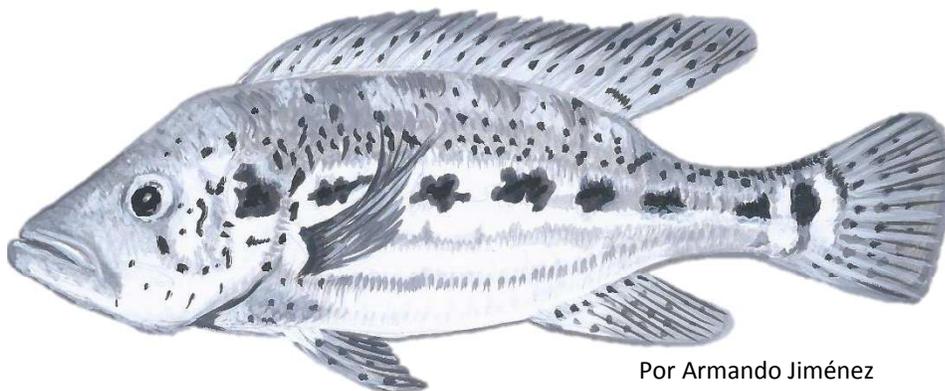


# Manual de buenas prácticas para la producción de tenguayaca (*Petenia splendida*) con el método de Acuaponía



Por Armando Jiménez

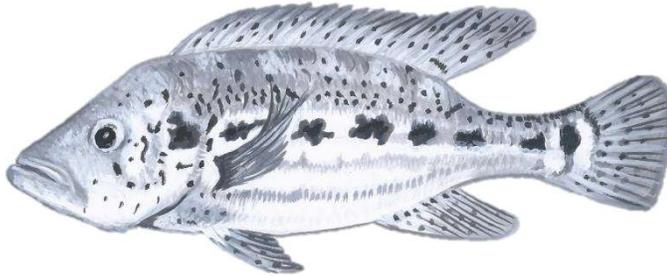
PLAN DE RECONVERSIÓN PRODUCTIVA DE TILAPIA DE MOZAMBIQUE (*Oreochromis mossambicus*) POR TENGUAYACA (*Petenia splendida*) EN LA POBLACIÓN DE ANDRÉS QUINTANA ROO, COMUNIDAD LÍMITROFE A LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE SIAN KA'AN



“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe 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 Jiménez

Manual de buenas prácticas para la producción de tenguayaca (*Petenia splendida*) con el método de Acuaponía

Consultor: Econciencia A.C.

Arturo E. Bayona Miramontes

Ivonne Cruz Santander

Diego R. Briceño Domínguez

Fecha de Elaboración: Noviembre 14 de 2017

Título:	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.
Descripción:	El objetivo del presente manual es estimular el aprovechamiento de especies nativas de alto valor nutricional como la tenguayaca ( <i>Petenia splendida</i> ) para disminuir el riesgo que representa la especie exótica invasora tilapia de Mozambique ( <i>Oreochromis mossambicus</i> ), mediante la implementación de un proyecto de acuicultura en la comunidad de Andrés Quintana Roo.
Período	Fecha de inicio: Mayo/2017 Fecha de Término: Noviembre /2017.
Año:	2017
Status:	Achieved <input type="radio"/> On track <input type="radio"/> Off track <input type="radio"/>
<p><b>Área objeto:</b> Reserva de La Biosfera Sian Ka'an</p> <p>El presente Manual se alinea al objetivo estratégico 1 de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras: Prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras, a la Meta 1.6 de la Estrategia Nacional para el 2020, enfocada a la sustitución de especies invasoras nocivas, de uso arraigado, por especies nativas de menor riesgo.</p> <p>También 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.</p> <p>El Manual de Buenas Prácticas se enfoca al desarrollo y aplicación de nuevas herramientas y metodologías como la Acuaponía para la toma de decisiones que permitan a México poner en práctica su visión nacional de prevención y control de las EEI, desarrollando las políticas, normas y herramientas para reducir o eliminar las prácticas nocivas en estos sectores (CONABIO 2016).</p> <p>Ampliará la experiencia práctica en sitios piloto seleccionados como la comunidad maya de Andrés Quintana Roo y los conocimientos acerca de la gestión de las especies invasoras por medio de programas integrados en ANP, específicamente la Reserva de la Biosfera de Sin Ka'an, haciendo énfasis en que el principal objetivo será evitar o reducir la entrada y propagación de las EEI a estas áreas a través de diferentes estrategias.</p>	

**Autores:** Arturo Enrique Bayona Miramontes, Ivonne Cruz Santander, Diego Ramón Briceño Domínguez.

*Modo de citar:*

**PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2017.** 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.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	iii
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2 GENERALIDADES DE LA ACUAPONÍA .....</b>	<b>4</b>
<b>3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO .....</b>	<b>8</b>
3.1 Tanque para cultivar los peces.....	9
3.2 Bomba de aireación.....	10
3.3 Bomba de agua.....	10
3.4 Biofiltro.....	10
<b>4 TIPOS DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS .....</b>	<b>13</b>
4.1 Sistema de raíz flotante.....	13
4.2 Sistema de solución nutritiva recirculante.....	15
4.3 Sistema de camas con sustrato sólido. ....	17
<b>5 INSTALACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO CON EL SISTEMA DE CAMAS CON SUSTRATO SÓLIDO .....</b>	<b>18</b>
5.1 Tanques de agua .....	20
5.2 Las camas hidropónicas.....	20
5.3 Sistema de tuberías, bomba de agua e interruptor .....	25
5.4 El sustrato.....	27
5.5 El biofiltro .....	29
5.6 Sedimentador .....	34
5.7 Activación y prueba del sistema.....	35
<b>6 TENGUAYACA (<i>Petenia splendida</i>).....</b>	<b>39</b>
6.1 Descripción de la especie .....	39
6.2 Taxonomía.....	40
6.3 Distribución geográfica .....	40
6.4 Aspectos biológicos .....	40
6.5 Reproducción .....	41
6.6 Desarrollo .....	41
6.7 Importancia en la acuicultura y en pesquerías .....	42
<b>7 LAS BACTERIAS Y LA CALIDAD DEL AGUA .....</b>	<b>43</b>
<b>8 LAS PLANTAS (organismos vegetales).....</b>	<b>44</b>
<b>9 RUTINAS DIARIAS Y SEMANALES .....</b>	<b>45</b>

<b>10</b>	<b>MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN UN CULTIVO ACUAPÓNICO .....</b>	<b>46</b>
<b>11</b>	<b>PROCESOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y/O BIOLÓGICOS A REALIZAR SOBRE LAS AGUAS RESIDUALES.....</b>	<b>50</b>
11.1	Manejo que se dará a los lodos generados.....	50
11.2	Manejo de materiales de deshecho.....	51
11.3	Características esperadas del afluente .....	53
<b>12</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1 Tolerancia de las bacterias nitrificantes a diferentes parámetros de calidad del agua .....	43
Figura 1.- Acuaponía, combinación de acuicultura e hidroponía.5	
Figura 2.- Chinampa azteca. Fuente: Cultura huasteca. ....	6
Figura 3.- Esquematización del proceso acuapónico. ....	7
Figura 4.- Sistema acuapónico simple. ....	8
Figura 5.- Tanque para cultivo de peces. ....	9
Figura 6.- Representación de las reacciones de nitrificación ocurridas en el sistema acuapónico ..	11
Figura 7.- Ejemplo de biofiltro.....	12
Figura 8.- Esquema del sistema de raíz flotante. ....	14
Figura 9.- Sistema de raíz flotante. ....	14
Figura 10.- Sistema de solución nutritiva recirculante o NFT (del inglés Nutrient Film Technique). 15	
Figura 11.- Esquema del sistema NTF .....	16
Figura 12.-Sistema de tubos interconectados, del sistema NFT. ....	16
Figura 13.- Representación de una unidad de acuaponía que consta de una cama de cultivo con sustrato. ....	17
Figura 14.- Cámara hidropónica con sustrato sólido. ....	18
Figura 15.- Esquema de un sistema acuapónico con camas hidropónicas. ....	19
Figura 16.- Partes del cultivo: 1.- Agujeros laterales (horizontales de drenaje), 2.- Solución nutritiva, 3.- Sustrato, 4.- Sistema de raíces y 5.- Planta. ....	19
Figura 17.- Distribución de áreas granja acuícola de Andrés Quintana Roo.....	20
Figura 18.- Marco externo de la cama hidropónica. ....	21
Figura 19.- Disposición de las tablas en el fondo de la cama.....	22
Figura 20.- Cama hidropónica .....	23
Figura 21.- Cama completa con orificio de salida del agua.....	24
Figura 22.-Tubería del sistema hidropónico. ....	25
Figura 23.- Entrada de agua. ....	26
Figura 24.- Construcción de la salida de agua.....	26
Figura 25.- Izquierda: Salida de agua de las camas; derecha acercamiento.....	27
Figura 26.- Bomba de agua. ....	27
Figura 27.- Estructura general de un biofiltro.....	29
Figura 28.- Primera capa de bio-bolas .....	30
Figura 29.- Segunda capa de bio-bolas respetando un arreglo geométrico.....	30
Figura 30.- Vista de las capas de bio-bolas.....	31
Figura 31.- El biofiltro con material esponjoso .....	31
Figura 32.- Entrada y salida de agua del biofiltro.....	32
Figura 33.-Tambor empleado como biofiltro.....	33
Figura 34.- Sistema con recirculación sin recambio de agua utilizando sedimentador y biofiltración. ....	34
Figura 35.- Flujos de agua en el sistema acuapónico.....	38
Figura 36.- Pez tenguayaca, tenhuayaca, o bocona cuyo nombre científico es <i>Petenia splendida</i> (Günther 1862).....	39

Figura 37.- Compuestos nitrogenados durante las primeras semanas en un sistema de recirculación de acuicultura, también llamado maduración de biofiltro o formación de colonia bacteriana. ....	44
Figura 38.- Marchitamiento fúngico (damping-off), caracterizado por un adelgazamiento en el tallo.....	47
Figura 39.- Círculos concéntricos de necrosis en hoja producido por <i>Alternaria solani</i> . ....	48
Figura 40.- Biodigestor clarificador .....	51

## 1 INTRODUCCIÓN

El agua se está convirtiendo en un producto cada vez más escaso; al paso del tiempo puede llegar a ser un recurso más importante que el petróleo. Actualmente, existe una cantidad limitada de agua dulce disponible para los habitantes del planeta y todo parece indicar que la población mundial se duplicará en poco tiempo, aumentando la demanda. Es bien conocido que, en algunos lugares, ya se ha sobrepasado la capacidad para surtir del vital líquido a la población urbana (Hoekstra, 2008).

Por otra parte, la producción agrícola utiliza cerca del 75-80% del total de agua dulce disponible en el mundo (Tolón-Becerra *et al.*, 2013). Los actuales sistemas de irrigación desperdician una cantidad considerable del recurso, que fluye junto con fertilizantes y pesticidas de los cultivos, hacia sistemas hidrológicos superficiales como lagunas, aguadas, ríos y canales naturales, o bien, se filtra al manto freático contaminando pozos, cenotes y porciones del llamado Gran Acuífero Maya, considerado uno de los mayores depósitos subterráneos de agua dulce del planeta, localizado bajo la Península de Yucatán (Batllori-Sampedro, 2016).

Así mismo, la alta demanda de productos pesqueros procedentes de granjas acuícolas especializadas, requiere cada año de mayores volúmenes de agua para cubrir las necesidades alimentarias de un mercado siempre creciente, impulsando a los productores a mejorar las técnicas de cultivo, que muchas veces se enfocan en la reproducción artificial de especies exóticas invasoras. Tal es el caso de la Tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*), lo que ha propiciado su dispersión en cuerpos de agua dulce de la Península de Yucatán, y otros estados de la República Mexicana, creando una feroz competencia por espacio, alimento y refugio entre las especies nativas, muchas de ellas endémicas y únicas por sus características evolutivas y de adaptación (Amador-del Ángel & Wakida-Kusunoki, 2014).

El presente Manual de Buenas Prácticas para la Reproducción de Tenguayaca (*Petenia splendida*) con el método de Acuaponía, pretende evitar que continúen estas experiencias con especies invasoras y ser una guía para la implementación de una granja acuícola, que promueva el cultivo de la especie nativa *P. splendida*, con el método de Acuaponía, como una alternativa innovadora en la producción de alimentos de origen animal y vegetal en las comunidades mayas, o bien el cultivo de dicha especie como pez de ornato, para su comercialización y así generar recursos económicos para las familias de productores, todo esto enfocado a apoyar la implementación de la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México (CANEI, 2010).

La especie *Petenia splendida* conocida popularmente como “bocona” o “tenguayaca” es un pez nativo, muy apreciado en la Zona Maya de Quintana Roo por su color, tamaño, textura y sabor; representa un recurso natural de gran potencial para la acuicultura, pues es relativamente abundante, está adaptada al trópico y habita aguas someras sin mucho movimiento, como lagunas, cenotes y canales superficiales distribuidos en la zona continental de Quintana Roo (Schmitter-Soto & Gamboa-Pérez, 1996). En algunas comunidades de la zona maya es tradicional su consumo y cultivan este pez de manera natural y artesanal en depresiones inundadas del suelo cercanas a sus hogares, sin ninguna técnica especial; gastronómicamente presenta una mayor demanda que la Tilapia y existe la posibilidad de enfocar su cultivo como especie de ornato, dirigido a un mercado diferente al de consumo humano.

Por otro lado, evitará en gran medida que se siga dispersando la tilapia en cuerpos de agua naturales de la península, cumpliendo así uno de los principales objetivos de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras.

Pérez-Vega y colaboradores (2004) han estudiado la crianza de *P. splendida* para establecer un módulo de reproducción de alevines del mismo, obteniendo hasta el momento resultados favorables.

Ruiz-Fumagalli & Kihn (2006) determinaron los ciclos reproductivos de peces con importancia alimenticia del Río San Pedro, Petén, Guatemala, entre las especies estudiadas estaba la tenguayaca. En este trabajo se realizaron análisis morfométricos y una relación del tamaño del espécimen y madurez gonadal para el establecimiento de temporadas de veda. Se reportó que, para las hembras, el mes de mayor actividad reproductiva fue agosto y para los machos agosto y octubre, sugiriendo picos de fertilidad durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Por otra parte, el estudio apunta que la fertilidad de las hembras no guarda ninguna relación con el peso.

Ixquiac-Cabrera (2010) realizó un acercamiento inicial al crecimiento del Pez Blanco (*Petenia splendida*) en tres hábitats: áreas de cultivo, un lago (Petén Itzá) y un (río San Pedro en Guatemala).

De acuerdo con Cano-Alfaro (2014), como parte del plan de trabajo incluido en el gobierno de la República de Guatemala, el día 29 de septiembre del año 2006 se realizó la primera liberación de alevines de blanco (*Petenia splendida*) con el fin de contribuir a la protección de esta especie que es objeto de pesca y goza de gran importancia a nivel alimenticia en el departamento del Petén.

El Gobierno de Guatemala a través del Ministerio de Agricultura del Petén y de la Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura, han desarrollado la reproducción en cautiverio de esta especie nativa desde el año 2003 en las instalaciones del Centro de Producción y Capacitación Acuícola ubicado en El Remate, Flores.

Como inicio del trabajo de repoblamiento se sembraron 30,000 alevines de blanco y se tiene considerado continuar con el trabajo de reproducción en cautiverio y liberación en el Lago Petén Itzá (Cano-Alfaro, 2008).

La Acuaponía es un sistema de producción integral de peces y vegetales dentro del cual los nutrientes en el efluente de la acuicultura podrían aprovecharse para nutrir y cultivar plantas; mientras tanto, potencialmente el agua de la producción de pescado contaminada se limpiaría antes de ser liberada en el medio ambiente (Ako, 2014).

## 2 GENERALIDADES DE LA ACUAPONÍA

La Acuaponía es la combinación de dos sistemas de producción: La acuicultura y la hidroponía, tiene como propósito generar alimento de alta calidad para consumo humano directo y aprovechar los desechos de los organismos acuáticos previo a su descomposición bacteriana, para convertirlos en los nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo (Mateus, 2009).

La Acuaponía es una técnica que integra la acuicultura (producción de peces de agua dulce), con la hidroponía (producción de plantas sin uso de suelo), en este caso, el cultivo de hortalizas. La acuicultura ha tenido ciertos problemas de aceptación debido al extensivo uso de tierras, al acaparamiento del agua, y, sobre todo, a la alta toxicidad que presentan las aguas residuales que se generan con este método. Dichas aguas terminan descargándose directamente a los ecosistemas, esto puede llegar a ser mortal para otros peces, debido a su alto contenido de nitrógeno, además de favorecer el crecimiento masivo de algas (Pardo *et al.*, 2006). La hidroponía también genera aguas residuales contaminantes como resultado de la compleja mezcla de nutrientes usados para el crecimiento de las plantas.

**Acuicultura:** Cría de organismos acuáticos, entre los que se encuentran: peces, moluscos, crustáceos y plantas. La mayor parte de la acuicultura se lleva a cabo en el mundo en desarrollo, para la producción de especies de peces de agua dulce de poco consumo en la cadena alimentaria, como la tilapia o la carpa (Mateus, 2009).

**Hidroponía:** Esta palabra deriva del griego *hydro* (agua) y *ponos* (labor o trabajo), lo cual significa etimológicamente trabajo en agua. Es un método de cultivo muy eficaz que utiliza diferentes sistemas con sustratos para producir una amplia variedad de plantas. Las plantas son alimentadas con una solución nutritiva que incluye todos los nutrientes esenciales. Esta solución se aplica directamente a las raíces, lo que permite que las plantas se desarrollen más rápido y tengan mejor sanidad que las cultivadas en suelo (Mateus, 2009).

En la Figura 1, se esquematiza el desarrollo de la Acuaponía basado en la combinación de las dos técnicas descritas anteriormente.