicana 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. Publicada 10 de junio de 2015.
- D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).** 2015. Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, Que establece los métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Publicada el 26 de agosto de 2015.
- KA'AN, S.** 1983. *Aspecto general de la biología de los recursos acuáticos respecto a el establecimiento de una Reserva de la Biosfera* (1ra ed.). MEXICO D.F.: LITUARTE S. de R.L.
- López, C. A., Carvajal, D. L. & Botero, M.C.** 2007. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa-metiltestosterona. *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias* 20: 318-326.
- Luna, R. B.** 2010. *Instalación y manejo de un sistema acuopónico a pequeña escala*. Obtenido de <http://www.acuaponiaandina.tk/article/las-bacterias-y-la-calidad-del-agua/>
- Mendoza, M. G.** 2008. *Instalación y manejo de un sistema acuopónico a pequeña escala*. Obtenido de <https://www.google.com.mx/search?ei=yYTPWoeYOsHGsqXk6aHQDQ&q=Existen+m%C3%BAltiples+problemas+asociados+al+abuso+de+agroqu%C3%ADmicos+%28Galindo%2C+2008%29.&oq=Existen+m%C3%BAltiples+problemas+asociados+al+abuso+de+agroqu%C3%ADmicos+%28Galindo%2C+2008%29>.
- Miranda, A.** 1959. *Distribución espacial de la vegetación*. Obtenido de <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/03%20Distribucion%20espacial.pdf>
- Oerke, E.-C.** 1994. *Manejo de plagas y enfermedades de los cultivos acuopónicos*. Obtenido de <http://www.acuaponiaandina.tk/article/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-los-cultivos-acuoponicos/>
- Olmsted, J. E.** 1990. *MAYA KA'AN*. Obtenido de http://mayakaan.travel/Guias/Guia_Ecoturismo/herramienta-ecoturismo-vf.pdf
- Ornat, S. L.** 1983. *MAYA KA'AN*. Obtenido de http://mayakaan.travel/Guias/Guia_Ecoturismo/herramienta-ecoturismo-vf.pdf

- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)** 2017a. Desarrollo de una propuesta técnica entre los productores para minimizar el riesgo de dispersión de Especies Exóticas Invasoras (EEI) en el sector acuícola del estado de Morelos. Mendoza Alfaro, R., S. Luna, L. Álvarez González y R. Maciel de la Garza. 326 p.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)**. 2017b. Manual de buenas prácticas para la producción de tenguayaca (*Petenia splendida*) con el método de Acuaponía. Plan de reconversión productiva de Tilapia de Mozambique por Tenguayaca en la población de Andrés Quintana Roo, comunidad limítrofe a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Proyecto **GEF 00089333** "Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". Bayona-Miramontes, A. E., Cruz-Santander, I., Briceño-Domínguez, D. R. ECONCIENCIA A.C. Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México. 58 pp.
- Rzedowski, J.** 1978. *UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN*. Obtenido de http://mayakaan.travel/Guias/Guia_Ecoturismo/Anexo4_herramienta-ecoturismo-vf.pdf
- Rodríguez-González, H., Rubio-Cabrera, S.G., García-Ulloa, M., Montoya-Mejía, M. & Magallón-Barajas, F.J.** 2015. *ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA (Oreochromis niloticus) Y LECHUGA (Lactuca sativa) EN DOS SISTEMAS DE ACUAPONÍA*. AGRO-PRODUCTIVIDAD. 8 (3): 15-19. Disponible [en línea]: http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2015/AGROPRODUCTIVIDAD_III_2015.pdf
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R.** 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2a edición. Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.
- Vazquez, L.** 2015. ¿Qué son las *bacterias nitrificantes*?. Obtenido de <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2010/07/30/que-son-las-bacterias-Nitrificantes>