

## 5.7 ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS: ORDENAMIENTO PESQUERO, PISCICULTURA Y ACUAPONIA

Carlos Ramírez-Martínez,<sup>1,2</sup> Rafael Martínez-García,<sup>2,3</sup> Diana Lizeth Romero Melchor<sup>2</sup>

### 5.7.1 INTRODUCCIÓN

Las poblaciones naturales de peces han disminuido, incluso en ambientes considerados en buen estado de conservación, como consecuencia de la sobrepesca y la degradación y/o contaminación de dichos ambientes. Por esta razón, es urgente diseñar estrategias de aprovechamiento que permitan preservar la riqueza biológica con la que cuentan los ambientes acuáticos de la subcuenca del río Lacantún.

Como parte de las estrategias para transitar hacia un manejo sustentable de los ecosistemas acuáticos en la región, Natura y Ecosistemas Mexicanos llevó a cabo una evaluación para conocer cómo se están comportando los recursos pesqueros y cómo se está desarrollando la actividad pesquera. El resultado de esta evaluación mostró que en los últimos años el incremento del esfuerzo pesquero ha generado problemas de sobreexplotación y por consiguiente reducción en la captura por unidad de esfuerzo o en los volúmenes de captura, sobre todo en los tributarios del río Lacantún que se encuentran en Marqués de Comillas. Asimismo, se detectan cambios en la estructura y composición de las comunidades acuáticas, especialmente en ríos y arroyos que se encuentran fuera de la RBMA.

Esta situación ha provocado que habitantes de comunidades amplíen sus áreas de pesca hacia el río Lacantún y sus tributarios que nacen en la RBMA, lo que representa una seria amenaza para la preservación de los ambientes acuáticos de la región (capítulo 4.4).

La pesca es una actividad de relevancia económica y social en los ámbitos ejidal y regional, por su

capacidad generadora de empleos y de producción de alimentos. El desarrollo de esta actividad requiere ser encauzado hacia esquemas de corresponsabilidad con los productores, evitando prácticas que atenten contra los recursos pesqueros. De esta manera se favorecerá la recuperación de las poblaciones de muchas de las especies acuáticas, dando como resultado una mayor disponibilidad de recursos en beneficio de los habitantes de la región, además de asegurar la conservación de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad que poseen.

### 5.7.2 ORDENAMIENTO PESQUERO

Con el fin de fomentar la pesca sustentable a largo plazo, en 1995 la Conferencia de la FAO aprobó el Código de Conducta para la Pesca Responsable. Este instrumento de administración pesquera establece principios y normas de comportamiento para la implementación de prácticas responsables destinadas a garantizar la conservación, la ordenación y el desarrollo eficaces de los recursos acuáticos, respetando el ecosistema y la biodiversidad. Además, reconoce la importancia nutricional, económica, social, ambiental y cultural de la pesca, así como los intereses de todas las partes involucradas en el sector pesquero. Establece también que cuando los habitantes de las comunidades pesqueras participan en la elaboración de los planes de ordenamiento pesquero aumenta la posibilidad de que estos se cumplan (FAO 1995, 2005).

<sup>1</sup> Responsable de ordenamiento pesquero.

<sup>2</sup> Responsables de piscicultura y acuaponia.

<sup>3</sup> División de Ciencias Biológicas, UJAT.

Por otra parte, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS) vigente define al ordenamiento pesquero como el conjunto de instrumentos cuyo objeto es regular y administrar las actividades pesqueras, induciendo el aprovechamiento sustentable de los recursos pesqueros y acuícolas, basado en la disponibilidad de los recursos pesqueros, información histórica de niveles de extracción, usos y potencialidades de desarrollo,

capacidad pesquera o acuícola y puntos de referencia para el manejo de las pesquerías en forma congruente con el ordenamiento ecológico del territorio (DOF 2007).

El primer paso para lograr que la actividad pesquera se convierta en una actividad productiva sustentable fue diseñar y promover un modelo de Ordenamiento Pesquero Comunitario de Pesca Sustentable y su respectivo Reglamento para las co-

#### Recuadro 5.7.1 MODELO DE ORDENAMIENTO PESQUERO DISEÑADO PARA LA REGIÓN

1. Los usuarios de los recursos acuáticos vivos deben conservar los ecosistemas acuáticos. El derecho de pescar lleva consigo la obligación de hacerlo de forma responsable a fin de asegurar la conservación y la gestión efectiva de los recursos acuáticos vivos.

2. El ordenamiento de la pesca debe fomentar el mantenimiento de la calidad, la diversidad y disponibilidad de los recursos pesqueros en cantidad suficiente para las generaciones presentes y futuras, en un contexto de seguridad alimentaria, alivio de la pobreza y desarrollo sustentable. Sin embargo, el ordenamiento pesquero no sólo debe asegurar la conservación de las especies de importancia pesquera, sino también todas aquellas especies pertenecientes a los ambientes acuáticos naturales.

3. Es necesario aplicar artes y prácticas de pesca selectivas y ambientalmente seguras a fin de mantener la biodiversidad y conservar la estructura de las poblaciones y los ecosistemas acuáticos.

4. Los usuarios de los ecosistemas acuáticos deben reducir al mínimo el desperdicio de las capturas, tanto de las especies que son el objeto de la pesca como de las que no lo son, así como los efectos sobre las especies asociadas o dependientes, la captura incidental de especies no utilizadas y de otros recursos vivos.

5. La captura, manipulación, procesamiento y distribución de los productos pesqueros deberá realizarse de forma que se mantenga el valor nutritivo, la calidad y la inocuidad de los productos, se reduzcan los desperdicios y sean mínimos los efectos negativos en el medio ambiente.

6. Todos los hábitats críticos para la pesca, como las zonas de cría y desove, se deben proteger y rehabilitar cuando sea necesario, además de poner especial empeño en protegerlos de la destrucción, la degradación, la contaminación y otros efectos significativos derivados de las actividades humanas que constituyan una amenaza para la salud y la viabilidad de los recursos pesqueros.

7. Las autoridades de los tres órdenes de gobierno deben fomentar por medio de la enseñanza y la capacitación la toma de conciencia de los pescadores sobre la importancia y ventajas que ofrece la pesca responsable.

8. Las autoridades de los tres órdenes de gobierno deben velar por que los pescadores participen, cuando proceda, en el proceso de formulación y ejecución de políticas con el fin de facilitar la aplicación del Ordenamiento Pesquero.

9. Reconociendo la importante contribución de la pesca artesanal en pequeña escala al empleo, los ingresos y la seguridad alimentaria, las autoridades de los tres niveles de gobierno deben proteger apropiadamente el derecho de los pescadores, especialmente de aquellos que se dedican a la pesca de subsistencia, artesanal y en pequeña escala, a un sustento seguro y justo, y proporcionar acceso preferencial, cuando proceda, a los recursos pesqueros que explotan tradicionalmente así como a las zonas tradicionales de pesca.

10. Es necesario considerar a la acuicultura como una forma de promover una diversificación en el ingreso y la dieta. Al hacerlo, se deberá velar por que los recursos sean usados de forma responsable y evitar los impactos adversos sobre el ambiente y las comunidades.

comunidades ribereñas del río Lacantún localizadas frente a la porción sur de la RBMA (recuadros 5.7.1 y 5.7.2). Ambos instrumentos se basaron en el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable, el conocimiento que se tiene sobre la dinámica hidrológica de la región y los cambios ocasionados por la pérdida de grandes áreas de la cubierta vegetal original, sobre la química de agua y las poblaciones de peces que habitan en los ríos y arroyos.

En la legislación actual la responsabilidad de administrar la pesca en aguas continentales es compartida por los tres órdenes de gobierno. Aunque las asambleas ejidales no se encuentran consideradas dentro de esta responsabilidad, la LGPAS contempla la posibilidad de reconocer el derecho que tienen las autoridades locales para administrar sus recursos pesqueros de forma sustentable, por lo que la propuesta de ordenamiento pesquero está diseñada para ser operada por los habitantes de las comunidades por medio de sus autoridades ejidales.

#### *Acuerdos comunitarios para una pesca sustentable*

En los últimos años, la política pesquera nacional ha sufrido ajustes jurídico-administrativos que promueven participación de los actores locales en la definición de las estrategias de aprovechamiento y conservación de los recursos pesqueros. A pesar de esta situación, muchas de estas estrategias continúan siendo elaboradas fuera de los contextos regionales, por lo que su implementación en ocasiones no es factible desde el punto de vista técnico, económico y social.

Entender la participación comunitaria como una acción que se circunscribe a la consulta, al aporte de mano de obra o, en el mejor de los casos, a considerar la participación de los miembros de las comunidades como una respuesta ordenada en relación con los programas institucionales que operan en sus espacios, es no entender la verdadera complejidad de la participación de la sociedad civil, y significa el riesgo de seguir empantanados en

programas y propuestas sin impacto real que no sirven para frenar los procesos de deterioro de los recursos naturales.

Mientras las comunidades no consoliden sus procesos internos de organización que las conduzcan a constituirse como una contraparte en la toma de decisiones y el desarrollo de acciones concernientes a la protección de los recursos naturales, la acción institucional (gubernamental o no gubernamental) no logrará el impacto que se requiere en relación con el manejo y la protección de los recursos naturales, incluidos los pesqueros, en la región.

En este contexto, los contenidos y alcances del Ordenamiento Pesquero y los Reglamentos Comunitarios de pesca sustentable fueron sometidos a consulta pública a partir del año 2010 en las comunidades ribereñas, para lo cual se presentaron los borradores en la Asamblea Ejidal y se dejó un periodo de 90 días para la consulta. Posteriormente se elaboraron las versiones finales de dichos instrumentos de administración pesquera, tomando en cuenta las recomendaciones y comentarios hechos durante el proceso de consulta pública. Adicionalmente, fueron solicitadas las opiniones técnicas, dictámenes y/o validaciones correspondientes de los Reglamentos Comunitarios de Pesca Sustentable a las autoridades de los tres órdenes de gobierno encargadas de regular la actividad pesquera en la región, como la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca), el Instituto Nacional de Pesca (Inpesca), la Secretaría de Pesca del estado de Chiapas y el ayuntamiento de Marqués de Comillas. Concluido el proceso se procedió a promover el decreto de estos instrumentos por parte de las Asambleas Ejidales durante el verano de 2012.

Actualmente la aplicación de estos instrumentos de administración pesquera no es homogénea; sin embargo, se ha logrado crear conciencia entre los pescadores sobre los riesgos que significa una pesca desordenada, lo que a su vez ha permitido construir consensos entre los habitantes de algunas comunidades que han permitido aplicar medidas para detener el deterioro de los recursos

**Recuadro 5.7.2 MODELO DE REGLAMENTO COMUNITARIO DE PESCA Y ACUACULTURA SUSTENTABLE****1. Sistemas, métodos, técnicas y equipos de pesca prohibidos**

- 1.1 Los sistemas, métodos, técnicas y equipos de pesca que se enuncian a continuación quedan prohibidos para realizar la pesca comercial, deportivo-recreativa, didáctica y de consumo doméstico:
- a) La instalación o construcción de cualquier tipo de obras o sistemas de control de flujo de agua para cerrar total, parcial o temporalmente áreas naturales, así como para interrumpir u obstaculizar el libre flujo de agua en bocas con objeto de realizar actividades de pesca o acuicultura de alguna especie de crustáceos, moluscos o peces.
  - b) El uso de atarrayas individuales o atarrayas lomerías, en las bocas de ríos y arroyos.
  - c) La instalación o uso de copos o bolsos de corriente para la captura de organismos acuáticos vivos en bocas y bocabarras de conexión con el río Lacantún.
  - d) El empleo de redes de arrastre dirigidas a la pesca de cualquier especie.
  - e) El uso de dragas y rastras para la pesca de organismos acuáticos que habitan en los fondos.
  - f) Cualquier sistema de captura que mediante el método de succión tenga por objeto capturar organismos vivos de flora y fauna acuática.
  - g) El uso de explosivos y sustancias tóxicas, tales como cianuro, leche de haba u otras sustancias tóxicas, así como su transportación en embarcaciones pesqueras.
  - h) El uso de palangres o cimbras en aquellas embarcaciones con permisos de pesca deportivo recreativa.

**1.2 Se establecen las siguientes tallas mínimas de captura (TMC)**

- Para cíclidos (mojarras nativas): 220 mm de longitud total (LT)
- Para todo tipo de sardinas, charales y topotes: 70 mm de LT
- Para todo tipo de bagres: 250 mm de LT
- Para todo tipo de robalos: 300 mm de LT
- Para otras especies como macabil, anguila y pejerrey: 350 mm de LT

La talla mínima para el resto de las especies se determinará con base en los estudios biológicos que se han realizado y serán dadas a conocer mediante modificación al presente Reglamento.

**2. Sistema, métodos, técnicas y equipos de pesca permitidos**

Las artes o equipos de pesca que se autorizan son:

**2.1 Para sardinas, charales y topotes:**

- a) Trampas o señuelos contruidos con las siguientes características: vegetación flotante de un diámetro no mayor de 60 cm, sujeta a un cabo y una boya.
- b) Atarraya sardinera con luz de malla de 10 a 15 mm (0.4 a 0.6 pulgadas) con caída de 1 a 2 m.
- c) El límite máximo de captura de sardinas y topotes, será de 0.5 kg por pescador por día; esta cuota será revisada con base en la determinación de biomasa disponible del recurso.

**2.2 Para cíclidos (tilapia, mojarra blanca y otras mojarras nativas):**

- a) Atarraya con luz de malla de 88.9 mm (3½ pulgadas) como mínimo y líneas de mano con anzuelo del número 14.
- b) Vara a manera de caña, con hilo del número 30 y anzuelo del número 14.

**2.3 Para el robalo, buceo libre y arpón.****3. Horarios de pesca**

- 3.1 El horario de pesca de las sardinas y topotes será de las 17:00 a las 22:00 horas.
- 3.2 El horario de pesca para los cíclidos (mojarras nativas e introducidas) bagres, robalos, anguilas, macabil y pejerrey será de las 6:00 a las 17:00 horas.

#### 4. Pesca de consumo doméstico

La pesca de consumo doméstico, practicada por los habitantes del ejido podrá realizarse bajo las siguientes condiciones:

- 4.1 Los productos pesqueros capturados deberán destinarse para el consumo directo de quien la realice y de sus familias y no podrán comercializarse.
- 4.2 La pesca la podrán efectuar todos los habitantes residentes en el ejido, en los ríos y arroyos tributarios del río Lacantún localizados dentro de la extensión territorial del ejido, así como dentro del cauce principal del río Lacantún, debiendo respetar todas las regulaciones establecidas en el presente Reglamento.
- 4.3 Sólo podrán utilizarse como equipos para este tipo de pesca, aquellos que pueda utilizar individualmente el pescador.
- 4.4 Si alguna persona y/o grupo de personas ajena(s) al ejido pretende realizar pesca de autoconsumo en los ríos y arroyos tributarios del río Lacantún, localizados dentro del área territorial del ejido, tendrá que solicitar el permiso correspondiente ante la autoridad ejidal.

#### 5. Sitios y especies prohibidas de pesca

- 5.1 Se establecen como zonas de refugio para proteger la reproducción y el crecimiento de juveniles, los primeros 50 m de las márgenes derecha e izquierda de los ríos y arroyos tributarios del río Lacantún, por lo que no se permite la pesca durante todo el año.
- 5.2 Se establecen como zonas de refugio para proteger la reproducción y el crecimiento de juveniles, las bocas de los ríos y arroyos que desembocan en el río Lacantún, por lo cual no se permite la pesca en esos sitios durante todo el año.
- 5.3 No se podrá efectuar captura de las siguientes especies acuáticas de importancia para la conservación: la nutria de río (*Lutra longicaudis*), el cocodrilo (*Crocodylus acutus*) y la tortuga blanca (*Dermatemis mawii*).
- 5.4 Queda estrictamente prohibida la práctica de la pesca en los ríos y arroyos tributarios del Lacantún, localizados dentro de la Reserva de la Biosfera Montes Azules.

#### 6. Vedas

- 6.1 Con el propósito de inducir un óptimo aprovechamiento desde el punto de vista biológico, la autoridad ejidal establecerá periodos y zonas de veda para la captura de las especies acuáticas dentro de ríos y arroyos tributarios del río Lacantún localizados dentro de la extensión territorial del ejido, durante los principales periodos de reproducción, nacimiento y crecimiento de las nuevas generaciones.

#### 7. Inspección y vigilancia

Los habitantes de los ejidos se comprometen a:

- 7.1 Respetar todas y cada una de las disposiciones contenidas en el presente Reglamento.
- 7.2 Participar de forma voluntaria en las acciones de protección, control y vigilancia de los recursos acuáticos con los que cuentan los ríos y arroyos tributarios del río Lacantún, localizados dentro de la extensión territorial del ejido.
- 7.3 Respetar y velar por el cumplimiento del presente Reglamento con el apoyo de la autoridad ejidal y municipal dentro del área territorial del ejido.
- 7.4 Brindar todo el apoyo necesario a las autoridades de los tres órdenes de gobierno para incentivar la realización de una pesca auténticamente sustentable en los ríos y arroyos tributarios del río Lacantún, localizados dentro del área territorial del ejido.
- 7.5 La autoridad ejidal, en coordinación con la autoridad municipal y el Consejo Estatal de Pesca y Acuicultura del estado de Chiapas, se encargará de evaluar el desarrollo de la actividad pesquera en los ríos y arroyos tributarios del río Lacantún localizados dentro del área territorial del ejido.

pesqueros con los que cuentan los ríos y arroyos de la región, como es el caso del ejido Playón de la Gloria (recuadro 5.7.3).

La transformación del modo en que los habitantes de la región aprovechan sus recursos pesqueros sólo será posible en la medida en que las comunidades reconozcan la utilidad del Ordenamiento Pesquero Comunitario y sus Reglamentos como herramientas que ayudan a recuperar las poblaciones de peces de importancia pesquera. Este deberá ser un proceso que se tendrá que dar por aproximaciones sucesivas, creando condiciones de organización, comunicación, identificación de objetivos de carácter colectivo, hasta traducirlos en un programa permanente de acción, ordenamiento y buen desarrollo pesquero. Sin embargo, el Ordena-

miento Pesquero por sí sólo no será capaz de lograr la recuperación de las poblaciones de peces que han sido alteradas. La disminución de las tasas de extracción pesquera no son únicamente consecuencia de la sobrepesca, sino primordialmente del deterioro ambiental provocado por la deforestación derivada de la expansión de las actividades agropecuarias y la contaminación de los ambientes acuáticos naturales producida por actividades humanas no sustentables.

La implementación del Ordenamiento Pesquero Comunitario Sustentable y su Reglamento no sólo permitirá establecer y definir los principios para ordenar, fomentar y regular el manejo integral y el aprovechamiento sustentable de la pesca —considerando los aspectos sociales, tecnológicos, productivos, biológicos y ambientales—, sino que además promoverá el mejoramiento de la calidad de vida de los pescadores de la región. Por otro lado, estos instrumentos fortalecerán los mecanismos de coordinación entre la Federación, los estados y los municipios para mejorar su cumplimiento mediante la realización de acciones de inspección y vigilancia en materia de pesca.

#### *Pesca deportiva*

Actividades cinegéticas como la pesca deportiva constituyen opciones de aprovechamiento sustentable de ecosistemas acuáticos con las cuales se pretende erradicar prácticas depredadoras, ya que favorecen la recuperación de las poblaciones de muchas de las especies acuáticas.

La pesca deportiva o recreativa es una categoría de la actividad pesquera que se practica con fines de esparcimiento y que vincula al ser humano con la naturaleza, particularmente con los recursos pesqueros, por lo que resulta conveniente establecer una regulación adecuada y fomentarla en forma ordenada.

Además, esta actividad constituye en la actualidad una fuente generadora de ingresos que contribuye de manera significativa a la economía nacional, entre otros aspectos por su capacidad para

#### **Recuadro 5.7.3** MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS PESQUEROS APLICADAS EN EL EJIDO PLAYÓN DE LA GLORIA

1. Colocación de mantas con un resumen del Ordenamiento Pesquero y su Reglamento en sitios públicos del área urbana del ejido, con el fin de hacerla del conocimiento de habitantes y visitantes.
2. Establecimiento de veda pesquera en los ríos y arroyos ubicados dentro o cercanos al área territorial que ocupa el ejido, durante la época de estiaje, a excepción del periodo de "semana santa".
3. Prohibición permanente de toda actividad pesquera de carácter comercial a productores que no pertenezcan al ejido.
4. Instalación de módulos de piscicultura rural que utilizan especies nativas, con el objetivo de bajar las cuotas de extracción pesquera.
5. Programa de vigilancia pesquera operado por la Secretaría de Marina Armada de México a solicitud de las autoridades ejidales.
6. Prohibición permanente de siembra de especies acuáticas no nativas, con fines de acuicultura o repoblamiento, en ríos y arroyos ubicados dentro o cercanos al área territorial que ocupa el ejido.
7. Realización de acciones de control sobre poblaciones de especies acuáticas invasoras presentes en ríos y arroyos ubicados dentro o cercanos al área territorial que ocupa el ejido.

captar divisas, generar empleo e impulsar el desarrollo regional, y cuyos beneficios se propagan a otras actividades con un efecto multiplicador en los sectores turístico y pesquero. Es posible implementar diferentes tipos de pesca deportiva en la zona de estudio dependiendo de las especies-objetivo, las estrategias personales de los pescadores y los recursos disponibles: a) lanzamiento o *spinning*; b) pesca con mosca; c) captura y liberación, y d) pesca de curricán o *trolling*.

### 5.7.3 LA PISCICULTURA: UNA OPCIÓN DE DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA, MEJORA ALIMENTARIA Y PROTECCIÓN DE LOS AMBIENTES ACUÁTICOS NATURALES

Durante los últimos 30 años, el sector acuícola nacional ha experimentado un importante crecimiento,

en especial el subsector piscícola, que está en plena etapa de expansión, sobre todo en zonas rurales.

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la disponibilidad de alimento y materias primas, y representa una alternativa sustentable. De acuerdo con la clase de organismos que se cultivan se ha dividido en varios tipos, siendo uno de los más desarrollados la piscicultura.

La piscicultura ofrece un conjunto de ventajas que a continuación se señalan:

- El costo de los peces se reduce, debido a que resulta más costoso capturarlos en los ríos, comprar artes de pesca y establecer métodos para conservarlos y llevarlos a los mercados.
- Los estanques pueden construirse en terrenos que no son útiles para la agricultura o la ganadería, siempre que exista suministro de agua suficiente.



- El piscicultor puede calcular su producción según las necesidades del mercado, mientras que cuando los peces se capturan en el medio natural es difícil conocer la cantidad y calidad de la captura.

- El crecimiento y la engorda de peces pueden controlarse, aumentando o mejorando la dieta; asimismo, se pueden mejorar genéticamente las especies.

- En los estanques sólo se desarrollan las especies que se están cultivando y se evita la existencia de depredadores y competidores, por lo que la mortalidad natural es baja.

- También, al combatir a los parásitos, la calidad de los peces es mayor.

- Desde que se establece el cultivo se sabe quién es el propietario de la producción, lo que no sucede con la captura en ambientes acuáticos naturales.

Muchas de las unidades de producción piscícola que funcionan en el territorio nacional son el resultado de los esfuerzos que han realizado productores e instituciones públicas encargadas de fomentar el desarrollo para elevar la rentabilidad de los sistemas agropecuarios con programas de diversificación productiva.

Sin embargo, esta actividad productiva se ha llevado a cabo en torno a unas cuantas especies, en su mayoría no nativas, como tilapias, carpas, bagres, entre otras. Estas especies, aun cuando han aportado proteína de buena calidad para la alimentación humana, también han provocado graves daños ambientales. Además, estos cultivos en general carecen de medidas de bioseguridad que eviten la fuga de individuos al medio natural. Esto ha provocado el establecimiento y propagación de este tipo de especies en ambientes acuáticos naturales, propiciando que en muchos de los casos se conviertan en especies invasoras. Adicionalmente, la mayor parte de los cultivos que utilizan especies no nativas operan con tecnologías de países asiáticos y europeos.

Actualmente gran parte de la piscicultura que se realiza en el sureste mexicano utiliza mojarra tilapia, un cíclido de origen africano. Con la finalidad de buscar mejores opciones, diferentes institucio-

nes de educación superior e investigación se han interesado en desarrollar la biotecnología que permita cultivar peces nativos de importancia económica y cultural para esta región. Debido a esta situación, en estados como Tabasco y Chiapas el cultivo de peces nativos como las mojarras tenguyaca (*Petenia splendida*) y castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*) van adquiriendo importancia en la piscicultura. Se trata de especies que se pueden cultivar en ambientes controlados de forma alternativa, que responden favorablemente a las condiciones ambientales que predominan en esta región del sureste mexicano y su valor comercial está por encima del que tienen las especies no nativas como la tilapia (Álvarez González *et al.* 2007, 2013).

La Selva Lacandona es considerada un centro de alta diversidad biológica, en donde aún es posible encontrar algunos de los ya muy escasos ríos prístinos de México. En esta región existe una de las ictiofaunas más diversas y mejor conservadas del país, con más de 60 especies de peces registradas (capítulo 2.4). En este contexto, Natura y Ecosistemas Mexicanos se dio a la tarea de diseñar y operar un programa de piscicultura rural a partir de 2008. Este programa conjuga los objetivos de producir alimentos de alto contenido proteínico para consumo humano a bajo costo con la protección de los ambientes acuáticos, mediante una disminución en las tasas de extracción pesquera, el uso de especies nativas, y la aplicación de medidas de bioseguridad en la operación de las unidades de producción con el fin de evitar el ingreso y propagación de especies no nativas en ambientes acuáticos naturales.

Adicionalmente, el programa tiene características que le permiten ser reproducido en zonas tropicales con características ambientales y sociales similares.

#### *Programa piloto de cultivo de peces nativos en la Selva Lacandona*

Con el propósito de probar la viabilidad ambiental, técnica y productiva del cultivo de peces nativos se instalaron cuatro unidades de producción piscícola



de mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*) en los ejidos Playón de la Gloria (dos estanques), municipio Marqués de Comillas, Loma Bonita (un estanque) y Trece de Septiembre (dos estanques) en el municipio Ocosingo, y en la comunidad indígena San Felipe Jataté (dos estanques) en el municipio de Maravilla Tenejapa, todas colindantes con la porción sur de la RBMA. Asimismo, se ensayó con el cultivo de pejelagarto y tenguayaca, pero al no obtenerse alevines todos los años para su siembra, no se cuenta con información sistemática para elaborar las curvas de crecimiento y evaluar el rendimiento de los cultivos.

Contando con la participación de los productores interesados en la piscicultura se conformaron grupos promotores en cada una de las comunidades, a los cuales se les brindó capacitación en diferentes temas relacionados con la instalación y operación de unidades de producción acuícola en zonas rurales (recuadro 5.7.4).

La ubicación de los sitios en donde se llevó a cabo la instalación de las unidades de producción

se determinó tomando en cuenta diferentes criterios técnicos y ambientales, como las características fisicoquímicas (temperatura, transparencia, pH, oxígeno disuelto, total de sólidos en suspensión y conductividad), disponibilidad de agua, tipos y permeabilidad de suelo y distancia del área urbana del ejido.

El diseño de los estanques de basó en un modelo estándar que fue desarrollado tomando en cuenta las características ambientales de los sitios elegidos, con el fin de disminuir al máximo las posibles afectaciones sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos producidos por la construcción y operación de las unidades de producción. En todos los casos, el proceso de construcción de los estanques no provocó tala de vegetación natural debido a que se trataba de terrenos de uso pecuario (recuadro 5.7.5).

Una vez concluido el proceso de construcción, se llevaron a cabo pruebas de resistencia y permeabilidad, que consistieron en llenar los estanques a su

**Recuadro 5.7.4** CONTENIDO DE LOS CURSOS DE CAPACITACIÓN IMPARTIDOS A PRODUCTORES PARA LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA EN MARQUÉS DE COMILLAS

- Tipos de especies a cultivar de acuerdo con las características del ambiente y la calidad genética de la crías.
- Determinación de las capacidades de carga de los estanques de engorda de acuerdo con sus dimensiones.
- Tipo y periodicidad de los alimentos que deben suministrarse a los organismos cultivados.
- Métodos de identificación de parásitos y enfermedades.
- Preparación de estanques, previo a la siembra.
- Criterios ambientales, y la aplicación de los mismos, en la selección de sitios con viabilidad para instalar y operar de proyectos acuícolas.
- Métodos para calcular el costo beneficio de los cultivos.
- Aclimatación y siembra de crías
- Importancia del recambio de agua
- Control de depredadores
- Importancia de factores ambientales del agua como la transparencia, el oxígeno disuelto y la temperatura.

**Recuadro 5.7.5** DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE ESTANQUES DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA EN MARQUÉS DE COMILLAS

Cada uno de los estanques contó con una cortina de 7.5 m de largo y 10 m de fondo, con una profundidad máxima de 1.5 a 2 m del lado de la cortina y 1 m en el extremo posterior, con paredes sin recubrir y abasto de agua derivado de corrientes cercanas por canales derivadores o mangueras de 3 pulgadas de diámetro.

En la construcción de los estanques se utilizó una retroexcavadora Caterpillar modelo 580L.

El terminado y equipamiento de las unidades de producción fue realizado por el grupo promotor y consistió en la realización de las siguientes actividades:

- Apisonado de los pisos y paredes de los estanques, con el fin de mejorar su compactación.
- Cercado del estanque utilizando malla de polietileno de alta resistencia
- Instalación de obras de alimentación de agua.
- Instalación de malla sombra de 70% sobre la zona de espejo de agua.
- Construcción de jaulas para climatizar las crías durante el proceso de siembra.



máxima capacidad sin permitir la salida del agua, permaneciendo así durante ocho días. En los casos en los que se detectaron filtraciones importantes o agrietamiento de alguna de las paredes se realizaron obras de reforzamiento utilizando una mezcla de suelos arcillosos, arena y rocas.

Posteriormente, los estanques fueron llenados al 80% de su capacidad, permitiendo un recambio de agua diario de aproximadamente 5%, durante 30 días, lo que permitió que se establecieran comunidades planctónicas y bentónicas en la columna de agua y los fondos, respectivamente, que fueron aprovechadas en forma de alimento fresco por los organismos en cultivo.

En cada uno de los estanques se realizaron diferentes acciones para incrementar la producción primaria y propiciar la estabilización de algunos factores importantes de la calidad del agua, como

el pH y los niveles de oxígeno, con lo que se crearon las condiciones necesarias para llevar a cabo la siembra de crías de peces nativos. Estas acciones consisten en la preparación de compostas para fertilizar los módulos de producción; el llenado de los estanques y colocación de compostas durante 15 días; la limpieza de malezas y colocación de malla sombra, así como el retiro de composta y recambio de 30% de la columna de agua.

Durante cada ciclo de cultivo se ha sembrado un promedio de 2 000 organismos por estanque/ciclo, a una densidad promedio de 26 individuos/m<sup>2</sup>, producidos en el Laboratorio de Producción Acuícola de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

La principal fuente de alimento de los organismos cultivados ha sido la producción primaria (fito y zooplancton) y secundaria (insectos, moluscos,

**Cuadro 5.7.1** Suministro de alimento balanceado en las unidades de producción piscícola del programa piloto de cultivo de especies nativas en Marqués de Comillas

Periodo de cultivo	Tipo de alimento	Suministro diario
0 a 30 días	Contenido alto de proteína (40 a 45%)	Dos veces
31 a 90 días	Contenido medio de proteína (30 a 35%)	Tres veces
91 en adelante	Contenido bajo de proteína (menos del 28%)	Tres veces

**Cuadro 5.7.2** Productividad primaria bruta y productividad primaria neta en términos de biomasa determinadas para estanques en Trece de Septiembre y Playón de la Gloria

Estanque	Productividad bruta		Productividad neta		Distancia de Secchi
	mg C/m <sup>3</sup> /h	mg C/m <sup>3</sup> /día	mg C/m <sup>3</sup> /h	mg C/m <sup>3</sup> /día	
Trece de Septiembre	41.93	503.19	56.31	675.72	35.5
Playón de la Gloria	100.00	1200.00	102.50	1230.00	30.0

entre otros) presente en la columna de agua; sin embargo, ha sido necesario complementar la dieta con alimentos balanceados con el fin de elevar las tasas de crecimiento (cuadro 5.7.1).

Durante todo el ciclo de cultivo se realizó el monitoreo periódico de parámetros de la calidad del agua *in situ*. Los valores promedio registrados de pH (6.5 a 8.5), oxígeno disuelto (4.5 a 10 mg/l), temperatura de la columna de agua (22 a 28°C), total de sólidos disueltos (100 a más de 680 partes por millón) y conductividad (300 a 1 144 microsiemens), permitieron que existiera una alta producción primaria, lo que se tradujo en buena disponibilidad de alimento vivo que fue aprovechado por los organismos en cultivo. Además, se evaluó la productividad primaria utilizando métodos indirectos (disco de Secchi) (cuadro 5.7.2).

El desarrollo gonadal observado en los organismos durante la precosecha fue inmaduro; adicionalmente, en ningún caso se registró la presencia de parásitos y/o signos de enfermedad.

En 2013 fueron reportadas algunas muertes múltiples en los estanques localizados en la comunidad de Trece de Septiembre (hasta 20 individuos/día) en los meses de febrero y marzo. Estos decesos fueron asociadas a condiciones de baja concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua debido a la acumulación de materia orgánica en el

fondo de los estanques y a una falta de recambio de agua producida por el descenso de los niveles de agua de la fuente de abasto causada por la temporada de estiaje (baja precipitación y altas tasas de evaporación).

Al cumplirse 90 días de cultivo se realizaron precosechas con el fin de determinar los siguientes parámetros: tasas de crecimiento y peso de los individuos cultivados en una muestra de 50 individuos, determinación del desarrollo gonadal de los organismos y verificación sanitaria para detectar la presencia de parásitos o enfermedades.

Los resultados demostraron que los organismos cultivados aumentaron en promedio 0.17 cm y 1.07 g al día (Fig. 5.7.1).

#### *Evaluación productiva y económica*

Durante los cinco ciclos de cultivo que se han realizado en cada una de las unidades de producción se ha registrado una sobrevivencia aproximada de 95%, lo que permitió obtener cosechas promedio de 1 900 organismos/estanque en ocho meses, con un peso promedio de 265 g por organismo, equivalente a una producción de biomasa de aproximadamente 500 kg/estanque (Fig. 5.7.2).

El alimento promedio consumido en cada uno de los estanques fue de cuatro bultos de alimento ba-

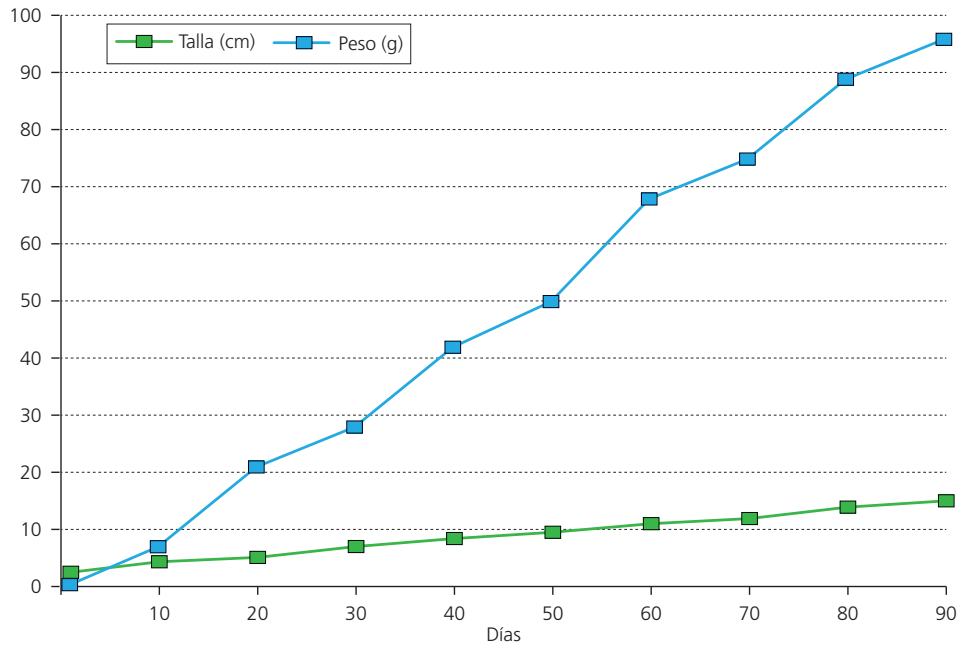


Figura 5.7.1 Talla y peso de organismos durante el primer trimestre de cultivo en la producción de mojarra castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*) en Marqués de Comillas.

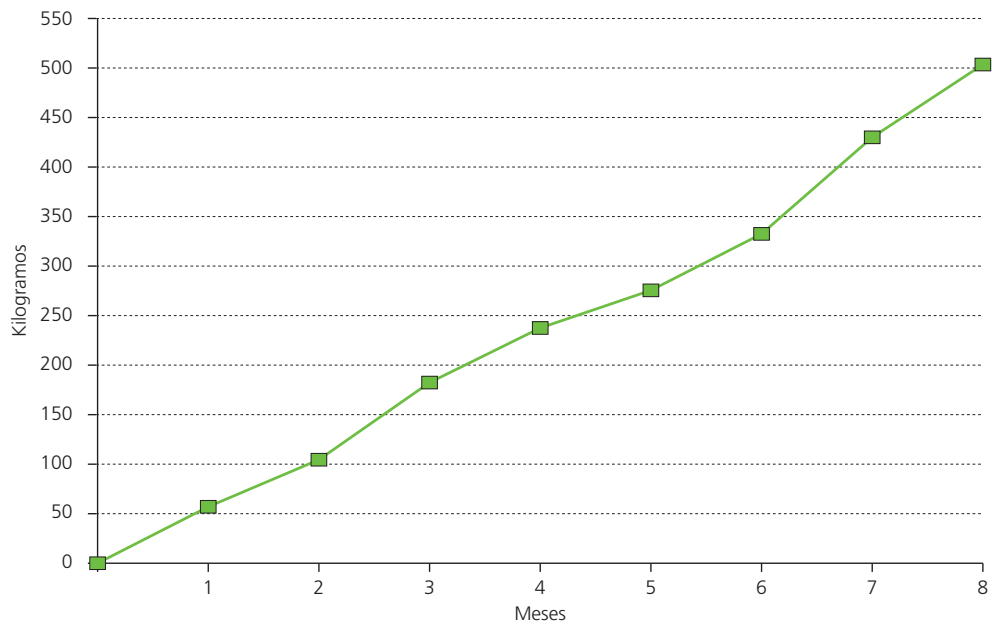


Figura 5.7.2 Producción de biomasa total durante el ciclo de cultivo de mojarra castarrica en las unidades de producción en Marqués de Comillas.

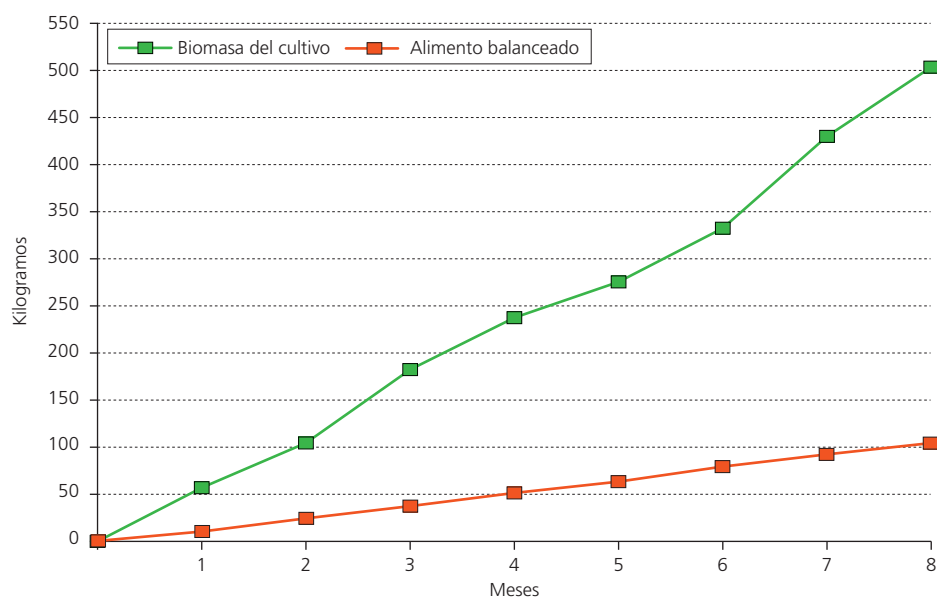


Figura 5.7.3 Consumo de alimento balanceado y producción de biomasa total durante el cultivo de mojarra castarrica.

lanceado de 25 kg, equivalente a 100 kg/estanque/ciclo. Esto dio como resultado una conversión alimentaria de aproximadamente 5:1, lo que significa que por cada kilogramo de alimento balanceado utilizado se obtuvieron 5 kg de carne de pescado (Fig. 5.7.3). Esta situación no se presenta en cultivos que utilizan especies no nativas como la tilapia, en los que, en promedio, la conversión alimentaria es de aproximadamente 2:1. Esto se debe a que este tipo de especies consume menos el alimento vivo que se produce de forma natural en los estanques, lo que provoca una mayor dependencia del alimento balanceado. Además, estas especies son muy susceptibles a presentar parásitos y enfermedades, lo que provoca fuertes caídas en el rendimiento productivo.

El precio promedio al que se comercializa el kilo de pescado es de 50 pesos a pie de estanque en las comunidades en donde se ubican las unidades de producción, lo que supone ingresos brutos de 25 000 pesos/estanque. Por otra parte, el costo de producción promedio ha sido de aproximadamente 5 000 pesos/estanque/ciclo (cuadro 5.7.3).

Los resultados obtenidos demostraron que la piscicultura con especies nativas en ambientes

tropicales tiene una alta rentabilidad. Esto se debe principalmente a las condiciones prevalecientes en los cultivos, ya que la conjugación de factores como la abundancia de nutrientes en la columna de agua de los estanques con la amplia disponibilidad de energía luminosa a lo largo de todo el ciclo de cultivo da como resultado una alta disponibilidad de alimento vivo. Éste es la base nutricional de los organismos cultivados, disminuyendo sensiblemente su consumo de alimentos balanceados y con ello también su gasto de operación.

En los sistemas de producción piscícola se desarrollan organismos que pueden tener diversas rela-

Cuadro 5.7.3 Costo de producción por estanque de las unidades de producción piscícola en Marqués de Comillas (pesos)

Concepto	Cantidad	Costo	Costo/estanque
Crías	2 000	1.50	3.000.00
Bulto de alimento	4	200.00	800.00
Combustible		640.00	630.00
Viáticos		570.00	570.00
<b>Total</b>			<b>5 000.00</b>

ciones con los peces que están siendo cultivados, de tal forma que pueden llegar a ser competidores (por espacio, oxígeno, alimento), parásitos, simbiontes, predadores o presas. Estos últimos son los de mayor interés para los piscicultores, ya que pueden ser aprovechados como una parte importante de la nutrición de la especie que se está cultivando. Esto nos indica que el alimento natural no solamente es importante por la cantidad de biomasa que puede aportar, sino además por el aporte de ciertos elementos que por alguna razón no están presentes en el alimento formulado.

En la mayor parte de los sistemas de producción intensivos el alimento natural es poco promovido y como consecuencia su contribución a la nutrición de los organismos cultivados es muy pequeña o prácticamente nula. Sin embargo, dicha tendencia está cambiando recientemente, ya que algunos piscicultores han tomado conciencia de la importancia del alimento natural en sus granjas. Los organismos que pueden ser aprovechados como alimento natural de peces pertenecen a muy diversos grupos taxonómicos o comunidades y van desde pequeños microorganismos unicelulares como bacterias, microalgas y levaduras, pasando por organismos del zooplancton, hasta grandes organismos del necton o del bentos.

El alimento balanceado es considerado el insumo utilizado en el ciclo de cultivo que tiene el mayor costo, debido a las cantidades que consumen los organismos cultivados, al precio que el alimento tiene en el mercado y a la baja conversión alimentaria que se presenta en la mayor parte de los casos, 2:1 en promedio. El hecho de que además se utilicen especies no nativas en la mayor parte de los cultivos es un factor que influye en la cantidad del alimento que se consume, debido a que la mayor parte de este tipo de especies no consume el alimento vivo.

#### *Retos de la piscicultura en zonas tropicales y recomendaciones*

Uno de los principales compromisos que la piscicultura tiene es el de convertirse en una actividad sustentable, capaz de ser económicamente rentable,

ecológicamente amigable y socialmente responsable.

Actualmente, en todo el mundo, se considera esta actividad productiva como la causante de grandes impactos ambientales, tales como la descarga de efluentes con un alto contenido de materia orgánica, nutrientes inorgánicos y sólidos suspendidos que son potencialmente responsables de eutrofización y enterramiento de comunidades bentónicas en los ecosistemas receptores, entre algunos otros impactos.

Los resultados del programa piloto de piscicultura de especies nativas en ambientes rurales de zonas tropicales que Natura y Ecosistemas Mexicanos ha operado en la región desde 2008 demuestran que el alimento natural ha sido el principal insumo consumido por los peces cultivados. Esto ocurre gracias a que se trata de especies nativas que se encuentran plenamente adaptadas a las condiciones ambientales que imperan en la zona, y que gustan de consumir primordialmente el alimento que se produce en la columna de agua. De esta forma, el alimento balanceado sólo se utiliza como complemento alimenticio y no como principal aporte de energía a los cultivos. Esta situación ha permitido que las unidades de producción acuícola tengan un bajo costo de operación y así obtener un alto rendimiento productivo y económico. Además, se evitan los impactos ambientales provocados por el uso de alimentos balanceados, medicamentos y aditivos que normalmente se utilizan en sistemas de cultivo que utilizan especies no nativas.

Un beneficio adicional que tuvo el uso de especies nativas fue haber evitado el ingreso y propagación de especies no nativas, potencialmente invasoras, además de enfermedades y parásitos en los ambientes acuáticos naturales aledaños a las unidades de producción, provocados por escapes de organismos en cultivo.

El desarrollo de la piscicultura rural que utiliza peces nativos en ambientes tropicales es viable desde el punto de vista productivo y económico. Por ello, puede ser utilizada para diversificar la producción agropecuaria, con el propósito de producir

alimentos de alto contenido proteico a bajo costo. Además, esta actividad apoya la protección de los ambientes acuáticos naturales al propiciar una disminución en las cuotas de extracción pesquera y evitar el ingreso y propagación de especies no nativas en ambientes acuáticos naturales. Sin embargo, existen factores que limitan la expansión de esta actividad en la región, como es la dependencia que las unidades de producción tienen en el abasto de crías y alimento balanceado, la falta de apoyo de las instituciones públicas para financiar la construcción y operación de un mayor número de unidades de producción, pero sobre todo la falta de personal debidamente capacitado para brindar apoyo técnico a los productores. Además, por lo general las autoridades locales siguen promoviendo el cultivo de especies piscícolas no nativas, especialmente en los alrededores de zonas de alta importancia ecológica como la Reserva de la Biosfera Montes Azules.

El establecimiento de un programa regional de piscicultura rural que utilice especies nativas requiere la realización de cambios en los actuales programas de promoción de la acuicultura, así como fortalecer las capacidades técnicas de las autoridades locales en este tema. Dicho programa debe considerar las siguientes acciones:

1. Reconvertir el Centro de Producción Acuícola de Nuevo Chihuahua, adscrito al gobierno del estado de Chiapas, para que deje de producir especies no nativas y se dedique a producir especies nativas.

2. Capacitar a grupos técnicos de los ayuntamientos de la región para que puedan fomentar y supervisar módulos de piscicultura rural de especies nativas.

3. Lograr que los ayuntamientos de la región apoyen la operación de las unidades de producción acuícola mediante el abasto de alimento balanceado requerido, en un programa de diversificación de la producción agropecuaria y protección a los ambientes acuáticos naturales.

La realización de estas acciones permitiría contar con la base que requiere la incorporación de la

piscicultura al universo de producción con el que cuentan los habitantes de las comunidades, basada en la aplicación de tecnologías ambientalmente sustentables, lo que tendría altos beneficios económicos, sociales y ambientales.

#### 5.7.4 LA ACUAPONIA: UNA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN HORTÍCOLA ASOCIADA A LA OPERACIÓN DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN PISCÍCOLA

Los sistemas de producción hidropónico son una tecnología no convencional utilizada para producir hortalizas, en la que las plantas del cultivo están en soluciones nutritivas (agua y fertilizantes) con o sin el uso de un sustrato para proveer el soporte mecánico.

Por lo general, los sistemas hidropónicos están encerrados en estructuras tipo invernadero para controlar las condiciones ambientales y reducir las infestaciones por enfermedades y plagas. La hidroponía permite al agricultor ofrecer productos durante todo el año y aumentar los rendimientos por hectárea hasta en un 300%. Esta alternativa productiva se basa fundamentalmente en proporcionar a las plantas un ambiente con características superiores a las de campo abierto. En climas tropicales y subtropicales ha encontrado gran aceptación, ya que brinda protección contra la alta intensidad de luz solar, lluvias torrenciales y vientos intensos, que provocan daños a los cultivos; además, este tipo de estructuras permite excluir insectos y otras plagas del área de crecimiento, lo cual permite disminuir la aplicación de productos químicos (Lugo-Jiménez *et al.* 2010).

En la última década ha tomado gran auge en el mundo una variante de la hidroponía, conocida con el nombre de acuaponía, que conjuga el uso de las aguas residuales de cultivos de peces (altamente nitrogenadas) con el cultivo de hortalizas en condiciones controladas en invernaderos, pero en donde se suprime el uso de fertilizantes inorgánicos y pesticidas. El proceso completo de acuaponía no se conforma tan solo con peces y plantas,

sino que también existen microorganismos que interactúan en procesos de mineralización y nitrificación. En este sistema, por lo general los peces son nutridos con alimento balanceado, el cual contiene básicamente proteínas, carbohidratos y minerales. El pez consume el alimento y convierte el nitrógeno de las proteínas en un desecho conocido como “nitrógeno amoniacal” el cual es tóxico para los peces a bajas concentraciones. Tanto el nitrógeno amoniacal como otros desechos que se generan en el cultivo de los peces son convertidos por las bacterias en nutrientes disponibles para las plantas, básicamente en “nitratos”. Una vez formados los nitratos, las plantas los absorben por sus raíces y el agua vuelve nuevamente hacia las unidades de cultivo de los peces, de tal forma que el ciclo pudiera continuar indefinidamente sin recambiar el agua por largos periodos, únicamente reponiendo muy bajos volúmenes del agua contenida en las unidades de producción (Tucuch-Haas *et al.* 2012).

Aunque el concepto de acuaponía es relativamente nuevo, recientemente se ha incrementado el interés por esta práctica productiva. La mayor parte de las operaciones de acuaponía se realizan en Estados Unidos y Australia; sin embargo, muchos otros países han decidido emplear estos sistemas por razones de índole económica y ecológica. Otro de los beneficios que aporta esta técnica es el hecho de que los nutrientes no tienen costo, al venir directamente de los cultivos de peces. Esto, combinado con el hecho de que no hay necesidad de un biofiltro ya que las plantas realizan esta función, y que los costos entre operación e infraestructura son compartidos, contribuye al incremento de los márgenes de ganancia obtenidos por la producción de plantas y peces.

#### *Producción de chile habanero en acuaponía*

El chile habanero (*Capsicum chinense*) es uno de los chiles más producidos por su alta rentabilidad,





competencia y demanda en el mercado. Las regiones donde más se produce esta variedad de chile se localizan en el sur del país, debido a la existencia de climas idóneos para su cultivo.

En los últimos años se ha incrementado la demanda de chile habanero fresco y procesado en el mercado local, nacional y extranjero. En el país, son varios los estados que actualmente producen chile habanero: Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Chiapas, Jalisco y Veracruz. Este fruto se cultiva principalmente por el sistema tradicional en campo a cielo abierto, que se caracteriza por el empleo de sistemas de producción poco tecnificados, con densidades de 10 000 plantas/ha y un manejo sanitario deficiente, con lo que se obtienen en promedio 10 ton/ha de chile habanero fresco. Sin embargo, este sistema se ve afectado negativamente por un gran número de factores ambientales capaces de reducir dramáticamente la calidad del producto, los rendimientos y con esto la rentabilidad del cultivo.

A partir de finales de 2013 se llevó a cabo el diseño y la construcción de dos módulos de acuaponía asociados a las unidades de producción pis-

cícola de los ejidos Playón de la Gloria y Loma Bonita (recuadro 5.7.6).

Los resultados de los primeros dos ciclos de cultivo muestran que las plantas del módulo ubicado en Playón de la Gloria presentaron un rápido crecimiento durante los primeros dos meses de cultivo y a partir del tercero fue paulatino hasta alcanzar su talla máxima a los 180 días (Fig. 5.7.4).

En promedio, las cosechas obtenidas han sido de 280 kg, equivalente a 28 ton/ha, que es 1.7 veces más de lo que se obtiene por el método tradicional de cultivo a cielo abierto. Si consideramos que el precio por kilo de chile habanero es de 35 pesos, esto significa que el valor de la producción por hectárea con el método tradicional llega a ser de cerca de 577 500 pesos, mientras que con la acuaponía puede alcanzar los 980 000 pesos.

La operación de los módulos de producción hortícola que se encuentran en operación en las comunidades de Playón de la Gloria y Loma Bonita han mostrado diversas ventajas que la acuaponía tiene sobre los cultivos tradicionales a cielo abierto:

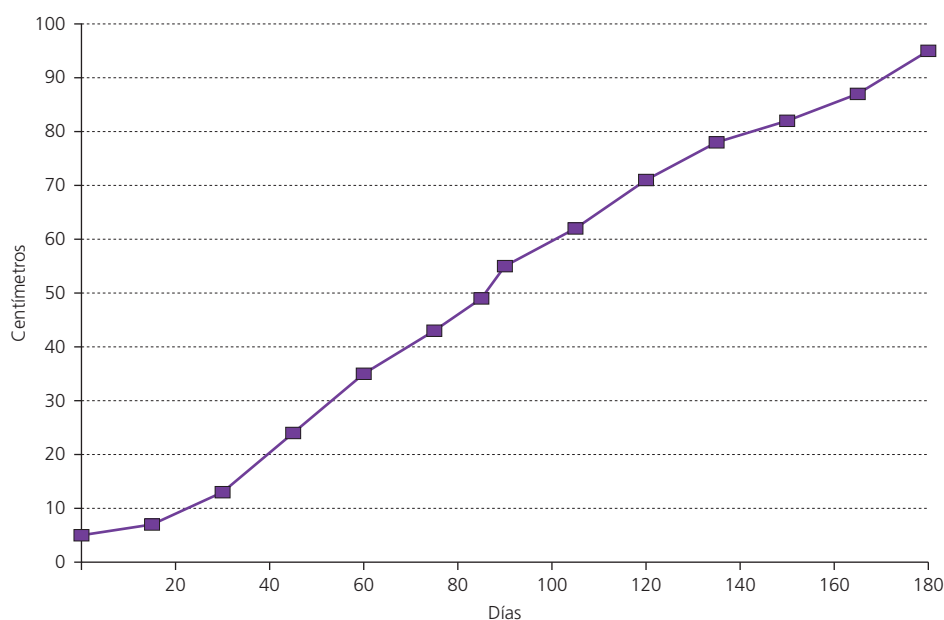


Figura 5.7.4 Crecimiento de plantas de chile habanero (*Capsicum chinensis*) en el módulo de Playón de la Gloria.

### Recuadro 5.7.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS PARA EL CULTIVO DE CHILE HABANERO EN ACUAPONIA

#### *Estructura del módulo de producción*

Consta de una estructura metálica revestida de nylon en la parte superior y malla plástica antiáfidos en las paredes laterales. El de Playón de la Gloria mide 10 metros de frente por 20 de largo con una altura máxima de 3.5 metros; el de Loma Bonita mide 5 metros de frente por 10 de largo y una altura máxima de 3.5 metros.

#### *Sistema de macetas*

Dentro de cada uno de los módulos fueron colocados bancales hechos de madera de 20 metros de largo, en el caso de Playón y 10 metros en Loma Bonita. Encima de los bancales se colocaron macetas plásticas para vivero de 3 litros de capacidad rellenas con sustrato, en el que se cultivaron las plantas de chile habanero. Los bancales se dispusieron en cinco hileras con separación de 1 m entre ellas y 2 columnas con separación de 40 cm.

#### *Sustrato de cultivo*

En las macetas ubicadas en tres de los bancales se utilizó como sustrato "tierra de monte" de fácil adquisición en la localidad, y en los dos restantes grava extraída en suelos calcáreos de la región. Ambos sustratos se sometieron a una sanitización lavándolos con agua corriente para posteriormente dejarlos remojar en una solución de hipoclorito de sodio (2 ml de cloro comercial por litro de agua) durante 24 h para desinfectarlos y evitar la incidencia de parásitos o patógenos.

#### *Sistema de riego*

Para proporcionar el efluente del estanque de acuicultura se construyó un sistema de riego que consta de un tanque de almacenamiento de 5000 litros que es alimentado por agua tomada de los estanques utilizando una bomba de succión de 0.5 HP y posteriormente es distribuida al interior de los módulos utilizando mangueras con goteros individuales para cada planta.

#### *Germinación de semillas*

Las semillas de chile habanero se remojaron durante 24 horas en agua corriente, para posteriormente realizar su siembra en almácigo, utilizando charolas de 200 celdas que contienen turba, colocando una semilla en el centro de cada celda y cubriéndola con la turba hasta completar 150 unidades, siendo regadas por siete días con agua corriente; posteriormente se iniciará el riego con efluvios del biofiltro al 50%.

#### *Trasplante de plántulas*

Una vez que las plántulas alcanzaron aproximadamente 15 centímetros de altura fueron trasplantadas a bolsas de cultivo con sustrato de "tierra de monte" y grava, donde se distribuyeron con un espaciamiento de 20 cm entre cada planta (20 plántulas por bancal).

#### *Tratamiento control*

Igual número de plantas a las del tratamiento acuapónico se desarrollaron con la técnica tradicional en cultivos a cielo abierto, distribuidas en bloques al azar.

#### *Evaluación de los sistemas y condiciones de cultivo*

En el caso de las plantas, para cada una de las unidades experimentales el riego se realizó tres veces al día con una duración de 5 min por riego.

- No se requiere el uso de fertilizantes adicionales, ya que las aguas nitrogenadas provenientes de los cultivos de peces aportan los nutrientes que requiere el cultivo de las plantas.
- Hasta el momento no se ha requerido el uso de pesticidas para controlar plagas, debido a su baja incidencia.
- El crecimiento de las plantas fue uniforme, así como la aparición de inflorescencias y frutos. El tiempo y trabajo empleados por los productores en el cultivo es menor del que requiere un cultivo tradicional a cielo abierto.
- Tanto el número como el peso de los frutos por planta aumentaron, lo que permitió alcanzar

mejores cosechas que en los sistemas tradicionales a cielo abierto.

- El sistema ha demostrado hasta ahora buenos resultados en el control de plagas y depredadores.
- Los periodos de cosecha comenzaron entre los 120 y 150 días de cultivo, similares a los reportados para el caso de cultivos que utilizan la técnica de la hidroponía en invernadero.

La creciente demanda de productos derivados de la piscicultura y la acuaponía orgánica en los ámbitos regional y nacional y la factibilidad técnica y productiva que estos sistemas de producción tienen bajo las condiciones ambientales y socioeconómicas que se presentan en la región, justificarían plenamente su incorporación en los programas de desarrollo productivo que actualmente promueven instituciones públicas orientados a elevar la rentabilidad del sector agropecuario, utilizando áreas que hoy se dedican a la ganadería extensiva, cuya rentabilidad es baja y que causan severos daños al ambiente.

El costo que tendría la construcción y equipamiento de los módulos de producción piscícola-acuapónico en áreas de agostadero cercanas a ríos o manantiales sería amortizable durante los primeros tres años de operación, debido a dos aspectos primordiales: su alta rentabilidad productiva y económica y el bajo costo de su construcción y operación. Además se obtienen grandes beneficios ecológicos como la eliminación de especies no nativas, aditivos y fármacos, el uso en bajas cantidades de alimento balanceado (en el caso de la piscicultura) y la eliminación del uso de fertilizantes, pesticidas y la tala de áreas con vegetación natural (en el caso de la acuaponía).

## REFERENCIAS

- Álvarez González, C.A., G. Márquez C., W.M. Contreras Sánchez y W. Rodríguez, 2007. Estrategia para el uso sustentable de los recursos pesqueros en Boca de Chilapa, Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco: establecimiento de una planta de producción de peces nativos, pejelagarto, tenguayaca y castarrica, en G. Halffter, S. Guevara y A. Melic (eds.), *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica. Monografías Tercer Milenio* 6: 197-205.
- Álvarez González, C.A., C. Ramírez Martínez y G. Márquez Couturier, 2013. *Cultivo de mojarra nativas: tenguayaca (Petenia splendida) y castarrica (Cichlasoma urophthalmus)*. 2ª ed., México, UANL-UJAT-Inapesca-Natura y Ecosistemas Mexicanos, A.C.
- DOF, 2007. Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentables. México, 23 de enero.
- FAO, 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Roma.
- FAO, 2005. Code of Conduct for Responsible Fisheries—Ten Years After. Roma.
- Lugo-Jiménez, N., M. Carballo-Bautista, E. Sauri-Duch, A. Centurión-Yah y E. Tamayo Canul, 2010. Efecto del sistema de cultivo sobre la calidad microbiológica del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) después de su cosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* (11)2: 171-179.
- Tucuch-Haas, C.J., G. Alcántar-González, V.M. Ordaz-Chaparro, J.A. Santizo-Rincón y A. Larqué-Saavedra, 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y tamaño de partícula de sustratos. *Terra Latinoamericana* (30): 9-15.

