GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA
MINISTERIO DE AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
MINISTRO

ACUERDO MINISTERIAL NÚMERO 280-2019

Guatemala, 18 de octubre de 2019

EL MINISTRO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

CONSIDERANDO

Que el artículo 194 literales a), f) e i), de la Constitución Política de la República de Guatemala, regula que, el Ministro debe ejercer jurisdicción sobre todas las dependencias de su Ministerio, dirigir, tramitar, resolver e inspeccionar todos los negocios relacionados con su Ministerio, y velar por el estricto cumplimiento de las leyes y la probidad administrativa, así mismo de conformidad con lo que para el efecto establece el artículo 27 literal m), de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97, del Congreso de la República de Guatemala, es atribución del Ministro dictar los Acuerdos, Resoluciones, Circulares y otras disposiciones relacionadas con el despacho de los asuntos de su ramo, conforme la Ley.

CONSIDERANDO

Que el Acuerdo Gubernativo número 50-2015, que contiene el Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establece en su artículo 5, que son atribuciones del Ministro entre otras, dictar disposiciones para descentralizar y desconcentrar actividades, funciones y procesos técnico administrativos; suscribir cuando estime necesario convenios administrativos; aprobar los diversos manuales organizativos y operativos y emitir disposiciones internas; dirigir, tramitar, resolver e inspeccionar las acciones relacionadas con su Ministerio; crear, suprimir, fusionar, reestructurar, dirigir y coordinar unidades y dependencias administrativas del Ministerio, así como administrar sus recursos financieros, humanos y físicos, ejerciendo la potestad de gobierno y en consecuencia disponiendo la actividad de los medios personales y utilización de los medios materiales.

CONSIDERANDO

Que el artículo 16 del Reglamento de Evaluación Control y Seguimiento Ambiental, contenido en el Acuerdo Gubernativo número 137-2016, establece que, "En el caso de las guías ambientales, son una herramienta, que tienen por objeto incorporar las buenas prácticas a las variables ambientales en la planificación, desarrollo y seguimiento de la gestión ambiental sectorial, como referente técnico mínimo aplicable al desarrollo de proyectos, obras, industrias o actividades de los diferentes sectores productivos del país. Se utilizan como base para la elaboración del instrumento ambiental y consecuentemente para realizar las auditorías ambientales. Serán aprobadas mediante Acuerdo Ministerial y serán revisadas cada 5 años o a solicitud del sector correspondiente a efecto de actualizarlas y armonizarlas con la legislación ambiental vigente.

El Manual que contendrá el procedimiento para la presentación y aprobación de las guías ambientales se elaborará en un plazo no mayor de 60 días contados a partir de la vigencia del presente reglamento y será aprobado por medio de Acuerdo Ministerial.

El proponente podrá, a su elección, acogerse a la guía ambiental aprobada para el efecto o solicitar al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales los términos de referencia correspondientes para la elaboración del instrumento ambiental respectivo.".

POR TANTO

En ejercicio de las funciones que establecen los artículos, 194 de la Constitución Política de la República de Guatemala; 27 literales a), f) y m), de la Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto número 114-97, del Congreso de la República de Guatemala; 5 del Acuerdo Gubernativo número 50-2015, Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; y, 16 del Reglamento de Evaluación Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo número 137-2016.

ACUERDA

Artículo 1. Aprobar la Guía Ambiental del Cultivo de Tilapia.

Artículo 2. El Viceministro Administrativo Financiero del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, bajo su estricta responsabilidad debe girar las instrucciones a donde corresponda para que se efectúen los avisos, registros y actualizaciones necesarias, para darle cumplimiento a las presentes disposiciones.

Artículo 3. La Guía Ambiental del Cultivo de Tilapia, deberá de ser utilizada en estricto apego a lo que establece el Reglamento de Evaluación Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo número 137-2016.

Artículo 4. Casos no previstos: Los casos no previstos dentro de la Guía Ambiental objeto de aprobación, serán resueltos de conformidad con el Reglamento de Evaluación Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo número 137-2016, las normas y principios del Derecho Administrativo y Ambiental y el criterio técnico de la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales de este Ministerio.

Artículo 5. Notifíquese el presente Acuerdo Ministerial al Viceministro Administrativo Financiero, al Viceministro de Ambiente, al Director de Coordinación Nacional y al Director de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, todos funcionarios del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Artículo 6. El presente Acuerdo Ministerial surte sus efectos inmediatamente.

COMUNÍQUESE

Lic. Alfonso Rafael Alonzo Vargas
Ministro
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES * MINISTRO

GUIA AMBIENTAL DEL CULTIVO DE TILAPIA

INDICE

No.		Descripción	Página
I		Acrónimos	IV
1		Introducción	
2		Objetivo	1
	2.1	Objetivo General	3
	2.2	Objetivos Específicos	3
3		Marco jurídico	3
4		Descripción del proceso productivo	4
	4.1	Proceso de producción	8
	4.2	Cultivo de Engorde	13
5		Identificación de posibles impactos	15
6		Plan de Gestión Ambiental	26
	6.1	Descripción de las medidas de mitigación	29
7		Referencias	38
			50

INDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Página
1	Leyes, reglamentos, normativas y políticas ambientales de observancia para el sector acuícola	4
2	Evaluación de impactos para proyectos de reproducción de tilapia	29
3	Evaluación de impactos para proyectos de engorde de tilapia	34

INDICE DE TABLAS

No.	Descripción	Página
1	Matriz de identificación de impactos en reproducción de tilapia	27
2	Matriz de identificación de impactos en engorde de tilapia.	28

I. Acrónimos

ANATI: Asociación Nacional de Productores de Tilapia

CEMA: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

CONADEA: Consejo Nacional de Desarrollo Agropecuario

CONAP: Consejo Nacional de Áreas Protegidas

DASV: Departamento de Auditoría, Seguimiento y Vigilancia Ambiental

DCA: Departamento de Calidad Ambiental

DDP: Dirección de Desarrollo Pecuario

DEMARDS: Departamento para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos

DIGARN: Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales

DIPESCA: Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura

DRHy-C: Departamento de Recursos Hídricos y Cuencas

DPQDP: Departamento de Productos Químicos y Desechos Peligrosos

MAGA: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación

MARN: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

USAC: Universidad de San Carlos de Guatemala

INDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Página
1	Flujograma fase de construcción de proyecto acuícola	11
2	Flujograma fase de operación de proyecto acuícola	12
3	Flujograma de proceso de operación en reproducción	14
4	Flujograma de proceso de operación en cultivo de engorde	18
5	Flujograma fase de abandono de proyecto acuícola	25

1. Introducción

La AGROCADENA de la Tilapia es un grupo de trabajo que se integró conforme el Acuerdo Gubernativo 282-2015, como instancia a nivel nacional de diálogo, consenso y coordinación bilateral con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-. La AGROCADENA de la Tilapia, articula a los agentes o actores económicos, sociales, ambientales y técnicos que intervienen en la producción, transformación, conservación, industrialización, distribución y comercialización, los proveedores de insumos y servicios, hasta satisfacer las necesidades del consumidor en los mercados nacionales e internacionales.

Por lo anterior, la AGROCADENA de la Tilapia, con la asesoría técnica de los consultores ambientales Licenciados en Acuicultura Estrella Marroquín y José Martínez Mencos, elabora y presenta la Guía Ambiental de Cultivo de Tilapia como una herramienta a través de la cual se presentan las directrices para desarrollar una actividad productiva que permita la producción de tilapia, implementando buenas prácticas en las variables ambientales, que se podrían ver afectadas negativamente en el cultivo de tilapia desde la planificación, operación y abandono de las granjas acuícolas, así como potencializar las variables positivas.

Para dar cumplimiento a la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente decreto No. 68-86 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN- y atendiendo lo que indica el Acuerdo Gubernativo Número 137-2016, que contiene el reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, del cual se emite el Acuerdo Ministerial 349-2017, que se establece el procedimiento para presentar las guías ambientales.

La guía está elaborada con el objetivo de orientar a productores de tilapia, consultores ambientales, instituciones educativas, instituciones públicas y

privadas, en la mitigación de los impactos negativos del proceso productivo y no debe de usarse como un manual o guía técnica para el manejo acuícola.

La AGROCADENA de la Tilapia, presenta la Guía Ambiental del Cultivo Acuícola de Tilapia, con el propósito que esta sea utilizada como herramienta técnica que contiene las medidas mínimas que se deben de observar en la implementación de proyectos del sector del cultivo de tilapia, así como estandarizar, homologar y armonizar la gestión ambiental del sector acuícola de la tilapia.

Cabe destacar que el cultivo de tilapia en Guatemala es una fuente de trabajo para comunidades del interior del país apoyando además a los sectores rurales más desprotegidos, como lo son la niñez y mujeres, además de un ente generador de proteína de alta calidad accesible a estas comunidades y a la población en general.

La guía se elaboró con el apoyo técnico de la Misión de Taiwán, el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA- de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura –DIPESCA-, Dirección de Desarrollo Pecuario –DDP-, Consejo Nacional de Desarrollo Agropecuario –CONADEA-, la Asociación Nacional de la Tilapia –ANATI-y el sector productivo de tilapia, con la asesoría de los consultores ambientales Licenciados en Acuicultura Estrella Marroquín y Jose Martínez Mencos.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

- Establecer los criterios técnicos mínimos que conformaran la guía ambiental para el cultivo de tilapia, la que servirá de base para el desarrollo de proyectos, obras, industrias o actividades relacionadas a los procesos piscícolas.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar una guía ambiental que sirva como instrumento técnico orientador, para la elaboración de los instrumentos ambientales, análisis de los mismos dentro del MARN y posteriores auditorías ambientales.
- La guía está elaborada para orientar a productores de tilapia, consultores ambientales, instituciones educativas, instituciones públicas y privadas involucradas en el que hacer del sector acuícola y en la mitigación de los impactos del proceso productivo.

	pecuario, hidrobiológico y forestal.
Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios Acuerdo Gubernativo 509-2001	Tiene por objeto regular los aspectos relacionados con la generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos hospitalarios así como los que se producen en las actividades normales de los centro de atención de salud, humana o animal.
Reglamento de las Descargas y Reúso de las Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos Acuerdo Gubernativo 236-2006	Tiene por objeto, establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y re uso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.
Política para el Manejo Integral de las Zonas Marino Costeras de Guatemala Acuerdo Gubernativo 328-2009	Establece los acuerdos para la utilización racional de los bienes y servicios marino costeros de la República de Guatemala
Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional y sus reformas Acuerdo Gubernativo 229-2014	Tiene por objeto regular las condiciones generales de Salud y Seguridad Ocupacional.
Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Acuerdo Gubernativo 281-2015	Su fin primordial es la gestión integral de los residuos y desechos sólidos en Guatemala, a través de la participación e involucramiento de los diversos sectores de la sociedad, partiendo del principio del desarrollo sostenible y la responsabilidad compartida.
Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental Acuerdo Gubernativo 137-2016 y sus reformas	Contiene los lineamientos, estructura y procedimientos necesarios para apoyar el desarrollo sostenible del país en el tema ambiental, estableciendo reglas para el uso de instrumentos y guías que faciliten la evaluación, control y seguimiento ambiental.
Listado Taxativo de Proyectos,	Listado que categoriza los proyectos, obras,

Obras, Industrias y Actividades Acuerdo Ministerial 199-2016	industrias o actividades según su impacto al ambiente.
Normas para Promover la Gestión Integrada de Cuencas a través de la Creación y Operación del Inventario de Usuarios del Recurso Hídrico en las Cuencas Hidrográficas de la República de Guatemala Acuerdo Ministerial 335-2016	Dictan las disposiciones generales que permiten al MARN, organizar y mantener el inventario de las personas individuales y jurídicas, públicas o privadas, que utilizan el recurso hídrico en las diferentes cuencas hidrográficas de la República.
Manual de Procedimientos para la Presentación y Aprobación de Guías Ambientales de la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales Acuerdo Ministerial 349-2017	Manual de procedimientos de la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, para la presentación y aprobación de Guías Ambientales.

Fuente: Elaboración propia

Se recomienda a todos los productores de tilapia realizar los registros de Inventario de Usuarios del Recurso Hídrico en MARN según Acuerdo Ministerial 335-2016 y una vez con aprobación de instrumento ambiental realizar registros de acuicultura en MAGA y otros que apliquen.

Por las características de la actividad acuícola, dentro de este marco jurídico cabe resaltar que todo proyecto que se establezca o desee establecer dentro de área protegida, debe de cumplir primero con lo establecido en la Ley de Áreas Protegidas, iniciando el proceso de autorización ambiental a presentar el Instrumento Ambiental que corresponda al Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP- para luego con resolución y contrato favorable, continuar el proceso en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-.

4. Descripción del proceso productivo

En Guatemala se cultiva principalmente la tilapia gris o nilotica, aunque también se cultiva la azul, mosambica y la roja, que es una variedad producto de varios cruces. A continuación, se describen las características principales del Genero Oreochromis, el cual cabe resaltar que ya se encuentra ampliamente distribuido en los cuerpos de agua de Guatemala, siendo incluso el género utilizado en programas gubernamentales y/o municipales de repoblación.

Jerarquía Taxonómica

Reino	Animalia
Subreino	Bilateria
Infrareino	Deuterostomia
Filo	Chordata
Subfilo	Vertebrata
Infrafilo	Gnathostomata
Superclase	Actinopterygii
Clase	Teleostei
Superorden	Acanthopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Labroide
Familia	Cichlidae
Genero	*Oreochromis*
Especie	*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) Tilapia Nilótica o Gris
	Oreochromis aureus (Steindachner, 1864) Tilapia Azul
	Oreochromis mossambicus (Peters, 1852) Tilapia Mosambica

Tilapia Gris (*Oreochromis niloticus*)

El cultivo se realiza en agua dulce hasta agua salobre, es un organismo bentopelágico; es principalmente diurno y se alimenta de fitoplancton o algas bentónicas, es potamódromo, con rangos de profundidad 0 - 20 m. de clima tropical con temperaturas desde los 14 ° C - 33 ° C; La longitud media de madurez es 18.6 cm en un rango 6 - 28 cm.

Países de distribución

Es nativa de África, se localiza de forma natural en los ríos costeros de Israel, cuenca del río Nilo (incluyendo el lago Albert, Edward y Tana), Jebel Marra, lago Kivu, lago Tanganyika, río Awash, varios lagos etíopes, sistema del río Omo, lago Turkana, río Suguta y lago Baringo (Ref. 2). En África occidental, la distribución natural abarca las cuencas de Senegal, Gambia, Volta, Níger, Benue y Chad, con especímenes introducidos informados de varias cuencas costeras. Ampliamente introducida para la acuicultura, con muchas cepas existentes. Las siguientes subespecies fueron reconocidas previamente: *Oreochromis niloticus baringoensis*, *Oreochromis niloticus cancellatus*, *Oreochromis niloticus eduardianus*, *Oreochromis niloticus filoa*, *Oreochromis niloticus niloticus*, *Oreochromis niloticus sugutae*, *Oreohromis niloticus tana* y *Oreohromis niloticus vulcani.*

Breve descripción morfología

Espinas dorsales (total): 15 - 18; radios blandos dorsales (total): 11-13; espinas anales: 3; rayos anales suaves: 9 - 11; vértebras: 30 - 32. diagnóstico: mandíbulas del macho maduro no muy agrandadas (longitud de la mandíbula inferior 29-37% de la longitud de la cabeza); papila genital del macho reproductor sin borlas. La característica más distintiva es la presencia de rayas verticales regulares a lo largo de la profundidad de la aleta caudal.

Ciclo de vida

La madurez sexual se alcanza de los 3 a 6 meses, dependiendo de la temperatura, alcanzando unos 30 gramos, la reproducción se produce solo cuando las temperaturas son superiores a los 20 °C, presenta varios desoves anuales, cada 30 días. Las hembras incuban huevos dentro de sus bocas (aproximadamente durante una semana) donde las larvas eclosionan y permanecen hasta que el vitelo se reabsorbe, el tamaño del huevo es de 1.5 mm, longitud larvaria en eclosión 4 mm., desova en arena firme en agua de 0,6 a 2 m de profundidad de lagos y aguas

costeras; los machos establecen y defienden el territorio que son visitados por las hembras, el cortejo dura varias horas. Un solo macho probablemente fertiliza los huevos de más de una hembra. Los huevos se arrojan en lotes en nidos poco profundos y son fertilizados por el macho. Cada lote de huevos es recogido en la cavidad oral por la hembra, quien lleva hasta 200 huevos en su boca, donde las larvas eclosionan y permanecen hasta que se absorbe el saco vitelino.

Procesos de cultivo acuícola

En la presente guía se desarrollará la descripción del proceso del cultivo de tilapia en dos actividades: reproducción y engorde, en algunos centros acuícolas se llevan a cabo las dos actividades, cabe destacar que en Guatemala como a nivel mundial, para estos procesos se emplean distintos sistemas de cultivo, los cuales no pueden enmarcarse en densidad, extensión o infraestructura, ya que se usan diversas combinaciones, entre sistemas extensivos hasta supere-intensivos, familiares hasta industriales o bien en estanques de distinto tipo y tamaño, desde unos cuantos metros cuadrados con o sin recubrimiento hasta grandes extensiones dentro de cuerpos de agua naturales como lagos o canales. Es por esto que cada productor, consultor o analista ambiental debe acoplarse a las circunstancias específicas del proyecto a implementar o evaluar.

Una vez determinada la viabilidad financiera del proyecto acuícola, se inicia con la construcción de las instalaciones de cultivo, las cuales dependerán en gran medida de la disponibilidad financiera del proponente, pero en resumen a continuación se plantean esquemáticamente, los pasos a seguir en la fase de construcción.

4.1 Proceso de producción

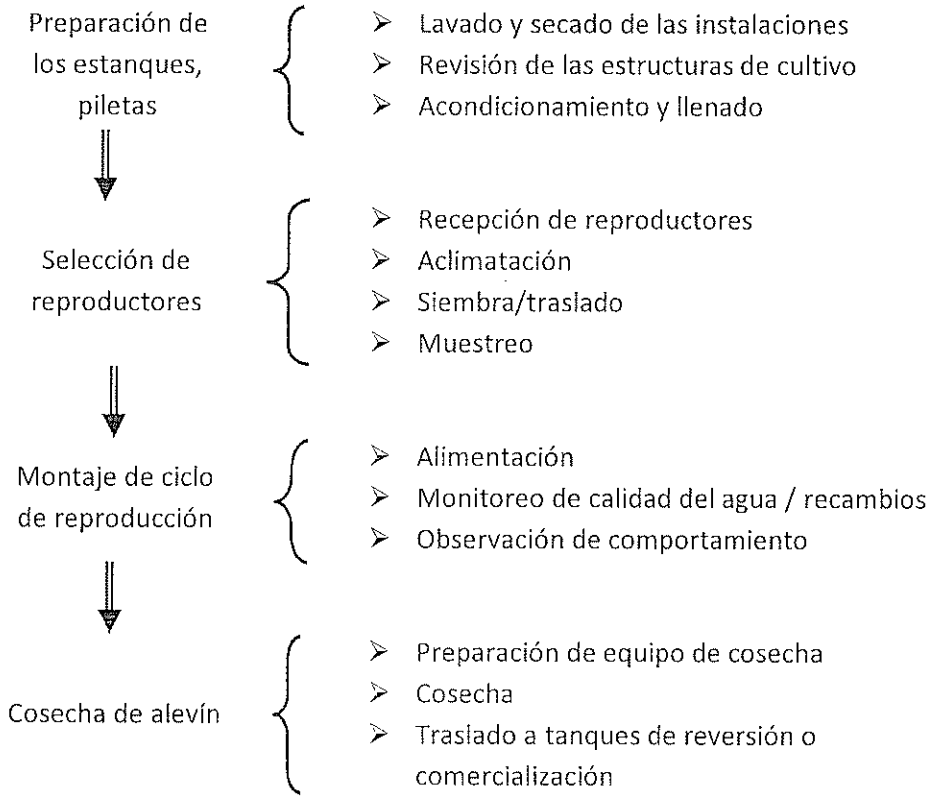
El cultivo de tilapia inicia con esta fase, utilizando para mejores rendimientos reproductores genéticamente mejorados, en granjas que cuentan con la infraestructura necesaria para la producción de alevines. Su reproducción natural se puede efectuar en estanques de tierra, de cemento o concreto y en tanques plásticos, fibra de vidrio u otro tipo de materiales. Previo a la reproducción, los reproductores de tilapia son preparados por espacio de dos a tres meses, separados por sexos y reciben una dieta rica en proteína.

Para eso se toma en cuenta sus características genotípicas (tienen que ver con los genes que transmiten la herencia que dan los padres) y fenotípicas (que dependen de rasgos físicos y visibles de aquellos que son transmitidos por los padres a su descendencia).

Luego de la preparación, se juntan reproductores hembras – machos, en relación de 1 a 1 hasta 10 a 1 en un mismo lugar, que puede ser un estanque solo de tierra, con recubrimiento plástico, concreto u otro tipo de estructura como piletas o tanques de diversos materiales, pero que cuenten con un fitoplancton abundante.

En aproximadamente 2 semanas, basándose en la observación diaria, se podrán ver las larvas o alevines pequeñitos en cardúmenes reducidos; en cantidad a primeras horas de la mañana nadando por la superficie y borde del estanque.

Figura No. 3: Flujograma de proceso de operación en reproducción



Fuente: Elaboración propia

Las infraestructuras de cultivo se preparan de acuerdo a cada sistema, si son estanques de tierra, concreto, plástico, piletas u otros, limpiando y sacando objetos extraños que pudieran estar en su interior. Luego se llenan a nivel apropiado. Ya revisados los estanques y sin temor de percances, pueden sembrarse los alevines para la fase de reversión o pre cría en el caso de comercialización directa.

Además, existen varias metodologías para la reversión sexual o para la producción de machos y entre estas distintas variantes, a continuación, se describirá de forma general estas metodologías.

Incubación artificial

Se inicia con la captura de las hembras que tienen la boca inflada (por la presencia de huevos), para extraerles las ovas. Estas se colocan en incubadoras las que tienen distintas formas y manejos, dependiendo del tipo de cada una.

Métodos para la obtención de alevines mono sexuales

Combinación híbrida

Organismos que proceden de la unión de dos individuos de un mismo género, pero de especies diferentes que sean compatibles genéticamente, buscando en el caso de la tilapia la producción de poblaciones de machos, así como otras características deseadas.

Reversión sexual

Se utilizan diversos productos para obtener la reversión sexual en larvas aún no diferenciadas sexualmente, llegándose a alcanzar hasta un 98% de machos. Se deberán de seguir los protocolos de manejo de los productos utilizados para la reversión sexual, así como el adecuado adiestramiento del técnico que realiza esta actividad.

4.2 Cultivo de engorde

Una de las actividades productivas más importantes a nivel mundial es la acuicultura que engloba un amplio segmento de producción, como lo es la piscicultura, el cultivo de tilapia en Guatemala se realiza en sistemas cerrados, pudiendo ser estos estanques de diversas formas en tierra y en sistemas abiertos o cuerpos de agua.

Como actividad familiar en el sector rural, el engorde de Tilapia, constituye una importante alternativa para producir especies de interés comercial, como por ejemplo la Tilapia. Para tener una buena producción es necesario realizar prácticas adecuadas de manejo, empleando condiciones sanitarias e higiénicas apropiadas,

considerando el tipo de alimento, pueden ser: a) natural, encontrados en el mismo medio (fitoplancton y zooplancton) y b) procesado (balanceado). Por intermedio de la técnica del sexado, se puede seleccionar en forma homogénea un alto porcentaje de peces machos, facilitando el engorde, la cosecha y la comercialización de la Tilapia.

El sistema de producción que se utiliza podría ser el extensivo, semi-intensivo a intensivo de acuerdo a la aplicación de tecnología, por ejemplo, la cantidad de racionamiento del alimento artificial o balanceado y al número de organismos por metro cuadrado. Se debe considerar que, al formar una unidad productiva para Tilapia, se necesitan uno o varios recintos acuáticos o estanques que deben estar construidos adecuadamente, de tal modo que sustenten a la cantidad de peces/m^2, en etapa de terminación, siendo importante controlar la entrada y salida del agua en los estanques.

Se debe de aprovechar en forma racional uno de los recursos naturales más preciados que se dispone, "el agua", para la producción de carne de Tilapia, que es rica en proteínas, vitaminas y minerales.

En los medios rurales, la piscicultura puede constituirse como una de las alternativas válidas para combatir la pobreza, utilizando mano de obra familiar o local. Por ese motivo se debe de poner empeño, para que esta producción se incremente, sea sostenible, a la vez sirva para el autoconsumo y como medio generador de ingresos.

El cultivo de tilapia como se indicó anteriormente, se clasifica en: cultivo extensivo, cultivo semi-intensivo, cultivo intensivo y cultivo super-intensivo, existen varios tipos o formas de clasificación, pero por lo general se dividen por el número de organismos cultivados por metro cuadrado, aunque también depende de la

extensión, la tecnificación en cuanto alimentación, aireación, el manejo de agua, el tipo de infraestructura estanques piletas, entre otros factores de manejo.

Cultivo extensivo

El cultivo extensivo requiere escasa inversión, principalmente porque se obtiene del medio en que se desarrolla un importante porcentaje de nutrientes, necesarios para su dieta. Para la estimulación de la productividad primaria del sistema, es común hacerlo mediante la fertilización orgánica. Las densidades de cultivo son bajas de o menores a 3 peces/m^3, dependiendo del tamaño comercial establecido.

Cultivo semi-intensivo

El cultivo semi-intensivo, requiere recambios de agua periódicos, siempre será necesario incorporar sistemas de filtración, para eliminar especies ajenas al cultivo. La alimentación, consiste en suministrar alimento artificial, con niveles de proteína acorde a la etapa del ciclo. La densidad de cultivo puede llegar hasta 12 peces/m^3.

Cultivo intensivo

En el cultivo intensivo, las densidades de siembra de los peces rondan entre 50 peces/m^3, se requieren estanques de concreto, aunque pueden emplearse estanques con fondo de tierra, siempre y cuando se le incorpore un sistema de aireación y programas eficientes de alimentación con supervisión técnica. Este sistema está condicionado por la disponibilidad y calidad del agua. También es necesario contar con fuentes de agua suficiente y de buena calidad, sistemas de bombeo y aireación que garanticen la producción. La alimentación se basa en concentrados balanceados en un 100%, el alimento (harinas, pellet, granulado, etc) debe concordar con el tamaño del pez.

Cultivo super-intensivo

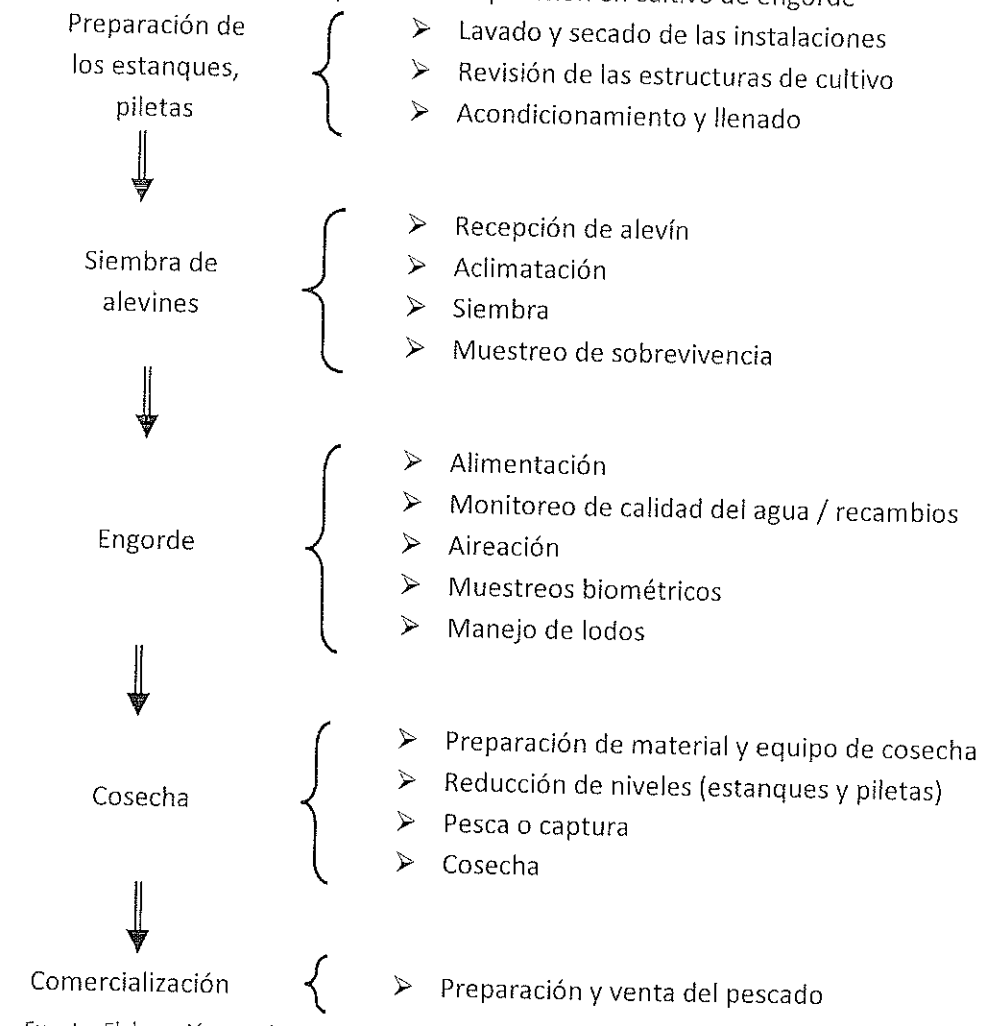
En el cultivo super-intensivo por lo general se usan estanques revestidos, los recambios de agua son continuos y/o aireación mecánica constante.

densidades de cultivo son mayores a 50 peces/m^3. La alimentación se basa en concentrados balanceados en un 100%, la presentación del alimento (harinas, pellet, granulado, etc) debe concordar con el tamaño del pez.

Actividades generales de manejo de un proyecto acuícola:

a. Preparación de los estanques piletas
b. Siembra
c. Engorde
d. Cosecha
e. Comercialización

Figura No. 4: Flujograma de proceso de operación en cultivo de engorde



Fuente: Elaboración propia

a. Preparación de los estanques, piletas

Posteriormente a la cosecha o al iniciar operaciones, se procede a preparar los estanques para el siguiente cultivo. A continuación, se describen las actividades generales necesarias para dicha preparación:

Lavado de superficies: se deben de lavar las superficies de forma manual con cepillo, para desinfectar todas las áreas de los estanques, piletas como una medida profiláctica, no es necesario el uso de productos químicos o de ningún otro tipo para este lavado, el cual es un proceso físico de raspado de superficies.

Secado: se limpian las entradas y salidas de estanque o piletas (eliminación de cualquier material que se haya adherido a las paredes). En este momento se aprovecha para hacer cualquier tipo de reparación en la infraestructura. Se limpian e inspeccionan las tuberías utilizadas en las entradas y salidas y se reparan los filtros o mallas todos estos procesos con cepillo de forma manual para finalmente secar los estanques o piletas.

Acondicionamiento y llenado de estanques: antes de llenar los estanques o piletas es necesario colocar filtros de compuerta para evitar el ingreso de fauna y material alógeno si se utiliza un cauce natural, chequeo de parámetros para siembra: temperatura, oxígeno entre otros y fertilización de ser necesario para su acondicionamiento.

b. Siembra

Inicialmente en la recepción se hace un chequeo de los alevines, éstos son el pilar fundamental del cultivo de tilapia. Es necesario contar con la cantidad requerida, así como con una buena calidad. Los alevines deben ser organismos de buena calidad y genética, en donde se les evalúa las condiciones de movilidad, alimentación, coloración, salud, entre otros.

Previo a liberar los alevines al medio de cultivo se debe de realizar una aclimatación, la cual consiste en dejarlos en las bolsas de trasporte durante un periodo de tiempo dentro del sitio de cultivo, vertiendo agua del medio a la bolsa y chequeando la temperatura hasta que esta se equipare, luego pueden ser liberados para concluir con la siembra.

Para verificar el proceso de siembra se deben de realizar muestreos de sobrevivencia, los cuales pueden ser en bolsos de malla, dentro del sitio de siembra o bien en frascos conteniendo un número conocido de alevines, los cuales se chequean todos los días para ver su supervivencia, por un periodo de 1 a 7 días aproximadamente.

c. Engorde

Este proceso tiene una duración desde cuatro hasta seis meses de acuerdo a la talla que sea requerida, entre otros factores como lo pueden ser, la temperatura, la calidad del agua, el tipo de alimento, etc. En esta etapa se contempla la operación de todo proyecto acuícola y las actividades que se suelen llevar a cabo durante esta fase son las siguientes:

- Alimentación
- Monitoreo de calidad del agua / recambios
- Aireación
- Muestreos biométricos
- Manejo de lodos

- **Alimentación**

La alimentación suplementaria representa más del 50% de los costos variables del cultivo. Se utilizan alimentos generalmente con 28 y 45% de proteína. Esta práctica repercute directamente en la rentabilidad de la operación productiva, así

como en el grado de impacto en los ecosistemas receptores de las aguas de descarga. En las granjas se debe recibir alimento periódicamente, para evitar su almacenamiento por períodos prolongados y así evitar su descomposición.

Son cinco los factores que se deben analizar con respecto a la alimentación: formulación y el contenido de nutrimentos; manufactura y características físicas; manejo y almacenamiento; regímenes y prácticas de alimentación; calidad ambiental y disponibilidad de alimento natural. La alimentación debe reflejarse en un crecimiento más acelerado, sobrevivencia y producciones más altas y mejores tasas de conversión alimenticia.

Después de transcurrido el primer mes se pueden utilizar comederos artesanales o industriales, que permita que las tilapias se alimenten de manera *ad libitum*, es decir a voluntad, el consumo es en base a los requerimientos diarios de cada cultivo.

El uso de adecuadas prácticas de alimentación es indispensable para lograr un óptimo consumo y aprovechamiento, de lo contrario se puede provocar estrés, menor crecimiento y susceptibilidad a enfermedades. La sobrealimentación produce eutrofización y florecimiento de algas. Y los desechos de lo no consumido es una de las principales causas del deterioro de la calidad del agua: bajas de oxígeno, con alto contenido de amonio, metano y ácido sulfhídrico entre otros.
El mejor alimento que se puede proporcionar, es aquel que cubre los requerimientos nutricionales del organismo cultivado alterando lo menos posible la calidad del agua y sedimento del estanque e impactando en la menor medida el ecosistema en donde la descarga es vertida.

- **Monitoreo de la Calidad del Agua**

La misma debe ser de una buena calidad, sin embargo, siempre deben de monitorearse sus condiciones para asegurar su calidad, tanto de ingreso como de salida y que no tenga sustancias tóxicas o nocivas para las tilapias o el ambiente, en cumplimiento del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Ac. Gub. 236-2006 , cuando no cumple con este se detiene el ingreso o egreso del agua. Se recomienda muestrear periódicamente la temperatura y pH, de ser posible muestreos de nutrientes. Diariamente se puede monitorear el oxígeno disuelto, y en base al mismo programar recambios, los muestreo requeridos por ley se describen en el Ac. Gub. 236-2006 o las disposiciones o modificaciones que se implementen en el futuro.

Los cultivos acuícolas con un buen manejo, pueden semejarse a sistemas de lagunas de tratamiento de aguas residuales, mejorando muchas veces la calidad del agua, pero no deben de confundirse o manejarse como estos.

- **Aireación**

Para la oxigenación o incorporación de aire, se utilizan aireadores o blowers dentro de los cultivos, dependiendo de la densidad de siembra y del ciclo productivo. A mayores densidades de cultivo mayores son las necesidades de aireación. Generalmente estos son utilizados cuando la etapa de engorde ya se encuentra por finalizar, debido al incremento en la demanda de oxígeno.

- **Muestreos biométricos**

Se realizan muestreos de crecimiento periódicamente durante el proceso de engorde, tomando una muestra de animales por cada cultivo para determinar el desarrollo y el peso de la población. Se evalúa el crecimiento (peso), para calcular la cantidad de alimento a suministrar con base en el peso de los organismos y cálculo de la biomasa.

Se observa la salud de los peces. Las enfermedades son uno de los mayores retos en la industria acuícola, en especial cuando el cultivo se intensifica, por ello se debe evaluar las condiciones de los organismos para la prevención y control de enfermedades.

- Manejo de Lodos

Los lodos que se generan y se sedimentan en las unidades de cultivo deben ser evacuados en intervalos de tiempo según la carga de sólidos que reciban. El grado de estabilización del mismo generalmente permite la disposición en campo o en relleno sanitario, siempre y cuando cumplan con lo establecido en el artículo 42 del Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Ac. Gub. 236-2006, para el caso de los cultivos de tilapia, estos lodos no contienen contaminantes o descargas de aguas negras o grises, por lo cual pueden ser dispuestos perfectamente en campos para el uso en agricultura, mejoramiento de suelos de uso forestal, rellenos sanitarios, etc. Una vez evacuada el agua de las unidades de cultivo, se deja secar el fondo, exponiéndolo al sol o hasta que puede ser conducido al sitio de disposición final. Esta acción debe programarse para la temporada del año en que no se presentan lluvias (estiaje).

d. Cosecha

Las cosechas pueden realizarse de forma parcial y total. Se realizan parciales cuando los organismos alcanzan una talla comercial o lo que requiera el productor, esto con la finalidad de bajar densidades de cultivo, para minimizar los problemas de estrés. Se realiza total cuando los organismos han alcanzado la talla deseada.

El proceso de cosecha, se realiza preparando las instalaciones con tinacos, hielo y otros utensilios de cosecha, esta actividad se realiza de manera manual utilizando atarrayas o quechas y bajando los niveles de los estanques o piletas.

Generalmente para realizar esta actividad es necesario la contratación de personal por jornal, debido a que se tiene que realizar de manera rápida ya que los productos de origen hidrobiológico son perecederos y su manipulación tiene que ser rápida para la conservación de sus características organolépticas adecuadas para su comercialización.

e. Comercialización

Las tilapias luego de la cosecha pueden ser evisceradas y colocadas en hielo, para su posterior traslado a las áreas de comercialización, pero también se comercializan enteras, dependiendo lo solicitado por el mercado y el volumen.

f. Equipo Utilizado

En un proyecto acuícola se utiliza en las diferentes actividades el siguiente equipo: lancha, atarrayas, trasmallos, oxímetro, escobas, quechas, canastas, tablas de alimentación, pesas, cubetas, bombas achicadoras, sistemas de aireación, planta generadora de electricidad, calculadora, material de oficina y registros, entre otros.

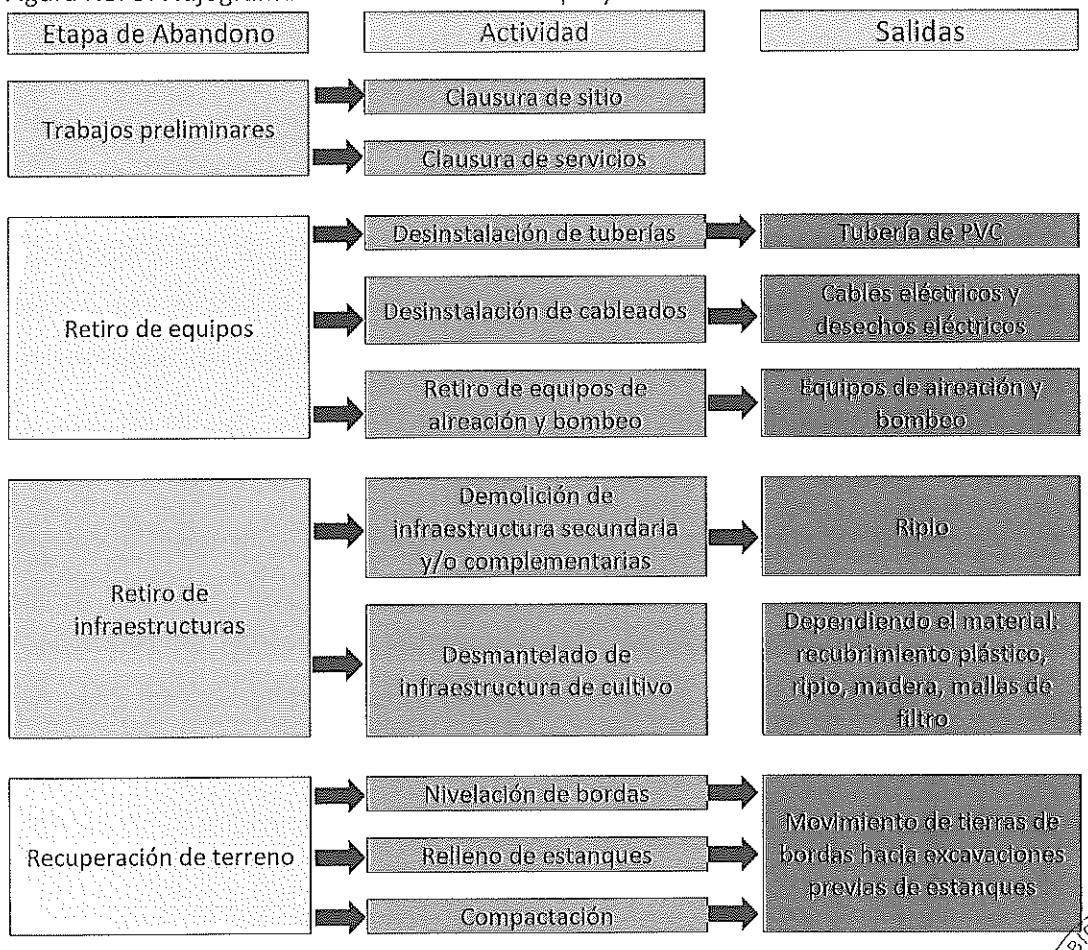
Una vez terminada la vida útil del proyecto acuícola, se deberá de proceder con la fase de abandono, para esto debe de tomarse en cuenta que existen en general dos vías principales de implementar esta fase, la primera que es la venta de las instalaciones si la vida útil de los equipos e instalaciones todavía lo permiten y el motivo de cierre es la viabilidad financiera del proponente, en este caso no se procede a retirar o desmontar equipo ni a demoler, esta fase siempre es una mejor opción que el cierre definitivo, ya que permite que una nueva empresa se haga cargo de las operaciones y se prosiga con generar empleo, el uso de las instalaciones y equipos y la generación de fuentes de proteína de buena calidad, para esto el nuevo proponente deberá de proceder como lo indica la ley y realizar

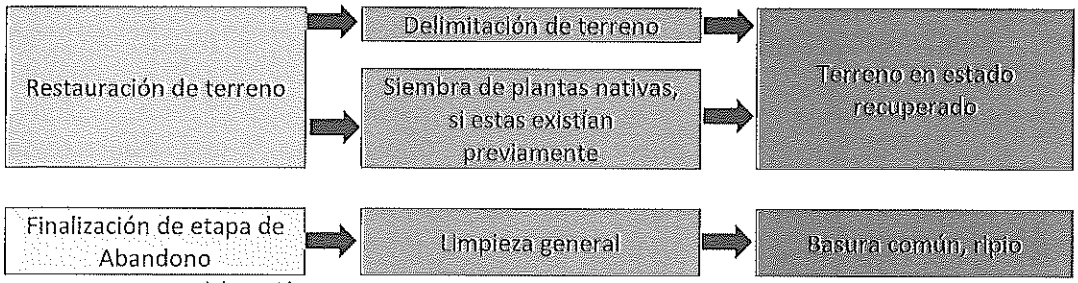
todas las gestiones para obtener sus nuevos permisos que la ley en materia ambiental vigente le exija.

La segunda opción es el cierre definitivo de operaciones, lo que implica restaurar el sitio a su estado original o bien la implementación de un nuevo proyecto productivo, para lo cual también el nuevo proponente deberá de proceder como lo indica la ley y realizar todas las gestiones para obtener sus nuevos permisos que la ley en materia ambiental vigente le exija.

Si la opción es el cierre definitivo, a continuación, se plantean esquemáticamente, los pasos a seguir en la fase de abandono.

Figura No. 5: Flujograma fase de Abandono de proyecto acuícola





Fuente: Elaboración propia

5. Identificación de posibles impactos

La metodología que fue utilizada en la identificación de impactos es la elaboración de una matriz de interacción, la cual consiste en cruzar un listado de acciones de la actividad acuícola con otro de factores ambientales, los que son relacionados en un diagrama matricial. La matriz simplemente identifica la existencia o no de la interacción, y sirve como insumo para la posterior evaluación de las interacciones identificadas.

Las matrices son muy útiles cuando se desea identificar el origen de ciertos impactos, aunque tienen limitaciones cuando se trata de establecer interacciones entre varios efectos, definir impactos secundarios o terciarios y cuando se intenta realizar consideraciones temporales o espaciales. Una matriz de causa-efecto o de interacción asegura que se están incluyendo en la evaluación del impacto ambiental todas las interacciones relevantes, evitando asignar un gran esfuerzo para recopilar e interpretar información para interacciones no existentes o insignificantes con respecto a los objetivos de una actividad acuícola, en este caso.

Se use o no, una matriz de interacciones para establecer las relaciones causa-efecto, siempre será necesario establecerlas para darle un real contenido a la evaluación en un instrumento ambiental.

A continuación, se presentan las matrices de interacción indicando con un cheque la existencia de interacciones entre las actividades de un proyecto acuícola

promedio y los factores ambientales, para los proyectos acuícolas de reproducción y de engorde respectivamente.

Tabla No. 1: Matriz de identificación de impactos en reproducción de tilapia.

ETAPAS DEL PROYECTO	COMPONENTE AMBIENTAL	RECURSOS HÍDRICOS		ATMÓSFERA		SUELO			MEDIO BIOLÓGICO		SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL			
	VARIABLE AMBIENTAL AFECTADA / ACTIVIDADES DEL PROYECTO	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Calidad del aire	Sonoro	Relieve	Uso	Mejoramiento de suelos	Flora	Fauna	Demanda de servicios	Salud y seguridad	Empleo	Paisaje
CONSTRUCCIÓN	Limpieza y preparación del terreno	✓		✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
	Movimiento de tierras	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
	Excavación	✓	✓		✓	✓						✓	✓	
	Compactación de tierras	✓	✓				✓						✓	
	Acopio de materiales de construcción	✓	✓	✓								✓		✓
	Construcción de infraestructura		✓		✓		✓					✓	✓	✓
	Construcción de canales , embalses y estanques de reproducción	✓	✓		✓	✓						✓	✓	✓
OPERACIÓN	Recepción de reproductores de tilapia	✓								✓		✓	✓	
	Uso del recurso hídrico	✓	✓						✓	✓	✓			
	Reproducción de tilapia	✓	✓		✓					✓	✓		✓	
	Mantenimiento reproductores y alevines de tilapia, uso de alimentos balanceados	✓	✓						✓	✓			✓	
	Técnicas de reversión sexual	✓								✓		✓		
	Generación de oxígeno en estanques por medios externos	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Manejo de laboratorio	✓	✓						✓	✓	✓	✓	✓	
	Generación de aguas residuales y lodos	✓	✓	✓					✓	✓		✓		✓

ETAPAS DEL PROYECTO	COMPONENTE AMBIENTAL	RECURSOS HÍDRICOS		ATMÓSFERA		SUELO			MEDIO BIOLÓGICO		SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL			
	VARIABLE AMBIENTAL AFECTADA / ACTIVIDADES DEL PROYECTO	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Calidad del aire	Sonoro	Relieve	Uso	Mejoramiento de suelos	Flora	Fauna	Demanda de servicios	Salud y seguridad	Empleo	Paisaje
ABANDONO	Relleno de estanques y remoción estructuras		✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
	Cancelación de servicios										✓	✓	✓	✓
	Disposición de residuos	✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Reactivación proyecto acuícola	✓	✓				✓				✓	✓	✓	
ACTIVIDADES INDUCIDAS	Comercialización de alevín de tilapia			✓						✓		✓	✓	
	Transporte de productos y subproductos										✓	✓	✓	
	Mejoramiento genético	✓	✓							✓	✓	✓		

Elaboración propia

Tabla No. 2: Matriz de identificación de impactos en engorde de tilapia.

ETAPAS DEL PROYECTO	COMPONENTE AMBIENTAL	RECURSOS HÍDRICOS		ATMÓSFERA		SUELO			MEDIO BIOLÓGICO		SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL			
	VARIABLE AMBIENTAL AFECTADA / ACTIVIDADES DEL PROYECTO	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Calidad del aire	Sonoro	Relieve	Uso	Mejoramiento de suelos	Flora	Fauna	Demanda de servicios	Salud y seguridad	Empleo	Paisaje
CONSTRUCCIÓN	Limpieza y preparación del terreno	✓		✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
	Movimiento de tierras	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
	Excavación	✓	✓		✓	✓						✓	✓	
	Compactación de tierras	✓	✓				✓						✓	
	Acopio de materiales de construcción	✓	✓	✓								✓		✓
	Construcción de infraestructura		✓		✓		✓					✓	✓	✓

ETAPAS DEL PROYECTO	COMPONENTE AMBIENTAL / VARIABLE AMBIENTAL AFECTADA / ACTIVIDADES DEL PROYECTO	RECURSOS HÍDRICOS		ATMÓSFERA		SUELO			MEDIO BIOLÓGICO		SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL			
		Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Calidad del aire	Sonoro	Relieve	Uso	Mejoramiento de suelos	Flora	Fauna	Demanda de servicios	Salud y seguridad	Empleo	Paisaje
OPERACIÓN	Construcción de canales, embalses y estanques de cultivo	✓	✓		✓	✓						✓	✓	✓
	Siembra de tilapia	✓								✓		✓	✓	
	Uso del recurso hídrico	✓	✓						✓	✓	✓			
	Engorde de tilapia uso de alimentos balanceados	✓	✓						✓	✓			✓	
	Generación de oxígeno en estanques por medios externos	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Cosecha de tilapia	✓	✓	✓						✓		✓	✓	
	Generación de aguas residuales y lodos	✓	✓	✓					✓	✓		✓		✓
ABANDONO	Relleno de estanques y remoción estructuras		✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
	Cancelación de servicios										✓	✓	✓	✓
	Disposición de residuos	✓		✓				✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Reactivación proyecto acuícola	✓	✓				✓				✓	✓	✓	
ACTIVIDADES INDUCIDAS	Comercialización de tilapia			✓								✓	✓	
	Transporte de productos y subproductos										✓	✓	✓	
	Seguridad alimentaria									✓		✓		

Elaboración propia

6. Plan de Gestión Ambiental

Una vez identificados los impactos ambientales que pueden generar las actividades realizadas en un proyecto acuícola en sus dos categorías, de reproducción y de engorde, se presenta una descripción a detalle de estos, resaltando las medidas que pueden establecerse para su mitigación para la elaboración de un Plan de

Gestión Ambiental, tomando en cuenta que esto debe de basarse en dos factores primordiales: tipo de cultivo y extensión del proyecto.

De los impactos identificados, debe de tomarse en cuenta que uno de los principales recursos impactados es el hídrico, sin embargo, este solo es empleado como medio de cultivo y que en la mayoría de los casos el recurso regresa al cuerpo de agua de donde se tomó (uso no consuntivo), también debe de tomarse en cuenta que los proyectos acuícolas reducen en algunos casos los parámetros de descarga establecidos, por el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Ac. Gub. 236-2006, además de ser una fuente generadora de trabajo a nivel rural y una fuente de proteína de buena calidad de acceso para comunidades rurales.

Cuadro No. 2: Evaluación de impactos para proyectos de reproducción de tilapia

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño	Síntesis del compromiso ambiental
RECURSOS HÍDRICOS	Materiales de construcción	Contaminación de cuerpos de agua	Protección de materiales e insumos de construcción	Durante la construcción en el acopio de materiales	No Aplica	Evitar infiltración o escorrentía de materiales de construcción
	Preparación del terreno para la construcción	Alteración de recarga hídrica al manto freático	Cultivos de alto rendimiento en cultivos intensivos	Durante la construcción	No Aplica	Aprovechamiento al máximo del área de cultivo afectada
	Derivación de cuerpos de agua	Alteración del cauce del cuerpo de agua	Retornar el agua al mismo cuerpo de agua	Durante la construcción y durante las operaciones	No Aplica	Retorno del máximo caudal al entorno natural
	Aprovechamiento del agua como medio de reproducción	Reducción del recurso hídrico para el uso en otras actividades	Utilización de aireación para reducción en recambios de agua	Durante la operación Cuando la biomasa requiera el uso de aireación para incrementar los niveles de oxígeno disuelto en el medio de cultivo	Registro de Operación, cuando aplica la reproducción	Reducción en el uso de agua como medio de reproducción
			Adecuado manejo de sistemas de salida de agua	Durante todo el ciclo de cultivo		Reducción en el uso de agua como medio de cultivo

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño	Síntesis del compromiso ambiental
	Aplicación de alimentos	Deterioro de la calidad del agua	Uso de alimentos balanceados	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No afectar la calidad del agua
	Utilización de productos para reversión		Protocolos de manejo de productos	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No afectar la calidad del agua
	Alta densidad / biomasa		Uso de sistemas de aireación	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Mejoramiento de la calidad del agua
	Operación de equipos a base de hidrocarburos	Contaminación del agua	Mantenimiento y vigilancia de equipos de bombeo	Durante la construcción y operación	Registro de Operación, cuando aplica	Protección del recurso hídrico
	Llenado de estanques	Infiltración de agua de cultivo en suelos para recarga hídrica	Estanques de tierra sin recubrimiento	Durante la construcción	No Aplica	Recarga hídrica del manto freático
	Generación de aguas residuales	Contaminación de cuerpos de agua	Manejo eficiente del sistema de reproducción	Permanentemente durante el las operaciones de reproducción	Registro de Operación, cuando aplica	Cumplir con el Ac. Gub. 236-2006
			Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales de sanitarios, oficinas administrativas, laboratorio y otros que operen en el proyecto acuícola.	Durante todas las fases del proyecto	No Aplica	Cumplir con el Ac. Gub. 236-2006
	Finalización de operaciones	Restablecimiento del entorno natural	Remoción de estructuras relleno de excavaciones	Durante el abandono	No Aplica	Cumplimiento ambiental
		Reutilización de instalaciones	Mejoramiento y reactivación de instalaciones para proyecto acuícola, traspaso de compromisos ambientales	Durante el abandono	No Aplica	Reutilización de instalaciones abandonadas
ATMOSFERA	Movimiento de Tierras	Generación material particulado	Homogenizar suelo, por medio de riego	Durante la construcción	No Aplica	Evitar molestias respiratorios en trabajadores y población cercana
	Construcción de instalaciones	Ruido por trabajos de construcción	Trabajo en horas hábiles	Durante la construcción	No Aplica	Evitar molestias auditivas en trabajadores y población cercana
	Implementación de sistemas de aireación	Generación de ruido por funcionamiento de sistemas de	Mantenimiento de equipos, uso bajo programación, en	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Evitar el sobre uso de sistemas Evitar molestias innecesarias en

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño	Síntesis del compromiso ambiental
		aireación	base a monitoreo de biomasa y calidad del agua			trabajadores y población.
SUELO	Implementación del proyecto de reproducción acuícola	Cambio de uso del suelo	Implementación de proyectos en zonas de uso agropecuario	Durante la construcción	No Aplica	Aprovechamiento de suelos con potencial acuícola
		Industrialización de zonas agropecuarias	Mejora genética para un mejor aprovechamiento de suelos por mejor rendimiento por Ha	Durante la operación	No Aplica	Máximo aprovechamiento de suelos
	Construcción de infraestructura	Modificación del relieve y alteración del paisaje	Implementación de proyectos en zonas con potencial para acuicultura	Durante la construcción	No Aplica	Compatibilidad con el entorno agropecuario
	Uso de sistemas de aireación	Incorporación de nutrientes al suelo al mejorar la calidad de agua por actividad microbiana aeróbica	Retorno de lodos o sedimentos al medio terrestre	Durante la operación	No Aplica	Mejoramiento de suelos para uso forestal y/o agropecuario por incorporación de lodos de alta calidad orgánica.
	Desechos derivados del uso de hidrocarburos	Contaminación del suelo o el entorno	Disposición adecuada de residuos	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	No contaminación del entorno.
MEDIO BIOLÓGICO	Implementación de proyecto acuícola	Alteración de flora y fauna de interés biológico	Selección de terrenos de uso agropecuario aptos para acuicultura	Durante la construcción	No Aplica	No alteración de flora y fauna en ecosistemas sensibles o de interés ecológico
		Alteración de ciclos de vida de fauna local	Altas medidas de seguridad para evitar fuga de organismos	Durante la operación en el manejo de los sistemas de reproducción	No Aplica	Evitar la competencia de organismos para cultivo con fauna acuática local
	Uso del recurso hídrico	Disminución del medio acuático como hábitat para especies de flora y fauna silvestres	Retorno del recurso hídrico sin contaminantes al cuerpo de agua original	Durante la operación	No Aplica	Retorno de agua de buena calidad al medio natural
	Reproducción de tilapia	Reducción de pesca sobre fauna silvestre	Utilización de reproductores de sistemas de cultivo con genética de alta calidad de engorde	Durante la operación en el levantamiento de reproductores	Registro de Operación, cuando aplica	Protección de especies locales al reducir la actividad de pesca de organismos silvestres
	Comercialización de alevines de tilapia	Protección de fauna local	Uso de tilapia para reproducción	Durante la operación en la obtención de	Registro de Operación, cuando aplica	

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño	Síntesis del compromiso ambiental
				reproductores		
	Utilización de productos para reversión	Riesgo de afectar la fauna	Protocolos de manejo de productos	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No afectar la fauna silvestre
	Operación de Bombas para llenado de estanques	Pérdida de biodiversidad	Rejillas y filtros	Durante la operación en bombeo para llenado de estanques y piletas	Registro de Operación, cuando aplica	Protección de la fauna acuática del cuerpo de agua natural
	Carga de contaminantes del Afluente	Salud y vida de los organismos de cultivo, tilapia	Monitoreo y vigilancia del afluente	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Evitar enfermedades y mortalidad
	Generación de aguas residuales	Contaminación de cuerpos de agua	Correcta utilización de productos orgánicos o inorgánicos que alteren la flora y/o fauna silvestre	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No se altera el medio acuático en donde habitan especies silvestres de flora y fauna
	Disposición de residuos	Contaminación del entorno con desechos sólidos	Programa de disposición de desechos sólidos	Durante todas las fases del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	La flora y fauna no se ven afectados por desechos sólidos generados por el proyecto
		Contaminación del entorno con animales muertos	Enterrar organismos muertos por cualquier causa, en un lugar adecuado.	Durante la operación	No Aplica	La fauna no se ve afectada por enfermedades
SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL	Implementación del proyecto de reproducción acuícola	Alteración del relieve	Implementación en áreas de uso agrícola aptas para el cultivo acuícola	Durante la construcción	No Aplica	No alterar el ritmo de vida de comunidades locales
		Accidentes laborales	Supervisión de trabajos de construcción	Durante la construcción	Registro de Operación, cuando aplica	Salud y seguridad industrial del personal a cargo de la construcción
		Demanda de servicios	Optimización en el uso de recursos	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	No existe mal uso de recursos
		Toma de agua / bombeo	Establecimiento de estación de bombeo	Durante la construcción y operación	No Aplica	No se sobrecargan los servicios de agua potable
		Generación de empleo	Contratación de Personal	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Apoyo en el mejoramiento socioeconómico del área directa de influencia

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño	Síntesis del compromiso ambiental
	Infraestructura	Alteración del paisaje	Mantenimiento de infraestructura del proyecto	Durante la operación del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Instalaciones que no alteran de forma negativa el paisaje local
	Comercialización local de alevines de tilapia	Mejoramiento de la producción acuícola local	Venta local de alevines de tilapia	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Contribución a producción acuícola local con mejores rendimientos
		Activación económica	Venta local de alevines de tilapia	Durante la operación del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Apoyar a la economía local
		Organismos mejor adaptados a los procesos de cultivo acuícola	Utilización de reproductores certificados	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Optimización del uso de recursos y servicios al contar con organismos, más resistentes y de mejor rendimiento
	Residuos / desechos sólidos	Contaminación del entorno	Programa de manejo de desechos sólidos	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Plan de disposición de desechos para no contaminar el entorno
	Utilización de productos para reversión	Riesgo de afectar la salud humana	Protocolos de manejo de productos	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No afectar la salud humana
	Traslado de alevines de Laboratorio a granjas de cultivo.	Accidentes	Utilización de vehículos en condiciones apropiadas para el traslado de alevines	Durante el traslado alevines hacia los estanques de cultivo	Registro de Operación, cuando aplica	Reducción de Accidentes
	Cierre de proyecto por finalización de operaciones	Disminución de oportunidades laborales	Reactivación de proyecto acuícola	Durante la etapa de abandono	No Aplica	No se pierden oportunidades laborales en comunidades de influencia del proyecto
		Accidentes	Clausura de sistemas e instalaciones	Durante el abandono	Registro de Operación, cuando aplica	Evitar accidentes en instalaciones en abandono
		Retorno del área del proyecto a su estado original	Nivelación de terreno y restablecimiento a su estado original	Durante el abandono	No Aplica	Restablecimiento ecológico

Elaboración propia, tomado de Guía de términos de referencia para la elaboración de un diagnóstico ambiental del MARN.

* Registros de Operación: referente al registro de toma de datos de calidad de agua, caudales, mantenimientos de motores, o los que apliquen.

Al igual que para el proceso de reproducción, a continuación, se presenta la evaluación de impactos en los procesos de cultivo o engorde de tilapia.

Cuadro No. 3: Evaluación de impactos para proyectos de engorde de tilapia

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño establecido para controlar cumplimiento	Síntesis del compromiso ambiental
RECURSOS HÍDRICOS	Materiales de construcción	Contaminación de cuerpos de agua	Protección de materiales e insumos de construcción	Durante la construcción en el acopio de materiales	No Aplica	Evitar la infiltración o escorrentía de materiales de construcción
	Preparación del terreno para la construcción	Alteración de recarga hídrica al manto freático	Cultivos de alto rendimiento en cultivos intensivos	Durante la construcción	No Aplica	Aprovechamiento al máximo del área de cultivo afectada
	Derivación de cuerpos de agua	Alteración del cauce del cuerpo de agua	Retornar el agua al mismo cuerpo de agua	Durante la construcción y durante las operaciones	No Aplica	Retorno del máximo caudal al entorno natural
	Aprovechamiento del agua como medio de cultivo	Reducción del recurso para el uso en otras actividades	Utilización de aireación para reducción en recambios de agua	Durante la operación cuando la biomasa requiera el uso de aireación para incrementar los niveles de oxígeno disuelto en el medio de cultivo	Registro de Operación, cuando aplica	Reducción en el uso de agua como medio de cultivo
			Adecuado manejo de sistemas de salida de agua	Durante todo el ciclo de cultivo	No Aplica	Reducción en el uso de agua como medio de cultivo
		Alteración del paisaje en cuerpos de agua por el uso de estanques	Mantenimiento continuo de instalaciones y equipos	Durante la instalación de estanques	Registro de Operación, cuando aplica	No alterar el paisaje de forma negativa
	Operación de equipos a base de hidrocarburos	Contaminación del agua	Mantenimiento y vigilancia de equipos de bombeo	Durante la construcción y operación	Registro de Operación, cuando aplica	Protección del recurso hídrico
	Llenado de estanques	Infiltración de agua de cultivo en suelos para recarga hídrica	Estanques de tierra sin recubrimiento	Durante la construcción	No Aplica	Recarga hídrica del manto freático
	Aplicación de alimentos en cultivos	Deterior de la calidad del agua	Uso de alimentos balanceados	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No afectar la calidad del agua
	Alta densidad / biomasa		Uso de sistemas de aireación	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Mejoramiento de la calidad del agua
	Estanques de cultivo		Alimentación frecuente	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No se desperdicia alimento que altere la calidad del agua
	Generación de aguas residuales	Contaminación de cuerpos de agua	Manejo eficiente del sistema productivo	Permanentemente durante el cultivo hasta la cosecha	Registro de Operación, cuando aplica	Cumplir con el Ac. Gub. 236-2006

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño establecido para controlar cumplimiento	Síntesis del compromiso ambiental
			Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales de sanitarios, oficinas administrativas, laboratorio y otros que operen en el proyecto acuícola.	Durante todas las fases del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Cumplir con el Ac. Gub. 236-2006
	Finalización de operaciones	Restablecimiento del entorno natural	Remoción de estructuras relleno de excavaciones	Durante el abandono	No Aplica	Cumplimiento ambiental
		Reutilización de instalaciones	Mejoramiento y reactivación de instalaciones para proyecto acuícola, traspaso de compromisos ambientales	Durante el abandono	No Aplica	Reutilización de instalaciones abandonadas
ATMOSFERA	Movimiento de Tierras	Generación material particulado	Homogenizar suelo, por medio de riego	Durante la construcción	No Aplica	Evitar molestias respiratorios en trabajadores y población cercana
	Construcción de instalaciones	Ruido por trabajos de construcción	Trabajo en horas hábiles	Durante la construcción	No Aplica	Evitar molestias auditivas en trabajadores y población cercana
	Implementación de sistemas de aireación	Generación de ruido por funcionamiento de sistemas de aireación	Mantenimiento de equipos, uso bajo programación, en base a monitoreo de biomasa y calidad del agua	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Evitar el sobre uso de sistemas Evitar molestias innecesarias en trabajadores y población
	Comercialización de tilapia	Generación de olores por eviscerado	Cosechas y venta sin eviscerar	Durante la operación en labores de cosecha parcial o total	No Aplica	Evitar la generación de desechos orgánicos
		Generación de desechos orgánicos por vísceras	Venta de producto entero o sin eviscerar	Durante la operación y cosechas parciales	No Aplica	Aprovechamiento de sub productos y mejoramiento de suelos, como para ensilado o abono, etc
SUELO	Implementación del proyecto acuícola	Cambio de uso del suelo	Implementación de proyectos en zonas de uso agropecuario	Durante la construcción	No Aplica	Aprovechamiento de suelo con potencial acuícola

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño establecido para controlar cumplimiento	Síntesis del compromiso ambiental
		Industrialización de zonas agropecuarias	Máximo aprovechamiento de suelos por mejor rendimiento por Ha	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Máximo aprovechamiento de suelos
	Construcción de infraestructura	Modificación del relieve y alteración del paisaje	Implementación de proyectos en zonas con potencial para acuicultura	Durante la construcción	No Aplica	Compatibilidad con el entorno agropecuario
	Uso de sistemas de aireación	Incorporación de nutrientes al suelo al mejorar la calidad de agua por actividad microbiana aeróbica	Retorno de lodos o sedimentos al medio terrestre	Durante la operación	No Aplica	Mejoramiento de suelos para uso forestal y/o agropecuario por incorporación de lodos de alta calidad orgánica.
	Desechos derivados del uso de hidrocarburos	Contaminación del suelo o el entorno	Disposición adecuada de residuos	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	No contaminación del entorno.
MEDIO BIOLÓGICO	Implementación de proyecto acuícola	Alteración de flora y fauna de interés biológico	Selección de terrenos de uso agropecuario aptos para acuicultura	Durante la construcción	No Aplica	No alteración de flora y fauna en ecosistemas sensibles
		Alteración de ciclos de vida de fauna local	Altas medidas de seguridad para evitar fuga de organismos	Durante la operación en el manejo de los cultivos o estanques	No Aplica	Evitar la introducción de organismos de cultivo en ambientes naturales
	Uso del recurso hídrico	Disminución del medio acuático como hábitat para especies de flora y fauna silvestres	Retorno del recurso hídrico sin contaminantes al cuerpo de agua original	Durante la operación	No Aplica	Retorno de agua de buena calidad al medio natural
	Operación de Bombas para llenado de estanques	Pérdida de biodiversidad	Rejillas y/o filtros	Durante la operación en bombeo para llenado de estanques	Registro de Operación, cuando aplica	Protección de la fauna acuática del cuerpo de agua
	Engorde de tilapia	Reducción de pesca sobre fauna silvestre	Uso de alevín de centros de producción de semilla	Durante la operación en la siembra	No Aplica	Protección de especies locales al reducir el esfuerzo pesquero
	Carga de contaminantes del Afluente	Salud y vida de los organismos de cultivo, tilapia	Monitoreo y vigilancia del afluente	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Evitar enfermedades y mortalidad
	Generación de aguas residuales	Contaminación de cuerpos de agua	Correcta utilización de productos orgánicos o	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	No se altera el medio acuático en donde habitan especies

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño establecido para controlar cumplimiento	Síntesis del compromiso ambiental
			inorgánicos que alteren la flora y/o fauna silvestre			silvestres de flora y fauna
	Disposición de residuos	Contaminación del entorno con desechos sólidos	Programa de disposición de desechos sólidos	Durante todas las fases del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	La flora y fauna no se ven afectados por desechos sólidos generados por el proyecto
		Contaminación del entorno con animales muertos	Enterrar organismos muertos por cualquier causa, en un lugar adecuado.	Durante la operación	No Aplica	La fauna no se ve afectada por enfermedades
SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL	Implementación del proyecto acuícola	Alteración del relieve	Implementación en áreas de uso agrícola aptas para el cultivo acuícola	Durante la construcción	No Aplica	No alterar el ritmo de vida de comunidades locales
		Accidentes laborales	Supervisión de trabajos de construcción	Durante la construcción	Registro de Operación, cuando aplica	Salud y seguridad industrial del personal a cargo de la construcción
		Demanda de servicios	Optimización en el uso de recursos	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	No existe mal uso de recursos
		Toma de agua / bombeo	Establecimiento de estación de bombeo	Durante la construcción y operación	No Aplica	No se sobrecargan los servicios de agua potable
		Generación de empleo	Contratación de Personal	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Apoyo en el mejoramiento socioeconómico del área directa de influencia
	Infraestructura	Alteración del paisaje	Mantenimiento de infraestructura del proyecto	Durante la operación del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Instalaciones que no alteran de forma negativa el paisaje local
	Comercialización local de tilapia	Nutrición humana	Venta local de tilapia	Durante la operación	Registro de Operación, cuando aplica	Contribución de la seguridad alimentaria con proteína de alta calidad
		Activación económica	Venta local de tilapia	Durante la operación del proyecto	No Aplica	Apoyar a la economía local
	Residuos / desechos sólidos	Contaminación del entorno	Programa de manejo de desechos sólidos	Durante todas las etapas del proyecto	Registro de Operación, cuando aplica	Plan de disposición de desechos para no contaminar el entorno

Variables ambientales afectadas	Fuente generadora del impacto	Impacto ambiental	Medidas establecidas	Etapa de implementación de las medidas	Indicador de desempeño establecido para controlar cumplimiento	Síntesis del compromiso ambiental
	Traslado de centros de reproducción a granjas de cultivo.	Accidentes	Utilización de vehículos en condiciones apropiadas para el traslado de alevines	Durante el traslado de los alevines del centro de reproducción a los estanques del Proyecto	No Aplica	Reducción de Accidentes
	Cierre de proyecto por finalización de operaciones	Disminución de oportunidades laborales	Reactivación de proyecto acuícola	Durante la etapa de abandono	Registro de Operación, cuando aplica	No se pierden oportunidades laborales en comunidades de influencia del proyecto
		Accidentes	Clausura de sistemas e instalaciones	Durante el abandono	No Aplica	Evitar accidentes en instalaciones en abandono
		Retorno del área del proyecto a su estado original	Nivelación de terreno y restablecimiento a su estado original	Durante el abandono	No Aplica	Restablecimiento ecológico

Elaboración propia, tomado de Guía de términos de referencia para la elaboración de un diagnóstico ambiental del MARN.

Cada Plan de Gestión Ambiental deberá de ir acompañado de sus planes de manejo ambiental respectivos, cronogramas para su ejecución y responsable de darle seguimiento de acuerdo a las condiciones y características de cada proyecto.

6.1 Descripción de las medidas de mitigación

Se define como medidas de mitigación al conjunto de medidas o consideraciones expuestas en forma de planes descriptivos sobre las acciones a tomar para contrarrestar y mitigar los efectos causados por los impactos adversos identificados.

Ninguna evaluación de impacto ambiental puede ser calificada como satisfactoria si no incorpora explícitamente propuestas para prevenir, neutralizar, reducir, corregir o compensar los impactos ambientales principales de un proyecto, durante las fases de la ejecución (construcción, operación y abandono) principalmente.

Es importante que las medidas de mitigación constituyan un elemento técnico integrante de la evaluación de impacto ambiental y no un mero catálogo de buenas intenciones. Son lo que le da sentido al instrumento como apoyo a la toma de decisiones.

Las alternativas de medidas de mitigación posibles incluyen las siguientes variantes:

- Eliminación, prevención o neutralización del impacto. Esto se logra al no desarrollar el proyecto o la parte del mismo que produce el impacto; al cambiar los procesos tecnológicos o al no utilizar determinados insumos.
- Minimización, mitigación o reducción del impacto. Esto se consigue al limitar el tamaño del proyecto o diseñar formas de reducir las emisiones o reformular la tecnología para optimizar la utilización de ciertos insumos.
- Rectificación o corrección del impacto. Se logra al reparar, habilitar o restaurar el medio ambiente afectado.
- Compensación del impacto. Se consigue al reemplazar o sustituir los recursos afectados.

Lo más probable es que ocurra una combinación de estos tipos de medidas.

Correspondientemente, la estrategia de manejo ambiental consiste en un conjunto de planes y procedimientos elaborados con el objeto que la obra se lleve a cabo de manera compatible con el ambiente en todas las etapas de su ejecución. También se considera en la estrategia la preparación necesaria para enfrentar situaciones anormales e imprevistas, para lo cual deben de asignarse recursos financieros por parte del productor para cubrir, las medidas establecidas y los imprevistos.

A continuación, se presentan las medidas propuestas para la mitigación de los impactos sobre los medios afectados:

MEDIDAS PARA LOS IMPACTOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO

Por ser los procesos de engorde y reproducción muy similares en cuanto a sus operaciones y actividades, las medidas sobre los impactos se describen juntas, ya que las mismas son aplicables para ambos procesos, debe de considerarse para su aplicación los recursos financieros necesarios para su implementación y cumplimiento.

Las aguas residuales de los estanques, conteniendo cargas orgánicas, son conducidas por lo general hacia un canal de cosecha o sedimentación y luego el agua es trasladada a un cuerpo de agua natural o es usada para otros fines agropecuarios como riego en otros terrenos, para que finalmente siga su curso natural, estas descargas deben de cumplir con el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, de no cumplir con estos parámetros se deberán de implementar las medidas de mitigación necesarias para el tratamiento de las aguas de descarga.

El re uso del agua para riego contribuye positivamente en el uso del recurso hídrico y en el aprovechamiento del contenido orgánico para los cultivos aledaños, sin descargar directamente el contenido orgánico generado por el cultivo de peces. Sin embargo, deberán implementarse medidas que prevengan o mitiguen dichos impactos al momento de ocurrir un accidente y el agua de descarga llegue directamente al cuerpo de agua receptor.

Los lodos por tratarse de un sistema de cultivo, que cumple en parte las funciones de una planta de tratamiento de aguas residuales, pueden ser aplicados al suelo, siempre y cuando cumplan con lo establecido en los artículos 42, 43, 44 y 49 del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Por otro lado, la captación de agua del río para su uso en los estanques resulta en la disminución del caudal disponible para los otros usos ambientales del agua. Este

aspecto también precisa de tomar las medidas del caso para minimizar su impacto en el entorno acuático, sin embargo, por ser el recurso hídrico el medio de sustento de la producción acuícola, los mismos productores se convierten en vigilantes y protectores de la cuenca, para conservar su propio recurso y contar con agua de buena calidad.

Asimismo, existe la probabilidad de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas como resultado de derrames de combustible o productos químicos. Se deberán tomar medidas preventivas para evitar o minimizar la probabilidad de estos eventos.

Otro aspecto, aunque de menor de importancia es la alteración de los patrones de drenaje natural del terreno donde se localizan los estanques y los canales de abastecimiento de agua y canales de cosecha o sedimentación: interrupción de avenidas naturales, concentración de flujos de agua de lluvia, entre otros. Estos impactos se consideran de significancia menor por el retorno del recurso hídrico al entorno y el aprovechamiento por lo general del relieve para el drenaje de los estanques.

Medidas de Prevención

Colocación de filtros en entradas y salidas del cultivo o sistema de reproducción, esta es una actividad necesaria en los estanques porque protege la inversión del productor, al evitar que ingresen organismos acuáticos al medio de cultivo y exista competencia tanto de alimento como de espacio, disponibilidad de oxígeno y el riesgo de introducir enfermedades. Y en la salida evita perder los organismos de cultivo, así como los sistemas de rebalse que impidan que el agua de descarga llegue directamente al cuerpo de agua receptor.

Almacenamiento adecuado de fertilizantes, alimentos balanceados, insumos para uso en animales, combustibles y cualquier otro insumo susceptible de verterse y contaminar en algún grado, el recurso hídrico, en bodegas y/o lugares altos dispuestos convenientemente para cada tipo de insumo con su respectivo manejo, fuera de cualquier riesgo de derrame, inundación o escorrentía.

Medidas de Mitigación

Sistemas cerrados de producción esto permite un menor uso del recurso hídrico, un tiempo de retención mayor en el medio, lo que implica un tratamiento del agua más prolongado de la misma dentro del propio estanque, un aprovechamiento interno de los nutrientes generados por el cultivo y un menor gasto de combustibles si se ingresa agua por medio de bombeo.

Programa de alimentación eficiente que permite una mayor eficiencia de conversión, menor desperdicio y mejor calidad de los efluentes, utilizando programas de alimentación adecuados a las densidades y tallas de los organismos de cultivo.

Reducir al mínimo el uso de fertilizantes, orgánicos o inorgánicos, evitando la incorporación de nutrientes al medio y el consecuente aumento de lodos en los sistemas.

Registros de bombeo, alimentación, fertilización, limpieza y mantenimiento de filtros, lo que permite con el tiempo la optimización en el uso de los recursos y la posibilidad de evitar la sobrecarga del sistema.

Implementar programas o sistemas de oxigenación de ser necesario, lo que permite una menor necesidad de recambios de agua y mejora en la calidad de agua y lodos sedimentados.

Implementar un programa de monitoreo de agua, en donde se muestre sistemáticamente la calidad del agua de descarga del cultivo acuícola, a modo de cumplir con lo estipulado en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Medidas de Corrección

Canales de sedimentación las aguas de descarga del sistema de producción deben de ser vertidas a un canal en donde los lodos puedan ser retirados luego del vaciado de estanques para su secado e incorporación a otros suelos para abono, con su debido monitoreo, en cumplimiento del Ac. Gub. 236-2006.

MEDIDAS PARA LOS IMPACTOS SOBRE LA ATMÓSFERA

Durante la etapa de construcción de un proyecto acuícola ocurren impactos negativos sobre la calidad del aire local. En primer lugar, las excavaciones y movimientos de tierra producen polvo, el cual es transportado en suspensión por los vientos.

Por otro lado, durante la construcción se incrementan los niveles de ruido local debido al trabajo de personas, maquinaria y equipos. El área donde se implementen los proyectos acuícolas deben de ser de uso agropecuario preferiblemente y apto para acuicultura.

Durante la operación hay emisión de contaminantes a la atmósfera, producto principalmente de la combustión de diésel para los procesos de aireación, bombeo, iluminación, entre otros necesarios para las operaciones de los proyectos y que deben de ser muchas veces respaldados por plantas eléctricas. Las cantidades de contaminantes emitidos son medianamente importantes y se considera necesario el implementar medidas correctoras para este caso.

Finalmente, el ruido generado por las actividades de la operación del proyecto podría convertirse en un momento dado en una molestia menor para los habitantes de los alrededores. Es recomendable en todo caso el aplicar medidas para asegurar que dichas molestias no alcancen niveles significativos.

Medidas de Prevención

Homogenización de suelos humedeciéndolos al momento de realizar los movimientos de suelos en la etapa de construcción de los estanques en instalaciones, para evitar el levantamiento excesivo de partículas.

Almacenamiento de combustibles y productos químicos en lugares seguros y aireados, establecidos para tal fin, para evitar la acumulación de vapores y daños a personas.

Prohibición de quemas de residuos orgánicos o inorgánicos de ningún tipo para evitar generación de humo y malos olores.

Mantenimiento de motores y equipos para minimizar las molestias producto del ruido generado por los mismos, así como de las emisiones contaminantes por una operación deficiente.

Medidas de Mitigación

Horarios de aireación realizar mediciones de oxígeno y/o llevar control de biomasa en los estanques para una optimización de consumo energético en el uso de sistemas de aireación, así como reducir al máximo la generación de ruido por la operación de los sistemas.

Enterrar organismos muertos se escava un agujero en la tierra, con una profundidad acorde al número de organismos y se les aplica cal en una relación de 3 a 1 para finalmente cubrirlos con tierra, esto evita la proliferación de enfermedades o bien para su aprovechamiento con un manejo adecuado.

Medidas de Corrección

Programa de manejo de desechos sólidos que permita un control de desechos, dependiendo del tipo de los mismos, que puedan causar contaminación en el entorno, u otros con las consecuentes molestias o riesgos para los trabajadores o vecinos.

MEDIDAS PARA LOS IMPACTOS SOBRE EL SUELO

Los impactos potenciales sobre el recurso suelo se circunscriben principalmente a la alteración de sus características físicas (relieve, textura, estructura) y no tanto a sus propiedades químicas (fertilidad, capacidad de intercambio catiónico, elementos tóxicos). Esto, debido principalmente a los movimientos de tierras asociados con la construcción del proyecto: excavación, nivelación, compactación. Estos impactos ocurren durante la construcción y son menores si se considera que la tierra de las excavaciones de estanques y canales es empleada para el levantamiento de bordas dentro del mismo sitio.

La construcción del proyecto implica necesariamente en el cambio permanente del uso del suelo. El terreno, se convierte en una granja para la producción de tilapia en estanques ya sea para engorde o reproducción con la infraestructura complementaria respectiva, especialmente canales de abastecimiento y desfogue de agua, bodegas, oficinas administrativas, estación de bombeo, área de comercialización, entre otros dependiendo de cada proyecto. Estos impactos son

considerados neutrales, pues el cultivo de tilapia generalmente es en zonas de uso agropecuario lo cual es compatible con el entorno.

Medidas de Prevención

Disposición de residuos sólidos y desechos especiales adecuadamente para evitar la contaminación del medio, contando con un plan de manejo de desechos.

Medidas de prevención de derrames de combustibles para evitar la contaminación del suelo.

MEDIDAS PARA LOS IMPACTOS SOBRE EL MEDIO BIOLÓGICO

Los impactos sobre la flora y la fauna locales son aquellos derivados de la remoción de la cubierta vegetal herbácea del sitio como resultado del cambio de uso del suelo.

Por otro lado, los organismos acuáticos de los riachuelos sufren directamente los efectos de la captación de agua para uso en los estanques y más adelante el cuerpo de agua, recibe las descargas de aguas de recambio de los estanques con mínimas cargas orgánicas y residuos producto del cultivo de tilapia. Existe asimismo la probabilidad de transmisión de enfermedades o propiciar las mismas en tilapia y organismos silvestres. En este sentido, deberán tomarse medidas destinadas a mitigar dichos impactos.

Medidas de Prevención

Colocación de filtros (mallas, rejillas, tubos con orificios, entre otros medios de restricción de paso de organismos tanto hacia adentro como afuera del sistema de cultivo), en entradas y en salidas para evitar el ingreso de fauna silvestre y escape de organismos de cultivo.

No disposición de organismos de cultivo a medio natural, se debe de evitar la disposición o traslado de organismos de cultivo a cuerpos de agua naturales, a menos que se cuente con autorización de la autoridad competente.

Medidas de Mitigación

Sistemas cerrados de cultivo, que permita utilizar una menor cantidad de agua que pueda contener fauna acuática nativa, aunque para este caso también funcionan los sistemas de filtración.

Limpieza de dispositivos de restricción de ingreso de organismos o fauna acuática, aunque es parte de las labores de operación de un proyecto acuícola, se deberá dar énfasis en el mantenimiento y cuidado de estos para evitar daños en los mismos y un mal funcionamiento.

Medidas de Corrección

Semilla de centros de reproducción o criaderos de preferencia los cultivos deberán usar preferentemente organismos monosexados provenientes de centros especializados en la producción o cría de organismos para cultivo, esto evita la utilización de semilla de medios naturales. Mejora los rendimientos de producción, riesgos de enfermedades que pueden ser trasladadas a organismos silvestres.

MEDIDAS PARA LOS IMPACTOS SOBRE EL MEDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL

Los impactos negativos principales que potencialmente ocurren son los riesgos para la salud y seguridad humanas derivados de las actividades propias de la construcción, operación y abandono del proyecto, así como las actividades asociadas entre las que sobresalen el transporte del concentrado y otros insumos hacia el sitio del proyecto y, correspondientemente, el transporte del producto hacia los mercados locales.

Existen durante la etapa de construcción riesgos de accidentes durante las excavaciones y movimientos de tierra; transporte y acopio de materiales; instalación de sistemas y equipos, así como durante la edificación de la obra civil. Durante la operación existe el riesgo de accidentes y siniestros, principalmente incendios en el área de bodega o sabotajes en el área de cultivo (robo, contaminación intencional).

En lo que respecta al paisaje del área, se ve afectada temporalmente durante la construcción del proyecto, especialmente durante el movimiento de tierras por el uso de maquinaria. La importancia de este factor es mínima y la implementación de medidas al respecto debería circunscribirse al embellecimiento general del área con mantenimiento de las instalaciones, pintura, limpieza, jardinización con plantas ornamentales, de preferencia especies nativas que reduzcan la sensación de invasión en el entorno que los proyectos productivos tienden a presentar.

Por último, el proyecto genera impactos positivos por la facilitación al acceso de fuentes de proteína animal de alta calidad a las comunidades cercanas y al proveer empleo temporal (durante la construcción) y permanente (durante toda la fase de operación). La significancia de este impacto es alta, especialmente si se consideran los problemas de desempleo y subempleo que afectan al país en general. En este sentido, como una medida de potenciación, se recomienda el empleo de personal local.

Medidas de Prevención

Capacitaciones al personal en las etapas de construcción y operación para la reducción de riesgos y accidentes, principalmente en el uso de equipos, pero también en temas de medio ambiente, salud y seguridad.

Equipo de protección personal que debe de proveerse a los trabajadores de acuerdo a la función de desempeñe, tal como botas de hule, mascarillas, lentes de protección, entre otros.

Simulacros en caso de imprevistos, el personal debe de estar instruido en el que hacer en casos imprevistos de emergencia, como temblores, incendios, derrames, inundaciones, entre otros.

Medidas de Mitigación

Equipos de primeros auxilios que debe de estar a disposición del personal que labora en las instalaciones en caso de emergencias o imprevistos.

7. Referencias

1. CANTER, L.W. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental, Técnicas para la Elaboración de Estudios de Impacto. España. McGraw-Hill. Primera Edición. 841 p.
2. CENTRO DE DESARROLLO DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA –CENDEPESCA-. 2008. Manual sobre "Reproducción y Cultivo de Tilapia". El Salvador, 64p.
3. DIRECCIÓN NACIONAL DE RECURSOS ACUÁTICOS -DINARA-. 2010. Manual básico de Piscicultura en estanques. Montevideo, 50p.
4. ESPINOZA, G. 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. BID-CED. Chile. 187 p.
5. GÓMEZ OREA, Domingo. 1992. Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid, España.
6. MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACION –MAGA-. 2016. Análisis y plan de trabajo estratégico de la AGROCADENA de la Tilapia 2017-2020. Guatemala.

http://www.agromeat.com/30296/engorde-de-tilapia-en-estanques

https://www.aulafacil.com/cursos/cuidado-de-animales/principios-de-acuicultura/reproduccion-natural-de-las-tilapias-conocidas-l30809

https://www.fishbase.de/

https://www.itis.gov/

http://www.rae.es/