



SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE,
RECURSOS NATURALES Y PESCA



INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA



MÉXICO, D.F. , AÑO 2000



**SECRETARÍA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA**



**INSTITUTO NACIONAL
DE LA PESCA**

**DIRECCIÓN GENERAL DE IN-
VESTIGACIÓN EN ACUACUL-
TURA**

ESTADO DE SALUD DE LA ACUACULTURA EN MÉXICO

MÉXICO, D.F., AÑO 2000

DIRECTORIO

M. en C. JULIA CARABIAS LILLO

Secretaria de Medio Ambiente, Recursos
Naturales y Pesca

INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA:

DR. ANTONIO J. DÍAZ DE LEÓN CORRAL

Presidente

DR. PORFIRIO ÁLVAREZ TORRES

Director General de Investigación en Acuicultura

M. EN C. OSCAR MANUEL RAMÍREZ FLORES

Director General de Investigación en Procesos para el
Desarrollo Sustentable

BIÓL. ALFREDO SÁNCHEZ PALAFOX

Director General de Investigación y Desarrollo
Tecnológico

DR. MIGUEL ÁNGEL CISNEROS MATA

Director General de Investigación en Evaluación y
Manejo de los Recursos Pesqueros



**SECRETARÍA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA**



**INSTITUTO NACIONAL
DE LA PESCA**
**DIRECCIÓN GENERAL DE IN-
VESTIGACIÓN EN ACUACUL-
TURA**

ESTADO DE SALUD DE LA ACUACULTURA EN MÉXICO

MÉXICO, D.F., AÑO 2000

COLABORADORES DEL INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA (OFICINAS CENTRALES)

BIÓL. MYRIAM RAMÍREZ FLORES

Subdirectora de Maricultivos y Acuacultura Continental

M. en C. LUZ MARÍA TORRES RODRÍGUEZ

Jefa del Departamento de Desarrollo de Proyectos y Rendimientos

BIÓL. ALMA ROSA COLÍN MONRREAL

Investigadora

HIDROBIÓL. FELICITAS SOSA LIMA

Investigadora

**M. EN C. MARGARITA HERNÁNDEZ
MARTÍNEZ**

Investigadora

BIÓL. LIZBETH F. MARÍN ZALDÍVAR

Investigadora

BIÓL. PATRICIA ROJAS CARRILLO

Investigadora

**M. EN C. PABLO ALEJANDRO PÉREZ
VELÁZQUEZ**

Investigador

**ING. PESQ. ENRIQUE A. BERMÚDEZ
RODRÍGUEZ**

Investigador

BIÓL. GERARDO GARCÍA UREÑA

Investigador

M.V.Z. ÁLVARO VÁZQUEZ GARCÍA

Investigador

TEC. ISMAEL MORA CERVANTES

Enlace Informático



**SECRETARÍA DE MEDIO
AMBIENTE, RECURSOS
NATURALES Y PESCA**



**INSTITUTO NACIONAL
DE LA PESCA**

**DIRECCIÓN GENERAL DE IN-
VESTIGACIÓN EN ACUACUL-
TURA**

ESTADO DE SALUD DE LA ACUACULTURA EN MÉXICO

MÉXICO, D.F., AÑO 2000

COLABORADORES DEL INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA (CENTROS REGIONALES DE INVESTIGACIÓN PESQUERA)

M. EN C. NORMA ANGÉLICA LÓPEZ TÉLLEZ
Investigadora del CRIP Lerma, Campeche

BIÓL. CÉSAR DÍAZ LUNA
Subdirector del CRIP Veracruz, Veracruz

BIÓL. ROSA MA. LORÁN NÚÑEZ
Investigadora del CRIP Veracruz, Veracruz

M. EN C. ARACELI AVILÉZ QUEVEDO
Investigadora del CRIP La Paz, B.C.S.

M. EN C. LOURDES LYLE FRITCH
Investigadora del CRIP Mazatlán, Sinaloa

B.P. EMILIO ROMERO BELTRÁN
Investigador del CRIP Mazatlán, Sinaloa

COLABORADORES DE OTRAS INSTITUCIONES

DR. ROBERTO MENDOZA ALFARO
Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León

DR. SALVADOR CONTRERAS BALDERAS
Profesor Emérito de la Universidad Autónoma de Nuevo León

M. en C. ANTONIO SILVA LOERA
Investigador de La Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad
Autónoma de Baja California

BIÓL. SERGIO ESCÁRCEGA RODRÍGUEZ
Subdirector de Pesca de la Delegación SEMARNAP en el estado de
Michoacán

BIÓL. ADOLFO LARA VÁZQUEZ
Investigador del Instituto Nacional de Ecología

M. EN C. MARTHA RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ
Investigadora de la Universidad Autónoma
Metropolitana-Xochimilco

ING. OSCAR LOAIZA JIMÉNEZ
Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León

CONTENIDO

PONENCIAS DE LA IV REUNIÓN NACIONAL DE REDES DE INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA

- I. MARCO INSTITUCIONAL DEL DESARROLLO ACUÍCOLA
EN MÉXICO**
Álvarez T., Porfirio
- II. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL DESARROLLO
TECNOLÓGICO DE LA ACUACULTURA**
Álvarez T., Porfirio
- III. REDES NACIONALES DE INVESTIGACIÓN EN
ACUACULTURA**
Colín M., Alma R.
- IV. BIODIVERSIDAD EN LAS AGUAS CONTINENTALES
DE MÉXICO**
Contreras B., Salvador y M. Ramírez F.
- V. INVENTARIO NACIONAL DE LA ICTIOFAUNA
DULCEACUÍCOLA MEXICANA**
Contreras B., Salvador y M. Ramírez F.
- VI. FUTURO DE LA ACUACULTURA DE REPOBLACIÓN
EN AGUAS CONTINENTALES**
Álvarez T., Porfirio
- VII. DIAGNÓSTICO DE LAS PRINCIPALES ESPECIES
CULTIVADAS EN MÉXICO**
Álvarez T., Porfirio
- VIII. SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE
UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA**
Torres R., Luz M. y G. García U.
- IX. CULTIVO DE TRUCHA**
Sosa L., Felicitas, A. R. Colín M., L. M. Torres R. y M. Hernández M.
- X. CULTIVO DE TILAPIA**
Sosa L., Felicitas, A. Vázquez G. y L.M. Torres R.

XI. CULTIVO DE CARPA

Bermúdez R., Enrique, M. Rodríguez G., S. Escárcega R. y L. Marín Z.

XII. CULTIVO DE BAGRE

Marín Z., Lizbeth, A. Pérez V., E. Bermúdez R. y O. Loaiza J.

XIII. CULTIVO DE CATÁN

Mendoza A., Roberto

XIV. CULTIVO DE TOTOABA

Silva L., Antonio

XV. CULTIVO DE PECES MARINOS

Avilés Q., Araceli

XVI. CULTIVO DE CAMARÓN

Álvarez T., Porfirio, M. Hernández M., C. Díaz L., E. Romero B. y L. Lyle F.

XVII. CULTIVO DE LANGOSTINO

Lorán N. Rosa M., A.R. Colín M., A. Vázquez T., F. Sosa L. y L.M. Torres M.

XVIII. CULTIVO DE LANGOSTA ESPINOSA

Silva L., Antonio

XIX. CULTIVO DE CAMARÓN ROSADO

López T., Norma A.

XX. CULTIVO DE LANGOSTA AUSTRALIANA

Hernández M., Margarita

XXI. CULTIVO DE OSTIÓN

Pérez V., Alejandro, L.M. Torres R., F. Sosa L. y M. Hernández M.

XXII. CULTIVO DE ABULÓN

Silva L., Antonio, L.M. Torres R. y M. Hernández M.

XXIII. CULTIVO DE ESPECIES NATIVAS

Rojas C., Patricia M. y R. Mendoza A.

XXIV. MANEJO DE LA SALUD ANIMAL EN ACUACULTURA

Chávez S., Ma. Cristina y M. Hernández M.

XXV. CRECIMIENTO RESPONSABLE Y DESARROLLO DE LA ACUACULTURA NACIONAL EN LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS

Álvarez T., Porfirio

RESUMEN

El presente documento tiene por objeto presentar el diagnóstico mas reciente sobre el estado de desarrollo de la acuacultura en México, asunto que ha sido tratado en el marco de los temas prioritarios de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), con el objeto de identificar y definir las estrategias de trabajo para proponer un impulso de desarrollo ordenado para esta actividad productiva en México. El presente documento contiene elementos de análisis producto de la revisión de información oficial y estadísticas producidas por las áreas encargadas al interior de la SEMARNAP y otras derivadas del trabajo de campo conducido por el Instituto Nacional de la Pesca. Así se resume sobre las tendencias de producción acuícola nacional, la interacción del sector con el ambiente, sociedad y economía, sus necesidades y retos, destacando el papel de la investigación científica y el desarrollo tecnológico necesarios para incrementar la eficiencia productiva en el país y en particular el impulso a la acuacultura en pequeña escala o rural. Todo ello como eje central para abatir los efectos de la pobreza en algunas regiones prioritarias del país. Asimismo, destaca por incluir a las especies que contribuyen con el universo productivo de la acuacultura nacional como son: trucha, carpa, tilapia, bagre, camarón, langostino, ostión y abulón, mismas que constituyen el grueso de la producción acuícola de México, y son finalmente las de mayor importancia comercial, económica y social. Asimismo, se presenta la información para otras especies de importancia regional como son: la langosta marina, el catán, peces marinos, describiendo además las condiciones de uso de la ictiofauna dulceacuícola mexicana.

Por otro lado, se menciona la importancia de la investigación en acuacultura en el contexto en que actualmente esta actividad se desarrolla en México y se presenta un análisis de los productos de la investigación nacional de los últimos cinco años en pesca y acuacultura derivados de las diversas reuniones de trabajo técnicas y científicas de las Redes Nacionales de Investigación en Acuacultura organizadas por el INP, presentando el análisis correspondiente acerca de la estructura de las Redes tanto en su composición actual por participantes, instituciones, distribución regional e institucional, líneas y temas de investigación. De esta forma con la participación permanente de dichas instituciones de investigación nacionales en las Redes Nacionales de Investigación en Acuacultura, se cuenta con un mecanismo que permite el análisis, el debate, la priorización, caracterización, realización y la planificación de la investigación en acuacultura acorde con las capacidades instaladas en el país. En este mismo rubro de investigación se ha incluido un análisis global de las aportaciones que el Gobierno Federal asignó

al tema de desarrollo de la acuacultura en el período 1995-2000 a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y sus Sistemas Regionales de Investigación. En el contexto de la producción acuícola nacional se describe de manera particular el proceso de producción mediante la siembra y actividades de repoblación en México, brindando lineamientos y una orientación específica para su futuro desarrollo, pensando en que son las aguas continentales las que históricamente han aportado el grueso de la producción acuícola. Las pesquerías derivadas de la acuacultura, son entonces un punto muy importante en el escenario nacional que permitirá incrementar la producción pesquera, pero que requiere de un cambio integral para lograrlo. Otro tema incluido en este documento es el referente a la sanidad animal, asunto que en años anteriores ha causado pérdidas importantes al sector productivo al enfrentarse ante el reto del manejo adecuado de las condiciones de salud animal. El Instituto Nacional de la Pesca gracias a su amplia cobertura nacional ha logrado realizar estudios tanto de prospección como específicos sobre las condiciones sanitarias de recursos de gran importancia, como el camarón, analizando tanto las poblaciones cultivadas como las silvestres en ambas costas del país. Finalmente, en este documento se brindan los indicadores de estatus de la acuacultura mexicana, producto del contenido de la Carta Nacional Pesquera, lo cual brinda un amplio panorama sobre cada recurso cultivado, de las tendencias de la pesca en aguas continentales, del estatus de la ictiofauna dulceacuícola y de la acuacultura y su relación con los ecosistemas lagunares costeros y áreas naturales protegidas mas importantes del país. En la preparación de este documento se ha contado con la participación de muchas personas, autoridades, funcionarios, técnicos de campo, investigadores internos y de diversas instituciones nacionales de investigación dedicadas al desarrollo de la acuacultura en México, a quienes expresamos nuestro profundo agradecimiento y reconocimiento por su colaboración y apoyo constante.

INTRODUCCIÓN

Al término del Siglo XX la acuacultura se constituye a nivel mundial en un mecanismo alterno para la producción de alimentos tanto en aguas continentales, como salobres y marinas, con el cultivo de diversas especies de importancia no sólo alimentaria y comercial, incluso de aquellas especies en riesgo o peligro extinción que son recuperadas mediante técnicas de cultivo.

En este escenario esta actividad adquiere especial atención y requiere de un impulso decidido y dirigido, que permita que su desarrollo y crecimiento se realice en forma equilibrada con el entorno ambiental, socioeconómico y cultural.

En este sentido la acuacultura se enmarca en el contexto de la contribución de ésta a la seguridad alimentaria. Contribuyendo considerablemente a la seguridad alimentaria de orden local y regional, proporcionando directamente alimentos al productor y a la comunidad inmediata, aprovechando las vastas zonas hidrológicas disponibles en México.

En México, ésta actividad es relativamente reciente y en expansión, y sus expectativas de crecimiento deberán ser fomentadas con absoluto conocimiento de su potencial y equilibrio con el medio en que se pretenda desarrollar, y sobre todo considerando el Código de Conducta para la Pesca Responsable que en su apartado para actividades acuícolas destaca la creciente necesidad de buscar permanentemente alternativas productivas y la preservación de los recursos naturales autóctonos.

El potencial hidrológico de México, es de aproximadamente 11,000 km de litorales, 1.3 millones de hectáreas de aguas continentales y 1.5 millones de hectáreas de aguas protegidas; con sistemas de ríos y manantiales que podrían albergar proyectos desde el tipo rústico y extensivo hasta los de carácter comercial industrial.

Por otra parte, la diversidad del gradiente altitudinal, que contribuye a la existencia de una gran variedad de climas y ecosistemas permite desarrollar una actividad acuícola diversificada, en donde se puede llevar a cabo una actividad ordenada, con el manejo de especies acuáticas nativas.

A pesar de las condiciones arriba citadas, es factible comentar que los resultados alcanzados por la acuacultura en México hasta el momento son pobres y distan ampliamente del potencial de producción disponible, tan sólo para lo que se refiere a los cuerpos de agua continentales, y cabe destacar que hace algunos años no había sido desarrollado un plan consistente, estratégico, de desarrollo del sector, que ubicara y planificara el desarrollo acuícola sobre la base de un ordenamiento.

Hoy se cuenta con un plan de desarrollo basado en un marco de referencia territorial, que considera factores tales como, zonas de aprovechamiento, potencial de producción acuícola y la demanda de organismos para los distintos niveles de aprovechamiento: acuacultura rural de pequeña escala, acuacultura de repoblación, rural e industrial; bajo una concepción de desarrollo acuícola que se articula consistentemente con los aspectos social, económico y ambiental.

I. MARCO INSTITUCIONAL DEL DESARROLLO ACUÍCOLA EN MÉXICO

.....

Dr. Porfirio Álvarez Torres

Director General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca.

La institución rectora de la acuicultura en México está a cargo del Gobierno Federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos, Naturales y Pesca (SEMARNAP), responsable de planificar el desarrollo del sector y llevar a cabo las acciones necesarias para su realización, en concertación con otras instancias del Gobierno en sus diferentes niveles, estatal y municipal, así como con el sector de la producción y académico. Para ello cuenta con dos instancias fundamentales: la Dirección General de Acuicultura (DGA) dependiente de la Subsecretaría de Pesca y la Dirección General de Investigación en Acuicultura (DGIA) dependiente del Instituto Nacional de la Pesca, que cubren el universo de trabajo alrededor de este sector tanto desde el punto de vista de la administración como de la investigación.

Dentro de la SEMARNAP opera el Instituto Nacional de la Pesca (INP), órgano desconcentrado encargado de generar la información técnica y científica que sirve de sustento para la toma de decisiones de la administración pesquera y acuícola nacional. Es el INP quien identifica y realiza, a través de sus Centros Regionales de Investigación Pesquera (CRIP) líneas de investigación en el sector acuícola, asimismo la investigación en acuicultura se ejecuta en diferentes instituciones del país, incluyendo a numerosas universidades (p. ej.: Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma de Baja California Sur, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Tecnológico de Monterrey, entre otros), llevando a cabo investigaciones que en diversos proyectos mantienen un vínculo con la SEMARNAP

Lo que en el período de 1989-1994 era considerado como limitante del subsector acuícola nacional ha motivado un cambio profundo en la visión y ejercicio de funciones del Estado Mexicano en materia de acuicultura, propiciando accio-

nes que hacen que el Gobierno genere condiciones que facilitan el desarrollo de la acuacultura mediante la descentralización de diversas tareas. Esto ha llevado a los usuarios, productores, sociedad civil y gobierno a un ejercicio de corresponsabilidad que hasta hace varios años no se había llevado a cabo.

Hoy en día, la SEMARNAP a través de las instancias antes mencionadas aborda el tema de la acuacultura en una visión integral y de conjunto en donde el desarrollo de esta actividad tiene su base en la mejor evidencia científica y en el consenso social para la toma de decisiones sobre el uso y aprovechamiento de los recursos acuáticos, todo ello en concordancia con otros instrumentos internacionales sobre el desarrollo responsable de la acuacultura, como el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la Organización Mundial para la Alimentación y Agricultura (FAO).

El Instituto Nacional de la Pesca es entonces la instancia que se ha encargado de promover un mayor interés para la realización de proyectos de investigación en esta materia junto a las instituciones nacionales de investigación, encaminadas a la solución de problemas tecnológicos y de ciencia básica, identificados con el apoyo del sector productivo.

La intervención del INP en materia de investigación acuícola ha logrado incrementar los vínculos entre el sector productivo y académico mediante las Redes Nacionales de Investigación en Acuicultura, creando espacios de discusión mediante foros técnicos, seminarios, cursos y talleres, en donde ambos sectores han podido expresar sus propios intereses en beneficio del sector acuícola nacional. A la fecha han sido identificadas más de 120 instituciones nacionales dedicadas a la acuacultura.

En gran medida, la duplicidad de esfuerzos que antaño prevalecía en el sector ha sido reducido de manera casi total, propiciando incluso el trabajo de investigación integral mediante proyectos de tipo concurrente entre varias organizaciones en una misma región geográfica.

La interlocución desde el INP con el sector productivo ha sido motivo también de identificación de los temas más rezagados en materia de investigación, para lo cual el Instituto ha enviado diversas recomendaciones a otras instancias federales encargadas de la Ciencia y Tecnología para que incluyan las líneas de investigación identificadas como prioritarias, generando con ello mayor posibilidad de aportación de recursos económicos destinados a la investigación. Por otro lado ha creado mecanismos de colaboración con el sector privado y social de la acuicultura para el desarrollo de proyectos de investigación de interés común.

La SEMARNAP a través del INP desarrolla una amplia labor de coordinación de programas de extensión y difusión de los resultados de investigación mediante

la revista Ciencia Pesquera, y a través de mecanismos de colaboración con instituciones académicas nacionales y otras instancias federales, así como con la Secretaría de Educación Pública y el CONACYT.

El rubro de capacitación y superación de los propios investigadores del INP ha sido propiciado de manera particular por la Dirección General de Investigación en Acuicultura, aprovechando los mecanismos de financiamiento para la capacitación existentes y ofrecidos por instituciones nacionales e internacionales, bajo un contexto de capacitación en rubros y temas de trabajo pertinentes a las prioridades de investigación nacionales y plasmadas en el Programa Sectorial de Pesca y Acuicultura 1995-2000.

1. MARCO LEGAL DE LA ACUACULTURA

La legislación se basa en la Constitución Mexicana, La Ley de Pesca y su Reglamento (modificado en 1999), La Ley Federal de Aguas, La Ley General del Equilibrio Ecológico y todas aquellas normas que legislen en materia acuática, de recursos naturales y aprovechamiento.

1.1. INSTRUMENTOS DE POLÍTICA AMBIENTAL EN ACUACULTURA

En contraste con la acuicultura de tipo comercial, la Acuicultura de pequeña escala no ha mostrado impactos graves de tipo ambiental. Sin embargo, a continuación se muestran las generalidades de la política ambiental y de ordenamiento ecológico que atañen a cualquier actividad productiva, incluida la acuicultura.

Con el fin de proveer a los productores del medio rural de beneficios para el aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales, es necesario hacer énfasis en que la normatividad vigente aplicada a la expedición de permisos y concesiones acuícolas no representa un obstáculo para instalar sus unidades de producción, mas bien significa un elemento que les permite alcanzar los siguientes objetivos:

1. Impulsar un desarrollo que sea compatible con las aptitudes y capacidades de cada región.
2. Aprovechar de manera plena y sustentable los recursos naturales, como una condición básica para la superación de la pobreza.
3. Cuidar el ambiente y los recursos naturales a partir de un efectivo cumplimiento de las leyes.

1.2. ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) el ordenamiento ecológico es “El proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger al ambiente”. Este proceso comprende las siguientes etapas: evaluación o diagnóstico ambiental, planificación ambiental, y gestión o manejo ambiental (Ramírez y Sánchez, 1998b). Las políticas de ordenamiento ecológico se describen a continuación.

Política de protección

Tiene como propósito preservar unidades territoriales y marítimas con características ecológicas complejas o especiales, con el fin de asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos, así como de salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres y acuáticas, principalmente las endémicas o en peligro de extinción.

Política de conservación

Está orientada a unidades territoriales y marítimas que contienen recursos naturales que cumplen una función ecológica importante, susceptible de un aprovechamiento racional condicionado a preservar, mantener y mejorar dicha función, con el fin de asegurar el equilibrio entre las actividades del hombre y el ambiente.

Política de aprovechamiento

Está dirigida a las unidades territoriales y marítimas que presentan condiciones adecuadas para sostener el desarrollo de actividades productivas o sociales, con el fin de orientar la localización de éstas y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, de forma tal que se garantice la permanencia de dichas actividades y la preservación del ambiente.

Política de restauración

Está encaminada a las unidades territoriales y marítimas deterioradas, con el fin de restablecer las condiciones ecológicas básicas que permitan su reincorporación a un régimen de aprovechamiento, o bien a un régimen de conservación.

Los estudios de ordenamiento ecológico se desarrollan en áreas de atención prioritaria, definidas por sus características de alta diversidad, pobreza extrema, alto grado de deterioro, o con alto potencial de recursos naturales y socioeconó-

mico, son el marco para impulsar acciones públicas encaminadas a la preservación de los recursos naturales y el desarrollo sustentable, es decir, facilitan la identificación de las áreas donde la acuicultura puede desarrollarse en armonía con otras actividades. Asimismo, promueve la regularización de unidades productivas, a efecto de lograr el conocimiento exacto de su distribución y evitar así aglomeraciones que provoquen efectos negativos sobre los ecosistemas e, incluso, sobre ellas mismas.

1.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) la evaluación de Impacto Ambiental es definida como un mecanismo técnico-administrativo que permite identificar y prevenir los efectos ambientales adversos asociados a la realización de un proyecto de la actividad pública o privada que pueda provocar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones señaladas en los reglamentos y en las normas técnicas ecológicas (Ramírez y Sánchez, 1998b).

1.4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

En el marco de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y de la Ley de Pesca y su Reglamento, a partir de 1993, mediante la instalación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Pesca Responsable, se han elaborado las siguientes disposiciones jurídicas que permiten el desarrollo armónico de la acuicultura, de las cuales están vigentes las siguientes:

- **NOM-010-PESC-1993**, que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos destinados a la acuicultura y el ornato. (DOF 16/06/94).
- **NOM-011-PESC-1993**, para regular la aplicación de cuarentenas a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables en la importación de organismos acuáticos vivos destinados a la acuicultura y el ornato. (DOF 16/06/94).
- **NOM-002-PESC-1993**, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón, los requisitos esenciales son: especificaciones de las artes de pesca para captura en sistemas lagunares y altamar, aplicación de vedas, embarcaciones y uso de excluidores de tortuga. En cuanto al aprovechamiento de larvas, postlarvas y reproductores de camarón del medio natural para su uso en acuicultura se especifican las zonas de captura, expedición de autorizaciones para la recolección, indicando número de organismos equipos que se utilicen, zona geográfica, periodo, talla máxima. (DOF 31/12/93).

- **NOM-020-PESC-1994**, acredita las técnicas para la identificación de agentes patógenos causales de enfermedades en los organismos acuáticos vivos cultivados, silvestres y de ornato. (DOF 07/12/1994).
- **NOM-021-PESC-1994**, que regula los alimentos balanceados, los ingredientes para su elaboración y los productos alimenticios no convencionales, utilizados en acuacultura y el ornato, importados y nacionales, para su comercialización y consumo. (DOF 20/01/1995).
- **NOM-022-PESC-1994**, que establece las regulaciones de higiene y su control, así como la aplicación del sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en las instalaciones y procesos de las granjas acuícolas. (DOF 26/01/1995).
- El Proyecto de Norma Oficial Mexicana **NOM-089-1994**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las actividades de cultivo acuícola.

Cabe señalar que este Proyecto de Norma Oficial Mexicana fue elaborado en el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, el cual es presidido por el Instituto Nacional de Ecología y al igual que los anteriores Proyectos no está vigente.

- NORMA Oficial Mexicana de Emergencia **NOM-EM-003-PESC-2000**, Que establece los requisitos para determinar la presencia de enfermedades virales de crustáceos acuáticos vivos, muertos, sus productos o subproductos en cualquier presentación y artemia (*Artemia spp*), para su introducción al territorio nacional y movilización en el mismo. (DOF 25/04/2000)

Asimismo están en elaboración los siguientes anteproyectos:

- Regulaciones para aprobar y registrar los medicamentos y sustancias químicas, sus dosis y modos de aplicación para el tratamiento de las enfermedades que afectan a los organismos acuáticos cultivados.
- Requisitos sanitarios para la operación de laboratorios e instalaciones acuícolas productoras de las diferentes fases de desarrollo, incluidos los gametos de peces, moluscos y crustáceos destinados a la acuacultura y el ornato.

Los instrumentos anteriores son parte de un conjunto de mecanismos incluidos en la legislación y las normas específicas cuya aplicación incluye disposiciones prohibitorias en casos de riesgo notorio para el medio ambiente, la salud humana y en general para la calidad de vida. Su potencialidad se logra cuando los productores encuentran el beneficio propio al aplicarlas a la realización de sus propios proyectos, es entonces cuando se logra inducir un cambio en las conductas productivas o del consumo que afectan al ambiente.

En la práctica, sin embargo, se debe hacer frente a diversos problemas que hacen difícil la materialización de acciones que involucran no solamente a las instituciones de la administración pública sino también a la sociedad civil que por derecho demanda condiciones de equidad, desarrollo y bienestar.

2. PROGRAMA SECTORIAL DE PESCA Y ACUACULTURA 1995-2000

En este programa se advierten tres categorías de cultivo: la acuicultura rural, de repoblación, e industrial, bajo una concepción de desarrollo acuícola que se articula consistentemente con los aspectos social, económico y ambiental. Todos estos temas fueron incluidos mediante los subprogramas de trabajo del Programa Sectorial de Pesca y Acuicultura 1995-2000 (Tabla 1) (SEMARNAP, 1995a).

Tabla 3. Programa Sectorial de Pesca y Acuicultura 1995-2000.
Subprogramas para impulsar el desarrollo de la acuicultura en México

No.	Subprograma	Objetivo
6.5.1	Ordenamiento del Desarrollo Acuícola.	Programar y normar el desarrollo de la actividad.
6.5.6	Acuicultura Rural.	Atender demanda alimentaria comunidades escasos recursos.
6.5.9	Modernización de las Pesquerías derivadas de la Acuicultura.	Consolidar las pesquerías derivadas de las siembras y resiembras.
6.5.7	Repoblación en Aguas Continentales y Marinas.	Mantener e incrementar las poblaciones de organismos acuáticos en aguas continentales y marinas.
6.5.2	Consolidación y Diversificación de la Acuicultura en Aguas Continentales.	Promover el uso más eficiente de la capacidad instalada.
6.6.3	Rehabilitación y Fortalecimiento de la Infraestructura Pesquera y Acuícola.	Rehabilitación, remodelación de centros acuícolas.
6.5.5	Fomento a la Maricultura.	Diversificar la producción acuícola mediante el aprovechamiento integral de los recursos costeros.
6.5.3	Modernización del Cultivo de Camarón.	Diversificar la tecnología para lograr el máximo aprovechamiento de los recursos naturales.
6.5.4	Cultivo de Abulón.	Desarrollar, consolidar la tecnología para el cultivo de abulón.
6.5.8	Sanidad Acuícola.	Favorecer la productividad y calidad de productos acuícolas.
6.3.4	Validación y Transferencia de Tecnología Acuícola.	Transferir la tecnología de cultivo a los productores.
6.3.5	Investigación y Desarrollo Acuícola.	Fomentar, promover, desarrollar y transferir la investigación científica y tecnológica de los recursos acuícolas.

Fuente: Programa de Pesca y Acuicultura 1995-2000. (SEMARNAP 1995a).

3. LA ACUACULTURA COMO PARTE ESENCIAL DEL SECTOR PESQUERO

3.1. PRODUCCIÓN PESQUERA Y ACUÍCOLA 1985-1998

El crecimiento de la producción del sector pesquero y acuícola durante el periodo de 1989 a 1998 (Figura 1) muestra una tendencia de crecimiento fluctuante en las capturas, mientras que la producción por acuacultura se incrementa de manera más consistente, aunque en niveles que no superan las 190,000 t registradas en 1990 frente a las casi 1,400,000 t obtenidas por pesca en 1997. La tasa promedio de crecimiento anual del sector en ese periodo es del 2.16%, diferente al reportado para los periodos de 1983 a 1989 del 5.3%, como consecuencia de la baja producción registrada de 1992 a 1994, no obstante este crecimiento se recupera fuertemente en los últimos años.

Las tasas de crecimiento anual para el periodo de 1985 a 1997 de la acuacultura frente a la pesca son relativamente superiores, si se consideran los promedios en dicho periodo, es decir de 2.5 y 2.2 respectivamente (figura 2).

De acuerdo a los datos de la figura 2, el crecimiento de la producción del sector pesquero y acuícola es del 2.17% durante el periodo de 1985 a 1997, sin embargo al considerar la producción obtenida durante 1998 esta tendencia de crecimiento tiene una inflexión que hace cambiar el resultado a una tasa de 0.35%. Lo anterior muy probablemente debido a los efectos generados por el fenómeno meteorológico conocido como "El Niño", el cual provocó fuertes sequías disminu-

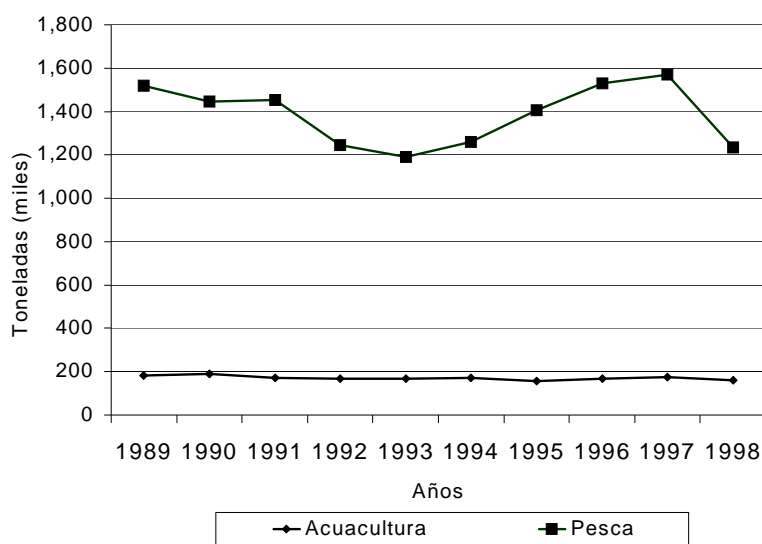


Figura 1. Volumen de la producción pesquera y acuícola en peso vivo (1989-1998)

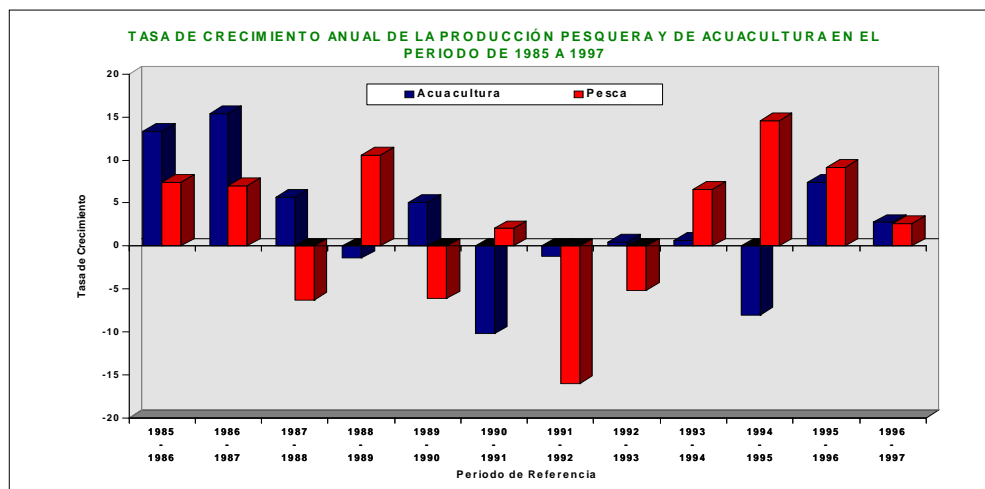


Figura 2. Tasas de crecimiento anuales del sector pesca en el período 1985-1997.

yendo sensiblemente los volúmenes de agua de presas y lagos, causando efectos negativos principalmente en la captura (Ramírez y Sánchez, 1998a).

Desde otro punto de vista, al considerar las tasas de crecimiento de la captura y la acuacultura por separado durante el periodo 1985 a 1998, es evidente que la actividad mas impactada es la captura que registra un crecimiento del 0.26% en tanto que la acuacultura se ubica en 1.68%, con lo cual se ponen de manifiesto las ventajas que ofrece esta última frente a los efectos de los fenómenos naturales.

3.2. RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA NACIONAL 1989-1999

Durante 1995, la producción por acuacultura participó con un 11.2% de la producción total nacional, y en 1996 participó con 11.1%. En 1996 el volumen de la producción acuícola fue de 169,200 t en peso vivo, 7.4% más con respecto al año anterior. (Estadísticas del Medio Ambiente, INEGI, 1997)

México cuenta con mas de 10 mil unidades de producción acuícola dedicadas a la acuacultura rural y comercial (DOF, 2000). De las especies cultivadas destacan por su incremento productivo de 1995 a 1996, especies como bagre (21.1%), ostión (23.9%) y carpa (14.1%), entre otras (Estadísticas del Medio ambiente, INEGI, 1997).

La producción acuícola global en México está representada por especies dulceacuícolas y marinas entre las que destacan la tilapia, carpa, trucha bagre, ostión y camarón, con un total de 181,453 t para el año de 1989, y una baja productiva que alcanzó 169,211 t en 1996 y 166,285 t para el registro de producción más reciente de 1999. Cabe mencionar que el total máximo registrado de

producción acuícola en México fue de 190,669 t en 1990 (SEPESCA, 1990, SEMARNAP, 1995b; 1996a; 1997a; 1998a, 1999a).

En 1999 las especies más importantes que contribuyen al incremento de la producción en sistemas controlados son: el camarón con cerca de 29,120 t, lo cual significa un incremento de cerca del 54% por arriba de la producción registrada en 1995; mientras que en 1998 la producción de bagre (489 t) y tilapia (657 t) en granjas comerciales, superó en gran medida la producción obtenida durante 1997 que fue de 282 y 522 t respectivamente.

En aguas continentales destaca la producción de tilapia con un máximo registrado de 80,638 t en 1993 y de 66,330 t para 1999, producto de las pesquerías en aguas interiores y como una consecuencia directa de los programas de repoblación en los mismos (SEPESCA, 1994; SEMARNAP, 1999 y 1999a, Alvarez, 1999). Asimismo la producción de carpa alcanzó un máximo de producción en 1996 con 29,537 t bajando en 1999 a 22,060 t (SEMARNAP 1999a).

En el ámbito de la producción dulceacuícola la trucha ha representado una actividad en crecimiento continuo, principalmente esta actividad se ha expandido en los estados de Michoacán y México, registrando producciones máximas de 2,659 t en 1995 una baja importante en 1997 y 1998 con 1,512 y 1,612 t respectivamente para recuperarse en 1999 con 2,363 t (SEMARNAP, 1999a).

Las especies de charal que tradicionalmente se extraen de las cuencas del estado de Jalisco y Michoacán producto de la pesca en embalses ha presentado un marcado descenso productivo, registrando una producción de 2,665 t en 1994 y de 894 t en 1999. En ese mismo sentido la producción de lobina pasó de 1,470 t en 1994 a 674 en 1999 (SEMARNAP, 1999a).

En cuanto a la producción de especies marinas, el camarón ha mantenido un crecimiento constante, alcanzando con una producción máxima de 29,120 t en 1999, sin embargo es evidente que las producciones de 1996 y 1997 no alcanzaron los niveles de producción esperados derivado de las enfermedades y problemas sanitarios en los cultivos.

Asimismo, el ostión ha observado una baja en su producción de manera continua con 56,599 t en 1989, un dramático descenso en 1993 que apenas registró 25,847 t y una recuperación aparente en 1996 con 37,776 t, finalmente se registró un incremento en 1999 llegando a 40,504 t (Tabla 1)(SEMARNAP, 1999a).

La producción de camarón destaca del resto de las especies cultivadas a nivel comercial, no sólo por su volumen sino por su valor que en 1998 fue de 1,190 millones de pesos, lo que significó alrededor del 60% del valor de la producción total por acuacultura comercial (Tabla 2) (Ramírez y Sánchez, 1998a).

Tabla 1. Producción acuícola de las principales especies cultivadas en México de 1989-1999 (t).

Especie	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Bagre	2,947	3,820	3,452	4,219	4,665	2,607	2,710	3,282	2,816	2,474	2,440
Carpa	22,504	27,818	28,353	28,393	25,173	18,848	25,882	29,537	24,848	24,671	22,060
Camarón	2,846	4,371	5,111	8,326	11,846	13,138	15,867	13,315	17,570	23,749	29,120
Charal	7,898	8,955	7,816	7,498	7,516	2,665	2,398	1,281	1,330	878	894
Lobina	1,414	1,819	1,615	1,311	1,407	1,470	962	782	1,006	686	674
Ostión	56,599	52,582	38,721	32,151	25,847	33,479	30,486	37,776	40,381	33,486	40,504
Tilapia	73,766	83,788	75,093	76,964	80,638	75,541	76,128	79,154	83,132	70,505	66,330
Trucha	840	2,010	1,865	1,854	3,353	1,966	2,659	2,706	1,512	1,612	2,363
Otras	12,639	5,506	9,382	8,053	9,121	21,675	482	1,378	1,153	1,660	1,900
TOTAL	181,453	190,669	171,408	168,769	169,566	171,389	157,574	169,211	173,748	159,721	166,285

Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca (1989-1999)

Tabla 2. Volumen, valor y participación de las principales especies cultivadas en el año 1999.

ESPECIE	VOLUMEN		VALOR	
	Toneladas	%	Miles de pesos	%
Bagre	2,440	1.47	30,816	1.31
Carpa	22,060	13.26	93,586	3.97
Camarón	29,120	17.51	1,501,359	63.69
Charal	894	0.54	3,626	0.15
Langostino	51	0.03	2,819	0.12
Lobina	674	0.41	10,895	0.46
Ostión	40,504	24.35	60,055	2.55
Tilapia	66,330	39.88	528,659	22.43
Trucha	2,363	1.42	93,246	3.96
Otras	1,900	1.14	32,237	1.37
TOTAL	166,336	100.0	2,357,298	100.0

(Incluye la producción de sistemas controlados de granjas comerciales y pesquerías acuaculturales o derivadas de la repoblación). Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, (SEMARNAP, 1999).

Las crías de peces de las diversas especies destinados al programa de Acuicultura Rural se producen en los Centros Acuícolas de la SEMARNAP y otros centros en operación dependientes de los Gobiernos Estatales. En la Figura 3 se muestran los niveles de producción de los Centros Acuícolas, para las diversas especies utilizadas (tilapia, carpa, trucha, bagre, langostino, lobina negra, catán, rana y mojarra nativas) en los programas de fomento a la acuicultura, en sus tres modalidades.

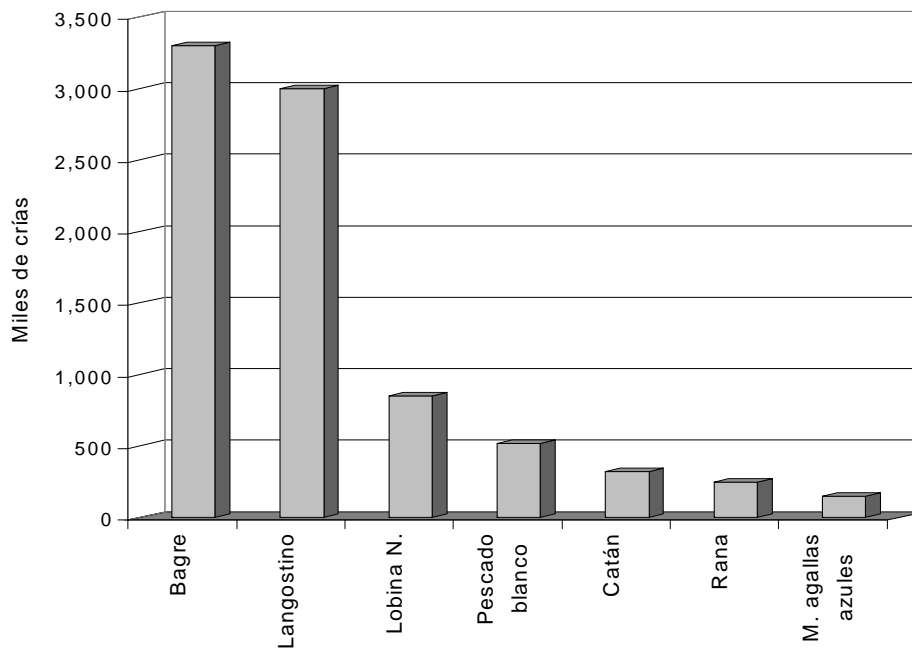


Figura 3. Producción de crías en centros acuícolas (tilapia, carpa, trucha, bagre, langostino, lobina negra, catán, rana y mojaras nativas).

4. BIBLIOGRAFIA

1. Álvarez-Icaza, P. 1996. La gestión ambiental campesina, reto al desarrollo rural sustentable. En *Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental*, Tomo II. Seminario Nacional Sobre Alternativas para la Economía Mexicana. ADE, SEMARNAP, PNUD, J.P. Editores. Ps 117-144.
2. Alvarez, T.P. y S. Avilés. 1995. Hacia una Camaronicultura Sustentable. Presentado en el Tercer Congreso Nacional de Acuicultura de Ecuador. Guayaquil, Ecuador Nov. 1995.
3. Alvarez, T.P., F. Soto, S. Avilés, C. Diaz, L. Treviño. 1996. Panorama de la Investigación y su repercusión sobre la producción acuícola en México. En: *Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Nov. 11-13, 1996. Monterrey Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 22 p.
4. Alvarez T. P. 1996a. Producción e Investigación en Acuicultura en México. En: *Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales (REDACUI)*. Pátzcuaro, Mich. 27 y 28 de junio de 1996. pp. 25-31.

5. Alvarez T. P. 1996b. La Investigación Acuícola en México. En: Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigadores en Maricultura (REDIMAR). Boca del Río, Ver. 28 y 29 de agosto de 1996. pp. 217-227.
6. Alvarez T. P. 1997. Estado Actual de la Acuicultura en México. En: Memorias del Curso Internacional de Nutrición de Organismos Acuáticos. Curso Precongreso. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, A.C. 29 Octubre, 1997, Puerto Vallarta, México. P.15-32
7. Alvarez, T.P. 1999. Acuicultura de Repoblamiento en Embalses. Memorias del Taller-Curso: Evaluación de Poblaciones y Repoblamiento en Embalses. SEMARNAP. Instituto Nacional de la Pesca, Dirección General de Investigación en Acuicultura. Subsecretaría de Pesca. Dirección General de Acuicultura y Dir. Gral. Administración de Pesquerías. Chapala, Jalisco. Julio de 1999. pp 18.
8. Alvarez, T.P. y V. Ríos. 1999. Introducción de especies y repoblación en aguas continentales de México. IV Reunión Nacional de las Redes de Investigación en Acuicultura. Cuernavaca, Morelos, del 19 al 21 de octubre 1999.
9. Alvarez, T.P., C. Ramírez y A. Orbe. 1999. Desarrollo de la Acuicultura en México y Perspectivas de la Acuicultura Rural. En: Taller Internacional "Acuicultura Rural de Pequeña Escala en América Latina y el Caribe: Enfrentando el Nuevo Milenio". Universidad Católica de Temuco. Departamento de Ciencias de la Acuicultura, Temuco Chile, 9 al 12 de Noviembre de 1999. FAO, Informe de Pesca No. 631. Santiago 2000.
10. Banco de México. 1998. LOS FINCA. Fondos de Inversión y Contingencia para el Desarrollo Rural. Fondo de Garantía para las Actividades Pesqueras. FOPESCA.
11. Cabrera, J.J. y J.L. García C. 1986. El estado de la Acuicultura en México al Término de 1982. En: Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. J.E. Bardach, H.H. Ryther & W.O. McLarney. Eds. AGT. México. pp. 721-741.
12. CONACYT, 1997. Convocatoria 1997 Resultados. Sistemas de Investigación Regionales. Cuadernos Regionales. SEP-CONACyT. México.
13. CONACYT, 1998. Convocatoria 1998 Resultados. Sistemas de Investigación Regionales. Cuadernos Regionales. SEP-CONACyT. México.
14. DGA, 1999a. Producción de Acuicultura para 1995-1998 en las tres modalidades de cultivo. Informe Interno. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. Subsecretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura. Dirección de Fomento Acuícola.

15. DGA, 1999b. Programa Nacional de Acuicultura Rural. Informe de Avances 1998. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. Subsecretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura.
16. DGA, 2000. Glosa del 6to Informe de Gobierno. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. Subsecretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura.
17. FAO. 1997. Consulta de expertos sobre las pesquerías derivadas de la repoblación en aguas interiores. FAO Fisheries Report No. 559 FIRI/R559. Dhaka, Bangladesh, 7-11 abril de 1997.
18. FAO. 2000. Taller Regional sobre Acuicultura Rural en América Latina. Comisión de Pesca Continental para América Latina. Informe de Pesca No. 631. Temuco, Chile, 9-12 de noviembre de 1999.
19. Juárez, P.R., G. Martínez y J. Flores. 1982. La Acuicultura en México. Antecedentes y Estado Actual en 1982. pp. 66-91.
20. INP, 1999. Programa Estado de Salud de la Acuicultura en México. Base de Datos Unidades de Producción Acuícola Nacional. Secretaría de Medio Ambiente recursos Naturales y Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación en Acuicultura. México.
21. Lorenzen, K., C. Garaway, J. Moreau, W. Hartmann & P. Laleye. 2000. Review of cultured based fisheries and enhancements. In: *International Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Book of Synopses*. Department of Fisheries of Thailand, Network of Aquaculture Centres in Asia Pacific and Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Session 3.5: 159-164.
22. Martínez, E.M. 1999. La Acuicultura Rural en Pequeña Escala en el Mundo. En: Taller Internacional "Acuicultura Rural de Pequeña Escala en América Latina y el caribe: Enfrentando el Nuevo Milenio". Universidad Católica de Temuco. Departamento de Ciencias de la Acuicultura, Temuco Chile, 9 al 12 de Noviembre de 1999. FAO, Informe de Pesca No. 631. Santiago 2000.
23. Orbe-Mendoza, A. y C. Barragán. 1996. Comercialización de productos pesqueros de agua dulce en México. FAO/COPESCAL. Grupo de Trabajo sobre Tecnología Pesquera. Sexta Reunión. Asunción, Paraguay, 23-27 de septiembre 1996
24. Orbe-Mendoza, A., J. Acevedo, y P. Alvarez. 1999. Mexico's Capture Fisheries and Aquaculture in Inland Waters: Current Situation And Need For Scientific Collaboration For Management Purposes. En revisión.

25. Ramírez-Martínez, C. y V. Sánchez. 1997. La acuacultura y el Sector Social. Subsecretaría de Pesca. Dirección General de Acuacultura. México.
26. Ramírez-Martínez, C. y V. Sánchez. 1998a. Una Propuesta de Diversificación Productiva en el Uso del Agua a Través de la Acuacultura. Subsecretaría de Pesca. Dirección General de Acuacultura. México.
27. Ramírez-Martínez, C. y V. Sánchez. 1998b. Como las normas y regulaciones existentes se pueden convertir en aliados de los productores. Simposio "La Acuacultura Sustentable en México: Presente y Futuro" dentro de la XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Querétaro 1998, 27 de octubre de 1998.
28. SEPESCA. 1990. Anuario estadístico de Pesca, SEPESCA. Secretaría de Pesca.
29. SEPESCA. 1991. Anuario estadístico de Pesca, SEPESCA. Secretaría de Pesca.
30. SEPESCA. 1992. Anuario estadístico de Pesca, SEPESCA. Secretaría de Pesca.
31. SEPESCA. 1993. Anuario estadístico de Pesca, SEPESCA. Secretaría de Pesca.
32. SEMARNAP. 1994. Anuario estadístico de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
33. SEMARNAP, 1995a. Programa de Pesca y Acuacultura 1995-2000. Gobierno de México, Poder Ejecutivo Federal.
34. SEMARNAP. 1995b. Anuario estadístico de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
35. SEMARNAP. 1995c. Informe de Labores 1994-1995, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
36. SEMARNAP. 1996a. Anuario estadístico de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
37. SEMARNAP. 1996b. Informe de Labores 1995-1996, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
38. SEMARNAP. 1996c. La Acuacultura en México 1996-1997. Informe Interno. Subsecretaría de Pesca, Dirección General de Acuacultura.
39. SEMARNAP. 1997a. Anuario estadístico de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.

40. SEMARNAP. 1997b. Informe de Labores 1996-1997, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
41. SEMARNAP. 1998a. Anuario estadístico de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
42. SEMARNAP. 1998b. Informe de Labores 1997-1998, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
43. SEMARNAP. 1999. Informe de Labores 1998-1999, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.
44. SEMARNAP. 1999a. Anuario estadístico de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. SEMARNAP. México.

II. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA ACUACULTURA

.....

Dr. Porfirio Álvarez Torres

Director General de Investigación en Acuacultura del Instituto Nacional de la Pesca

El quehacer científico y tecnológico ha cobrado relativamente mayor importancia en los últimos años en la definición de las políticas públicas del país, sin que ello signifique aún una incidencia acorde con su importancia en la productividad de los diferentes sectores ni en la planeación del sector público. Un indicador relativo de esto último lo es la evolución de la proporción del Producto Interno Bruto (PIB) destinado a ciencia y tecnología en los últimos 20 años la cual no rebasa el 0.5 del PIB, y su comparación con el de otros países del mundo desarrollado que destinan entre 2 y 3 % del PIB. En cualquier caso la proporción es bajísima, para México pasó de 0.32 % en 1993 a 0.46% en 1994 a 0.45 % en 1995, y se encuentra lejos del 7.0% recomendado por la UNESCO (Alvarez, 1997).

Los costos de la educación y del desarrollo científico y tecnológico constituyen una inversión recuperable a través del incremento en la productividad nacional que estas actividades generan. La investigación científica aplicada, el desarrollo de tecnologías y la aplicación de conocimientos debe responder a las necesidades reales del país, sin menoscabo en ningún sentido de la investigación científica básica y del desarrollo de conocimientos teóricos de carácter universal.

En el caso de la acuacultura el gobierno federal a destinado mayores recursos presupuestales a la investigación, fomento, promoción, regulación e infraestructura para alcanzar un desarrollo más rápido, que supere el atraso y el rezago tecnológico.

Para ello el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) creó los Sistemas de Investigación Regionales (SIR), en donde se aportan recursos económicos en conjunto entre el Gobierno Federal y Estatal y los sectores productivos en cada región del país, de tal suerte que los proyectos de investigación que reciben dichos recursos atiendan los problemas y necesidades de los diferentes sectores. En los últimos dos años se han destinado recursos con aportaciones

conjuntas destinadas al tema de acuicultura en general, del orden de los \$13,425,852 pesos para un total de 41 proyectos (CONACyT, 1997; 1998).

En el año 1998 se invirtieron \$6,278,198 pesos en 15 proyectos de investigación relativos a la acuicultura en donde destaca una mayor aportación de recursos al tema de cultivo de camarón, y otros temas de cultivo de especies de menor importancia económica. Los proyectos aprobados para el año 1999 se invierten \$7,147,654 de pesos en donde destaca un programa específico diseñado a mejorar las condiciones del cultivo del camarón con \$5,379,351 de pesos resultado de aportaciones federales y del sector productivo (CONACyT, 1998).

Es notorio que los recursos económicos destinados a la investigación en acuicultura en 1998 (Figura 1), están particularmente enfocados a las especies de mayor importancia económica, en donde de un total de 26 proyectos de investigación 19 corresponden al camarón (CONACyT, 1998). Siendo este un producto con calidad de exportación se ha incrementado el interés de los productores y campesinos para participar en dicha actividad y el interés por financiar dichos proyectos. Sin embargo, como se muestra en los datos de inversión los temas de investigación dedicados a salvaguardar las necesidades de tecnificación y capacitación, al sector de la acuicultura de pequeña escala, resulta ser sumamente bajo (Figura 1).

De la misma forma los temas abordados en la investigación en acuicultura muestran un balance en las áreas del conocimiento en nutrición, crecimiento y reproducción y aspectos sociales con participación de entre el 15 y 19%, otros temas relacionados con técnicas de cultivo y desarrollo tecnológico con un 10% de participación, y finalmente los temas de investigación en fisiología, genética, sanidad, ecología y economía por abajo del 8% (Figura 2).

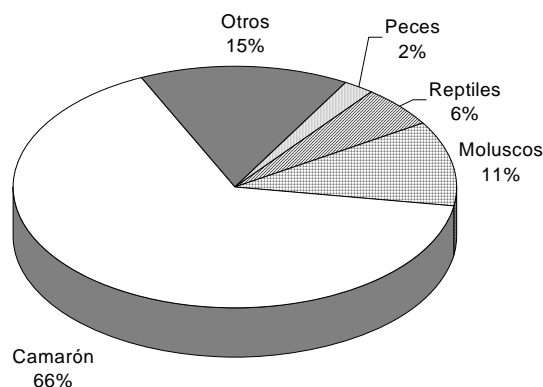


Figura 1. Principales especies con financiamiento para investigación en acuicultura en 1998.

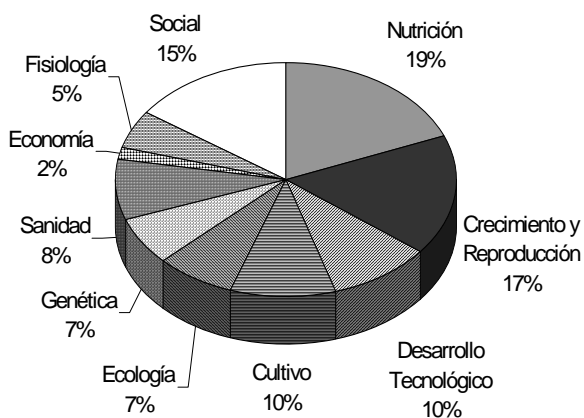


Figura 2. Principales temas de investigación en acuicultura con financiamiento en 1998.

Respecto al programa de inversión en investigación citado para el año 1998, la distribución de los recursos corresponde a las entidades de la región noroeste de México, que coincide con las entidades en donde se desarrolla ampliamente el cultivo de camarón (Sonora, Sinaloa, Nayarit, Baja California, y Baja California Sur) (Figura 3) (CONACyT, 1998).

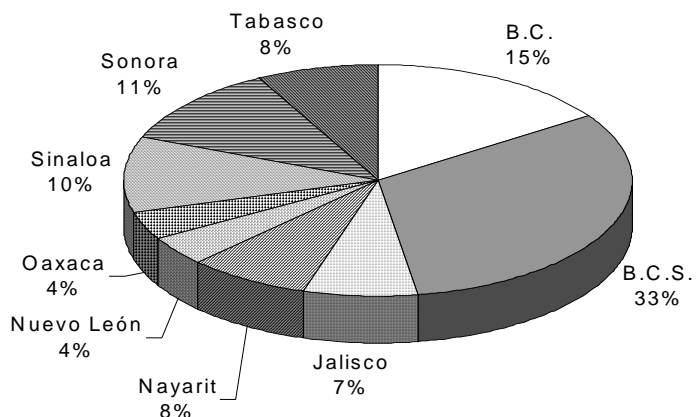


Figura 3. Entidades que desarrollan investigación en acuacultura con financiamiento SIR-Conacyt en 1998.

Para el programa de trabajo del SIR-CONACYT del año 2000 se aprobaron durante 1999 \$8,730,562 pesos en 28 proyectos de investigación en acuacultura, destinando al tema de recursos naturales y medio ambiente el 89%, seguido de los temas de salud y alimentos con 7 y 4 % respectivamente (Figura 4).

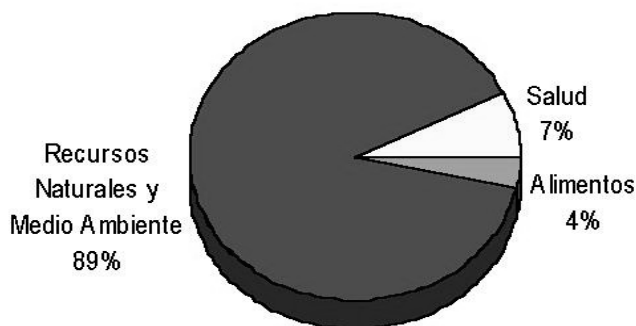


Figura 4. Distribución de los proyectos de investigación en acuacultura según áreas de mayor interés según el resultado de la convocatoria 1999 de los Sistemas de Investigación Regionales de CONACYT.

En la Figura 5 se pueden observar los montos asignados a los proyectos de investigación aprobados en la convocatoria 1999 para ejecutar en el año 2000 que fueron distribuidos en 8 temas de la siguiente manera: (1) peces (\$3,413,229), (2) crustáceos (\$1,839,104 pesos), (3) moluscos (\$1,234,116), (4) embalses continentales (\$1,083,050), (5) quelonios (\$454,896), (6) lagunas costeras (\$432,184), (7) desarrollo social (\$166,214) y (8) anfibios (\$107,769). Dicha distribución difiere sustancialmente de la del presupuesto asignado en 1998 cuando el 66% (\$5,379,351 de pesos) de los recursos fueron destinados a estudios relativos al cultivo del camarón, en esta ocasión las proporciones referidas muestran un mayor grado de interés y atención hacia otros recursos y temas de investigación de importancia.

Respecto a la distribución de los recursos financieros para temas de investigación específicos también se observó un ligero cambio en la distribución del fi-

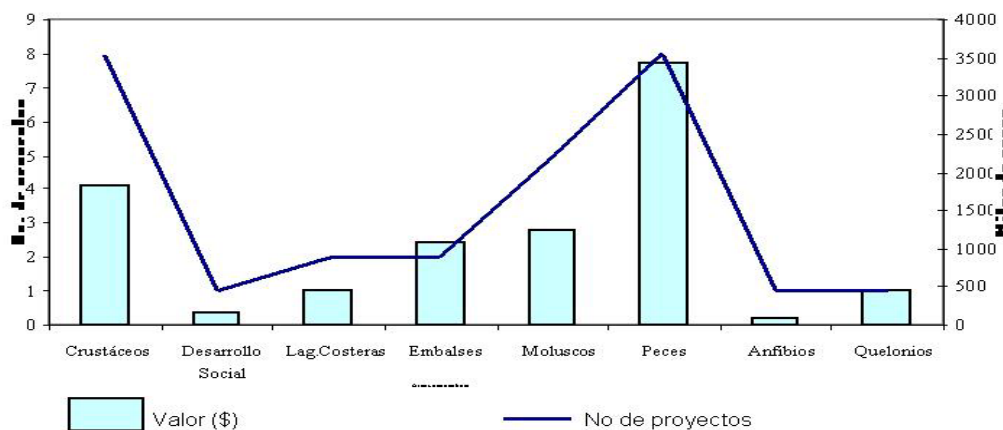


Figura 5. Distribución del número de proyectos y montos financiados para investigación en acuacultura según el resultado de la convocatoria 1999 de los Sistemas de Investigación Regionales de CONACYT.

nanciamiento en temas de investigación específicos, pero manteniendo la misma proporción, salvo casos como el de sanidad acuícola que pasó del 8% en 1998 a 14% en el 2000 (Figura 6).

En términos de la distribución regional y geográfica de los recursos se puede observar que la mayor parte de los recursos destinados a la investigación en acuacultura se otorga a las instituciones de la zona del noroeste del país y vertiente del Pacífico con SIMAC (49%), SIBEJ (18%), SIMORELOS (4%) (Figura 7).

En el mismo sentido de distribución regional la Figura 8 muestra la distribución de recursos SIR-CONACyT hacia las diferentes instituciones de investigación nacionales.

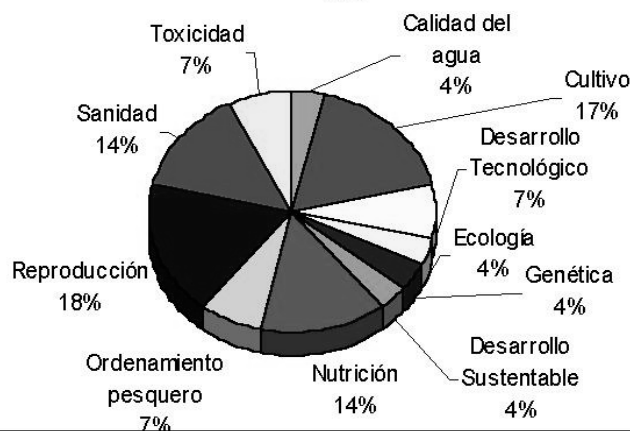


Figura 6. Proyectos de investigación en acuacultura en temas específicos conforme al resultado de la convocatoria 1999 de los Sistemas de Investigación Regionales de CONACYT.

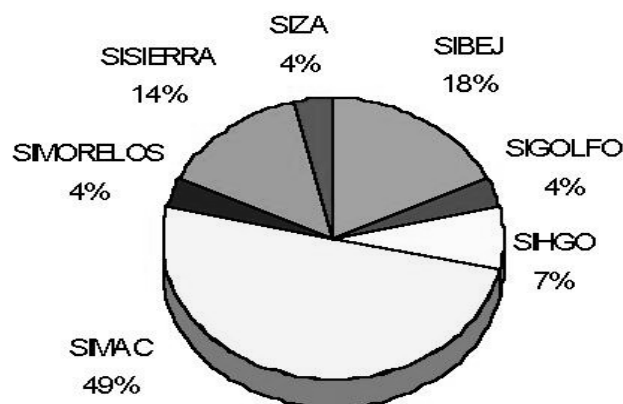


Figura 7. Distribución regional del financiamiento para proyectos de investigación en acuacultura por Sistema de Investigación Regional con base en el resultado de la convocatoria 1999 de los Sistemas de Investigación Regionales de CONACYT.

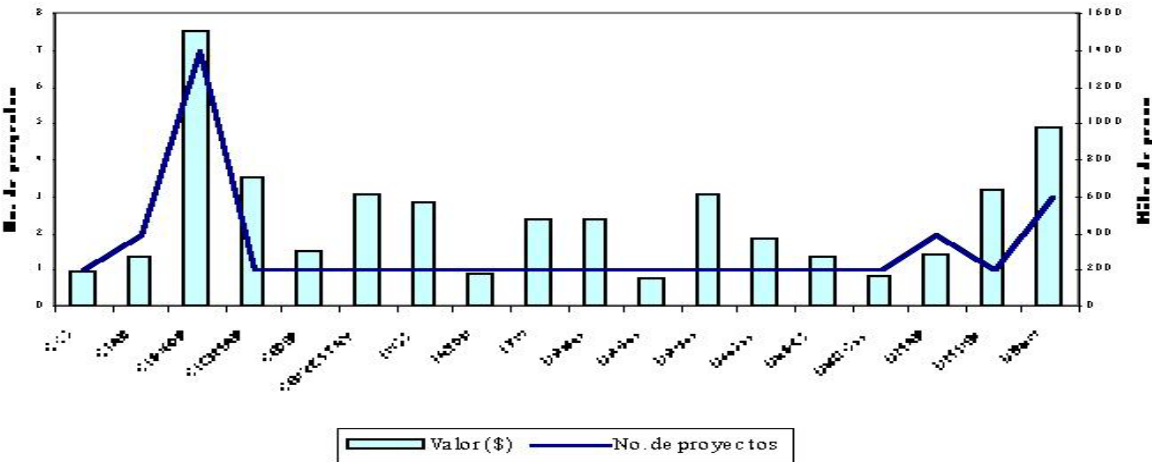


Figura 8. Distribución regional del financiamiento para proyectos de investigación en acuicultura por Institución de investigación con base en el resultado de la convocatoria 1999 de los Sistemas de Investigación Regionales de CONACYT.

INVESTIGACIÓN Y SU VINCULACIÓN CON EL SECTOR PRODUCTIVO

La experiencia en ciencia y tecnología acuícola nos dan la pauta para hacer el análisis de los éxitos y fracasos para replantear, el crecimiento y desarrollo de la acuicultura orientando a la investigación científica y tecnológica como una herramienta que permita situar y dimensionar adecuadamente las acciones que tendrán que emprenderse.

En México las instituciones gubernamentales han emprendido una estrategia de vinculación entre la investigación y el sector productivo. Con el objeto de enlazar y fortalecer entre los programas de investigación, fomento y promoción con el desarrollo de esta actividad productiva. Con ello se ha promovido la activa participación de diversas instituciones en las tareas de diagnóstico, ordenamiento, evaluación y definición de la potencialidad de la acuacultura para cada región de México, por un lado desde el punto de vista biotecnológico y por el otro en términos de un verdadero desarrollo social y económico (Alvarez, 1996b).

Asimismo, en el período 1995 a 1999 el Instituto Nacional de la Pesca instaló una política de vinculación para la investigación en materia pesquera y acuícola en el ámbito nacional, mediante un proceso de coordinación, evaluación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en conjunto con otras instituciones de investigación. Para ello en 1995 se conformó la Red Nacional de Investigadores en Acuicultura, en donde participan 125 instituciones y 750 personas involucrados en actividades de investigación y desarrollo tecnológico para

la acuacultura, en donde destaca la participación de los investigadores en cada región, nivel de especialización y temas de estudio específicos (Alvarez, 1996a; 1996b).

De esa forma se ha logrado dar un impulso específico a la investigación científica y tecnológica en materia de acuacultura, con el establecimiento de líneas prioritarias de investigación y desarrollo para la acuacultura en pequeña escala. Lo anterior se ha realizado mediante foros de trabajo conjunto, en donde las instituciones dedicadas a la acuacultura determinan y dan seguimiento a prioridades y estrategias de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez T. P. 1996a. Producción e Investigación en Acuacultura en México. En: Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales (REDACUI). Pátzcuaro, Mich. 27 y 28 de junio de 1996. pp. 25-31.
2. Alvarez T. P. 1996b. La Investigación Acuícola en México. En: Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigadores en Maricultura (REDIMAR). Boca del Río, Ver. 28 y 29 de agosto de 1996. pp. 217-227.
3. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 2000. Sistemas de Investigación Regionales Convocatoria 1999. Resultados. Cuadernos Regionales.
4. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1999. Sistemas de Investigación Regionales Convocatoria 1998. Resultados. Cuadernos Regionales.
5. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 1998. Sistemas de Investigación Regionales Convocatoria 1997. Resultados. Cuadernos Regionales.

III. LAS REDES NACIONALES DE INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA

*Biól. Alma Rosa Colín Monreal
Investigadora de la Dirección General de Investigación en Acuacultura
del Instituto Nacional de la Pesca*

1. INTRODUCCIÓN

A partir de diciembre 1994 dentro del Instituto Nacional de la Pesca, se crea la Dirección General de Investigación en Acuacultura (DGIA) con el objetivo general de establecer los lineamientos científicos, técnicos y legales para el aprovechamiento sostenible de los recursos acuícolas tanto de las especies locales como introducidas, desarrollando y promoviendo la investigación científica y tecnológica de forma corresponsable con los sectores académico, acuícola y público.

En ese sentido, la misión de la DGIA se ha orientado a realizar esfuerzos para lograr una coordinación y participación más dinámica entre los principales actores de la acuicultura nacional. Una propuesta de estos esfuerzos es la creación y organización de las Redes Nacionales de Investigación en Acuicultura.

Las Redes Nacionales de Investigación surgen de la necesidad de conjuntar esfuerzos y establecer la participación activa de los investigadores en la discusión y difusión del conocimiento científico que se desarrolla en la acuicultura de los recursos de origen dulceacuícolas y marinos. México requiere el fomento y la promoción de las actividades acuícolas, basadas en la aplicación de estrategias que identifiquen las necesidades de la información básica y aplicada derivada de la investigación científica. Se busca evitar la duplicidad de la investigación y esfuerzos que tienen como consecuencia el gasto adicional de recursos y pérdida del enfoque hacia los problemas sin aportar soluciones concretas.

Las redes de investigación surgen de la necesidad de cubrir las siguientes carencias:

- La inexistencia de organizaciones o sociedades civiles de acuicultura
- La falta de publicaciones formales de divulgación y de investigación científica sobre esta temática y

- Se carece de espacios que permitan la comunicación fluida y permanente entre la comunidad científica, y de esta, hacia los sectores productivos, normativos y financieros que impulsan la acuacultura.

Las Redes Nacionales de Investigación en Acuacultura se constituyen como un instrumento de comunicación y discusión de los principales actores relacionados a la actividad acuícola nacional, lo que permite observar el actual desarrollo y orientación de la investigación y producción en la acuacultura, los principales objetivos son los siguientes:

- Promover el aprovechamiento integral y pleno de los recursos acuáticos, con el compromiso de preservar el medio y coadyuvar a la disminución de la pobreza.
- Fomentar, promover, desarrollar, realizar y transferir la investigación científica y tecnológica sobre los cultivos dulceacuícolas y marinos de manera corresponsable con los sectores de Gobierno y los productores.
- Integrar la investigación científica y tecnológica de los recursos acuícolas, con base en el análisis multidisciplinario de los procesos sociales y económicos que fortalezcan el desarrollo sustentable.
- Establecer los lineamientos técnicos y legales para el aprovechamiento de los recursos acuícolas.
- Consolidar la acuacultura mediante el ordenamiento ecológico del territorio, control sanitario y el desarrollo de las biotécnicas de las especies locales.

De lo anterior, se hace evidente que los objetivos de la DGIA están relacionados a la organización de la investigación en acuacultura y de los investigadores que participan de diversas formas en las actividades acuícolas, así como de la atención de los demás componentes sociales que intervienen en este sector (INP/DGIA/SEMARNAP, 1996). Entre los proyectos de trabajo desarrollados en esta Dirección General, se encuentra la creación y organización de las Redes Nacionales de Investigación en Acuacultura en las modalidades de aguas continentales (REDACUI) y de maricultura (REDIMAR).

2. ANTECEDENTES

La Red Nacional de Investigación en Acuacultura se inició con la Reunión de conformación de la Red Nacional de Investigadores en Maricultura efectuada los días 25 y 26 de enero de 1996 en Hermosillo, Sonora, auspiciada por el Instituto Nacional de la Pesca.

El objetivo central de la implementación de una Red de Investigación en Acuacultura es poner a consideración de los miembros un modelo de estructura y organización, tomando en cuenta las líneas de investigación nacionales, a los in-

vestigadores, plantear una regionalización de la investigación y de la producción, especies y sistemas de cultivo, considerando el contexto de la problemática regional, nacional e internacional donde se desenvuelve la acuicultura.

2.1. PROPUESTA ORIGINAL DE ESTRUCTURA ORGÁNICA DE LAS REDES

Para el adecuado funcionamiento y operación de las redes se hace necesario implementar una estructura funcional básica que permita distinguir las atribuciones y responsabilidades en el seguimiento de las redes (Tabla 1), las cuales, están unificadas bajo el nombre de Red Nacional de Investigación en Acuicultura (Alvarez-Torres et al. 1998), incluyen las áreas de Maricultura (REDIMAR) y de Aguas Continentales (REDACUI).

Tabla 1. Estructura de la Red Nacional de Investigación en Acuicultura.

Consejo Directivo	Órgano colegiado integrado por autoridades federales (INP), Coordinadores de Áreas, Autoridades Académicas y Representantes del Gobierno Federal. Será el órgano de máxima decisión responsable que llevará a cabo las acciones necesarias para la realización de los objetivos de las REDES.
Coordinadores de Áreas	Con dos áreas: Maricultura y Aguas Continentales. Responsables de coordinar los trabajos de los Comités Regionales
Comités Regionales	Formados por representantes de las diversas subregiones que conforman a cada región*.
Comité de Seguimiento	Constituido por académicos y representantes del Gobierno Federal. Su función será verificar los avances técnicos y resultados de las acciones de las REDES.
Miembros Honorarios	Todas aquellas personas que por su relevancia se considere importante participen en las Redes.

*Se sigue el esquema de regionalización de las zonas pesqueras descritas para nuestro país (SEPESCA/INP, 1994).

2.2. REGIONALIZACIÓN

Según experiencias anteriores de instituciones nacionales tales como la ANUIES, CONACyT y la anterior Secretaría de Pesca, para poder realizar sus diversos objetivos de trabajo han regionalizado el país. En el desarrollo de las redes de investigación, se ha tomado como base la de Zonas Pesqueras que actualmente utiliza el sector pesquero y se le han hecho algunas adecuaciones de acuerdo a la propuesta que se observa en la Tabla 2.

2.3. DISCIPLINAS CIENTÍFICAS

Para la adecuada operación y funcionalidad de la Red Nacional de Investigación en Acuicultura, se hizo necesario establecer una estructura en cuanto a las disciplinas científicas involucradas no sólo a la investigación, sino a la producción

Tabla 2
Esquema de regionalización de la Red Nacional
de Investigación en Acuacultura

Región	Subregión	Estados
Pacífico	Norte	B.C. Norte, B.C. Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit
	Centro	Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero
	Sur	Oaxaca y Chiapas
Golfo Caribe	Norte	Tamaulipas y Veracruz
	Sureste	Tabasco, Campeche y Yucatán
	Caribe	Quintana Roo
Centro	Norte	Chihuahua, Durango, Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí
	Centro	Guanajuato, Querétaro, Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Morelos y Puebla.

en acuacultura. En este punto, los coordinadores, vocales o representantes tienen una importante función técnica y administrativa de la Redes. En el esquema actual de organización, las disciplinas científicas se han dividido de acuerdo a las de carácter básico relacionadas a la acuacultura, por ejemplo, taxonomía, reproducción, nutrición, genética, ecología, fisiología, toxicología, entre otras principales. En disciplinas tecnológicas como; físico-química, ingeniería hidráulica, mecánica, tecnologías de cultivo, economía, mercadotecnia y sociología, etc. El propósito es que se encuentren debidamente representadas todas las actividades involucradas en la acuacultura, desde los procesos de producción de crías de especies hasta su consumo. Las especialidades antes mencionadas están asociadas con los diversos grupos biológicos tales como; plancton, moluscos, crustáceos, peces, anfibios y reptiles, considerando los tres ambientes acuáticos en los cuales se desarrollan: marino, estuarino y de agua dulce.

3. SITUACION ACTUAL

3.1. PROCEDIMIENTO

Los instrumentos de trabajo de las REDES se generaron a partir de la propuesta descrita en Alvarez-Torres y Guzmán-Arroyo (1997). También se consideraron las propuestas de organización de la información formuladas por los vocales y miembros de las redes que han participado en las diversas reuniones nacionales sobre acuacultura, así como con la información de los boletines REDACUI y REDIMAR, publicados por la Dirección General de Investigación en Acuacultura, dichos instrumentos son:

- Se ha elaborado un Directorio de los miembros participantes de las REDES conteniendo la información personal de cada investigador o persona relacionada al sector, y otros indicadores, que permiten caracterizar a las especialidades, instituciones que representan, líneas de trabajo que desarrollan y especies con que experimentan, entre otros puntos principa-

les. Dicha información se obtiene de una cédula de recabación de información personal, enviada por diversos sistemas de comunicación (correo electrónico, fax, vía telefónica y correo ordinario), a cada miembro de las redes y se procura mantenerla en constante actualización.

- Para el manejo de la información que se va incorporando a las redes se elaboraron en forma primaria bases de datos en el programa EXCEL, esto permitió organizar los primeros concentrados de información.
- Se ha diseñado una base de datos automatizada en el programa ACCESS 97, en la cual, se captura la información ofrecida por los miembros participantes en las REDES, su manejo es sencillo y permite la continua actualización del directorio de investigadores.

Con la información contenida en las bases de datos, es posible realizar y generar diversos resultados a partir de consultas de los indicadores de las cédulas, por ejemplo, los interesados en un tema específico pueden obtener: listados de otros investigadores, especies con las que se trabaja, principales disciplinas científicas relacionadas a la acuicultura nacional, instituciones relacionadas, literatura especializada, tablas, y gráficos, entre otros productos principales.

3.2. PROBLEMÁTICA

3.2.1. PAPEL DE LA INVESTIGACIÓN EN EL SECTOR PRODUCTIVO ACUÍCOLA

Las actuales experiencias en ciencia y tecnología acuícola nos dan la pauta para hacer el análisis de los éxitos y fracasos que permitan elaborar los planteamientos y la definición de estrategias acordes con la solución de los problemas enfrentados por los productores acuícolas y con las necesidades más apremiantes del país tales como el desempleo, marginación, pobreza y alimentación.

La inclusión de la investigación en acuicultura en el INP, brinda la oportunidad de replantear entre otras cosas, el crecimiento y desarrollo escasamente articulado de la acuicultura nacional en los últimos años. Es bien conocido que en México se ha favorecido el fomento y la promoción de las actividades acuícolas, sin tomar en cuenta las líneas rectoras que formulen e identifiquen las necesidades de la información básica y aplicada derivada de la investigación científica en este sector. Por otro lado, la duplicidad de investigación y esfuerzos tiene como consecuencia el desperdicio de los recursos y gran pérdida del enfoque hacia los problemas sin resolver en forma inmediata. Por ello es necesario que las universidades e institutos de investigación se involucren en la problemática e identificación de necesidades de la investigación con aplicación inmediata a la acuicultura.

Hoy en día, hay que reconocer que en el quehacer científico y tecnológico ligado a la acuicultura nacional son patentes dos carencias:

- La carencia de organizaciones o sociedades civiles, relacionadas a la acuicultura, ya que a fines de los 80's dejaron de funcionar, la Asociación Mexicana de Acuicultura (AMAC) y el Comité Técnico Consultivo del Programa de Investigación para Acuicultura Continental (COTECOPAC).
- La falta de publicaciones de divulgación y de investigación científica sobre acuicultura. Sin embargo, existen algunas revistas que editan algunas universidades nacionales que entre sus índices de contenido incluyen trabajos sobre acuicultura.

Por otro lado, es patente la falta de un sistema o mecanismo que permita la comunicación fluida y permanente entre la comunidad científica y académica relacionada a la acuicultura, y de esta, hacia los sectores productivos, normativos y financieros que impulsan a dicha actividad.

4. ACCIONES Y RESULTADOS

Las Redes Nacionales de Investigadores en Acuicultura se encuentran actualmente conformadas por un total de 760 miembros pertenecientes a 120 instituciones de todo el país (Figura 1) A la fecha se han organizado y realizado 4 reuniones nacionales de REDES y 4 reuniones técnicas, con sedes en diversas instituciones y entidades del país, en las cuales se han impartido numerosas ponencias magistrales y efectuado mesas de discusión sobre diversos aspectos relevantes de acuicultura de agua dulce y maricultura, asimismo, se han impartido algunos cursos sobre temas especializados de acuicultura (Tabla 4).

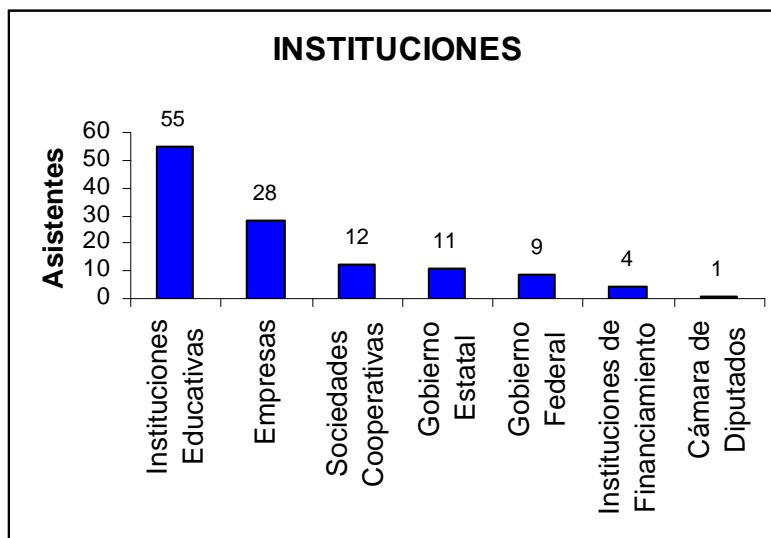


Figura 1. Instituciones participantes en las Reuniones de la Red Nacional de Investigación en Acuicultura

Tabla 4. Reuniones de la Red Nacional de Investigación en Acuicultura

Reuniones	Lugar y fecha	Tipo de reunión			
		General	Maricultura	Aguas continentales	Técnica
Reunión Conformación de la Red Nacional de Investigación en Maricultura.	Hermosillo, Son., 25 y 26 de enero de 1996.	XX	XX	XX	XX
Reunión Técnica Aspectos Sanitarios y Patología en Camarones Peneidos.	Culiacán, Sin., 27 de febrero de 1996.				XX
Reunión Técnica Cultivo de Peces Marinos.	La Paz, B.C. Sur, 29 de marzo de 1997		XX		XX
Reunión Técnica Cultivo de Moluscos.	Ensenada, B.C., 16 de abril de 1996.		XX		XX
1ª. Reunión Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales.	Pátzcuaro, Mich., 27 y 28 de junio de 1996.			XX	
2ª. Reunión Red Nacional de Investigación en Maricultura.	Boca del Río, Ver., 28 y 29 de agosto de 1996.		XX		
3ª. Reunión Red Nacional de Investigación en Acuicultura.	Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F., 23 y 24 de octubre de 1997.	XX	XX	XX	
Seminario Interamericano en Reproducción y Cultivo de peces marinos y dulce-acuícolas*.	Instituto Nacional de la Pesca, México, D.F.; 2 al 6 de marzo de 1998.	XX			
Reunión Nacional sobre Pequeños Embalses*.	FES-Iztacala, UNAM, México, D.F. 19 al 21 de agosto de 1998.			XX	
Curso: Cultivo de Peces Marinos*.	CRIP-La Paz, B.C. Sur, México, del 19 al 25 de noviembre de 1998.		XX		
4ª. Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuicultura.	Cuernavaca, Morelos, México, del 19 al 21 de octubre de 1999	XX	XX	XX	
5ª. Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuicultura.	Pachuca, Hidalgo, México, del 6 y 7 de julio del 2000.	XX	XX	XX	

*Estas reuniones no correspondieron precisamente a redes, su realización fue resultado de la acción de ellas.

Se han organizado y realizado 5 reuniones nacionales de REDES, 4 reuniones técnicas, 1 seminario y 1 curso en diversas instituciones y entidades del país, en las cuales se han impartido numerosas ponencias magistrales y efectuado mesas de discusión sobre diversos aspectos relevantes de acuicultura de agua dulce y maricultura.

También se han publicado las memorias correspondientes a las I y II Reuniones de Redes Nacionales, cabe hacer mención que las memorias de la IV y V reuniones se hallan en preparación para su próxima publicación.

En general, en dichas reuniones se ha tenido buena asistencia por parte de los interesados (Figura 2) en ellas, se han organizado y presentado diversas mesas de discusión y conferencias magistrales y cursos dictados por expertos nacionales e internacionales en la materia (Figura 3) en estas actividades se han abarcado las temáticas más importantes sobre aspectos de acuacultura de agua dulce y marina del país (Figura 4).

También se ha contado con la participación de empresarios del sector pesque-

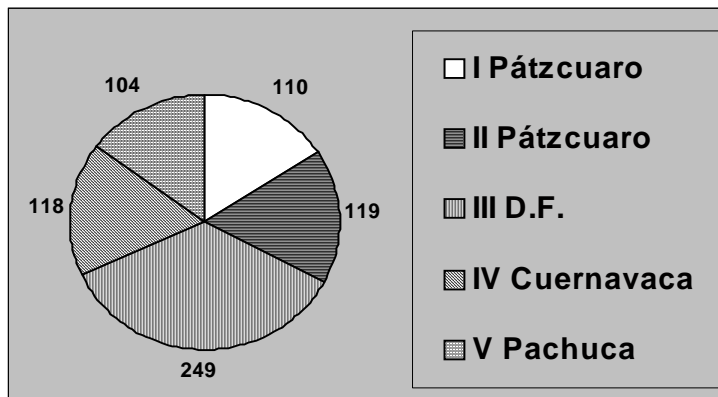


Figura 2. Asistencia de participantes a Reuniones de Redes 1996-2000.

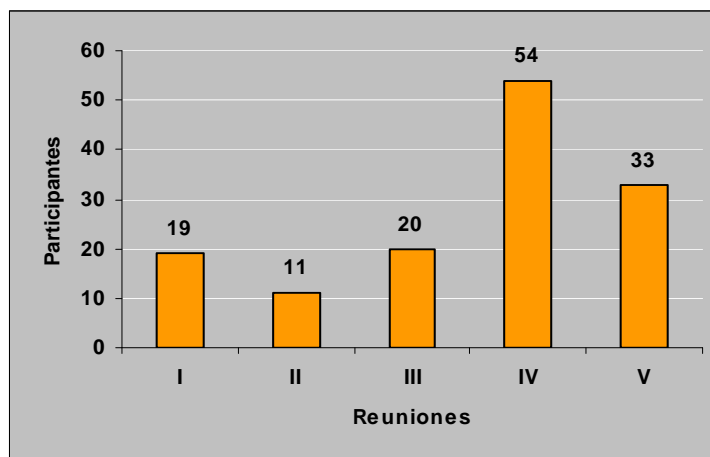


Figura 3. Ponentes participantes en Reuniones Nacionales. 1996-2000.

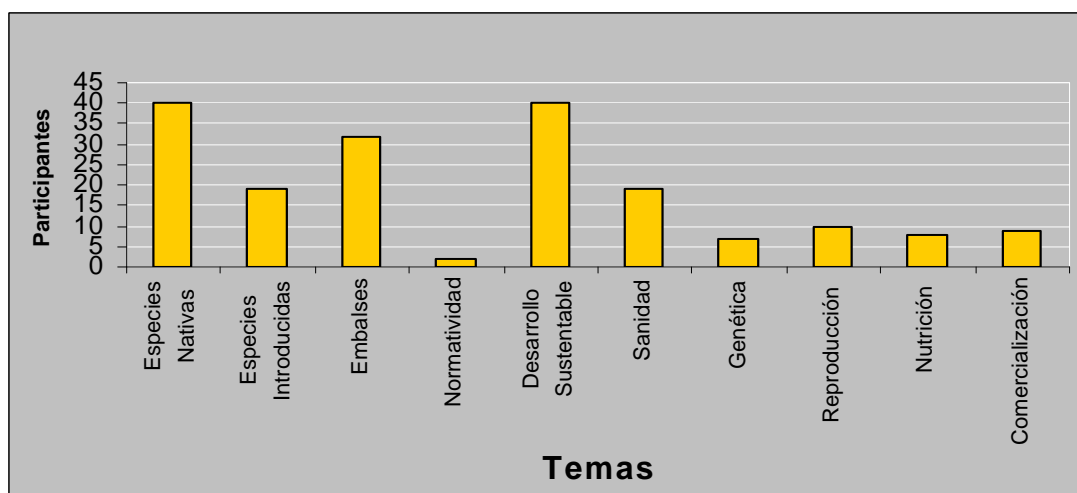


Figura 4. Temáticas de conferencias presentadas en reuniones 1996-2000.

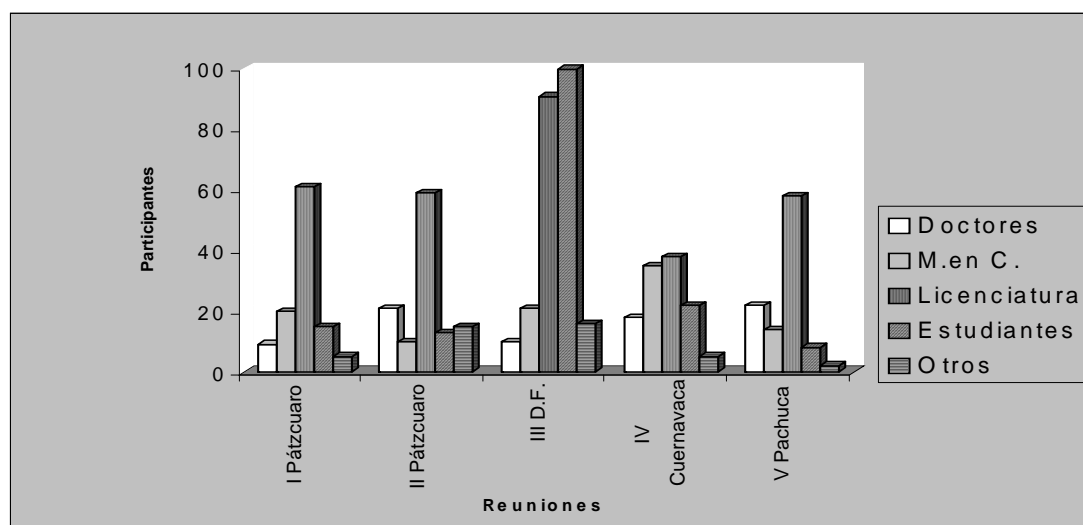


Figura 5. Asistencia de participantes a las reuniones, de acuerdo a sus profesiones.

ro, estudiantes y representantes del sector privado y de gobierno. Como resultado de estas reuniones, se han preparado y presentado algunos cursos y seminarios que han cubierto algunas de las temáticas planteadas principalmente en maricultura (Figura 5).

En la Tabla 5 pueden observarse los productos y beneficios aportados por las Redes Nacionales de Investigación en Acuacultura.

Tabla 5. Productos y beneficios de las Redes de Investigación en Acuacultura

Productos	Beneficios
Obtener información actualizada del estado de la investigación nacional en acuacultura.	Promover el intercambio entre investigadores interinstitucional y entre las demás personas relacionadas a la acuacultura.
Identificación de las principales líneas de investigación en acuacultura.	Proponer líneas de investigación necesarias y de acuerdo a las necesidades regionales, nacionales y evitar la duplicación de las investigaciones en acuacultura.
Caracterizar a las principales especies nativas y exóticas que son motivo de investigación y explotación en la acuacultura nacional.	

4.1. PERSPECTIVAS DE LAS REDES NACIONALES DE INVESTIGACIÓN

El seguimiento y organización de las Redes Nacionales hasta el momento han estado a cargo del Instituto Nacional de la Pesca, la intención a mediano plazo, es transferir a instituciones como el CONACyT, o bien, a otras instituciones académicas de prestigio, la responsabilidad, funcionamiento, aprovechamiento y consolidación de este tipo de proyectos que permiten hacer una buena caracteri-

zación de la acuacultura nacional, una solución podría ser la creación de un patronato heterogéneo que involucre a las instituciones e interesados del sector público y privado, y que presente un esquema de organización regional para fortalecer las necesidades de investigación y resolución de problemas que requiere el país en materia de acuacultura.

Cabe mencionar que esta información se encuentra en forma actualizada y disponible en una base de datos diseñada en el programa ACCESS 97. Se plantea que la constitución de una Red Nacional de Investigación en Acuacultura serviría como un herramienta de ayuda para la toma de decisiones en las líneas de investigación en acuacultura del país.

El Instituto Nacional de la Pesca a través de la DGIA ha emprendido diversos esfuerzos en la implementación de las REDES, cumpliendo con los objetivos de trabajo institucionales planteados en la normatividad correspondiente y es su intención seguir participando en los esquemas organizativos de estos proyectos considerando que aún falta mucho por hacer.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, P. y M. Guzmán, 1997. Estructura, organización y operación de la Red Nacional de Investigación en Acuacultura (Aguas Continentales y Maricultura). Propuesta de trabajo de la Dirección General de Investigación en Acuacultura/INP. Chapala, Jalisco. 4 p. Documento de Trabajo.
2. Álvarez, P., M. Guzmán, P. Rojas, A. Vázquez, y S. J. Serrano, 1998. Informe técnico sobre la estructura, organización y operación de la Red nacional de Investigación de Investigación en Acuacultura (Aguas Continentales - REDACUI- y Maricultura -REDIMAR-). Dirección General de Investigación en Acuacultura/INP, 11 p. Documento de Trabajo.
3. INP/DGIA/SEMARNAP, 1996. Memorias: Reuniones técnicas de la Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales. Dirección General de Investigación en Acuacultura, Pátzcuaro, Michoacán 27 y 28 de junio de 1996. México, 223 p.
4. SEMARNAP, 1995. Programa Sectorial de Pesca y Acuacultura 1995-2000.
5. SEMARNAP, 1996. Reglamento Interior de la SEMARNAP. Diario Oficial de la Federación (lunes 8 de julio de 1996). México, 54 p.
6. SEPESCA/INP, 1994. Atlas pesquero de México. México, 234 p.
7. SEPESCA, 1992. Ley de Pesca y su Reglamento. México, 68 p.

IV. BIODIVERSIDAD EN LAS AGUAS CONTINENTALES DE MÉXICO

Dr. Salvador Contreras Balderas¹ y Biól. Myriam Ramírez Flores²

¹ Profesor Emérito de la Universidad Autónoma de Nuevo León

² Investigadora de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad mundial que actualmente se caracteriza por la cría de especies exóticas, en condiciones de libertad o semicautiverio, aunque en sus orígenes haya sido la domesticación de especies locales. Sus éxitos y fracasos, pros y contras, se discuten en uno de los casos mas fuertes de PUNTO/CONTRAPUNTO, que se vuelve a poner de moda a consecuencia de la Declaración de Río de Janeiro (1992) y la Agenda XXI (ONU), donde se recomienda el uso racional y sustentable de la biodiversidad nativa. En algunos países que originalmente utilizaron trucha de arroyo para poblar muchas localidades, incluso envenenando a todas las especies locales de peces para reemplazarlos con la forma cultivada, ahora han dado marcha atrás y envenenan los stocks sembrados en ríos enteros para re-establecer las truchas nativas, que están representadas por numerosas especies, lo que requiere de una planeación y trabajo muy complejos. La introducción o siembra de exóticos en ecosistemas abiertos, con stocks cultivados y estandarizados para todo el país, en mayor o menor grado, es la que se critica en este ensayo.

Tomando en cuenta que México es considerado como uno de los países Megadiversos y a la vez Centro de Origen, es necesario contar con los mejores mecanismos de control y seguridad que permitan el desarrollo de la industria de la acuicultura y pesquera en el caso de realizar introducciones de organismos. El establecimiento de estos organismos puede llevar consigo aspectos de riesgo no calculados, dado al escaso conocimiento sobre el comportamiento de las introducciones de organismos y sus efectos sobre las especies nativas y endémicas, así como su aporte real a la producción acuícola de México.

El conocimiento e información sobre el desarrollo y comportamiento de peces u organismos acuáticos introducidos en el medio silvestre indica que éstas pueden producir alteraciones y efectos sobre las poblaciones nativas. Sin embargo, no se cuenta con esquemas de monitoreo e investigación que permitan la predic-

ción sobre su desarrollo y su comportamiento. Por lo que los métodos de evaluación de los posibles riesgos deberán ser creados caso por caso.

Por ello se considera necesario mantener un estricto control y someter a análisis de riesgo cualquier intento de introducción de organismos acuáticos. Particularmente, en torno al uso de recursos acuáticos y su genética en cualquier tipo de actividad acuícola, debiendo mantener ampliamente el criterio del enfoque precautorio establecido en el Código de Conducta para la Pesca Responsable, el cual en su artículo 9 referente al desarrollo de la acuacultura, contiene lo siguiente: *“Los Estados deberán conservar la diversidad genética y mantener la integridad de las comunidades acuáticas y los ecosistemas con base en una adecuada administración. En particular, se debe mantener un esfuerzo para minimizar los efectos dañinos de la introducción de especies no nativas o de poblaciones modificadas genéticamente usadas en acuacultura, incluyendo las operaciones de pesca derivada de la acuacultura o repoblación de especies, especialmente en aquellos sitios en donde hay situaciones potenciales de diseminar dichos organismos no nativos o poblaciones modificadas genéticamente en las aguas bajo la jurisdicción de otros estados así como las de jurisdicción del país de origen. Los estados deberán tanto como sea posible, promover acciones para minimizar la adversidad genética, enfermedades y otros efectos sobre los organismos silvestres derivados del escape de organismos de las granjas de cultivo”*.

Asimismo, se tiene conocimiento de la existencia de diversos mecanismos que regulan la introducción de especies tanto para la repoblación como para su cultivo. Para las especies introducidas la ICES/EIFAC ha elaborado un Código de Prácticas (ICES, 1995 & Turner, 1998), para la protección de Especies en los EUA existe un manifiesto específico (ANSTF, 1994), así como la legislación nacional propia en muchos países que gobierna el uso y transporte de especies fuera de su rango de distribución natural. Así mismo existen al menos dos Bases de Datos sobre introducciones internacionales de organismos acuáticos (FishBase, 1996) y otra sobre patógenos de organismos acuáticos (AAPQIS, en preparación FAO), los cuales constituyen fuentes de información que pueden ser consultadas para ayudar a determinar los posibles riesgos derivados de introducciones de organismos acuáticos.

Con base en lo anterior, se considera necesario mantener hasta donde sea posible la integridad de la diversidad de los recursos acuáticos de México fundamentalmente considerando los siguientes elementos:

- Evitando la entrecruza de organismos
- Manteniendo la integridad de las poblaciones, no hibridizando las diferentes poblaciones, líneas o especies.
- Manteniendo la rectoría y supervisión en la producción de crías en cautiverio a través de los Centros Acuícolas de SEMARNAP.

- Minimizando la transferencia de poblaciones genéticamente modificadas y
- Realizando evaluaciones periódicas de la diversidad genética

1.1 RIESGOS ASOCIADOS A LA MOVILIZACIÓN E INTRODUCCIÓN DE ANIMALES ACUÁTICOS EN AGUAS DE JURISDICCIÓN FEDERAL.

La introducción de especies puede darse mediante dos mecanismos: en forma deliberada o voluntaria (planeada) y en forma involuntaria (agua de sobrecarga).

La introducción de especies (independientemente del mecanismo que se haya utilizado), desde el punto de vista pesquero es un medio efectivo de aumentar la disponibilidad de alimentos, generar ingresos y crear empleos. Sin embargo se presentan efectos que pueden ser negativos y ocasionar cambios irreversibles para las pesquerías.

Los cambios que se pueden ocasionar como resultado de la introducción de especies son: Cambios en la distribución y abundancia de los recursos, cambios en la relación depredador-presa, en las formas de competencia y en la mezcla de genes mal adaptados. También se producen modificaciones del hábitat, se originan cambios en la comunidad de pescadores, en el uso de artes de pesca e incluso en las temporadas de pesca dependiendo de la especie introducida.

Al introducir una especie, ésta no se puede erradicar, pero si se pueden reducir los efectos negativos.

En la introducción de especies es difícil aprobar un planteamiento precautorio dada la alta probabilidad que hay de que los efectos sean irreversibles e imprevisibles. Un enfoque precautorio no permitiría las introducciones deliberadas y se adoptarían medidas rígidas para impedir las introducciones involuntarias. Sin embargo se podría proponer la reducción de riesgo de producir efectos negativos en las pesquerías, estableciendo procedimientos correctivos antes de que se produzcan y reducir en lo posible las introducciones involuntarias.

La dificultad de prohibir una introducción y sus efectos negativos debe ocupar un lugar importante en el momento de autorizar o denegar una introducción. La evaluación de los riesgos de las introducciones deliberadas en las pesquerías es condición fundamental para un enfoque precautorio.

2. TERMINOLOGÍA

Conforme avanza y afina el conocimiento se han ido utilizando diferentes términos, ya que si no se conceptualiza, cada quien entiende como puede. Los términos indicados se presentan en el orden aproximado de uso. Los términos

definidos no se refieren a individuos, que puede considerarse nativos a los estoycos nacidos en México, sino sólo a las especies. Una especie africana o asiática lo seguirá siendo, la siembren donde la siembren.

Exóticas.

Especies que no son propias del país o continente. Especies que no han evolucionado de origen en el lugar (después de la siembra, evolucionan todos). Se relaciona con procedencia de otros países. Ahora se recomienda restringir su uso para introducciones intercontinentales.

Introducidas

Especies (no individuos) importadas de otros lugares, hábitats, países o continentes.

Transfaunadas

Especies transportadas de su fauna original a otra.

Nacionales

Especies originarias del país, sin consideración a su bioregión. Es un concepto político por fronteras, irrelevante en biología.

Nativas (No Sinónimo de Nacionales)

Procedentes de unidades naturales dentro de los límites de un territorio. Debe aplicarse a especies in situ, no a individuos.

Translocadas

Especies cambiadas de cuenca o área natural. Se recomienda restringir el término para introducciones nacionales.

Invasivas

Especies que tras la introducción o un cambio en el medio tienden a presentar el Síndrome de Plaga (exuberante reproducción, alta competitividad, amplia tolerancia ecológica, y baja selectividad alimenticia).

Biodiversidad

La diversidad de los seres vivos a nivel de individuos (genético), especies (poblacional), ecosistemas (comunal) y regiones (biogeográfico). Engarzados en esta secuencia, forzosamente se refieren a las especies en sus ecosistemas nativos, o genéticamente inalteradas. La Biodiversidad de América del Norte no incluye la de otros continentes. La de México no se refiere a la de Estados Unidos, y la del Río Balsas no se refiere a la del Río Lerma-Santiago. Son conceptos y ámbitos anidados.

3. MAGNITUD DEL PROBLEMA

La biodiversidad ha sido conceptualizada por Wilson (1992) como la diversidad de los seres vivos, en sus diferentes niveles. Sin embargo, no todos han captado la importancia de la Evolución como la base de dichos conceptos. Todas las especies son nativas del planeta Tierra, pero no todas las especies lo son para toda la Tierra. Cada taxon es peculiar a cierta(s) región(es), donde los niveles de organización: individuo, población, comunidad o ecosistema y región, son producto de la Evolución y son naturales sólo cuando se cumple el postulado para todos los niveles. Un jardín puede calificarse de natural a nivel de especies, pero no lo es a nivel de comunidad, dado que fueron colocadas juntas en forma artificial y pueden no corresponder ni siquiera a la misma región biogeográfica. Estos conjuntos sólo pueden equipararse con verdaderos Frankenstein biológicos: partes naturales en un conjunto no natural. La declaración de Río de Janeiro y la Agenda XXI requieren entender el verdadero sentido del concepto, ya que se refiere a individuos, especies y comunidades que simultáneamente deben cumplir con el requisito de ser nativas, donde las introducidas no son parte de la biodiversidad. En condiciones de cautiverio se podrían defender y utilizar algunos de estos Frankenstein, pero no sucede igual cuando se trata de los medios naturales, donde si la especie invasiva (transgénica, exótica, etc.) tiene éxito, fácilmente presenta el llamado Síndrome de Plaga, ya caracterizado.

La cantidad de especies de peces introducidas en México es elevada, comparada con las especies nativas (aproximadamente 490). En 1901-03, había 3 especies introducidas en México (carpa común, dorada, trucha arco iris: Meek, 1904). Un número de reportes acumularon especies adicionales, resumidas por Contreras y Escalante (1984), para un total de 55, poco menos de 0.7 por año. Una reciente revisión de la situación, dio como resultado 90 especies para 1997 (Contreras, en Prensa), un aumento de 35 en 13 años (+63.6%), o sea un incremento de 2.7 anuales.

La Tabla 1 permite una interpretación de la intensidad e importancia de los objetivos (o falta de ellos) de la introducción de las especies. Directamente de las acciones acuaculturales, proceden la mayoría absoluta de las especies intro-

Tabla 1. Porcentajes de las especies invasivas introducidas de peces continentales en México, en el Siglo XX (1901-1997), comparando con Contreras y Escalante (1984), vs. Contreras (1999), y las espontáneas según Contreras, Edwards, Lozano y García (en Prensa).

				C&E, 1984		C 1999		Cambio
				#	%	#	%	%
Acuacultura- les	Comerciales			17	30.9	38	42.2	+ 11.5
	Ornato			8	14.5	11	12.2	- 2.3
	Deportivas							
		Piscatorias		9	16.4	9	10.0	- 6.4
		Carnada viva		5	9.1	5	5.6	- 3.5
		Forrajeras		10	18.2	15	16.7	- 1.5
		SUBTOTAL		49	90.7	78	86.7	- 4.0
	Control biológico			2	3.6	2	2.2	- 1.4
	Accidentales			2	3.6	23	25.6	+ 22.0
		SUBTOTAL		53*	----	87*		
Conservación				2	3.6	3	3.3	- 0.3
	TOTAL			55*	----	90*	----	+ 60.4
Invasivas**Espontáneas (1995)				30	----	94	----	+ 314.0
GRAN TOTAL				85		184		-----

* Varias especies se encuentran en dos o mas categorías, por lo que la suma es mayor del número de especies.

** Diversas especies marinas y salobres costeras locales tienden a ser invasivas "espontáneas" de agua dulce, notablemente entre las costeras. Las acuaculturales también, y el resultado ecológico es similar: eliminación y reemplazo.

ducidas, a las que se podrían agregar las de Control Biológico y las Accidentales, ya que las primeras deben ser cultivadas y las segundas, que aumentan con una frecuencia alarmante, son especies que llegan confundidas entre las que son intencionalmente introducidas y que reflejan el desconocimiento de los encargados de controlar su distribución en los centros de producción. La acuacultura resulta ser la principal responsable del problema, y una parte de éste proviene de la de ornato, o sean los acuaristas. Debe señalarse que la ictiofauna nativa continental conocida de México alcanza las 490 especies, por lo que las 90 introducidas y las 94 invasivas constituyen 37.6% no natural.

3.I. PRUEBAS: COMUNIDADES DE PECES

Caso 1. Región del Río Bravo.

En 25 localidades examinadas con manifiestas pérdidas de ictiodiversidad en el Río Bravo, 19 tenían relación no exclusiva con especies introducidas, correlacionadas con pérdidas de biodiversidad íctica entre 0 y 80% (Contreras, Landa, Rodríguez y Villegas, 1976), que para 1997 habían subido a entre 14.3 y 88.9%, donde una sola localidad se mantenía sin pérdidas a pesar de

la presencia de exóticos (Contreras, Lozano y García, MS). Debe comentarse que en varias de dichas localidades, también se presenta pérdida de calidad o cantidad del agua, evidentes aunque no medidas, que serán objeto de otro reporte. Otras numerosas localidades presentan situación similar, pero no se las tiene organizadas por región o sumariadas.

Tabla 2. Porcentajes de Número y Biomasa de Especies de Peces en localidades del Río Usumacinta (Rodiles H., 1997)

	NÚMERO	BIOMASA
<i>CARPA HERBÍVORA</i>	19%	38%
<i>Cichlasoma pearsei</i>	21%	13%
Otras especies (19 spp)*	60%	49%

*Varias de estas especies son parte de la dieta humana local

Caso 2. Region del Río Usumacinta, Chiapas

En la zona de Marqués de Comillas se han realizado investigaciones en biología pesquera de las especies tanto nativas como introducidas (Rodiles-H., 1997), y la valoración de su número y biomasa (Tabla 2).

Caso 3. La Media Luna – Río Verde, San Luis Potosí

El manantial de La Media Luna es un área de notable endemismo de peces (Miller, 1954; Contreras, 1969), cuya extensión se ha ampliado recientemente a la cuenca alta del Río Verde (González, Martínez y Contreras, 1996). En ella se conocen dos géneros y no menos de siete especies endémicas, de las cuales por lo menos 2 se encuentran indescritas, y varias se encuentran en riesgo (Contreras-B., 1975, 1978) y enlistadas en la NOM 094-ECOL. Originalmente rica en número y biomasa de mojaras, en la región se introdujeron una tilapia extranjera, con pérdida notoria de las primeras, mas las nacionales *Poecilia latipunctata*, *P. mexicana*, y *Gambusia regani*; la primera se encuentra normada para su región de endemismo, el Río Tamesí o Guayalejo. Desafortunadamente, la proliferación de estas 4 especies introducidas ha coincidido con la reducción poblacional de las especies endémicas locales, como *Cualac tessellatus*, *Ataeniobius toweri*, *Dionda mandibularis* y *D. dichroma*, donde ésta es la menos impactada según la última observación (1996).

Caso 4: Moluscos de Agua Dulce de México

En moluscos sólo se cuenta con dos artículos sobre el impacto probable del caracol exógeno, llamado caracol tornillo, *Thiara (Melanoides) tuberculata*, cuya introducción en 65 localidades mexicanas (Contreras-A., Guajardo-M., y Contreras-B., 1995a), que siguen aumentando (Contreras-A., y Contreras-B., 1999), está asociada a la pérdida fuerte e incluso total de la moluscofauna

nativa en varias localidades de México (Contreras-A., Guajardo-M., y Contreras-B., 1995b). La presencia de esta especie invasiva conlleva otros riesgos, como la introducción de parásitos exóticos que pueden transfaunarse a peces nativos como sucede en un caso en estudio, donde se ha transmitido a especies locales (McDermott et al., 1999)

3.2. PRUEBAS: PESQUERÍAS

Caso 1. Presa Vicente Guerrero, Tamaulipas

La Presa Vicente Guerrero (= Las Adjuntas), Tamaulipas, se asienta en el Río Soto la Marina, cuya fauna de peces es conocida desde 1903 (Meek, 1904). Entre las especies pesqueras tenía lobina (*Micropterus salmoides*) y mojarra (*Cichlasoma cyanoguttatus*). Se han introducido por lo menos tres especies pesqueras: tilapia, carpa y catán, mas algunas accidentales. Reanalizando los datos pesqueros de Elizondo et al. (1995), la lobina y la mojarra mencionadas eran las principales especies desde 1973 (poco después del cierre de la presa) hasta 1982, en que comenzaron a declinar y alcanzaron una asíntota muy baja. Hacia 1984 comenzó a aparecer la tilapia en las estadísticas pesqueras, que debe haber proliferado alrededor de dos o tres años antes para ingresar al reclutamiento pesquero. Su captura fue baja de 1984 a 1985 (tiempo de caída de la lobina), se elevó rápidamente hacia 1987 y presentó altibajos posiblemente climáticos, para luego seguir subiendo hasta 1993, en que alcanza su máxima productividad registrada. La mojarra tuvo un repunte en 1987, para luego caer a un mínimo. El catán (nativo mas abajo en la cuenca) no se ha levantado suficientemente, posiblemente por su larga vida y lento crecimiento, que lo hace presa fácil en sus etapas juveniles, aun-

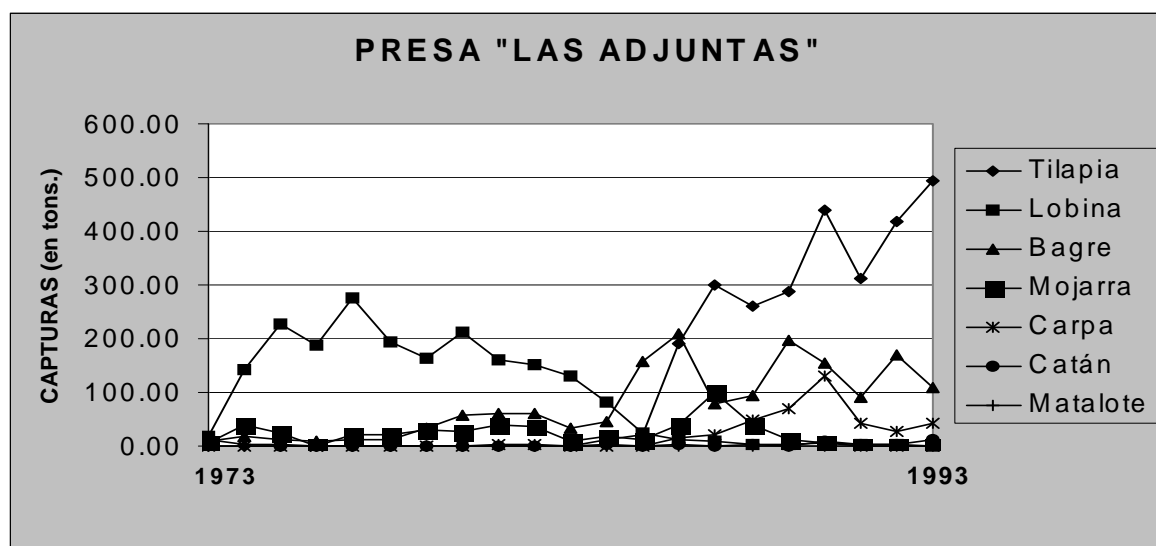


Figura 1. Comportamiento de las principales especies en la presa Vicente Guerrero "Las Adjuntas", Tamaulipas.

que su baja podría estar asociada a competencia con la exuberante tilapia en alguna etapa temprana de vida. Estos cambios se pueden ver en la Figura 1. Los cuestionamientos son: ¿Económicamente reditúa mas la tilapia?, ¿cuál es el precio por kilo al productor?, ¿cuál es el valor de la lobina como pesca deportiva?, evaluada integralmente, ¿hubo pérdida o ganancia?, ¿cuáles fueron los beneficios?

Caso 2. Lago de Chapala, Jalisco / Michoacán

Desde antes de la conquista, el pescado blanco, el charal y el bagre han sido platillos regionales populares; el primero alcanza precios cada vez mas alto para peces cada vez mas pequeños. En 1950-60, se obtenían blancos (*Chirostoma humboldtianum*) de 16.9 cm., que hoy alcanzan escasamente 12 cm. Elizondo y Fernández (1995) presentaron datos donde se aprecia que la producción pesquera del lago tiene oscilaciones no explicadas de la productividad entre 1980 y 1985, tanto especies nativas como introducidas, para luego mostrar una franca reducción de la captura de blanco y bagre, frente a un aumento notable de la tilapia y la carpa. Considerando que los precios del blanco y del charal son 15 a 20 veces mayores que los de estas últimas, se vuelven a plantear las preguntas, principalmente: ¿Hubo realmente ganancia?, ¿en qué?.

Caso 3. Santa María del Oro, Nayarit

Antes de 1960, el Lago Cráter de Santa María del Oro, Nayarit, era habitado por un charal grande (o blanco pequeño), oficialmente identificado como *Chirostoma humboldtianum*, de cuya pesca vivían 3-4 familias y 15-20 personas. Alrededor de 1960 se sembró lobina. En 1963 ya casi estaba erradicado el blanco, y para 1968 ya no había. En la lobina se podían distinguir tres clases de edad, y nadie que lo pescara, dado que los pescadores tuvieron que emigrar al no poder pescar como sabían, y a no haber recibido capacitación para la pesca de lobina.

Caso 4. La Trucha Dorada de La Sierra Tarahumara

En la Sierra Tarahumara, noroeste de Durango y suroeste de Chihuahua, es endémica la trucha dorada mexicana o pez de la montaña (*Oncorhynchus chrysogaster*). Según los dirigentes tribales, ellos solicitaron al Gobierno Federal mas peces. Los encargados del caso vieron truchas y determinaron sembrar la exótica trucha arco iris. Durante las discusiones del Primer Simposio Internacional sobre Educación y Organización Pesqueras (1979), los tarahumaras señalaron que la trucha sembrada no era vulnerable a sus artes de pesca, adaptados a la especie nativa. Además, es del dominio común que las truchas tienen pocas limitaciones para la hibridación. Se requiere investi-

gación sobre el estatus de la especie nativa, registrada en la NOM 59 ECOL 94, y de la exótica, ya que es probable dicha hibridación, con resultados probablemente desfavorables para ambas truchas y su pesquería. En este caso era mas recomendable fomentar la trucha dorada nativa.

4. LA ICTIODIVERSIDAD DE MÉXICO, LAS ESPECIES NACIONALES EN RIESGO Y LAS TRANSFAUNADAS.

La ictiodiversidad dulceacuícola de México es del orden de 504 especies. Esta cifra era de 336 en 1970 (Alvarez, 1970), y se elevó a 448 descritas o reconocidas (Espinoza-Pérez et al., 1993) e incluye 56 descubiertas pero indescritas. Es probable que todavía existan otras mas pendientes de descubrir. A este creciente número de especies nativas, corresponde un conjunto de especies en riesgo también en aumento. El estado de conocimiento de estas especies se reporta en la Tabla 3, en la cual el aparente descenso en 1989 es producto de criterios mas estrictos de calificación, clasificación o de opinión, mientras que el descenso en los raros o vulnerables es un traspaso a un nivel mas alto de riesgo y no a acciones de recuperación. En el caso de las extinguidas, ocasionalmente se pueden descubrir nuevas poblaciones de especies que se creían extintas, como es el caso

Tabla 3. Especies de peces continentales mexicanos en riesgo y extinguidos de 1963 a 1997.							
NIVEL/AÑO	1963	1969	1979	1984	1989	1994	1997
En Peligro	11	33	29	58	41	59	65
Amenazadas	?*	?	12	35	26	60	78
Raros/Vulnerables	?	?	19	26	54	?	36
Extinguidos	7	7	(7)**	(7)	11	(11)	29
TOTAL	18	40	>67	>126	132	>130	208

* ? = Sin Datos

** (-) = Sumando la cifra anterior conocida para el nivel.

Allotoca maculata, que fue redescubierta (Anónimo, 1991, Mayden et al., 1993).

Según Contreras-B. (1984) La sardina común carácida (*Astyanax mexicanus*) del Río Conchos, ha invadido el manantial Ojo de Agua de la Hacienda, Chihuahua, por los canales artificiales de irrigación. En dicho manantial son endémicos y eran únicos habitantes el guayacón de la Hacienda (*Gambusia hurta-doï*) y el cachorrito de la Hacienda (*Cyprinodon macrolepidus*); los hábitos de fuerte tendencia carnívora de la sardina y su fuerte resistencia amenazan con desplazar a los nativos. Por otra parte, el mismo guayacón ha emigrado también al Río Conchos, y puede hibridizar con el guayacón del Conchos (*G. senilis*), dañando las cualidades de ambos. Hasta recientemente, el daño ha sido mayor en

el Ojo de la Hacienda que en el Río Conchos, lo cual guarda proporción con el tamaño de cada cuerpo de agua. Este, mas el caso comentado anteriormente de los peces de la Media Luna, donde especies nativas del Río Tamesí – una de ellas en peligro (*Poecilia latipunctata*)-, exhibe impacto como exótica y amenaza a las especies nativas locales de la Media Luna (*Cualac tessellatus*, *Ataeniobius toweri*, y otras), y ejemplifican claramente el impacto de especies introducidas (consideradas amenazadas en su hábitat natural) fuera de su área nativa original, aunque sean de la misma nacionalidad.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se recomienda el uso de una terminología internacional apropiada para las categorías de especies introducidas. Se recomienda una comparación de las especies introducidas en México entre 1901-1984, y entre éste y 1997, que cambiaron de 55 a 90 (+38.8%), con fuertes incrementos de las especies acuiculturales comerciales y a las accidentales. Las evidencias de los cambios de composición de especies en el Río Bravo, del fuerte impacto en la biomasa de peces en el Río Usumacinta, así como de los cambios en las pesquerías en la Presa Vicente Guerrero (Tamaulipas), Lago de Chapala (Jalisco-Michoacán), Lago de Santa María del Oro (Nayarit), y Sierra Tarahumara (Chihuahua-Durango), indican que las pérdidas no solo pueden ser biológicas, sino que también puede haber fuerte impacto de consecuencias económicas. Biológicamente una especie nacional cultivada y liberada fuera de su área natural, es tan exótica o introducida como una extranjera, y puede convertirse en invasiva cuando se cambia de cuenca, e incluso, cuando cambia de hábitats muy especiales, como lo indica la invasión recíproca de especies entre el Río Conchos y el Ojo de Agua de la Hacienda, Chihuahua, y la Laguna de la Media Luna, San Luis Potosí. Bajo el concepto riguroso de biodiversidad, el uso sustentable de la misma se refiere al uso y fomento de especies nativas (locales), y protegerlas contra los impactos (introducidas).

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda el fomento, protección y cultivo de las especies nativas en forma regional, así como la explotación intensa de las especies introducidas e invasivas, así como la suspensión de introducciones de estas especies y su explotación intensiva, a fin de reestablecer el equilibrio ecológico acuático, y de invertir las presiones de selección que se han practicado hasta la fecha (no control en especies nativas, distribución masiva de especies invasivas). La conservación de la biodiversidad es un compromiso de México, e incluye la conservación de las especies locales populares, que frecuentemente tienen significados profundamente culturales. Se sugiere dar alta prioridad a la investigación de la biología y reproducción de las especies nativas, para conducir a su aprovechamiento racional y protección en contra de la extinción causada por los humanos.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Anónimo. 1991. A rare species of fish, believed to be extinct for 20 years. *Fisheries*, 16:52-53.
2. Contreras-Arquieta, A.G. Guajardo-Martínez, y S. Contreras Balderas. 1995a. Redescrición del caracol exógeno *Thiara* (Melanoides) *tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) y su distribución en México. *Publ. Biol. FCB/UANL, Méx.*, 8(1-2):1-16.
3. Contreras-Arquieta, A.G. Guajardo-Martínez, y S. Contreras-Balderas. 1995. *Thiara* (Melanoides) *tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae), su probable impacto ecológico en México. *Publ. Biol. FCB/UANL, Méx.*, 8(1-2): 17-24
4. Contreras-Balderas, S. 1975. Impacto Ambiental de Obras Hidráulicas, Plan Nacional Hidráulicos, Informes.
5. Contreras-Balderas, S. 1978. Speciation Aspects and Man-Made Community Composition Changes in Chihuahuan Desert Fishes. Pp. 405-431 In: R.H. Wauer & D.H. Riskind. 1973 (1978), *Trans. Biol. Resources Chihuahuan Desert Reg., U.S. Mex. USDI, NPS, Trans. Proc.*, 3:1-658
6. Contreras-Balderas, S. 1984. New records of exotic species in México. *Proceed. Desert Fishes Council*, 19:19-30.
7. Contreras-Balderas, S. 1999. Annotated Checklist of the Invasive Fishes of México, with Comments on Recent Introductions. Cap. 2:33-54. En: R. Claudi y J.H. Leach, *Nonindigenous Freshwater Organisms Vectors, Biology, and Impacts*. Lewis Publishers.
8. Contreras-Balderas, S., y M:A: Escalante-Cavazos. 1984. Chapter 6:102-130. Distribution and Known Impacts of Exotic Fishes in México, En: W:R: Courtenay, y J.R. Stauffer. *Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes*. Johns Hopkins University Press.
9. Contreras-Balderas, S., M.L. Lozano-Vilano, y M.E. García-Ramírez. MS. Cambios de Biodiversidad Ictica en la Cuenca del Río Bravo, México.
10. Contreras-Balderas, S., V. Landa-Salinas,, T. Villegas-Gaytán, y G. Rodríguez-Olmos. 1976. Peces, Piscicultura, Presas, Polución y Planificación Pesquera y Monitoreo en México, o la Danza de las P. *Simp. Pesq. Continentales, México*. 1:315-346.

11. Elizondo-Garza, R., y J.I. Fernández-Méndez. 1995. Caracterización Biológico-Pesquera del Lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México, con un Análisis de las Capturas de charal, *Chirostoma chapalae* (Jordan y Snyder, 1900), en Redes Mangueadoras y Atarrayas. Publ. Biol. FCB/UANL, Méx., 8(1-2):62-96.
12. Elizondo-Garza, R., M.A. Martínez-Zavala, I. Roque-Villada, y J.I. Fernández-Méndez. 1995. Caracterización Biológica de la Presa Vicente Guerrero (Las Adjuntas), Tamps., México, con un Análisis de las Capturas de Tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), y Lobina Negra, *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802). Publ. Biol. FCB/UANL, Méx., 8(1-2): 25-61
13. FAO, 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Rome, FAO. 48 p.
14. Mayden, R.L, B.M. Burr, L.M. Page, y R.R. Miller. 1992. The Native Freshwater Fishes of North America. Chapter 29:827-863. En: R.L. Mayden: Systematics, historical Ecology, & North American Freshwater Fishes. Stanford University Press.
15. Meek, S.E. 1904. The Fresh-water Fishes of México north of the Isthmus of Tehuantepec, Field Col. Mus. Publ. V:1-250.
16. Miller, R.R. 1954. A new genus and species of Cyprinodontid fish from San Luis Potosi, México, with Remarks on the subfamily Cyprinodontinae. Occ. Pap. Mus. Zool, Univ. Mich., 581:1-17.
17. Rodiles-Hernández, R. 1997. Plan de Conservación y Manejo de Fauna Acuática en Marqués de Comillas, Selva Lacandona, Chiapas. PRODERS (SEMARNAP) / ECOSUR.

V. INVENTARIO NACIONAL DE LA ICTIOFAUNA DULCEACUÍCOLA MEXICANA

.....

Dr. Salvador Contreras Balderas¹ y Biól. Myriam Ramírez Flores²

¹ Profesor Emérito de la Universidad Autónoma de Nuevo León

² Investigadora de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

1. INTRODUCCIÓN

La ictiofauna mexicana está representada por 506 especies de las cuales 136 se encuentran registradas en la NOM-059-ECOL-1994 (D.O.F. 16-V-94). Mientras que en 1901-1903 se habían registrado en México 3 especies exóticas, éstas introducciones se han acumulado para alcanzar 55 especies en 1984 y 90 en 1997. Las alteraciones causadas sobre la ictiofauna nativa son diversas y algunas desconocidas, por lo que se hace necesario presentar un inventario que brinde información de las principales especies y rangos de distribución, a efecto de mejorar su administración, los esquemas de uso y aprovechamiento de dichos recursos.

El inventario de la ictiofauna ofrecido en la Carta Nacional Pesquera representa 484 especies nativas (95.65%), de las cuales 136 especies se encuentran dentro de la NOM-059 en las siguientes categorías: 59 especies (A) especies amenazadas, 57 (P) en Peligro de extinción y 20 (R) como especies raras. Así mismo se anotan 328 especies endémicas y 75 especies exóticas.

Derivado de la distribución geográfica natural de la ictiofauna en el territorio nacional, y debido a las modificaciones de dicha distribución producto de la movilización, translocación e introducción de especies en el territorio nacional, repoblación accidental en cuerpos de agua, invasión natural y escapes accidentales mas allá de sus barreras originales, el inventario está dividido en 10 Provincias Acuáticas Continentales, que reflejan las diferentes condiciones fisiográficas y del hábitat de dichas especies.

Con base en lo anterior se elaboró un listado resumen en orden alfabético con los géneros que indican en cuántas regiones las especies pueden ser registradas ya sea como especies nativas, especies nativas que son endémicas de la zona, y las reguladas por la NOM-059 (que determina las especies de flora y fauna sil-

vestre, terrestres y acuáticas, raras, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial. [D.O.F.16-V-94]), especificando su categoría, asimismo se denota algunas de las zonas específicas de endemismo dentro de la región, así como la situación de especies ya extintas o extirpadas (Tabla 1). Finalmente se nombran las especies exóticas que han sido introducidas.

Las claves usadas en la Tabla 1 son:

Nomenclatura: (P) Especie en peligro de extinción, (A) Especie amenazada, (R) Especie Rara, (Pr) Especie sujeta a protección especial.

(*) No se conocen registros de campo recientes o verificados.

(I).- Especie introducida

(N).- especie nativa

Nomenclatura de provincias ícticas: 1.- Baja Californiana, 2.- Sonorense, 3.- Sinaloense, 4.- Lerma-Santiago, 5.- Balsana, 6A.- Guerrero-Oaxaca, 6B.- Costera Chiapas, 7A.- Bravo Conchos, 7B.- Bravo NE Coahuila, 7C.- Bravo Salado, 7D.- Bravo Cuatro Ciénegas, 7E.- Bravo San Juan, 7F.- Bravo Samalayuca, 7G.- Bravo Mayran Biseca, 7H.- Bravo El Salado, 8A.- Pánuco, 8B.- Pánuco Media Luna, 9A.- Papaloapam, 9B.- Coatzacoalcos, 9C.- Grijalva-Usumacinta, 10.- Plataforma Yucateca

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Agonostomus</i>	<i>A. monticola</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7E, 8, 9, 10	N			
<i>Agosia</i>	<i>A. chrysogaster</i>	2 y 3	N	X		(A)*
<i>Ameiurus</i>	<i>A. melas</i>	2, 7A, F	I		X	
	<i>A. mexicanus</i> (= <i>Ictalurus mexicanus</i>)	8A	N	X		(R)*
	<i>A. natalis</i>	7E	I		X	
<i>Ambloplites</i>	<i>A. rupestris</i>	7A	I		X	
<i>Anableps</i>	<i>A. dowi</i>	6	N	X		
<i>Algansea</i>	<i>A. aphanea</i>	5 (Armería)	N	X		(A)*
	<i>A. avia</i>	4 (Tepic)	N	X		
	<i>A. barbata</i>	4 (Lerma)	N	X		(P) Extinta
	<i>A. lacustris</i> (*)	4 (Pátzcuaro), Varios (I)	NI	X	X	

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Algansea</i>	<i>A. monticola</i>	4 (Santiago)	N	X		
	<i>A. popoche</i>	4 (Chapala)	N	X		(A)*
	<i>A. tincella</i>	4, 8A	N	X		
<i>Allodontichtys</i>	<i>A. hubbsi</i>	5 (Armería)	N	X		
	<i>A. polylepis</i>	4 (Ameca)	N	X		
	<i>A. tamazulae</i>	5 (Armería)	N	X		
	<i>A. zonistius</i>	5 (Armería)	N	X		
<i>Alloophorus</i>	<i>A. robustus</i>	4	N	X		
<i>Allotoca</i>	<i>A. catarinae</i>	5 (Uruapan)	N	X		
	<i>A. diazi</i> (+ <i>Skiffia lermæ</i>)	4 (Pátzcuaro)	N	X		
	<i>A. dugesi</i>	4 (Lerma)	N	X		(A)*
	<i>A. goslinei</i>	4 (Ameca)	N	X		
	<i>A. maculata</i>	4 (Magdalena)	N	X		
	<i>A. meeki</i>	4 (Zirahuén)	N	X		
	<i>A. regalis</i>	5 (Los Reyes)	N	X		
<i>Anguila</i>	<i>A. rostrata</i>	7C, E, 8A, 9A, B, C, 10	N			
<i>Ameca</i>	<i>A. splendens</i>	4 (Ameca)	N	X		(P)*
<i>Aplodinotus</i>	<i>A. grunniens</i>	7 B, C, E, 8 y 9	N			
<i>Arapaima</i>	<i>A. gigas</i> (*)	9C?	I		X	
<i>Aristichthys</i>	<i>A. nobilis</i>	Varios	I		X	

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Ataeniobius</i>	<i>A. toweri</i> (= <i>Goodea toweri</i>)	8B	N	X		(P)
<i>Atherinella</i>	<i>A. alvarezi</i>	9C	N	X		
	<i>A. ammophila</i>	9A (La Palma)	N	X		
	<i>A. balsana</i>	5	N	X		
	<i>A. callida</i>	9A	N	X		
	<i>A. crystallina</i>	3 y 4	N	X		
	<i>A. elegans</i>	3 (Fuerte)	N	X		
	<i>A. guatemalensis</i>	5-6	N	X		
	<i>A. lisa</i>	9A	N	X		
	<i>A. marvelae</i>	9A (Eyi-pantla)	N	X		
	<i>A. pellosemion</i>	3 (Man-cuernas)	N	X		
	<i>A. sallei</i>	9A y B	N	X		
	<i>A. schultzi</i>	9B	N	X		
<i>Atractosteus</i>	<i>A. spatula</i>	7E	N			
	<i>A. tropicus</i>	9A, C,	N			
<i>Astyanax</i>	<i>A. aeneus</i>	9	N	X		
	<i>A. altior</i>	10	N	X		
	<i>A. armandoi</i>	9C (Pén-jamo)	N	X		(A)*
	<i>A. jordani</i>	8A (Gru-tas)	N	X		(A)*
	<i>A. mexicanus</i>	7A (NI), B, C, E (NI), G	NI	X	X	
<i>Awaous</i>	<i>A. banana</i>	<i>Ambas costas</i>	N			
<i>Barbus</i>	<i>B. titteya</i>	7E	I		X	
	<i>B. conchoniis</i>	7E	I		X	

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Batrachoides</i>	<i>B. goldmani</i>	9C	N	X		
<i>Belonesox</i>	<i>B. belizanus</i>	9 y 10	N			
<i>Brachyrhaphis</i>	<i>B. hartwegi</i>	6B	N	X		
<i>Bramocharax</i>	<i>B. caballeroi</i>	9A (Catemaco)	N	X		
<i>Brycon</i>	<i>B. guatemalensis</i>	9C	N	X		
<i>Campostoma</i>	<i>C. ornatum</i>	2, 3, 7A, G	N	X		(P) ⁺
	<i>C. anomalum</i>	7B, C, E,	NI		X	
<i>Carlhubbsia</i>	<i>C. kidderi</i>	9	N	X		
<i>Carpiodes</i>	<i>C. carpio</i>	2 (I), 7A, B, C, E	NI		X	
	<i>C. cyprinus</i> (*)	Varios	I		X	
<i>Cathorops</i>	<i>C. aguadulce</i>	9	N	X		
<i>Catostomus</i>	<i>C. bernardini</i>	2, 3, y 7A	N	X		(R) ⁺
	<i>C. cahita</i>	3	N	X		(A) ⁺
	<i>C. clarki</i>	2	N	X		
	<i>C. insignis</i>	2	N	X		(P) ⁺ Extirpada
	<i>C. leopoldi</i>	2	N	X		(R) ⁺
	<i>C. plebeius</i>	7A, F, G	N	X		
	<i>C. wigginsi</i>	2	N	X		(A) ⁺
<i>Centropomus</i>	<i>C. nigrescens</i>	Costa Pacífico	N			
	<i>C. parallelus</i>	Costa Atlántica	N			
	<i>C. poeyi</i>	8 y 9	N	X		
	<i>C. robalito</i>	Costa Pacífico	N			
	<i>C. undecimalis</i>	Costa Atlántica	N			
<i>Chapalichtys</i>	<i>C. encaustus</i>	4 (Chapala)	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Chapalichtys</i>	<i>C. pardalis</i>	5 (Tocumbo)	N	X		
	<i>C. peraticus</i>	5 (San Juanico)	N	X		
<i>Characodon</i>	<i>C. audax</i>	4 (Mezquital)	N	X		(A) ⁺
	<i>C. garmani</i>	7G (Parrras)	N	X		Extinta
	<i>C. lateralis</i>	4 (Mezquital)	N	X		(P) ⁺
<i>Colossoma</i>	Colossoma x Piaractus (híbridos)	7E, 9	I		X	
<i>Carassius</i>	<i>C. auratus</i>	Varios	I		X	
<i>Chirostoma</i>	<i>C. aculeatum</i>	4 (Lerma), 7A (I)	NI	X	X	
	<i>C. arge</i>	4 (Lerma-Chapala)	N	X		
	<i>C. attenuatum</i>	4 (Pátzcuaro)	N	X		
	<i>C. bartoni</i>	4 (La Alberca-Gto.)	N	X		(A) ⁺
	<i>C. chapalae</i>	4 (Chapala-Santiago)	N	X		
	<i>C. charari</i>	4 (Cuitzeo)	N	X		(P) ⁺
	<i>C. consocium</i>	4 (Chapala-Santiago), 7A (I)	NI	X	X	
	<i>C. compressum</i>	4 (Cuitzeo)	N	X		(P) ⁺
	<i>C. estor</i>	4 (Pátzcuaro-Chapala), Varios (I)	NI	X	X	

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Chirostoma</i>	<i>C. estor copandaro</i>	4 (Zirahuén)	N	X		
	<i>C. grandocule</i>	4 (Pátzcuaro), 7A(I)	NI	X	X	
	<i>C. humboldtianum</i>	4	N	X		
	<i>C. jordani</i>	4, 7A (I)	NI	X	X	
	<i>C. labarcae</i>	4 (Lerma-Chapala), 4 (Mezquital) (I), 7A	NI	X	X	
	<i>C. lucius</i>	4 (Chapala-Santiago)	N	X		
	<i>C. melanococcus</i>	5 (San Juanico)	N	X		
	<i>C. mezquital</i>	4 (Mezquital)	N	X		
	<i>C. patzcuaro</i>	4 (Pátzcuaro)	N	X		Extinta
	<i>C. promelas</i>	4 (Chapala-Santiago)	N	X		(A)*
	<i>C. riojai</i>	4 (Lerma)	N	X		
	<i>C. sphyraena</i>	4 (Chapala-Santiago), (7A, 4 (Mezquital), 7E y 8ª (I))	NI	X	X	
<i>Cichlasoma</i>	<i>C. argentea</i>	9C	N	X		
	<i>C. aureum</i>	9	N	X		
	<i>C. bartoni</i>	8B	N	X		(P)*
	<i>C. beani</i>	2 y 3	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Cichlasoma</i>	<i>C. bifasciatum</i>	9C	N	X		
	<i>C. breidohri</i>	9C	N	X		
	<i>C. bulleri</i>	9	N	X		
	<i>C. callolepis</i>	9B	N	X		
	<i>C. carpintis</i>	8A	N	X		
	<i>C. cyanoguttatum</i>	5(I), 7A, C, E	NI	X	X	
	<i>C. ellioti</i>	9 A, B, Varios (I)	NI	X	X	
	<i>C. fenestratum</i>	9A, B	N	X		
	<i>C. friedrichsthalii</i>	9B, C	N			
	<i>C. gadovii</i>	9C (Tulija)	N	X		
	<i>C. gibbiceps</i>	9C	N	X		
	<i>C. grammodes</i>	9C (Grijalva)	N	X		(R) ⁺
	<i>C. guttulatum</i>	6, 9 B	N	X		
	<i>C. hartwegi</i>	9C (Grijalva)	N	X		(R) ⁺
	<i>C. helleri</i>	9C	N	X		
	<i>C. heterospilum</i>	9C	N	X		
	<i>C. intermedium</i>	9C	N	X		(P) ⁺
	<i>C. irregulare</i>	9C	N			
	<i>C. istlanum</i>	5	N	X		
	<i>C. labridens</i>	8B	N	X		(P) ⁺
	<i>C. lentiginosum</i>	9C	N	X		
	<i>C. macracanthum</i>	6	N			
	<i>C. managuense</i>	9C	I		X	
	<i>C. meeki</i>	9C y 10	N			
	<i>C. minckleyi</i>	7D	N	X		(P) ⁺
	<i>C. motaguense</i>	9C	I		X	

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Cichlasoma</i>	<i>C. nebuliferum</i>	9A	N	X		
	<i>C. nigrofasciatum</i>	5	I		X	
	<i>C. nourissati</i>	9C	N	X		
	<i>C. octofasciatum</i>	9 y 10, Varios (I)	NI		X	
	<i>C. pantostictum</i>	8A	N	X		
	<i>C. pasionis</i>	9C	N	X		
	<i>C. pearsei</i>	9C, Varios (I)	NI	X	X	
	<i>C. regani</i>	9B	N	X		
	<i>C. robertsoni</i>	9B y 10	N			
	<i>C. salvini</i>	9, 10	N			
	<i>C. socolofi</i>	9C (Tulijá)	N	X		(R) ⁺
	<i>C. spilurum</i>	10 (Hondo)	N			
	<i>C. steindachneri</i>	8A (Río Gallinas)	N	X		
	<i>C. synspilum</i>	9C y 10	N	X		
	<i>C. teapae</i>	9C	N	X		
	<i>C. trimaculatum</i>	6	N			
	<i>C. urophthalmus</i>	9B y 10, Varios (I)	NI		X	(P) ⁺ sólo la parte nativa
<i>Cualac</i>	<i>C. tessellatus</i>	8B	N	X		(P) ⁺
<i>Cycleptus</i>	<i>C. elongatus</i>	7 A, B, C	N			(R) ⁺
<i>Cyprinella</i>	<i>C. alvarezdelvillari</i>	7G	N	X		
	<i>C. bocagrande</i>	7F	N	X		(A) ⁺
	<i>C. forlonensis</i>	8A	N	X		
	<i>C. formosa</i>	7F	N	X		(A) ⁺
	<i>C. garmani</i>	7G	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Cyprinella</i>	<i>C. lutrensis</i>	1 y 2 (I), 7A, C, E,	NI		X	(A) ⁺ sólo a parte nativa
	<i>C. panarcys</i>	7A	N	X		(P) ⁺
	<i>C. proserpina</i>	7B	N	X		(A) ⁺
	<i>C. rutila</i>	7C, E	N	X		
	<i>C. xanthicara</i>	7D,	N	X		(P) ⁺
<i>Cyprinodon</i>	<i>C. alvarezi</i>	7C	N	X		(P) ⁺ Extinta
	<i>C. artifrons</i>	10	N	X		
	<i>C. atrorus</i>	7D	N	X		(A) ⁺
	<i>C. beltrani</i>	10	N	X		(A) ⁺
	<i>C. bifasciatus</i>	7D	N	X		(A) ⁺
	<i>C. bobmilleri</i>	7E	N	X		
	<i>C. ceciliae</i>	7C	N	X		Extinta
	<i>C. eximius</i>	7A	N	X		(A) ⁺
	<i>C. fontinalis</i>	7F	N	X		(A) ⁺
	<i>C. inmemoriam</i>	7C	N	X		Extinta
	<i>C. labiosus</i>	10	N	X		(A) ⁺
	<i>C. latifasciatus</i>	7G	N	X		Extinta
	<i>C. longidorsalis</i>	7C	N	X		Extinta
	<i>C. macrolepis</i>	7A	N	X		(P) ⁺
	<i>C. macularius</i>	1 y 2	N	X		(P) ⁺
	<i>C. maya</i>	10	N	X		(A) ⁺
	<i>C. meeki</i>	4 (Mezquital)	N	X		(P) ⁺ Extinta
	<i>C. nazas</i>	7G	N	X		(A) ⁺
	<i>C. pachycephalus</i>	7A	N	X		(P) ⁺
	<i>C. simus</i>	10	N	X		(A)
	<i>C. variegatus</i>	7E, 8A	N			

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Cyprinodon</i>	<i>C. verecundus</i>	10	N	X		(A) ⁺
	<i>C. veronicae</i>	7C	N	X		Extinta
<i>Cyprinus</i>	<i>C. carpio</i>	Varios	I		X	
<i>Codoma</i>	<i>C. ornata</i>	4 (Mezquital), 7A, F, G	N	X		
<i>Ctenopharyngodon</i>	<i>C. idellus</i>	Varios	I		X	
<i>Diapterus</i>	<i>D. mexicanus</i>	9B, C	N	X		
<i>Dionda</i>	<i>D. catostomops</i>	8A	N	X		
	<i>D. diaboli</i>	7B,C	N	X		(P) ⁺
	<i>D. dichroma</i>	8B	N	X		(A) ⁺
	<i>D. episcopa</i>	7B	N	X		(P) ⁺
	<i>D. erimyzonops</i>	8A	N	X		
	<i>D. ipni</i>	8A	N	X		
	<i>D. mandibularis</i>	8B	N	X		(P) ⁺
	<i>D. melanops</i>	7C,E	N	X		(A) ⁺
	<i>D. rasconis</i>	8A	N	X		
<i>Dormitator</i>	<i>D. maculatus</i>	7E, 8,9,	N			
	<i>D. latifrons</i>	3, 4 ,5 ,6	N			
<i>Dorosoma</i>	<i>D. smithi</i>	2 y 3	N	X		
	<i>D. cepedianum</i>	1 y 2 (I), 7A (NI), C,E ,8A,	NI		X	
	<i>D. petenense</i>	2 (I), 7A (I) a 10 (excepto 7D, y 8B)	NI		X	
	<i>D. anale</i>	9A,B,C,	N	X		
<i>Eleotris</i>	<i>E. abacurus</i>	7E y 8A	N			
	<i>E. picta</i>	1-6	N			
	<i>E. pisonis</i>	7E, 8,9,10	N			
<i>Etheostoma</i>	<i>E. australe</i>	7A	N	X		(P)

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Etheostoma</i>	<i>E. grahami</i>	7 B,E	N	X		
	<i>E. lugoi</i>	7D	N	X		
	<i>E. pottsi</i>	4 (Mezquitil) 7A,G,	N	X		(A)*
	<i>E. segrex</i>	7C	N	X		
<i>Entosphenus</i>	<i>E. tridentatus</i>	1	N	X		
<i>Esox</i>	<i>E. lucius</i>	7B	I		X	
	<i>E. masquinongy</i>	7B	I		X	
<i>Evarra</i>	<i>E. bustamantei</i>	Valle de México	N	X		Extinta
	<i>E. eigenmanni</i>	Valle de México	N	X		Extinta
	<i>E. tlahuacensis</i>	Valle de México	N	X		Extinta
<i>Extrarius</i> (= <i>Macrhybopsis</i>)	<i>E. aestivalis</i>	7A,C,E	N			(A)
<i>Floridichthys</i>	<i>F. carpio</i>	10	N	X		
<i>Fundulus</i>	<i>F. grandis</i>	7E, 8A	N			
	<i>F. grandissimus</i>	10	N	X		
	<i>F. lima</i>	2	N	X		(A)*
	<i>F. persimilis</i>	10	N	X		
	<i>F. similis</i>	7E, 8A	N			
	<i>F. zebrinus</i>	7 ^a (I),B (I),E	NI		X	
<i>Garmanella</i>	<i>G. pulchra</i>	10	N	X		
<i>Gambusia</i>	<i>G. affinis</i>	1(I), 2(I) 7A, B, C, E, F(I)-8A	NI		X	(P)* sólo la parte nativa
	<i>G. alvarezi</i>	7A (San Gregorio)	N	X		(P)*
	<i>G. atrora</i>	8A	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Gambusia</i>	<i>G. aurata</i>	8A (Tame-sí)	N	X		
	<i>G. echeagarayi</i>	9C	N	X		
	<i>G. eurystoma</i>	9C (Teapa)	N	X		(R) ⁺
	<i>G. hurtadoi</i>	7A (Dolores), 7(I) Conchos	NI	X	X	(R) ⁺ sólo la parte nativa
	<i>G. krumholzi</i>	7B	N	X		
	<i>G. longispinis</i>	7D	N	X		(A) ⁺
	<i>G. marshi</i>	7C, D	N	X		
	<i>G. rachowi</i>	9A	N	X		
	<i>G. regani</i>	8A, B (I)	NI	X	X	
	<i>G. senilis</i>	7A	N	X		(A) ⁺
	<i>G. sexradiata</i>	9 y 10	N			
	<i>G. speciosa</i>	7E	N	X		
	<i>G. vittata</i>	8A	N	X		
	<i>G. reticulata</i>	Varios	I		X	
	<i>G. yucatanensis</i> (=puncticulata)	9 y 10	N	X		(A)
<i>Gasterosteus</i>	<i>G. aculeatus</i>	1	N			(R) ⁺
<i>Gila</i>	<i>G. bicolor mohavensis</i> (*)	1	I		X	
	<i>G. conspersa</i>	7G	N	X		
	<i>G. ditaenia</i>	2	N	X		(A) ⁺
	<i>G. elegans</i>	1 y 2	N	X		(P)
	<i>G. erémica</i>	2	N	X		
	<i>G. intermedia</i>	2	N	X		(P)
	<i>G. modesta</i>	7E	NI	X	X	(R) ⁺ Extinta
	<i>G. nigrescens</i>	7F	N	X		(A) ⁺
	<i>G. orcutti</i> (*)	1	I		X	

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Gila</i>	<i>G. pulchra</i>	7A	N	X		
	<i>G. purpurea</i>	2	N	X		(P)*
	<i>G. robusta</i>	2 y 3	N	X		(R)*
<i>Girardinichthys</i>	<i>G. multiradiatus</i>	4 (Lerma)	N	X		
	<i>G. viviparus</i>	4 (Valle de México)	N	X		(A) Extinta
<i>Goodea</i>	<i>G. atripinnis</i>	4	N	X		
	<i>G. gracilis</i>	8A (Santa María)	N	X		
	<i>G. luitpoldi</i>	4 (Pátzcuaro)	N	X		
<i>Gobiesox</i>	<i>G. fluvialis</i>	3 y 4 (Mezquital, Santiago)	N	X		(A)
	<i>G. juniperoserrai</i>	1	N	X		
	<i>G. mexicanus</i>	6A	N	X		(R)*
<i>Gobiomorus</i>	<i>G. dormitor</i>	7E, 8,9,10	N			
	<i>G. maculatus</i>	2-6	N			
	<i>G. polylepis</i>	4 (Ameca), 6A	N	X		
<i>Gobionellus</i>	<i>G. atripinnis</i>	7E (Bajo Bravo)	N	X		
	<i>G. boleosoma</i>	7E (Bajo Bravo), 8-10	N	X		
<i>Guavina</i>	<i>G. guavina</i>	9C	N			
<i>Gymnotus</i>	<i>G. maculatus</i>	6B	N	X		
<i>Hemichromis</i>	<i>H. guttatus</i>	7D	I		X	
<i>Heterandria:</i>	<i>H. bimaculata</i>	5 (I), 8 y 9	NI		X	
	<i>H. jonesi</i>	5 (Llanos)	N	X		
<i>Hubbsina</i>	<i>H. turneri</i>	4 (Cuitzeo)	N	X		(P)
<i>Hybopsis</i>	<i>H. altus</i>	4	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Hybopsis</i>	<i>H. amecae</i>	4 (Ameca)	N	X		Extinta
	<i>H. aulidion</i>	4 (Mezquital)	N	X		(R) ⁺ Extinta
	<i>H. boucardi</i>	5	N	X		(A) ⁺
	<i>H. calientis</i>	4	N	X		
	<i>H. imeldae</i>	6A	N	X		
	<i>H. moralesi</i> (= <i>Notropis moralesi</i>)	9A	N	X		(A)
<i>Hybognathus</i>	<i>H. amarus</i>	7 excepto D	N	X		(P) Extirpada
<i>Hypophthalmichthys</i>	<i>H. molitrix</i>	Varios	I		X	
<i>Hyporhamphus</i>	<i>H. rosae</i>	1,3 y 6	N			
	<i>H. mexicanus</i>	9B,C	N	X		
<i>Hyphessobrycon</i>	<i>H. compressus</i>	9	N			
<i>Ictalurus</i>	<i>I. australis</i>	8A	N	X		(A)
	<i>I. balsanus</i>	5	N	X		
	<i>I. dugesi</i>	4 (Lerma-Chapala)	N	X		
	<i>I. furcatus</i>	2 (I), 7A,B,C,E y 8A	NI		X	
	<i>I. lupus</i>	7A , B y E	N	X		(R) ⁺
	<i>I. meridionalis</i>	9	N	X		
	<i>I. punctatus</i>	7A -E, Varios (I)	NI		X	
	<i>I. ochoterenai</i>	4 (Chapala)	N	X		
	<i>I. pricei</i>	2, 3, 7F	N	X		(R) ⁺
<i>Ictiobus</i>	<i>I. labiosus</i>	8A	N	X		
	<i>I. meridionalis</i>	9A,B,C	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Ictiobus</i>	<i>I. bubalus</i>	7B,C,E	N			
	<i>I. niger</i>	7B,C,E	N			
<i>Ilyodon</i>	<i>I. furcidens</i>	4(Amecca)	N	X		
	<i>I. lennoni</i>	5 (Chacambero)	N	X		
	<i>I. whitei</i>	5	N	X		
	<i>I. xantusi</i>	5 (Armería)	N	X		
<i>Joturus</i>	<i>J. pichardoi</i>	9A	N			
<i>Lampetra</i>	<i>L. geminis</i>	4 (Lerma)	N	X		(P)*
	<i>L. spadicea</i>	4 (Lerma)	N	X		(P)*
<i>Lepisosteus</i>	<i>L. oculatus</i>	7B,C,E	N			
	<i>L. osseus</i>	7A,B,C,E	N			
<i>Lepomis</i>	<i>L. auritus</i>	7B,C,E	I		X	
	<i>L. cyanellus</i>	2(I), 4 (Lerma) (I), 5(I), 7 B, C, E	NI		X	
	<i>L. gulosus</i>	Varios	I		X	
	<i>L. macrochirus</i>	2(I), 4(I) Lerma, 5(I), 7 B,C,E, 8(I)	NI		X	
	<i>L. marginatus</i>	7A	I		X	
	<i>L. megalotis</i>	2(I), 7 B. C. E	NI		X	(A) sólo la parte nativa
	<i>L. microlophus</i>	2 y 7E	I		X	
	<i>L. punctatus</i>	7A	I		X	
<i>Leptophylypnus</i>	<i>L. cristatus</i>	10 (Hondo)	N			
<i>Lile</i>	<i>L. gracilis</i>	3 a la 6 (Costero)	N			
<i>Liposarcus</i>	<i>L. multiradiatus</i>	5	I		X	
<i>Lucania</i>	<i>L. interioris</i>	7D	N	X		(P)*

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
Lucania	<i>L. parva</i>	7E, 8A	N			
<i>Misgurnus</i>	<i>M. anguillicaudatus</i>	Texcoco	I		X	
<i>Megalobrema</i>	<i>M. amblycephala</i>	(*)	I		X	
<i>Membras</i>	<i>M. martinica</i>	7E (NI) y 8A	NI		X	
<i>Menidia</i>	<i>M. beryllina</i>	7A(I), B, C, E (NI) y 8A	NI		X	
	<i>M. colei</i>	10	N	X		
<i>Megupsilon</i>	<i>M. aporus</i>	7C	N	X		(P) ⁺ Extinta
<i>Micropterus</i>	<i>M. dolomieu</i>	Varios	I		X	
	<i>M. punctulatus</i>	Varios	I		X	
	<i>M. salmoides</i>	7B, C, E, Varios (I)	NI		X	
	<i>M. salmoides floridanus</i>	Varios	I		X	
<i>Moxostoma</i>	<i>M. austrinum</i>	4 (Excepto Pátzcuaro y Zirahuén) y 7A	N	X		
	<i>M. congestum</i>	7B,E,	N	X		
<i>Morone</i>	<i>M. chrysops</i>	7A,B,E,	I		X	
	<i>M. saxatilis</i>	7A,B,E	I		X	
<i>Mylopharyngodon</i>	<i>M. piceus</i>	Varios	I		X	
<i>Notemigonus</i>	<i>N. crysoleucas</i>	7E	I		X	
<i>Notropis</i>	<i>N. aguirrepequeño</i>	7E	N	X		(R) ⁺
	<i>N. amabilis</i>	7 A,B,C,E	N	X		
	<i>N. braytoni</i>	7 A,B,C,E	N	X		
	<i>N. buchanani</i>	7C y E	N			
	<i>N. chihuahua</i>	7A, 7G(I)	NI	X	X	

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Notropis</i>	<i>N. jemezanus</i>	7 A,B,C,E	N	X		(R) ⁺
	<i>N. ludibundus</i>	7 B, C, E	N			
	<i>N. nazas</i>	7G	N	X		
	<i>N. orca</i>	7 A,B,C,E	N	X		(P) ⁺ Extinta
	<i>N. saladonis</i>	7C	N	X		(P) ⁺ Extinta
	<i>N. sallei</i>	5	N	X		
	<i>N. s.simus</i>	7 A,B,C,E	N	X		(P) ⁺ Extinta
	<i>N. tropicus</i>	8A	N	X		
<i>Ogilbia</i>	<i>O. pearsei</i>	10	N	X		(P) ⁺
<i>Onchorhynchus</i>	<i>O. mykiss gairdneri</i>	Varios	I		X	
<i>Oncorhynchus</i>	<i>O. chrysogaster</i>	3, 7G	N	X		
	<i>O. clarki</i>	Varios	I		X	
	<i>O. mykiss gairdneri</i>	Varios	I		X	
	<i>O. nelsoni</i> (= <i>O. mykiss nelsoni</i>)	1	N	X		(R) ⁺
<i>Ophisternon</i>	<i>O. aenigmaticum</i>	9	N			
	<i>O. infernale</i>	10	N	X		(P) ⁺
<i>Oreochromis</i>	<i>O. aureus</i>	Varios	I		X	
	<i>O. mossambicus</i>	Varios	I		X	
	<i>O. niloticus</i>	Varios	I		X	
	<i>O. hornorum</i>	Varios	I		X	
<i>Petenia</i>	<i>P. splendida</i>	9C, Varios (I)	NI	X	X	
<i>Percina</i>	<i>P. macrolepida</i>	7B	N			

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Poblana</i>	<i>P. alchichica</i>	5 (Alchichica)	N	X		(A) ⁺
	<i>P. ferdebueni</i>	5 (Chignahuapan)	N	X		(A) ⁺
	<i>P. letholepis</i>	5 (La Preciosa)	N	X		(A) ⁺
	<i>P. squamata</i>	5 (Quechulac)	N	X		(A) ⁺
<i>Potamarius</i>	<i>P. nelsoni</i>	9C	N	X		(R) ⁺
<i>Phallichthys</i>	<i>P. fairweatheri</i>	9C	N	X		
<i>Pimephales</i>	<i>P. promelas</i>	2 (I), 7A, F	NI		X	
	<i>P. vigilax</i>	7 A (I), E,	NI		X	
<i>Poecilia</i>	<i>P. butleri</i>	3-6	N			
	<i>P. catemacónis</i>	9A (Catemaco)	N	X		
	<i>P. chica</i>	5 (Colima)	N	X		(A)
	<i>P. formosa</i>	7E, 8 ^a	N	X		
	<i>P. latipinna</i>	1 y 2 (I), 7E, 8A	NI		X	
	<i>P. latipunctata</i>	8A (Tamesí) 8B(I)	NI	X	X	(A) ⁺ Extinta en medio natural
	<i>P. maylandi</i>	5 (Chacambero)	N	X		
	<i>P. mexicana</i>	4(I), 7E, 8-10, 8B (I)	NI		X	
	<i>P. orri</i>	10	N	X		
	<i>P. reticulata</i>	Varios	I		X	
	<i>P. sulphuraria</i>	9C (Teapa)	N	X		(A) ⁺
	<i>P. velífera</i>	10	N	X		(A) ⁺
<i>Poeciliopsis</i>	<i>P. balsas</i>	5	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Poeciliopsis</i>	<i>P. baenschii</i>	4 (Purificación)	N	X		
	<i>P. catemaco</i>	9A (Catemaco)	N	X		
	<i>P. fasciata</i>	6, 9B	N	X		
	<i>P. gracilis</i>	5 (I), 6, 9A, B	NI		X	
	<i>P. hnlickai</i>	9C	N	X		
	<i>P. infans</i>	4	N	X		
	<i>P. latidens</i>	2 y 3	N	X		(A)*
	<i>P. lucida</i>	3	N	X		
	<i>P. lutzi</i>	6A	N	X		
	<i>P. monacha</i>	3	N	X		
	<i>P. occidentalis</i>	2	N	X		(A)*
	<i>P. presidionis</i>	3	N	X		
	<i>P. prolifica</i>	2	N	X		
	<i>P. scarlii</i>	6A	N	X		
	<i>P. turneri</i>	4 (Purificación)	N	X		
	<i>P. turrubarensis</i>	5 y 6	N			
	<i>P. viriosa</i>	3 y 4 (Amecca)	N	X		
<i>Priapella</i>	<i>P. bonita</i>	9A	N	X		(P)* Extinta
	<i>P. compressa</i>	9C	N	X		(A)*
	<i>P. intermedia</i>	9D	N	X		(A)*
	<i>P. olmecae</i>	9 (Sontecomapan)	N	X		(A)*
<i>Prietella</i>	<i>P. phreatophila</i>	7C	N	X		(P)*
	<i>P. lundbergi</i>	8A	N	X		
<i>Profundulus</i>	<i>P. candalarius</i>	6B	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Profundulus</i>	<i>P. hildebrandi</i>	9C (San Cristóbal)	N	X		
	<i>P. labialis</i>	9C	N	X		
	<i>P. punctatus</i>	6A y B	N	X		
<i>Pomoxis</i>	<i>P. annularis</i>	Varios	I		X	
	<i>P. nigromaculatus</i>	Varios	I		X	
<i>Ptychocheilus</i>	<i>P. lucius</i>	1 y 2	N	X		(P) [*] Extirpada
<i>Pylodictis</i>	<i>P. olivaris</i>	2 (I), 7A, B, D, E	NI		X	
<i>Rhamdia</i>	<i>R. guatemalensis</i>	6B y 9	N	X		(A) [*]
	<i>R. guatemalensis sacrificii</i>	10	N	X		(P)
	<i>R. laticauda</i>	9	N	X		
	<i>R. parryi</i>	6B	N	X		
	<i>R. reddelli</i>	9A	N	X		(A) [*]
	<i>R. zongolicensis</i>	9A	N	X		
<i>Rhinichthys</i>	<i>R. cataractae</i>	7 excepto D, F-H	N			
	<i>R. osculus</i> (Como <i>Ptychocheilus osculus</i> en la NOM-059)	1 y 2	N	X		(P) Extirpada
<i>Rivulus</i>	<i>R. marmoratus</i>	10	N			
	<i>R. robustus</i>	9	N	X		(P) [*]
	<i>R. tenuis</i>	9	N			
<i>Roeboides</i>	<i>R. guatemalensis</i>	6B	N	X		
<i>Salvelinus</i>	<i>S. fontinalis</i>	(*)	I		X	
<i>Scartomyzon</i>	<i>S. austrinum</i>	4 y 7A	N			
	<i>S. congestum</i>	7B, C, E	N	X		
<i>Sicydium</i>	<i>S. gymnogaster</i>	9	N			

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Sicydium</i>	<i>S. multipunctatum</i>	3-6	N			
<i>Skiffia</i>	<i>S. bilineata</i>	4 (Lerma-Chapala, Cuitzeo)	N	X		(A)
	<i>S. francesae</i>	4 (Teuchitlán)	N	X		(P) Extinta
	<i>S. lermae</i>	4 (Lerma-Chapala)	N	X		(A)
	<i>S. multipunctata</i>	4 (Lerma-Chapala)	N	X		
<i>Strongylura</i>	<i>S. hubbsi</i>	9	N	X		
<i>Stypodon</i>	<i>S. signifer</i>	7G	N	X		(P) Extinta
<i>Scaphirhynchus</i>	<i>S. platyrhynchus</i>	7A y 7B	N			(R)*
<i>Synbranchus</i>	<i>S. marmoratus</i>	6 y 9	N			
<i>Tiaroga</i>	<i>T. cobitis</i>	2	N	X		P Extirpada
<i>Totoaba</i>	<i>T. macdonaldi</i>	2	N	X		(P)
<i>Tilapia</i>	<i>T. zilli</i>	Varios	I		X	
	<i>T. rendalli</i>	Varios	I		X	
<i>Xenodexia</i>	<i>X. ctenolepis.</i>	9C	N	X		
<i>Xenotaenia</i>	<i>X. resolanae</i>	5 (Armería)	N	X		
<i>Xenotoca</i>	<i>X. eiseni</i>	4 (Santiago y Ameca)	N	X		
	<i>X. melanosoma</i>	4 (Tamazula)	N	X		
	<i>X. variata</i>	4 (Lerma) y 8A	N	X		
<i>Xenoophorus</i>	<i>X. captivus</i>	7C	N	X		(A)*
	<i>X. exsul</i>	7C	N	X		
	<i>X. erro</i>	7C	N	X		

Tabla 1. Inventario de ictiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Xiphophorus</i>	<i>X. alvarezi</i>	9C (Jatate)	N	X		
	<i>X. andersi</i>	9A (Atoyac)	N	X		
	<i>X. birchmanni</i>	7E(I), 8A	NI	X	X	
	<i>X. clemenciae</i>	9B	N	X		(P) ⁺
	<i>X. continens</i>	8A (Gallinas)	N	X		
	<i>X. cortezi</i>	8A (Axtla)	N	X		
	<i>X. couchianus</i>	7E (I), (Apodaca (N))	NI	X	X	(P) ⁺ sólo la parte nativa
	<i>X. evelynae</i>	8A (Necaxa)	N	X		
	<i>X. gordonii</i>	7C (I), 7D	NI	X	X	(P) ⁺ sólo la parte nativa
	<i>X. helleri</i>	9, Varios (I)	NI		X	
	<i>X. maculatus</i>	9, Varios (I)	NI		X	
	<i>X. malinche</i>	8A (Moctezuma)	N	X		
	<i>X. meyeri</i>	7C (Muzquiz)	N	X		(P) ⁺
	<i>X. milleri</i>	9A (Catemaco)	N	X		(P) ⁺
	<i>X. montezumae</i>	8A	N	X		
	<i>X. multilineatus</i>	8A (Coy)	N	X		
	<i>X. nezahualcoyotl</i>	8 (Tamesí)	N	X		
	<i>X. nigrensis</i>	8A (Choy)	N	X		
	<i>X. pygmaeus</i>	8A (Axtla)	N	X		
	<i>X. variatus</i>	8 y 9, Varios (I)	NI	X	X	

Tabla 1. Inventario de ictiiofauna dulceacuícola

Género	Nombre científico	Región	Especies nativas	Especies endémicas	Especies exóticas	Especie regulada en la NOM-059
<i>Xiphophorus</i>	<i>X. xiphidium</i>	8A (Soto La Marina)	N	X		
<i>Xyrauchen</i>	<i>X. texanus</i>	1 y 2	N	X		(P) Extirpada
<i>Zoogonecticus</i>	<i>Z. quitzeoensis</i>	4 (Lerma-Chapala)	N	X		
	<i>Z. maculatus</i>	4 (Ameca)	N	X		
	<i>Z. tequilae</i>	4 (Magdalena)	N	X		Extinto

VI. FUTURO DE LA ACUACULTURA DE REPOBLACIÓN EN AGUAS CONTINENTALES

.....

Dr. Porfirio Álvarez Torres

Director General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

1. INTRODUCCIÓN

Las pesquerías derivadas de la acuicultura, en la definición de la FAO en sus Guías Técnicas para la pesca responsable (1997, FAO, Rome), son las actividades de instrumentar o mantener el reclutamiento de una o más especies acuáticas y aumentando la producción total de la de algunos elementos de una pesquería mas allá del nivel en el cual es sustentable a través de procesos naturales. En ese sentido, las pesquerías derivadas de la acuicultura son incluidas en las medidas de repoblación, las cuales toman la forma de introducción de nuevas especies; siembra natural y artificial de cuerpos de agua, fertilización, ingeniería ambiental, incluyendo las mejoras del habitat y la modificación de los cuerpos de agua, alterando la composición de especies, incluyendo la eliminación de especies no deseadas, o constituyendo una fauna artificial de especies selectas, modificaciones genéticas de las especies introducidas (FAO,1997).

Los programas de repoblación de pesquerías en aguas interiores son considerados por una variedad de razones sociales y económicas, incluyendo las del deseo de incrementar la producción pesquera, para crear empleo, alterar la distribución de los beneficios y ganar control de los recursos.

La potenciación de los recursos pesqueros es como estar acompañado de cambios sociales, económicos, ambientales y ecológicos. Los pasos a seguir para asegurar que tales cambios son contenidos dentro de los límites de los riesgos sociales, económicos y ambientales aceptables percibidos por la sociedad. Esos cambios pueden conducir a conflictos, los cuales requieren de resoluciones a todos los niveles de la sociedad.

Aunque muchos de los cuerpos de agua pueden ser parcialmente repoblados con poblaciones de peces silvestres, las repoblaciones planificadas son los que

abastecen el recurso principalmente y además permiten utilizar las especies requeridas para mejorar la producción de una pesquería.

Las ventajas de una promoción apropiada de una pesquería basada en la repoblación, varía de acuerdo con las circunstancias locales (Alvarez y Ríos, 1999):

- La producción se incrementa a través de sistemas de bajo impacto, en donde la producción primaria se maximiza y la producción también se incrementa.
- En general se utilizan especies que están en la parte más baja de la cadena trófica, tal como organismos que se alimentan de plancton o de subplancton, lo cual ayuda a maximizar o a aumentar la eficiencia biológica y la producción.
- El aprovechamiento de la explotación de un recurso en esta forma de capturas o en pesquerías resulta en una participación aumentada del sector social.
- Los beneficiarios son por lo general grupos de personas con bajos ingresos o pobres en recursos.
- Los recursos acuáticos existentes son mejor utilizados.
- No se llevan a cabo disturbios medioambientales o de contaminación, excepto en el caso de aquellos temas relacionados con el uso de especies exóticas o de líneas de especies, como ya se ha mencionado anteriormente.
- Se requieren de lineamientos y de una administración o de un manejo limitado. Una vez que se han liberado estas poblaciones, no se requiere de manejo para llevar a cabo el crecimiento.
- Existe una situación sociocultural más apropiada, especialmente en aquellas áreas en donde los sistemas de cultivo están poco desarrollados. En muchas áreas la acuacultura sufre de situaciones socioculturales en donde la actividad incluye conceptos importados. Sin embargo, la pesca puede ser una actividad aceptable y en tal circunstancia, la producción por acuacultura puede ser una medida a través de la cual los grupos de usuarios hagan un uso más efectivo de la acuacultura basada en el mejoramiento de la producción a través de la repoblación.
- La combinación de estas actividades resulta en una contribución mucho mayor hacia la captura en forma directa y mejorando la dieta de aquellas comunidades de bajos ingresos, por lo cual se considera como un tema inmediato de relevancia sobre la seguridad alimentaria.

A veces se hacen notar las ventajas del desarrollo más intensificado de las formas de acuacultura, pero esto es un asunto de menor relevancia o tendrá mayor relevancia cuando las pesquerías derivadas de la acuacultura lleguen a sufrir de sobre explotación. En realidad el mejorar las capturas de estas pesquerías a través de la potenciación de las poblaciones es una forma mucho mejor que be-

neficia no sólo a la acuacultura sino también a la agricultura y viceversa (Alvarez y Ríos, 1999).

2. REQUERIMIENTOS ESENCIALES PARA LLEVAR A CABO LA REPOBLACIÓN.

La preparación y priorización de programas de potenciamiento de las pesquerías a través de la repoblación requiere de dos formas amplias de información requerida en el campo: a) inventario de los cuerpos de agua, de la fauna y de la flora, y b) estudio de los niveles actuales de aprovechamiento de estos lugares.

La información requerida sobre los potenciales productivos es una evaluación compleja basada en una serie de factores que en conjunto controlan los aspectos de la fijación de la energía y las vías de transferencia de la energía .

De importancia primaria tenemos el régimen climático (especialmente las temperaturas estacionales); los regímenes de agua (variaciones incluyendo las entradas y salidas de agua y los niveles); la estructura física de cualquier cuerpo de agua (área, forma, desarrollo de la línea costera y perfil de profundidad); características químicas del agua y algunos otros efectos estacionales. Finalmente la estructura de la comunidad biológica soportada por el cuerpo de agua, especialmente las poblaciones de peces y comunidades de animales que viven de él. Además es necesario poder entender los patrones de comportamiento de las comunidades humanas que utilizan o aprovechan los recursos en cuestión.

Desde una perspectiva a largo plazo es necesario considerar los impactos y cambios fuera del cuerpo de agua, tales como los cambios en el uso del suelo, en los patrones climáticos o los cambios administrativos, las políticas de administración o las prioridades.

Existe la necesidad de producir modelos de trabajo sobre las consecuencias biológicas y ecológicas relacionadas con la introducción de especies para la repoblación en ecosistemas, con el fin de conocer el beneficio potencial, los riesgos y acciones sobre el manejo o administración en este sentido.

En donde las repoblaciones son planificados y tienen éxito, puede ocurrir que se tenga una ventaja considerable en cuanto a que tiene que ser una actividad de costo más efectiva. Esto es en general la primera herramienta de administración o una opción de administración en donde la potenciación de las actividades se considera como apropiada y en donde esto pudiera ser la mejor opción de los países con infraestructura limitada y con capacidades de granjas de cultivo limitadas.

A pesar de la incertidumbre, es posible determinar que el potencial de producción alcanzable a través de las actividades de repoblación es substancial. En donde estas técnicas son utilizadas en forma apropiada el éxito será cada vez más claro, siempre y cuando las regiones en donde los cuerpos y tipos de agua se encuentren en sus primeras etapas de repoblación. En aquellas áreas en donde la repoblación es vigorosamente practicado, no se conocen los puntos de referencia límites para incrementar la producción, o cuál es el incremento productivo que ya se ha alcanzado.

Los pequeños cuerpos de agua son numerosos y dispersos. Repoblarlos ayuda a abastecer directamente de peces a las comunidades locales para el beneficio de la seguridad alimentaria en una forma más localizada. Muchos de estos embalses se han secado, y en otros, el uso para el que fueron originados o contruidos originalmente se ha terminado. Si las líneas de administración en donde los embalses son disponibles, los individuos y comunidades que los controlan pueden llegar a utilizarlos en la producción, debido a que ejercen sobre los pequeños cuerpos de agua algo así como una forma de pertenencia, entonces se incrementa el potencial para una intervención eficiente y racional de explotación y aprovechamiento.

Las acciones de administración para los pequeños cuerpos de agua entonces serán aquellos que tienden a dominar con las introducciones y que en el largo plazo las actividades de repoblación serán necesarias para promover entre las comunidades locales, con un gran número de centros o granjas acuícolas satélites abasteciendo las demandas locales de semillas de peces, esto requerirá de un alto grado de extensión de servicios y entrenamiento entre las comunidades locales, con los grandes cuerpos de agua o en donde las pequeñas unidades están más concentradas y son más accesibles las actividades de repoblación y los servicios de apoyo de las granjas acuícolas estarán más centralizados, serán más intensivos y serán de mejor costo beneficio.

El asumir que los pequeños cuerpos de agua ofrecen un gran potencial sobre los grandes cuerpos de agua no es una situación permanente, mucho de esto dependerá de las circunstancias locales, sin embargo, en cualquier sitio, ya sea pequeño o gran cuerpo de agua, la introducción o repoblación serán consideradas como potencialmente significativas. Una apropiada inversión en ambas áreas podría ser justificada.

Sin embargo, la distinción entre lo teórico y lo realista del incremento potencial en producción puede alcanzarse a través de una aplicación o mejoramiento de la repoblación, en donde la repoblación deba hacerse en forma clara. Las estimaciones teóricas están basadas en el tamaño físico y naturaleza de los recursos disponibles y del potencial productivo primario. Asumiendo que la producción se debe maximizar a través de la repoblación eficiente y otras formas de manejo

y los recursos explotados deben de entrar en un proceso óptimo y que los impactos adversos de la degradación ambiental (incluyendo la contaminación) no deberán de aumentar. Las estimaciones realistas deberán considerar entonces que el potencial teórico a la luz de los problemas socio-económicos podrá variar considerablemente entre las regiones.

3. ANÁLISIS POBLACIONAL Y DE LAS SIEMBRAS

El análisis de los datos existentes demuestra las fuertes correlaciones existentes entre las densidades de siembra y la producción, y entre la producción y el área de la superficie del cuerpo de agua sembrado. Estas relaciones indican que la siembra es una práctica biológicamente viable para las especies que no tienen poblaciones fuertes capaces de reproducirse por si mismas o en donde la capacidad de carga del cuerpo de agua no se ha alcanzado. Los datos de apoyo muestran que las tasas de retorno bajo esas circunstancias pueden ser lo suficientemente elevadas para hacer la repoblación económicamente viable.

Los modelos generalizados de análisis estadístico varía en los requerimientos de datos y su exactitud y deberían ser vistos con cautela cuando se aplican al manejo de lugares individuales. Para que sean efectivos dichos modelos han derivado en experiencias empíricas sobre grupos comparativos de cuerpos de agua y estar dispuestos para su uso con una audiencia mayor (FAO, 1997).

En general existen tres tipos de modelos requeridos para la planeación estratégica de la repoblación, para predecir el potencial bajo condiciones naturales, bajo diferentes circunstancias de repoblación comparando los beneficios con aquellos de las pesquerías que no se han potenciado y finalmente con la predicción de las pérdidas de la producción potencial debido a la degradación ambiental general en donde la mitigación debe escalar en forma apropiada y financiada

El modelaje es usado en los programas de potenciación y repoblación de cuatro maneras distintas (FAO,1997).

- Para ganar el entendimiento del proceso de regulación de la producción potencial derivado de los cuerpos de agua;
- Para determinar las relaciones entre la producción de peces y los indicadores de insumos sembrados;
- Para proveer de información base para optimizar el proceso de éxito de los programas de siembra; y
- Para minimizar los posibles impactos adversos.

Las medidas básicas físicas, limnológicas y las características de las poblaciones son usadas para predecir el potencial productivo de los reservorios, lagos

y pequeños cuerpos de agua. Modelos similares están disponibles para su uso en ríos. Aunque los sistemas de grandes ríos han sido sembrados en un intento de incrementar la productividad y la conservación de las especies anádromas, los modelos en este caso están menos desarrollados.

4. TENDENCIAS MUNDIALES EN EL MANEJO DE LA REPOBLACIÓN DE CUERPOS DE AGUA CONTINENTALES

Se han identificado las tendencias, oportunidades y limitaciones del desarrollo de los esquemas de potenciación pesquera en aguas continentales, y a continuación se citan los más relevantes, mismos que se han identificado en casi todos los países en donde se realiza este tipo de actividades:

- En México el apoyo directo del gobierno, para la producción gratuita de semilla para su siembra se mantiene al mismo nivel con programas de producción de crías en los centros acuícolas dependientes de la SEMARNAP y se ha privilegiado de manera firme el apoyo a los programas de acuacultura rural y siembra de cuerpos de agua, alcanzando cifras cercanas a los 160 millones de crías/año.
- En México los usuarios de recursos juegan un papel activo en el manejo y a menudo en el financiamiento y apoyo a las repoblaciones; en ese sentido México se distingue por haber conseguido el permiso de las autoridades hacendarias para la venta de las crías de trucha y se espera que en el corto plazo se esté en posibilidades de ofrecer el resto de las especies cultivadas, para a su vez obtener ingresos que le permitan apoyar el proceso productivo en sus centros de cultivo en todo el país, haciéndolo más eficiente y mejorando su calidad.
- En cuanto al efecto neto de la disminución de apoyo por parte del gobierno e incremento de la participación de los sectores privado y comunitario en la repoblación es difícil de entender en este momento, v.gr. no está claro si la contribución de la repoblación al total de la producción va en aumento o en decremento; en este tema México no ha logrado consolidar un sistema de información que permita analizar los verdaderos impactos que se derivan de las acciones de siembra y repoblación de los cuerpos de agua continentales, la colecta de estadísticas respecto al número de crías sembradas y distribuidas en cada ciclo poco contribuye a esclarecer este tema.

5. NUEVAS OPORTUNIDADES PARA ALCANZAR UN VERDADERO POTENCIAL PRODUCTIVO Y PESQUERO DERIVADO DE LA REPOBLACIÓN EN AGUAS CONTINENTALES

La repoblación podrá conducir a un incremento substancial de la producción pesquera con beneficios adicionales, sin embargo cabe destacar que las repoblaciones realizadas por las comunidades conducirán a una regulación mas activa sobre el esfuerzo pesquero, y por lo tanto a una explotación de los recursos más eficiente.

En ese sentido se requiere de un mejor arreglo institucionales que brinde mayor participación de los usuarios de los recursos mejorando su capacidad organizacional, lo cual los llevará hacia beneficios sociales mas amplios. Para ello se observa que incrementando la transferencia y responsabilidad del manejo hacia los usuarios de los recursos se podrá mejorar la repoblación, en donde los derechos de uso acompañan la responsabilidad.

Muchas repoblaciones, como la transferencia o las pesquerías derivadas de la acuacultura ofrecen muy altas tasas de retorno de inversión, por ello las repoblaciones también pueden aportar beneficios ecológicos, en donde la presión pesquera sobre las poblaciones naturales es elevada. Las medidas de protección de los peces sembrados, por ejemplo, ayudarán a reducir la presión pesquera y las prácticas destructivas (Lorenzen et al 2000).

6. ALGUNAS POSIBLES LIMITACIONES DEL DESARROLLO PESQUERO EN AGUAS CONTINENTALES

En ese rubro de posibles limitaciones, merece especial atención, en donde la efectividad técnica de la repoblación varía grandemente de acuerdo a las condiciones locales y a la tecnología empleada. Con el fin de hacerla sustentable, la repoblación requiere de adecuaciones y arreglos institucionales para asegurar los beneficios citados, aquellos que cargan con el costo de la repoblación y la implementación de medidas asociadas que pueden requerir de asegurar su efectividad técnica. Actualmente los tipos de arreglos institucionales requeridos no están bien entendidos.

La repoblación pudiera exacerbar los conflictos en donde los usuarios de los recursos acuáticos son heterogéneos y la repoblación ejecutada por ciertos grupos pueda diferir del uso de los recursos acuáticos naturales de otros. Muchas iniciativas de repoblación por parte de los usuarios se limitan por la información inadecuada sobre las técnicas de repoblación, sus costos y beneficios; y algunas repoblaciones están asociadas con un significativo impacto negativo al medio

ambiente. En el caso de las introducciones, dichos impactos son generalmente irreversibles (Lorenzen et al 2000).

7. NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN DE LARGO PLAZO

Entre las prioridades de investigación en el tema de la repoblación se requiere de i) alcanzar un mejor entendimiento de la interacción entre los factores técnicos e institucionales en determinar los resultados de las repoblaciones, así como ii) el entendimiento de la dinámica biológica de la repoblación a nivel de las poblaciones y comunidad, iii) la producción de semilla y las estrategias de siembra para las pesquerías derivadas de la acuacultura en donde existen bajas sobrevivencias, iv) la evaluación de los impactos ambientales de la repoblación y v) finalmente se recomienda ligar una gran parte de esta investigación con los esfuerzos que se desarrollan actualmente.

8. LISTA DE ESPECIES DE CAPTURA Y PESCA COMERCIAL EN AGUAS CONTINENTALES

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>
<i>Algansea lacustris</i>	Acúmara
<i>Allophorus robustus</i>	Chegua
<i>Allotoca diazi</i> , <i>Skiffia lermæ</i>	Choromu
<i>Ambystoma dumerilli</i>	Achoque
<i>Ambystoma dumerilli</i>	Achoque
<i>Ambystoma mexicanum</i>	Ajolote
<i>Aplodinotus grunniens</i>	Besugo
<i>Aristichthys nobilis</i>	Carpa cabezona
<i>Astianax</i> sp	Pepesca
<i>Atractosteus spatula</i>	Catan
<i>Atractosteus tropicus</i>	Catan
<i>Bramocharax</i> sp	Pepesca
<i>Cambarellus montezumæ</i>	Acocil
<i>Cambarellus</i> sp	Acocil
<i>Carassius auratus</i>	Carpa dorada
<i>Carpoides carpio</i>	Potranca
<i>Centropomus</i> sp	Robalo
<i>Chirostoma arge</i>	Charal
<i>Chirostoma attenuatum</i>	Charal prieto/Kuerepo
<i>Chirostoma bartoni</i>	
<i>Chirostoma chapalæ</i>	Charal

Nombre científico	Nombre común
<i>Chirostoma consocium</i>	Charal
<i>Chirostoma estor</i>	Pez blanco
<i>Chirostoma estor copandaro</i>	Pez blanco
<i>Chirostoma grandocule</i>	Charal blanco
<i>Chirostoma jordani</i>	Charal
<i>Chirostoma labarcae</i>	Charal
<i>Chirostoma lucius</i>	Pez blanco
<i>Chirostoma patzcuaro</i>	Charal pinto
<i>Chirostoma promelas</i> (A)*	Pez blanco
<i>Chirostoma sphyraena</i>	Pez blanco
<i>Chirostoma</i> spp	Charal
<i>Cichlasoma cyanoguttatus</i>	Mojarra copetona
<i>Cichlasoma fenestratum</i>	Paleta / Mojarra nativa
<i>Cichlasoma gadovii</i>	Mojarra nativa
<i>Cichlasoma managuense</i>	Pinta
<i>Cichlasoma pearsei</i>	Zacarera
<i>Cichlasoma</i> sp.	Mojarra copetona
<i>Cichlasoma urophthalmus</i> (P)*	Castarrica
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Carpa herbívora
<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa Común /Matalote
<i>Daphnia magna</i>	Pulga de agua
<i>Daphnia pulex</i>	Pulga de agua
<i>Dorosoma cepedianum</i>	Cuchilla
<i>Dorosoma petense</i>	Topote
<i>Ephydra</i> spp	Mosco
<i>Esox lucius</i>	Lucio
<i>Esox masquinongy</i>	Lucio
<i>Goodea atripinnis</i>	Chagua
<i>Goodea luitpoldi</i>	Tiro
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Carpa plateada
<i>Ictalurus</i> sp.	Bagre
<i>Ictalurus catus</i>	Bagre blanco
<i>Ictalurus dugesi</i>	Bagre de duges
<i>Ictalurus furcatus</i>	Bagre azul
<i>Ictalurus melas</i>	Bagre cabeza de toro negro
<i>Ictalurus mexicanum</i>	Bagre

Nombre científico	Nombre común
<i>Ictalurus nebulosus</i>	Bagre cabeza de toro café
<i>Ictalurus ochoterenai</i>	Bagre
<i>Ictalurus pricei</i>	Bagre
<i>Ictalurus punctatus</i>	Bagre
<i>Ictalurus spp</i>	Bagre
<i>Lepisosteus oculatus</i>	Catan
<i>Lepisosteus osseus</i>	Catan
<i>Lepisosteus platostomus</i>	Catan
<i>Lepomis macrochirus</i>	Mojarra de agalla azul
<i>Lepomis microlophus</i>	Mojarra de pecho amarillo
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	Camarón prieto
<i>Macrobrachium americanum</i>	Langostino
<i>Macrobrachium carcinus</i>	Langostino
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	Camarón manudo
<i>Macrobrachium olfersii</i>	Langostino
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Langostino
<i>Macrobrachium sp</i>	Langostino
<i>Macrobrachium spp</i>	Langostino/Acamaya
<i>Macrobrachium tenellum</i>	Langostino
<i>Micropterus dolomieu</i>	Lobina de boca chica
<i>Micropterus punctulatus</i>	Lobina moteada
<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	Carpa negra
<i>Neophorus diazi</i>	Choromu
<i>Neotoca vilineata</i>	Chagua
<i>O. mossambicus</i>	Tilapia mozambica
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha
<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia
<i>Oreochromis sp</i>	Tilapia
<i>Oreochromis spp</i>	Tilapia
<i>Petenia splendida</i>	Tenhuayaca
<i>Photomarius nelsonii</i>	Bagre
<i>Pomacea patula</i>	Tegogolo
<i>Pomoxis annularis</i>	Robaleta
<i>Procambarus clarkii</i>	Acocil

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>
<i>Pyrolodictis olivaris</i>	Piltontle
<i>Rana catesbiana</i>	Rana toro
<i>Rana montezumae</i>	Rana verde
<i>Rana pipiens</i>	Rana leopardo
<i>Rana</i> sp	Rana
<i>Rhamdia guatemalensis</i> (A)*	Juil
<i>Tilapia</i> spp	Tilapia
<i>Tubifex</i> sp	Gusano de Fango
<i>Xenotoca variata</i>	Chagua

VII. DIAGNÓSTICO DE LAS PRINCIPALES ESPECIES CULTIVADAS EN MÉXICO

.....

Dr. Porfirio Álvarez Torres

Director General de Investigación en Acuacultura del Instituto Nacional de la Pesca

1. TIPOS DE CULTIVO

En México la acuacultura ha adquirido mayor importancia en los últimos años, arrojando beneficios sociales y económicos, los cuales a su vez se han traducido en una fuente de alimentación con un elevado valor nutricional. Sin embargo, el 80% de los cultivos que se llevan a cabo son de tipo extensivo de rendimiento bajo. La acuacultura dulceacuícola es la que más se ha desarrollado y se tienen algunos casos de cultivo de especies de aguas marinas y salobres.

A partir de la década de los treinta, los esfuerzos institucionales para el desarrollo de la acuacultura en México, se orientaron al impulso de la acuacultura rural y a la repoblación de los embalses, en particular de las grandes presas. Sin embargo, el resultado de estas actividades de repoblación en la actualidad no está plenamente identificado. Posteriormente, durante la década de los ochenta, las políticas gubernamentales se dirigieron a la acuacultura industrial y de alto rendimiento (Álvarez, 1999).

Los trabajos de acuacultura se han desarrollado en gran medida en aguas interiores, principalmente con peces desde el enfoque de piscicultura de siembra o repoblación. Cabe destacar que a pesar de que en los programas de desarrollo pesquero se han establecido programas concretos y avanzados para impulsar el desarrollo de la acuacultura, aún persiste en la mayor parte de los casos la carencia de un apoyo para alcanzar las metas de nuevos cultivos (SEMARNAP, 1995a).

En México destaca un mayor desarrollo del cultivo de las especies exóticas en comparación con las especies autóctonas. En forma radical el cultivo de crustáceos, particularmente de camarón, ocupa un lugar importante, debido a su importancia en términos del volumen económico que este recurso representa para la región del noroeste del Pacífico Mexicano, siendo el cultivo de camarón el que representa el nivel más tecnificado (Álvarez, 1995).

La tilapia, el ostión y la carpa representan un gran impacto social, ya que juntas significan 79 % de la producción total y se destinan prácticamente al consumo interno. El camarón, por su parte, ha tenido un crecimiento de 48.9 % promedio anual para el periodo 1988-1994.

La actividad acuícola ha tenido un avance en cuanto al área de moluscos, con resultados parcialmente buenos en el cultivo de mejillón, abulón y con buenas posibilidades para el ostión. Por otro lado, se ha iniciado un proceso de investigación con otras especies buscando su innovación tecnológica para lograr el desarrollo de biotecnias para su cultivo, tal es el caso de las almejas, callo de hacha, mano de león, concha nácar y madre perla (SEMARNAP, 1995a).

En cuanto a los grupos de peces más cultivados, con mayor éxito se tiene a las tilapias, de las cuales prácticamente han sido diseminadas en una amplia variedad de embalses y cuerpos de agua de las diferentes regiones del país, estableciéndose pesquerías importantes derivadas de esta actividad acuícola, y es una especie que representa más del 60% de cultivo en los centros acuícolas y productores del sector.

Otras especies como el charal y la lobina muestran una pobre producción acuícola. En el primero, se muestra una disminución de 9.1% promedio anual para el periodo comprendido entre 1989-1994, llegando a una drástica disminución de la producción que pasó de un máximo de 8,955 ton en 1990 a apenas 878 ton en 1998, de la misma forma en cuanto a la lobina, también se muestra una tendencia negativa de 1.2 % promedio anual para el mismo período y una producción que marcó un máximo de 1,819 ton en 1990 y una pobre producción de apenas 686 ton en 1998, mientras que para la trucha y el bagre cultivado se presentaron incrementos de 17.9 % y de 5.5 %, respectivamente.

La disminución de la producción de las especies mencionadas observada en los últimos cuatro años, se complica aún por la falta de financiamiento y de la incidencia de problemas sanitarios.

2. MODALIDADES DE CULTIVO EN MÉXICO

Desde sus inicios, la acuacultura ha trascendido por diferentes etapas de desarrollo y ha seguido tres vertientes principales, la acuacultura de fomento o la práctica de la actividad en pequeños cuerpos de agua y unidades de producción principalmente para el autoconsumo y destinadas al cultivo de diferentes especies de tilapia y carpa; las pesquerías acuaculturales derivadas de la siembra sistemática en embalses de medianas y grandes dimensiones principalmente de carpa, tilapia, bagre y lobina, así como en las derivadas del manejo de existencias silvestres de crías de peces, postlarvas de langostino, ajolotes y similares; y los sistemas controlados principalmente de trucha, bagre, camarón y ostión prac-

ticada con fines de comercialización y demandantes de grandes inversiones (Ramírez y Sánchez 1998a).

Sin duda los sistemas controlados tienen una mayor importancia desde el punto de vista económico, tanto por la inversión requerida para su instalación y operación como por los ingresos económicos que de esta práctica se derivan.

En 1995 el número de unidades de producción ascendió a 5,430 de las cuales operan 4,765, de éstas 3,264 unidades pertenecen a la modalidad de Acuacultura de Fomento (Rural), 828 a Sistemas Controlados y 673 a la modalidad de Pesquerías Acuaculturales, sobresaliendo por su número a nivel nacional los estados de Michoacán con 862, Aguascalientes con 686, Tabasco con 490 y Veracruz con 288 unidades, que en conjunto representan el 49% del total de unidades en el país.

El valor de la producción acuícola en 1995 fue superior a 900 millones de pesos, donde la producción de camarón (15,867 t) alcanzó 468.7 millones de pesos, y la de mojarra y ostión (106,500 t) alcanzaron 330 millones (SEMARNAP, 1996c).

Tanto la acuacultura de fomento como la de las pesquerías derivadas de la acuacultura tienen una orientación social, ya que contribuyen de manera más directa en la alimentación de la población del país, el aprovechamiento de cuerpos de agua construidos con otros fines y cuando se ha realizado de manera adecuada al aumento de la diversificación productiva y ambiental de los productores y el medio en que se desarrollan.

Los volúmenes de producción de las diferentes modalidades expresadas en la Figura 1 confirman la importancia de las pesquerías acuaculturales y la acuacultura de fomento frente a los sistemas controlados, no obstante que esta relación suele ser contraria en términos del valor de la producción, sobre todo si consideramos el alto valor comercial del camarón, el cual alcanza un precio en el mercado muy superior al de otras especies de escama como tilapia, carpa y bagre. Sin embargo, contrario al comportamiento de la producción global nacional, los volúmenes producidos por granjas comerciales durante 1998 han sido los más altos registrados históricamente.

La producción generada por las pesquerías derivadas de la acuacultura, misma que se obtiene a partir de la siembra de crías en las aguas continentales de México ha mantenido en los últimos cinco años una producción promedio de 120,000 t, así mismo la acuacultura de fomento presenta condiciones similares con un promedio de 28,000 t y un máximo de 29,559 t en 1997, en cuanto a los sistemas controlados el promedio ha sido de 24,000 t con un máximo registrado de 29,713 t en 1998 (Figura 1, Tabla 1). (DGA, 1999a).

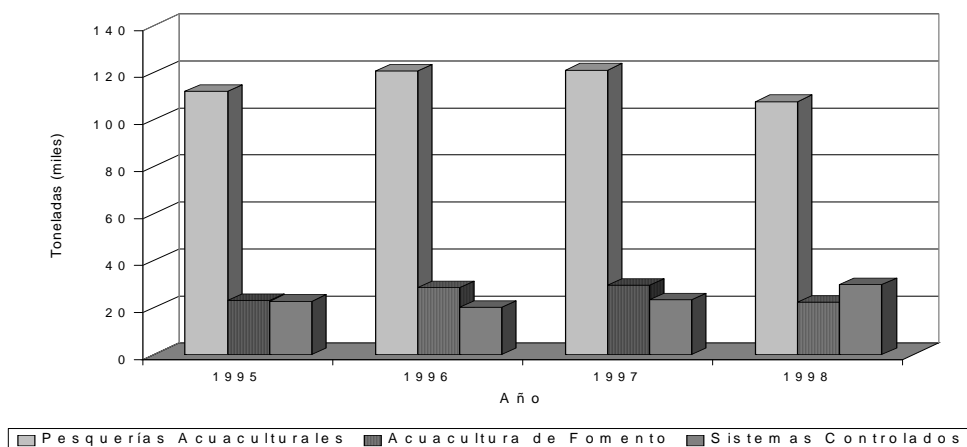


Figura 1. Registro de producción acuícola en las tres modalidades de cultivo. (Pesquerías Derivadas de la Acuicultura, Acuacultura de Fomento y Sistemas Controlados).

Tabla 1. Producción de Acuicultura por Modalidad de Cultivo 1995-1998 (toneladas).

ANO	PESQUERÍAS DERIVADAS DE LA ACUACULTURA	ACUACULTURA DE AUTOCONSUMO	SISTEMAS CONTROLADOS	TOTAL
1995	112,006	23,111	22,692	157,809
1996	120,633	28,509	20,069	169,211
1997	120,981	29,559	23,338	173,878
1998	107,675	22,392	29,713	159,780

Fuente: Dirección General de Acuicultura (DGA, 1999a).

Acorde con la caracterización de las modalidades de cultivo citadas, en 1995 la superficie ocupada estimada era del orden de un millón de hectáreas para las pesquerías derivadas de la acuicultura (embalses), 223 mil hectáreas para la acuicultura de fomento y apenas 15 mil hectáreas dedicadas a los sistemas de cultivo controlados (Figura 2).

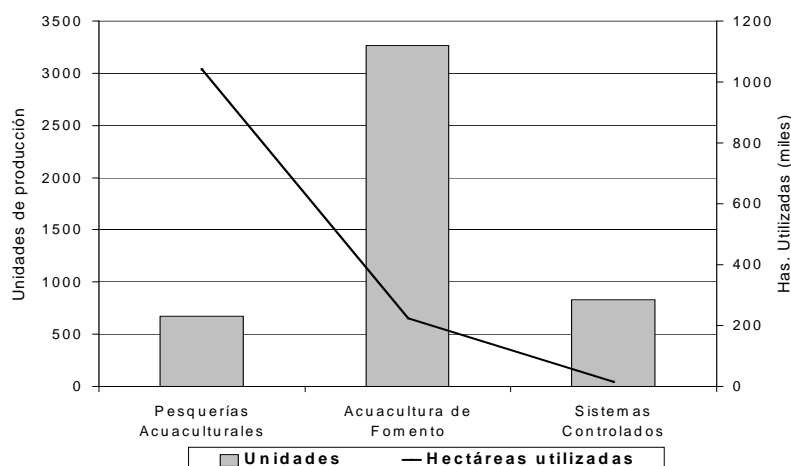


Figura 2. Número de Unidades de Producción y superficie utilizada en la producción en las tres modalidades de cultivo en el ámbito nacional.

La acuacultura rural se enmarca en el contexto de la acuacultura de fomento y es importante señalar que la producción de carne alcanzada durante 1998, a través de la Acuacultura Rural, rebasó las 8,000 t, lo que significó que cada vez más mexicanos que viven en las zonas marginadas consumieran alimentos de alto contenido proteínico y en ocasiones mejorando el ingreso familiar.

Finalmente, es notoria la falta de tecnologías para el cultivo de especies nativas, además de la evidente necesidad de fortalecer mecanismos de coordinación para los programas de cultivo y de administración de estos recursos, particularmente en aguas continentales y costeras. La marcada caída de la producción de charales en el periodo 1989-1998 es un síntoma de la carencia de estas biotecnias y de una administración apropiada de los recursos.

2.1. UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

El universo de especies involucradas en actividades de acuacultura y descrito en la Carta Nacional Pesquera (DOF,2000) es de alrededor de 60 especies (peces, moluscos y crustáceos), destacando por su importancia el número de unidades de cultivo total alcanzando 10,075 unidades de producción en el año 2000, en donde 8,227 unidades corresponden al rubro denominado acuacultura de autoconsumo, y 1,848 al de la acuacultura comercial (Figuras 3, 4, 5 y 6) (DOF,2000).

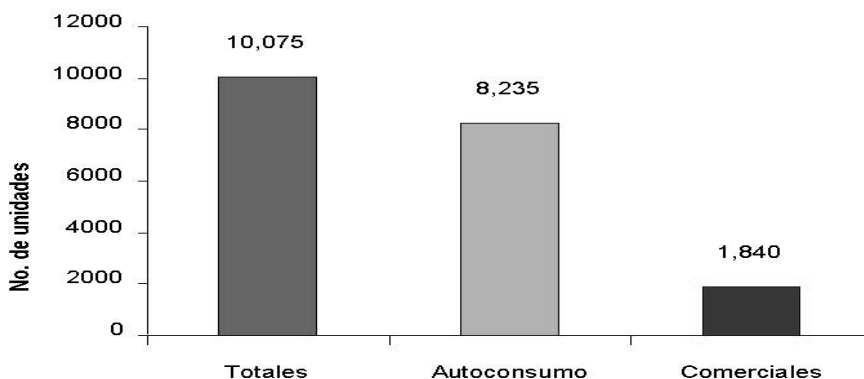


Figura 3. Unidades de producción acuícola (Carta Nacional Pesquera) (DOF, 2000).

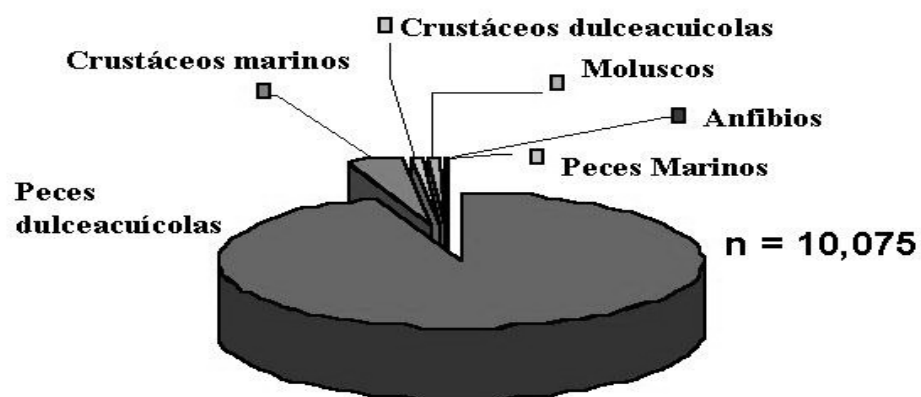


Figura 4. Distribución porcentual del total de unidades de producción destinadas al cultivo por categoría (DOF, 2000).

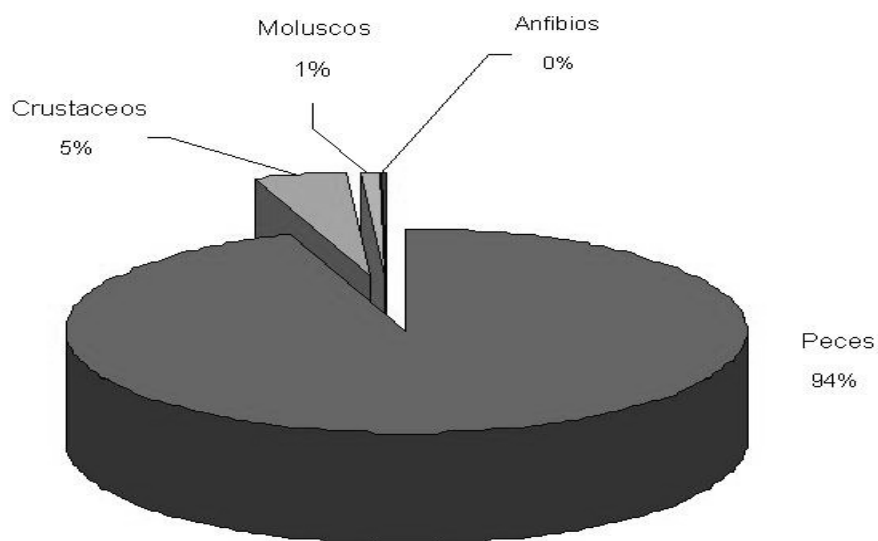


Figura 5. Distribución porcentual de los grupos de especies cultivados (DOF, 2000)

**DISTRIBUCION PORCENTUAL DE GRANJAS DEDICADAS
AL CULTIVO DE TRUCHA, TILAPIA, CARPA Y BAGRE**

n = 9,397

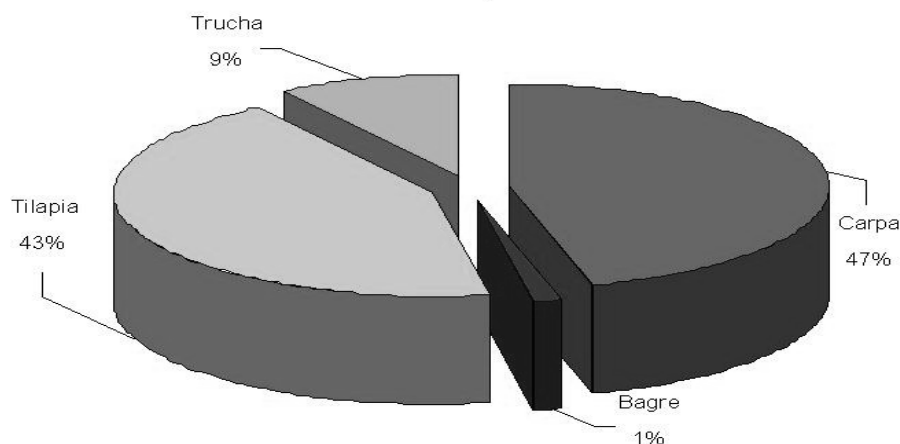


Figura 6. Unidades de producción destinadas al cultivo de peces (*Carta Nacional Pesquera*) (DOF, 2000).

El registro de las unidades de producción acuícola en operación indica un crecimiento superior al 50% durante el período 1995-2000, mientras que las operaciones bajo el rubro de Pesquerías derivadas de la acuicultura apenas manifestó un incremento del 14% pasando de 670 a 783 unidades en el mismo período. En lo que se refiere a las operaciones bajo el rubro de acuicultura de autoconsumo (formalmente conocida como de fomento) se incrementó en un 55% la cifra inicial de 1995 de 3,173 unidades alcanzando 6,905 en el año 2000. Asimismo, en el concepto de sistemas controlados de acuicultura el registro de Unidades pasó de 828 a 1,989 para este mismo período (Tabla 2).

Tabla 2. Tendencia del número de unidades de producción acuícola en operación para el período 1995-2000.

MODALIDAD	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ^{*1/}
Pesquerías derivadas de la acuicultura	670	708	734	753	762	783
Acuicultura de autoconsumo	3,173	4,197	5,026	6,705	6,837	6,985
Sistemas controlados	828	1,135	1,469	1,618	1,885	1,989
TOTAL	4,671	6,040	7,229	9,076	9,484	9,757

*1/: Cifras estimadas (Fuente: DGA, 2000).

Las Tablas 2a, 2b y 2c muestran la tendencia de crecimiento generalizado de las unidades de producción en operación por entidad, aunque existen casos en donde es evidente que no se han instalado actividades de cultivo en sistemas controlados la tendencia general es positiva para las tres modalidades de cultivo. Respecto a las pesquerías derivadas de la acuacultura prácticamente se mantienen en cifras constantes, sin embargo se observa que para el año 2000 se trabaja en 113 cuerpos de agua más que en 1995 (Tabla 2a).

**Tabla 2a. Unidades de producción en la modalidad
"Pesquerías derivadas de la acuacultura"**
Número de Unidades en Operación

ENTIDAD	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ^{1/}
AGUACALIENTES	17	16	14	14	14	14
B.C.	4	4	4	4	4	4
B.C.S.	1	0	0	0	0	0
CAMPECHE	12	20	20	20	1	1
CHIAPAS	7	5	5	8	8	8
CHIHUAHUA	4	5	5	5	5	5
COAHUILA	2	2	2	2	2	2
COLIMA	9	9	9	9	9	9
DURANGO	31	21	21	17	17	17
GUANAJUATO	29	28	28	27	15	15
GUERRERO	23	21	19	25	39	41
HIDALGO	23	16	16	24	27	30
JALISCO	130	123	129	130	131	132
EDO. DE MÉXICO				17	19	20
MICHOACÁN	33	39	40	40	40	40
MORELOS	9	13	46	14	13	14
NAYARIT	7	9	12	12	12	12
NUEVO LEÓN	22	23	24	24	24	24
OAXACA	4	4	4	4	4	4
PUEBLA	9	11	11	10	10	10
QUERÉTARO	14	6	6	6	14	14
QUINTANA ROO						
SAN LUIS POTOSÍ	11	11	11	11	11	11
SINALOA	21	29	27	29	30	30
SONORA	6	13	11	7	11	12
TABASCO	13	28	16	23	22	22
TAMAULIPAS	21	22	26	30	32	33
TLAXCALA	3	28	28	22	21	21
VERACRUZ	202	199	197	216	224	235
YUCATÁN						
ZACATECAS	3	3	3	3	3	3
TOTAL	670	708	734	753	762	783

Con base en las cifras reportadas por cada una de las Delegaciones de SEMARNAP y plasmadas en la Carta Nacional Pesquera, es necesario denotar la importancia de este tema, pues el número de cuerpos de agua atendidos y la superficie que estos representan constituyen uno de las vertientes de incremento potencial de la producción de alimento y productos pesqueros.

Parte de la importancia y atención que merecen las aguas continentales radica en el hecho de que muchas de las cuencas de agua mexicanas y diversos cuerpos de agua presentan ya un cierto grado de deterioro, asimismo, el deterioro de los recursos pesqueros en la mayor parte de ellos es bastante conspicuo, ejemplo de ello es la sustitución recurrente observada en embalses donde las especies exóticas superan la captura de especies nativas.

La Tabla 2b muestra la distribución de unidades de autoconsumo en operación en el periodo 1995-2000, en donde se observa que se duplicó el número de unidades con 3,249 unidades de producción en 1995 y de 6,985 en el año 2000. La participación de los gobiernos estatales en la promoción y fomento a las actividades de acuacultura rural ha contribuido de manera positiva a dicho incremento.

**Tabla 2b. Unidades de producción acuícola modalidad
“Acuacultura de autoconsumo”**
Número de Unidades en Operación

ENTIDAD	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ¹⁷
AGUACALIENTES	669	610	605	735	772	810
B.C.	17	16	22	21	20	20
B.C.S.			2	12	1	1
CAMPECHE	2	1	21	22	0	0
CHIAPAS		18	359	788	1,169	1,227
CHIHUAHUA	3	3	3	4	4	4
COAHUILA						
COLIMA	80	214	214	214	214	214
DURANGO	4	14	14	13	13	13
GUANAJUATO	50	226	226	384	106	106
GUERRERO	123	122	120	182	183	183
HIDALGO	59	35	33	38	36	40
JALISCO	77	93	337	461	461	461
EDO. DE MÉXICO				107	108	109
MICHOACÁN	747	629	629	629	620	629
MORELOS	69	63	86	105	116	120
NAYARIT	38	45	66	66	66	66
NUEVO LEÓN	33	2	6	1		
OAXACA	40	116	116	116	125	131
PUEBLA	12	14	20	43	43	43
QUERÉTARO	9	7	5	5		
QUINTANA ROO	5	1			28	28
SAN LUIS POTOSÍ	129	177	211	454	454	454
SINALOA						
SONORA	9	4		2	3	4
TABASCO	454	463	458	555	561	566
TAMAULIPAS	40	58	97	122	153	160
TLAXCALA	166	876	849	875	816	816
VERACRUZ	46	46	68	243	319	334
YUCATÁN	72	68	48	42	61	61
ZACATECAS	296	276	411	466	385	385
TOTAL	3,249	4,197	5,026	6,705	6,837	6,985

Respecto a los sistemas controlados, se observa una tendencia de crecimiento en casi todas las entidades, pasando de 828 unidades en el año 1995 a 1,989 unidades en el año 2000. El Estado de Michoacán contaba con 82 unidades en 1995 y en el año 2000 alcanzó las 677 unidades en operación, por su lado el Estado de México muestra una tendencia similar con un incremento de alrededor de 80% de incremento, estos sistemas son dedicados al cultivo de trucha principalmente.

**Tabla 2c. Unidades de producción acuícola modalidad
“Sistemas controlados”**

Número de Unidades en Operación

ENTIDAD	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ^{*/}
AGUACALIENTES						
B.C.	16	18	19	22	31	34
B.C.S.	32	7	4	3	14	14
CAMPECHE	14	18	20	33	16	16
CHIAPAS	4	7	8	5	5	5
CHIHUAHUA	49	48	62	62	75	75
COAHUILA		9	9	7	7	7
COLIMA	6	11	10	11	11	11
DURANGO	7	4	6	6	11	12
GUANAJUATO	11	15	16	14	11	11
GUERRERO	15	11	7	4	11	12
HIDALGO	15	16	24	26	28	30
JALISCO	24	28	31	35	54	55
EDO. DE MÉXICO	182	202	205	205	245	250
MICHOACÁN	82	300	550	677	677	677
MORELOS	19	17	14	55	65	134
NAYARIT	72	81	85	80	84	88
NUEVO LEÓN	4	4	4	4	4	4
OAXACA						
PUEBLA	30	50	57	55	68	71
QUERÉTARO	1	1	1	5	5	5
QUINTANA ROO		1	1	1	1	1
SAN LUIS POTOSÍ	3	2	2	11	12	13
SINALOA	116	162	118	119	193	193
SONORA	39	30	62	65	78	85
TABASCO	30	25	51	31	46	48
TAMAULIPAS	12	17	17	18	16	16
TLAXCALA						
VERACRUZ	41	49	49	61	114	119
YUCATÁN	4	2	5	3	3	3
ZACATECAS						
TOTAL	828	1,135	1,437	1,618	1,885	1,989

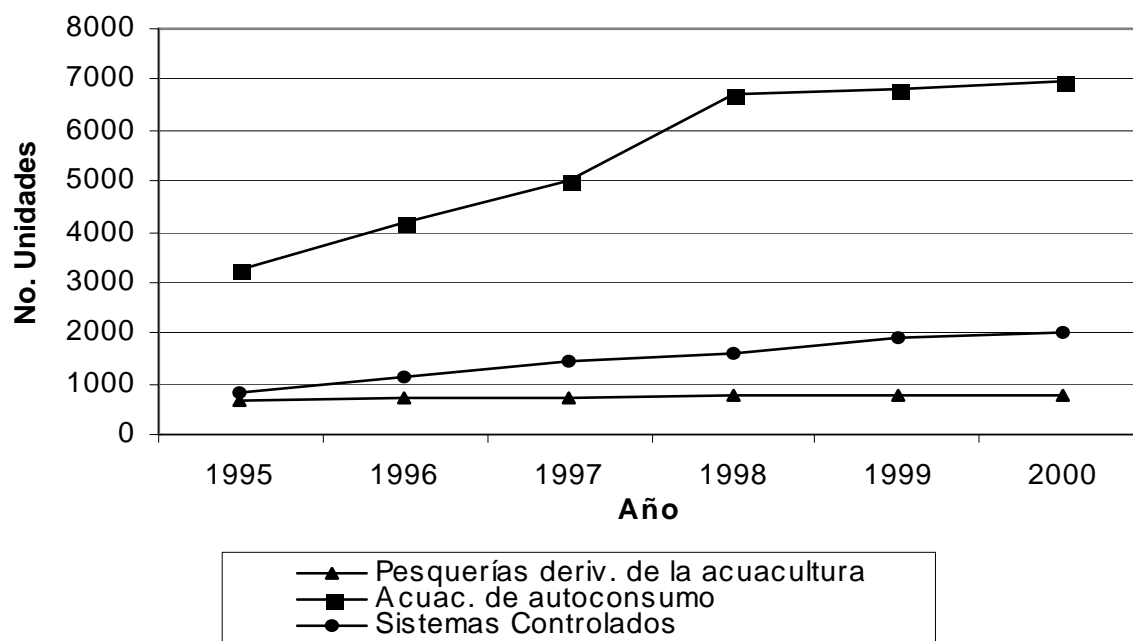


Figura 6a. Número de unidades de producción acuícola en las tres modalidades de cultivo.

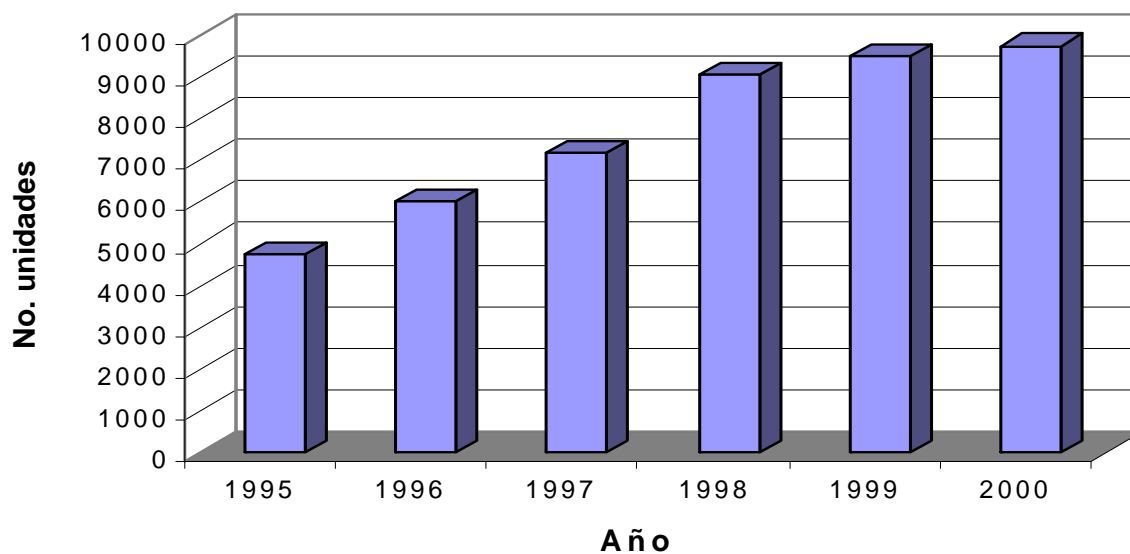


Figura 6b. Evolución del total de unidades de producción acuícola en el período 1995-2000.

2.2. CULTIVOS MARINOS

Se ha propiciado un impulso continuo a los cultivos marinos, con una vertiente de desarrollo principalmente hacia los sistemas productivos de moluscos y crustáceos, con cultivos y actividades intermedias de cultivos en el caso del ostión. Mientras que para el caso del camarón, persiste la necesidad de ordenar el desarrollo de esta actividad y adecuar el marco ambiental que permita por un lado el crecimiento adecuado y sostenible del cultivo de camarón y por el otro se requiere de fomentar la prestación de servicios de calidad para que el cultivo de camarón y de moluscos satisfaga las necesidades de este sector. Tanto en los cultivos de moluscos como de crustáceos es inminente contar con expertos en temas diversos y específicos como la sanidad acuícola, nutrición y genética entre otros.

En el contexto del desarrollo tecnológico hasta hoy logrado en el país, los cultivos marinos han iniciado diversas labores de instalación de jaulas flotantes en zonas protegidas de la influencia directa de la dinámica oceánica, para engordar atún aleta amarilla y jurel principalmente. El cultivo de Peces Marinos de alto valor comercial observa un desarrollo interesante ya que ha permitido que los empresarios y algunas instituciones de investigación realicen las primeras pruebas de cultivo en esta modalidad.

Aunque los ejercicios realizados son considerados como pruebas piloto y de investigación, su desarrollo ofrece un amplio potencial comercial, aspectos abordados en el Plan sectorial de Pesca y Acuacultura 1995-2000. Por lo que considerando dicho potencial se recomienda ampliar los recursos económicos para continuar las diferentes líneas de investigación y de desarrollo tecnológico y fortalecer la relación entre centros de investigación y sector privado para lograr de manera más rápida los avances tecnológicos que permitan incrementar su producción y productividad.

Entre las especies mas estudiadas en México se encuentran: la cabrilla, el robalo, el pargo y las corvinas, sin embargo el potencial de especies es amplio por las cualidades de las especies mexicanas y que tienen alto valor comercial, tal como el lenguado, guachinango, lisa y lebrancha.

Es de destacar que los esfuerzos en el cultivo de especies que se encontraban en peligro, como la totoaba en el Golfo de California ha logrado por vez primera la reproducción de totoaba y producción de crías en cautiverio, lo cual permitirá en el mediano plazo contribuir al restablecimiento de las poblaciones naturales de esa especie en el Golfo de California.

Asimismo, existen avances importantes en el cultivo de moluscos, en donde las especies de alto valor comercial como el abulón muestran avances significati-

vos en el dominio de las tecnologías de cultivo, por otro lado, el callo de hacha, ostras perleras, así como el ostión y el mejillón en particular presentan producciones importantes en los últimos dos años con cultivos en la zona noroeste de México.

2.3. PESQUERÍAS DERIVADAS DE LA ACUACULTURA EN AGUAS CONTINENTALES.

En cuanto a la repoblación de embalses prevalecen importantes rezagos:

- No se ha aplicado aún un plan nacional de aprovechamiento, en el que se delimiten zonas de explotación y se identifiquen las potencialidades de la producción acuícola y de demanda de crías, aspecto fundamental para reorientar los esquemas de producción en los Centros Acuícolas disponibles en el país. Además de la definición de esquemas generales de aprovechamiento por región, en los que se apliquen paquetes biotecnológicos que normen la composición relativa de las especies (policultivo) y las tasas de siembra, aspectos que hasta el momento no han sido establecidos.
- Sobre este aspecto, los impactos de las acciones de la repoblación no están suficientemente evaluados, y no se conoce, entre otros aspectos, la sobrevivencia, el crecimiento y los rendimientos reales obtenidos.

2.4. ACUACULTURA RURAL

Ha sido un instrumento fundamental para el mejoramiento nutricional y ocupacional de la población en zonas rurales, particularmente en las de mayor marginación, la acuicultura rural requiere de un ordenamiento que se incluya dentro del plan nacional de ordenamiento de la actividad acuícola, para la aplicación también, de esquemas de aprovechamiento por zonas, que faciliten el logro de mayores rendimientos productivos y de una mayor oferta de alimentos, bajo un marco de integración de la actividad acuícola con el resto de las labores agropecuarias que se desarrollan en las distintas regiones del país.

El propósito básico del programa deberá centrarse, como lo concibe el Programa Sectorial de Pesca y Acuicultura 1995-2000, a la solución de uno de los problemas más lacerantes de la pobreza extrema: la desnutrición.

Si bien de la aplicación del programa en México se han logrado avances considerables, será necesario fortalecer sistemáticamente la promoción, la asistencia técnica y la capacitación, así como la dotación de crías, para permitir la consolidación de las metas y la ampliación de la actividad a regiones con recursos natu-

rales adecuados y con severos grados de marginación. Se deberá buscar, asimismo, que los productores se constituyan a mediano plazo en autogestores de su propio desarrollo.

2.5. PRODUCCIÓN DE CRÍAS, SEMILLAS, Y LARVAS

2.5.1. LA PRODUCCIÓN EN LOS CENTROS ACUÍCOLAS DE SEMARNAP DURANTE EL PERIODO 1995-2000

Durante la presente administración la SEMARNAP mantuvo en operación las instalaciones de los centros acuícolas con una erogación total de 24.3 millones de pesos para el mantenimiento de la infraestructura, y 26.9 millones de pesos en gasto corriente; así mismo, se produjeron en total para el período 1995-2000 820.1 millones de crías destinadas a los diversos programas en las modalidades de acuacultura de autoconsumo y a la repoblación de cuerpos de agua continentales (Tabla 3).

La producción acuícola en México está soportada en su mayor parte por la producción que generan los Centros Acuícolas del sector oficial, principalmente, y el privado.

Derivado de los datos de producción de los Centros Acuícolas de la SEMARNAP, se tienen identificados los siguientes requerimientos:

- Con base en los resultados del programa de evaluación de las acciones de repoblación, se deberán estandarizar las tallas mínimas de siembra por especie, estableciendo la talla que permita la mayor productividad en los Centros y las mayores expectativas de sobrevivencia en los sistemas de cultivo.
- Se requieren redefinir y estandarizar los criterios para la determinación de la capacidad instalada (por Centro y por especie).
- Procurar la continuidad en el manejo, por parte de la SEMARNAP, de los Centros Acuícolas de mayor productividad y capacidad productiva, particularmente de aquellos que producen crías para los programas de repoblamiento de embalses, de indudable beneficio social (tilapia, carpa, y especies nativas como el charal, el pez blanco y la acúmara).

Tabla 3. Producción de crías de peces en Centros Acuícolas de SEMARNAP y Presupuesto Asignado en el Período 1995-2000.

Entidad	Centro Acuícola	Presupuesto asignado (pesos)		Producción de crías	%
		Mantenimiento	Gasto corriente		
Aguascalientes	Pabellón de Hgo.	271,835	762,049	30,118,271	3.7
Coahuila	La Rosa	1,009,945	1,373,818	71,872,272	8.8
Colima	Jala	450,000	384,454	13,184,236	3.2
	El Saucito	401,409	366,874	7,046,230	
	Potrero Grande	312,030	428,693	5,519,070	
Chiapas	Benito Juárez	830,000	727,842	15,333,100	3.7
	San Cristóbal	878,000	532,822	5,214,513	
	El Pataste	800,000	412,517	9,776,000	
	Tonalá	0	315,000	0	
Chihuahua	La Boquilla	715,277	726,500	7,466,632	1.5
	Madera	550,000	132,900	0	
	Guachochi	975,771	684,830	4,982,140	
Durango	Valle d Guadiana	677,419	1,396,168	41,912,865	5.1
Mexico	El Zarco	698,240	1,718,202	24,455,834	3.0
Guanajuato	Jaral de Berrio	1,379,904	607,087	16,435,500	2.0
Guerrero	Aguas Blancas	292,368	401,116	10,366,200	3.2
	Carrizal Lagartero	687,497	536,267	15,759,800	
Hidalgo	Tezontepec de Aldama	428,996	1,247,618	94,569,851	11.5
Jalisco	Tizapán El Alto	1,301,864	844,535	13,140,060	2.4
	Las Pintas	0	151,484	6,259,743	
Michoacan	Pátzcuaro	0	157,509	1,131,280	2.9
	Pucuat	109,969	455,464	2,768,940	
	Zacapu	758,458	885,529	20,372,437	
Morelos	El Rodeo	382,336	627,192	23,464,675	4.6
	Zacatepec	410,000	756,209	14,192,818	
Nayarit	San Cayetano	500,000	500,049	20,297,359	2.5
Nuevo León	Posta Acuícola	0	533,000	95,000	0.0
Oaxaca	Temascal	909,490	742,673	29,793,795	3.6
Puebla	Apulco	290,781	815,627	3,211,375	0.4
Querétaro	Calamanda	0	136,732	4,688,280	0.6
San Luis Potosí	El Peaje	800,000	585,447	19,657,150	2.4
Sinaloa	Chametla	436,350	1,056,152	85,853,984	22.5
	El Varejonal	438,000	1,009,078	98,239,700	
Sonora	Cajeme	0	403,812	3,804,987	0.5
Tabasco	Puerto Ceiba	631,508	724,050	13,825,107	1.7
Tamaulipas	El Morillo	0	235,143	1,148,763	1.1
	Tanco	400,000	643,289	8,585,347	
Veracruz	Los Amates	612,262	311,368	10,400,967	7.5
	Matzinga	450,000	268,309	2,728,840	
	Sontecomapan	1,026,728	833,521	37,882,900	
	Tebanca	150,000	327,929	2,496,145	
	La Tortuga	674,998	369,590	8,564,185	
	Tuxpan	0	371,913	0	
Zacatecas	Julián Adame	250,000	496,687	13,505,000	1.6
TOTAL	44	24,300,000	26,900,000	801,000,000	

- Revisar y redireccionar en su caso el patrón de especies a producir por Centro, bajo una estrategia global que atienda las condiciones ambientales y de calidad y de cantidad de agua, que sean más propicias para la propagación de las especies, así como la demanda regional (actual y potencial) de las mismas, con base a una Carta Nacional de Ordenamiento de la Actividad Acuícola.
- Con base a lo anterior, aplicar las medidas necesarias para que cada uno de los Centros opere bajo un estándar común de eficiencia por especie, y logre abarcar el 100% de su capacidad instalada. Esto implicará transferir las tecnologías de los Centros más eficientes a los restantes.
- De lo anterior, establecer la oferta potencial de crías por especie a nivel nacional.
- Identificando la demanda potencial de crías por especie a nivel nacional, promover e instrumentar las medidas necesarias tendientes a abarcarla, a través de la ampliación de la capacidad instalada, del incremento en la oferta de alevines con el manejo de postas de crianza y de, en su caso, la creación de nuevos Centros de producción.

En suma, la estandarización se perfila como la palabra y estrategia clave, inmediata, para incrementar, con los recursos e infraestructura disponibles, la oferta actual de alevines y crías para los programas de cultivo en sus distintos niveles.

Cabe mencionar que la labor de las Redes de Investigación en Acuicultura, de aguas continentales y marinas, han permitido identificar no sólo las líneas de investigación que demanda el sector productivo, sino que se han constituido en importantes foros que han permitido identificar también la situación que guarda el sector acuícola nacional, lo que está facilitando la instrumentación de acciones que están complementando y enriqueciendo las estrategias y acciones contempladas en el Programa Sectorial de Pesca y Acuicultura 1995-2000, para el logro de los objetivos y metas fijados para la presente administración.

2.6. INTEGRACIÓN DE LAS ACUACULTURA A OTRAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

Existe integración a muy baja escala, la cual se ve reflejada en los sistemas multiespecíficos y multitróficos, mejor conocidos como granjas integrales, de las cuales actualmente se cuenta con empresas exitosas en el norte del país (Chihuahua) y en el sur (Oaxaca) las cuales operan particularmente con Trucha.

Las unidades de producción están ligadas a diversos tipos de organización social para la producción, conocidas como grupos cooperativados, asociaciones de comuneros, sociedad civil, sociedad anónima, grupos familiares y empresas privadas. En la figura 7 se muestra el resultado del análisis en 136 granjas que cultivan las tres principales especies en México, 86 de trucha, 33 de tilapia y 17 de carpa. Dicho análisis refleja que el esquema de producción de trucha está asociado al sistema familiar en un 56 % y el sistema de grupos de cooperativas se asocia al cultivo y producción de carpa, mientras que las granjas de cultivo de tilapia se distinguen por tener un esquema de sociedad anónima en un 30% (privado) y muestra una tendencia equitativa en cuanto a la participación mediante el sistema de cooperativas y de producción ejidal (Figura 7) (INP, 1999) .

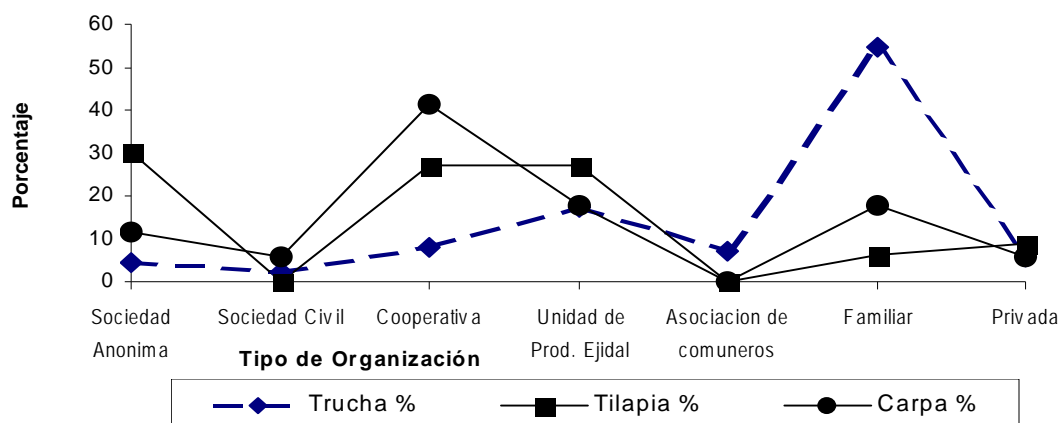


Figura 7. Esquema de organización productiva asociado al cultivo de trucha, tilapia y carpa.

Las granjas de cultivo de camarón también representan un sistema de cultivo que se ha arraigado entre la población campesina y del sector pesquero en varias entidades del país, dicha actividad ha impulsado la creación de diversas formas de asociación en donde se incluye en esquema de parques acuícolas, que obtienen beneficios colectivos para el total de la superficie de cultivo que un grupo tiene en específico, es decir, existen encargados para administrar los aspectos técnicos, de abasto de semillas e insumos, como los relativos a la comercialización, y administración de las empresas productivas. En ese sentido las granjas de camarón se caracterizan por pertenecer particularmente al tipo cooperativo, y ejidal, seguido de la asociación de comuneros y una amplia diversidad de empresas privadas (INP, 1999).

De la misma manera, las granjas de camarón se encuentran asociadas a áreas aledañas a los sistemas de producción agrícola, ganadero y acuícola en cada entidad. Dicha relación se observa particularmente en los cinco estados (Sonora, Sinaloa, Nayarit, Chiapas y Tamaulipas) en donde se realiza la mayor

parte de esa actividad. Como resultado de un análisis sobre 110 unidades de producción de camarón, se observó que las granjas ubicadas en el Estado de Chiapas están asociadas únicamente a tierras dedicadas a la ganadería, mientras que en el Estado de Sinaloa y Nayarit las granjas se asocian fuertemente a zonas agrícolas, y en forma mas homogénea en Sonora en las zonas de uso agrícola, acuícola y ganadero, siendo que en general la mayor parte de las unidades de producción se ubican dentro de las inmensas zonas de marismas en la costa de dichas entidades (Figura 8) (INP, 1999).

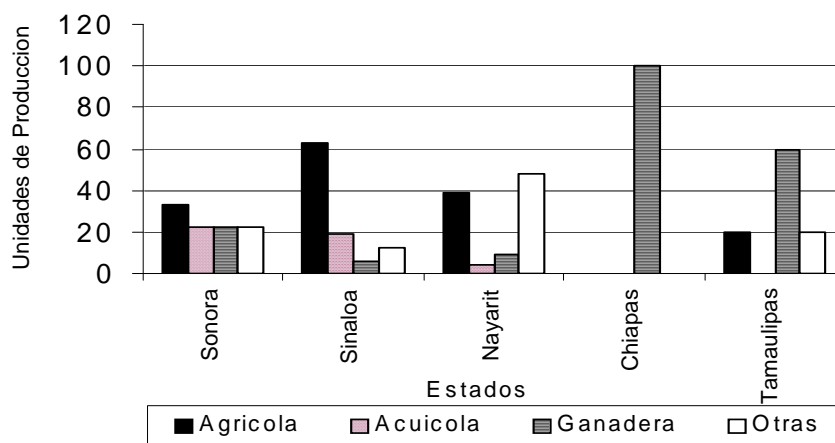


Figura 8. Nivel de asociación de las granjas de cultivo de camarón en la zona costera de cinco estados (Sonora, Sinaloa, Nayarit, Chiapas y Tamaulipas) respecto a tierras agrícolas, ganaderas y de uso acuícola.

2.7. TENDENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y CAMBIOS EN EL TIPO DE TECNOLOGÍA.

Esta actividad debe de tener una tendencia creciente, ya que representa una muy buena fuente de ingreso de proteína de alta calidad y en ocasiones, bajo un excelente sistema de manejo, permite ampliar los ingresos económicos familiares. Por esto se deben de propiciar las actividades de fomento.

La orientación que se le dé a la acuacultura rural en pequeña escala en el próximo milenio debería dar respuesta a los factores económicos, ambientales y sociales asociados a los grupos objeto. Esto supone definir que tipo de sistema de cultivo y especies son las más adecuadas, integrar efectivamente las practicas agrícolas y acuícolas en la producción de la granja y mantener una colaboración interdisciplinaria.

Según el inventario de unidades de producción acuícola reportado en la Carta Nacional Pesquera (DOF,2000) existen 10,075 para las 60 especies de orga-

nismos acuáticos cultivados en el país, destacando en número las dedicadas al cultivo de peces dulceacuícolas y de crustáceos marinos (Figura 8a).

Derivado de la información contenida en la Carta Nacional Pesquera sobre las unidades de producción de las cuatro principales especies de peces dulceacuícolas cultivadas la carpa y tilapia cuentan con el 47 y 43 % respectivamente, las de trucha agrupan al 9 % y el bagre el 1%. (Figura 9) (DOF, 2000).

En un análisis realizado sobre unidades de producción en 19 entidades del país se muestra la existencia de 1850 unidades de producción controlada en donde se observa una clara separación en dos sistemas de cultivo, de tipo intensivo en un 28% y el semi-intensivo con 72% (Figura 10).

El cultivo de trucha registra un total de 880 unidades de producción distribuidas en 11 entidades del país, concentrando el mayor número de unidades en tres entidades: Michoacán (320), Estado de México (200) y Chihuahua (200). De las 880 unidades de producción en 8 entidades se muestra un equilibrio del 50% en el sis-

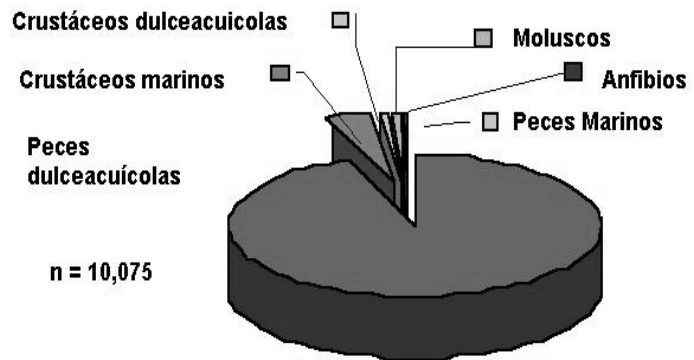


Figura 8a. Distribución porcentual del número de unidades de producción acuícola de crustáceos, moluscos, peces marinos, peces dulceacuícolas y anfibios en el territorio nacional (DOF, 2000)

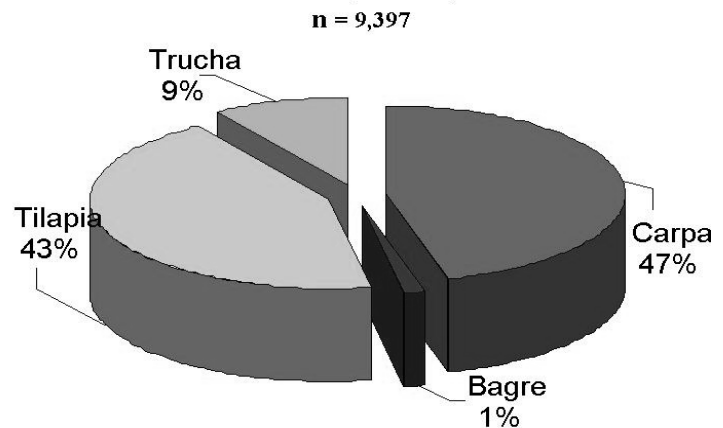


Figura 9. Distribución de las granjas dedicadas al cultivo de carpa, tilapia, trucha y bagre (DOF, 2000)

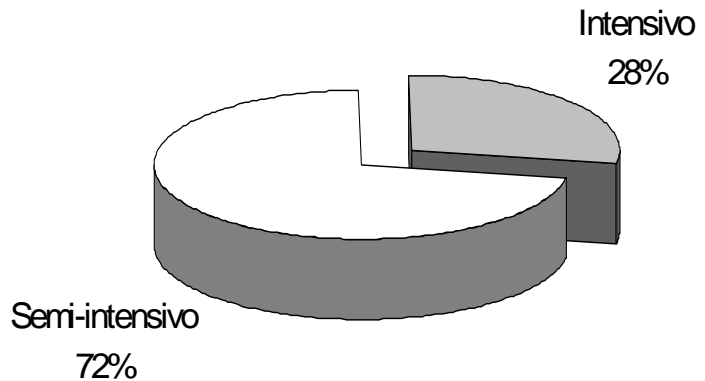


Figura 10. Comparación de los sistemas de cultivo utilizados en las unidades de producción de trucha, tilapia y carpa (INP, 2000)

tema intensivo y semi-intensivo para el estado de Chihuahua, mientras que para el estado de México se registran únicamente unidades de tipo intensivo y en Michoacán un alto porcentaje de unidades de tipo semi-intensivo (Figura 11) (INP, 1999).

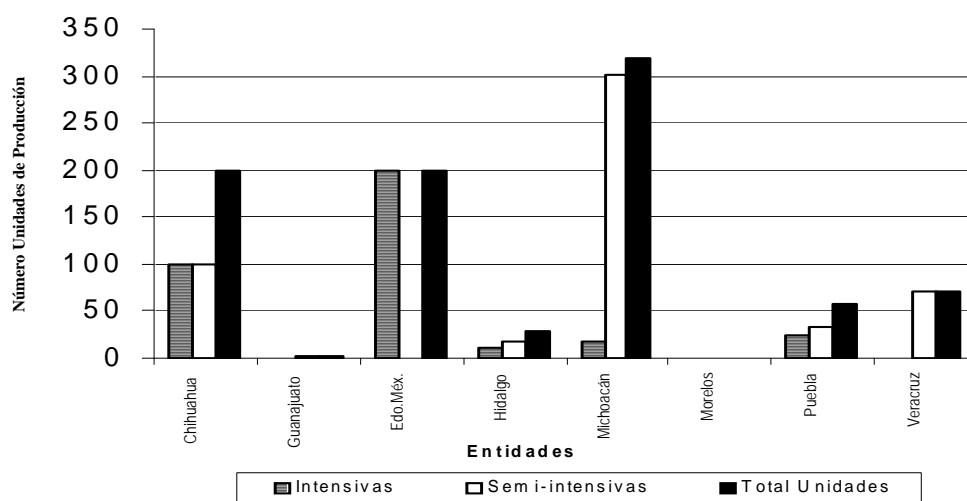


Figura 11. Comparación del sistema de producción intensivo y semi-intensivo de trucha. (Registro en 8 entidades sobre 880 unidades de producción).

VIII. SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

*M. en C. Luz Ma. Torres Rodríguez, Biól. Gerardo García Ureña
Dirección General de Investigación en Acuicultura del Investigación en Acuicultura
del Instituto Nacional de la Pesca*

1. ANTECEDENTES

Es evidente que aún cuando la actividad acuícola ha tenido un gran desarrollo, éste ha sido lento y poco eficiente, debido principalmente a dificultades inherentes tales como: de orden técnico, ambiental, legal y financiero, sin contar con la dependencia que tiene esta actividad en insumos externos para su producción y al mínimo apoyo dado a la promoción de la organización social eficiente, de forma permanente en el medio rural.

Son varias las dificultades inherentes a la acuicultura, pero no ha sido posible tener una idea integral y objetiva de esta problemática, debido al desconocimiento del estado que guardan las diferentes unidades de producción acuícola. Por otra parte, mucho se ha mencionado el gran potencial que tiene nuestro país para el desarrollo de la acuicultura, sin que se tenga un análisis confiable de las zonas y los recursos susceptibles de ser utilizados para la actividad. De este modo podemos decir que la acuicultura en México no se desarrolla de acuerdo a su potencial.

Lo anterior, nos lleva a la premisa de que la información es un requisito indispensable para el acierto en la toma de decisiones y, por lo tanto, para el éxito en el diseño y aplicación de políticas, lo cual no se ha cumplido del todo en el campo referido a la actividad acuícola.

En diferentes oportunidades se han hecho intentos por evaluar la actividad acuícola, utilizando para ello determinados indicadores. Sin embargo, la mayor parte de estos esfuerzos han resultado discontinuos.

Actualmente se registra una revalorización de la necesidad de disponer de información orientada a la evaluación de los resultados de esta actividad en diferentes instancias del sector pesquero y acuícola.

Para lo anterior, es necesario contar con mecanismos tecnológicos e institucionales que permitan la recabación, actualización y disponibilidad de la información resultado de la actividad del sector. A su vez, la información debe de ser actual, confiable y accesible para cualquiera de los actuarios involucrados (autoridades, productores, pescadores y académicos). Además, ésta deberá ser el indicador sintomático de la actividad, siendo la herramienta y/o evidencia para la toma de decisiones y medidas, ya sean preventivas o correctivas para permitir un desarrollo constante y eficiente de la actividad.

Por tal motivo, desde el mes de febrero de 1998, se empiezan a desarrollar en la Dirección General de Investigación en Acuacultura, las diferentes partes y etapas del proyecto “Estado de Salud de la Acuacultura”, mismo que es elaborado a partir de una recopilación de datos y captura de información de Unidades de Producción Acuícola.

Esta investigación pretende cubrir los siguientes objetivos.

- Hacer una caracterización del sector productivo acuícola por especie, evaluando sus objetivos y los mecanismos que regulan la actividad.
- Analizar el marco institucional que regula el sector y que facilita la relación entre la producción, los aspectos económicos y la investigación.
- Hacer una identificación de las necesidades u problemática del sector productivo por especie.
- Identificar la participación de la investigación en el desarrollo de la acuacultura e identificar las líneas prioritarias de investigación necesarias para fortalecer su desarrollo.
- Establecer un sistema de información con medios automatizados para el monitoreo permanente de las necesidades de conocimiento científico y tecnológico de la acuacultura.

2. METODOLOGÍA

La metodología que actualmente se utiliza para esta evaluación se apoya en una serie de indicadores confiables y comparables, que permiten determinar tendencias. Tales indicadores fueron resultado del Taller de Planificación de Proyectos Orientado a Objetivos, en el cual participaron productores y técnicos de diferentes sectores de gobierno relacionados con la actividad acuícola. Los indicadores de caracterización de las UPA'S se agruparon en:

- Datos generales
- Ubicación de la unidad productora
- Características de cultivo y especie
- Insumos
- Enfermedades
- Productos y comercialización
- Medio ambiente
- Organización para la producción.

Los participantes involucrados en este proyecto son: Investigadores del INP; Delegaciones Federales de la SEMARNAP; Centros Regionales de Investigación Pesquera (CRIP'S); asesores y especialistas del sector, así como técnicos en informática.

Como instrumentos de investigación, se elaboraron cédulas de recabación de información: una para las Delegaciones Federales de la SEMARNAP de los estados y otra para las unidades de producción acuícola (UPA'S). Estas últimas se diseñaron para cada grupo de organismos (peces, crustáceos y moluscos), debido a las diferencias que existen entre los métodos de cultivo de las especies tomadas en cuenta.

La información obtenida por las células de recabación, se capturaron en una Base de Datos Automatizada (programa ACCESS), la cual se actualiza permanentemente y automáticamente. La Dirección General de Investigación en Acuicultura ha diseñado y elaborado dicha base de datos y se encuentra estructurada de tal forma que los interesados en el tema puedan realizar consultas de información contenida en la base de datos. Dicha información se considera de utilidad para la toma de decisiones.

Los productos que se han obtenido de este proyecto son:

- Indicadores confiables por especie acuícola cultivada
- Sistemas de seguimiento y evaluación de acciones del sector
- Información más precisa del sector.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA (UPA's)

El sistema de Unidades de Producción Acuícola, se basa en la información proveniente de las CEDULAS DE INFORMACIÓN SOBRE UNIDADES DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA (UPA), dicha información se recabo de los registros existentes en las Delegaciones Federales de la Semarnap o bien, a través de visitas de campo a las unidades de producción.

La base de datos se creó en el programa ACCES97 y la mayor de las ventajas que ofrece el sistema es su fácil manejo, además de la obtención de resultados e informes de manera gráfica los cuales se actualizan de manera automática conforme se incorporen nuevos datos. Aunado a la sencillez que posee el sistema, la Dirección General de Investigación en Acuicultura elaboró un manual práctico y de forma muy gráfica que permite hasta al usuario más inexperto del programa ACCES crear sus propias consultas e informes de manera gráfica y con una excelente calidad de presentación.

Al inicio del sistema el programa muestra en pantalla el formulario que lleva el nombre de Menú Principal de Captura, que cuenta con las siguientes opciones que conducen a sus respectivos formularios (Figura 1).

- ◆ Unidades de Producción Acuícola UPA'S.
- ◆ Especies que se Cultivan.
- ◆ Fase de Cultivo.
- ◆ Tipo de cultivo.
- ◆ Insumos.
- ◆ Enfermedades.
- ◆ Comercialización.
- ◆ Medio Ambiente.
- ◆ Organización.
- ◆ Menú principal de consultas.

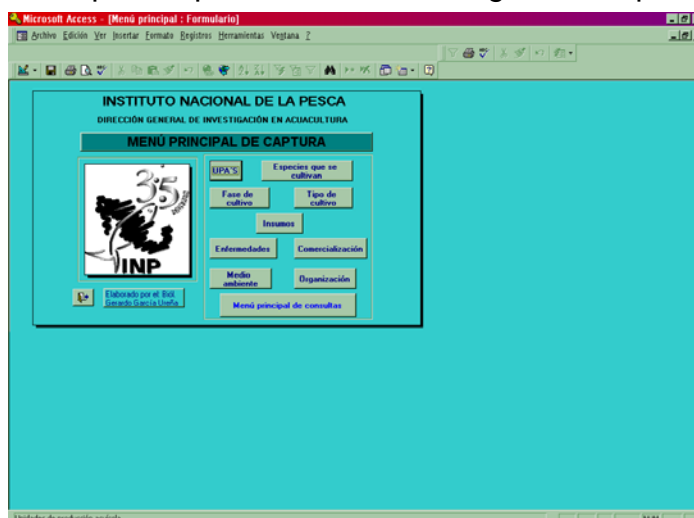


Figura 1 Menú principal de captura.

Para desarrollar todos los formularios se crearon 19 tablas las cuales en su conjunto contienen más de 200 campos que almacenan la información recabada, asimismo se relacionaron todas y cada una de las tablas con el objetivo principal de obtener casi cualquier resultado Figura 2.

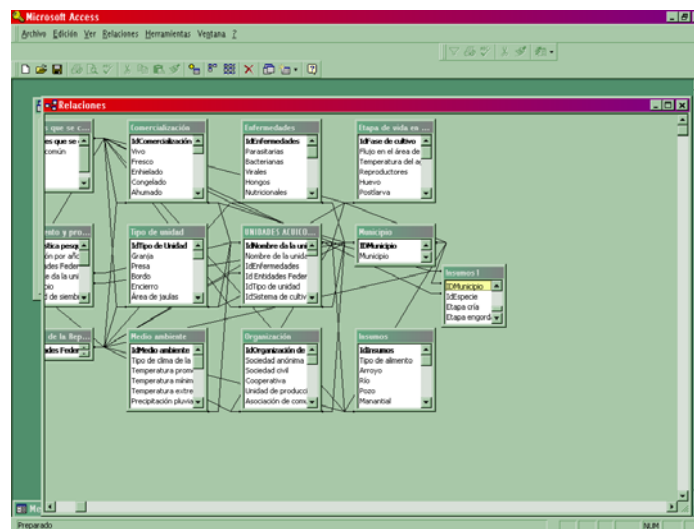


Figura 2. Relación de tablas

Dichas relaciones permiten crear un gran número de consultas a parte de las que el sistema posee (Figura 3) las cuales se pueden ob-

servar mediante la activación de la opción (Menú principal de consultas) que se encuentra en la pantalla principal.

El Menú principal de consultas contiene las siguientes opciones:

- ◆ Enfermedades.
- ◆ Producción y Rendimiento.
- ◆ Ciclo de vida.
- ◆ N° de UPA'S.
- ◆ Inicio de Operaciones.
- ◆ N° de Trabajadores.
- ◆ Servicios e Infraestructura.

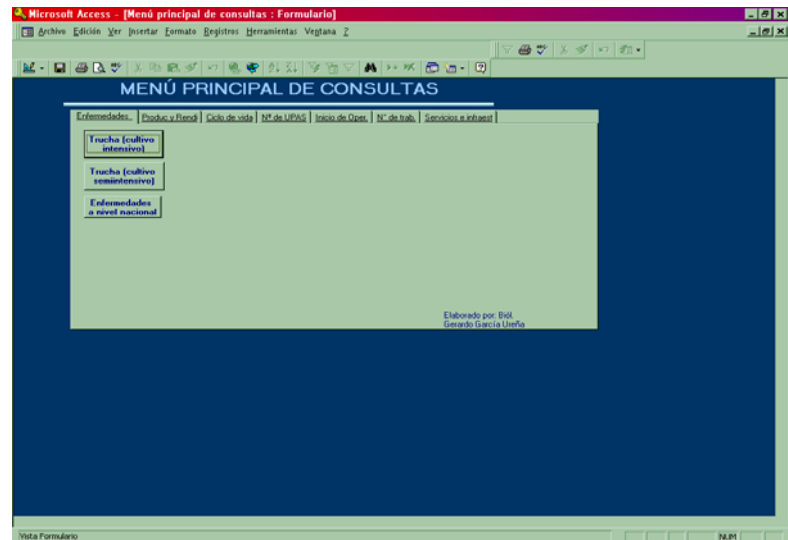


Figura. 3 Menú principal de consultas

Estas opciones muestran de manera gráfica (Figura 4) el 47.5% de las consultas que conforman el sistema.

El restante 52.5% de las consultas elaboradas se muestran en forma de hojas de cálculo y se localizan en el fichero que lleva el nombre de consultas el cual se puede observar en la pantalla principal de la base de datos (fig. 5).

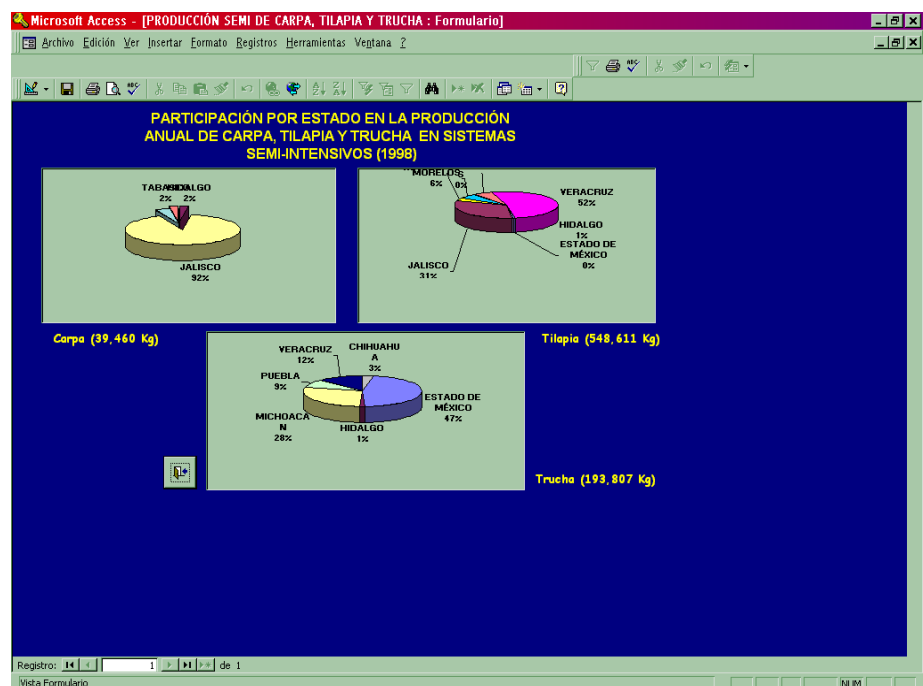


Figura 4. Gráficos obtenidos a partir de las consultas

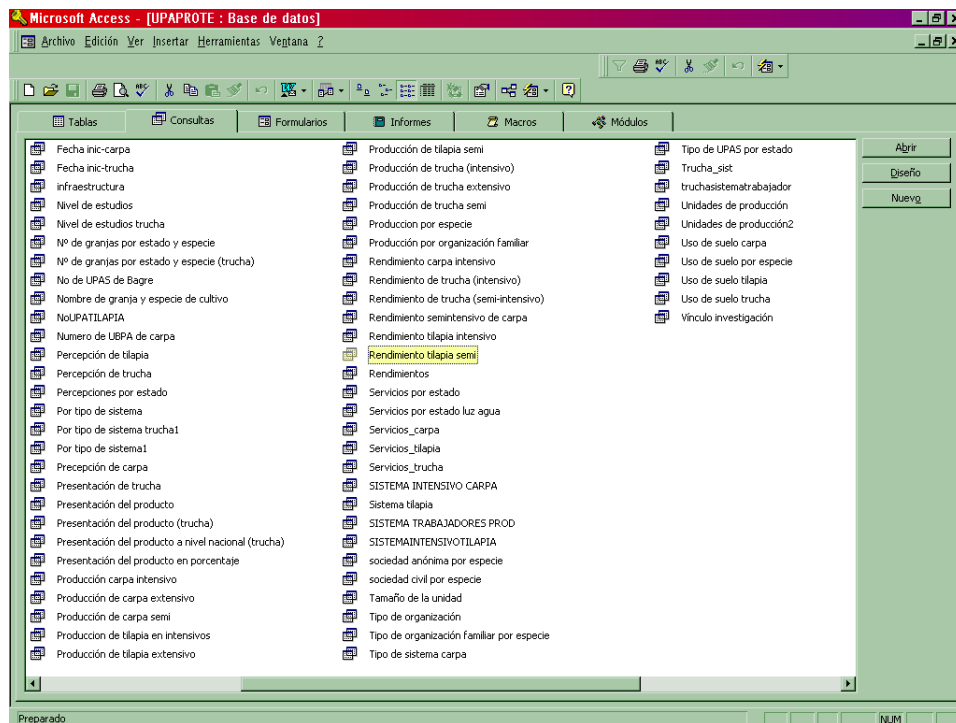


Figura 5. Fichero de consultas

Con la elaboración del sistema, la Dirección General de Investigación en Acuicultura contribuye a un mejor seguimiento y evaluación de las acciones que pueda tener el sector y a mantener actualizados los indicadores de especies cultivadas.

4. CONSIDERACIONES DE RESULTADOS

Es conveniente hacer algunas consideraciones que deberán tomarse en cuenta:

- La información que se presenta a continuación es el resultado de la recopilación, captura y análisis de datos obtenidos de encuestas recabadas en diferentes unidades de producción de diferentes Estados de la República, así como algunas Delegaciones Federales de la SEMARNAP.
- Con las muestra obtenidas en las UPA's de las diferentes especies pueden caracterizarse los cultivos de estas.
- Conviene reconocer que algunos indicadores en la información no son del todo veraces, tal es el caso de la información obtenida sobre las enfermedades que afectan los cultivos. Esto se debe a que no se logró vencer la reticencia de los productores en cuanto a proporcionar este tipo de información o que en otros muchos casos refleja la ignorancia de gran parte

del sector sobre los aspectos patológicos que puedan presentarse en los cultivos.

Con base en las consideraciones anteriores y al número de encuestas recabadas, en los siguientes capítulos se hace una caracterización del sector productivo acuícola de las siguientes especie:

Peces

- Trucha
- Tilapia
- Carpa
- Bagre

Crustáceos

- Camarón
- Langostino
- Langosta

Moluscos

- Ostión
- Abulón

IX. TRUCHA

*Hidrobiól. Felicitas Sosa Lima, Biól. Alma Rosa Colín Monrreal,
M. en C. Luz Ma. Torres Rodríguez, M. en C. Margarita Hernández Martínez
Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca*

1. INTRODUCCIÓN

De la familia de los salmónidos, se cultiva en México la trucha arco iris, esta especie se adapta fácilmente a las condiciones controladas de cultivo, presenta un rápido crecimiento y un alto índice de fecundidad. Actualmente la biotecnología de su cultivo se encuentra dominada.

El cultivo de la trucha tiene una larga historia. Fue introducida en aguas dulces de todos los continentes y en México se introdujo de los Estados Unidos a finales del siglo XIX. Los experimentos en el país fueron primeramente realizados en ríos y embalses de zonas frías y templadas. En la actualidad es considerada como una especie resistente, con carne de excelente calidad, fácil de cultivar y codiciada en la pesca deportiva.

El país dispone de una diversidad de climas, por lo que dentro de ellos se presentan ecosistemas apropiados para el cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), la cual requiere de una alta cantidad de oxígeno y bajas temperaturas del agua, siendo las óptimas para la incubación 10 °C con velocidad de desarrollo de embrión de 28 a 30 días, y de 15 °C para la engorda con excelentes índices de crecimiento. También es una especie dulceacuícola que ha adquirido especial interés en el sector social y de una forma importante por el sector privado, como resultado del conocimiento de su biotecnología con la que se facilita la obtención de excelentes rendimientos que se traducen en forma primordial en altos ingresos para los productores y el mejoramiento de la dieta para los consumidores (Secretaría de Desarrollo Agropecuario, 1997).

Las variedades que se han identificado para esta especie, se han logrado a través de la selección que han hecho los truticultores (productores de trucha), obteniendo de tal forma líneas cada vez más útiles para los fines de su cultivo.

2. ANTECEDENTES

La trucha arco iris es originaria de las costas del Pacífico de Norteamérica, abarcando su distribución desde el sur de Alaska hasta el norte de la República Mexicana. Su distribución natural en México abarca las corrientes de aguas frías y cristalinas de las zonas montañosas, valles y depresiones más altas del país.

La primera introducción para cultivo en México, se realizó a fines del siglo XIX, a través de la importación de 500,000 huevecillos de trucha provenientes de los Estados Unidos de América. En 1889, en Chimaleapan en Ocoyoacac, Lerma, Estado de México, se construye el primer Vivero Nacional. En 1893, se produjeron crías las cuales fueron liberadas en algunos ríos y lagos (Medina, 1976, Morales, 1975 y Álvarez, 1961). A principios del siglo XX el Vivero Nacional deja de funcionar debido al surgimiento de la Revolución Mexicana y hasta 1923 se hace hincapié en la piscicultura con importaciones de huevos provenientes principalmente de los Estados Unidos Americanos. Posteriormente en 1937, se inicia el funcionamiento de la estación piscícola de Almoloya del Río y las cruces, que fue la segunda que operó en México, con la introducción de 300,000 huevos de trucha procedentes de Estados Unidos de América para la reproducción y propagación de esta especie. En 1943 empieza a operar el Centro Acuícola «El Zarco»; a partir de entonces se inicia la explotación de esta especie, ampliándose su distribución geográfica.

En 1950 entró en funcionamiento el Centro Acuícola de Pátzcuaro, Michoacán; en 1977 fue entregado el Centro Acuícola de Guachochi, Chihuahua, al Departamento de Pesca por el Instituto Nacional Indigenista. Ese mismo año con el establecimiento de la Granja de Cultivo Intensivo en Malinalco, Estado de México, se inicia el cultivo comercial de la trucha arcoiris. En 1979, el Centro Acuícola Matzinga, Veracruz inicia su operación; en 1982 el centro acuícola Madera, Chihuahua empieza a operar y en 1983 el Centro Acuícola de Apulco inicia sus actividades en Puebla.

Otras especies de salmónidos localizadas en México son: Trucha café (*Salmo trutta*) proveniente de Europa al igual que la Trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*), también se reporta la existencia de la trucha dorada (*Oncorhynchus chrysogaster*) la cual es una especie nativa en extinción, localizada en arroyos de Chihuahua y Sinaloa. En nuestro país también se localiza la trucha arcoiris variedad «nelsoni», de la Sierra de San Pedro Mártir, en Baja California.



Figura 1. Distribución de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss* en la República Mexicana.

En la actualidad el cultivo de la trucha se desarrolla en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán, Estado de México, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. (Figura 1) (Sepesca, 1994).

3. SITUACIÓN ACTUAL

La producción nacional de trucha arco iris se ha incrementado de manera marcada a partir de la década de los 90's.

En los últimos años el volumen de la producción por acuicultura en peso vivo fue de un total de 166,336 toneladas. De la cual el cultivo de la trucha arcoiris participa con una producción de 2,363 toneladas, lo que representa el 1.4%, situación que coloca a esta especie en el sexto lugar por debajo de especies como el bagre, ostión, carpa, camarón y lobina.

En la Figura 2 se muestra la serie histórica del volumen de la producción en peso vivo por acuicultura de la trucha (1989 - 1999). En el año de 1993 se alcanzó la mayor producción registrada (3,353 ton), la que disminuye para el año de 1994 (1,966 ton). Para 1995 y 1996 la producción vuelve a incrementarse en aproximadamente un 35%, pero vuelve a caer en los años de 1997 y 1998 en un 21% por debajo de lo registrado en 1994. Para el año de 1999 se observa una recuperación (2,396 ton), sin embargo y al igual que en los años de 1997 y 1998 no se alcanza la producción registrada en el 1993.

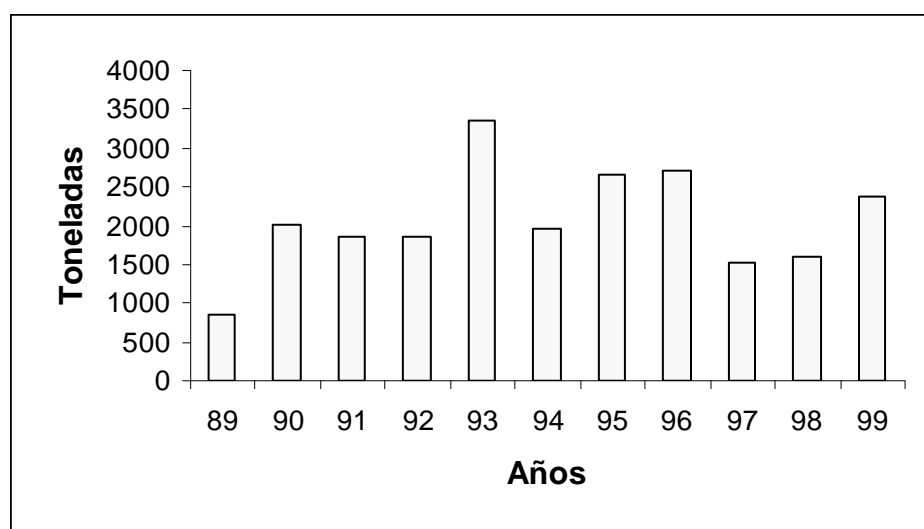


Figura 2. Volumen de la producción de acuicultura en peso vivo, 1989-1999.

En nuestro país, la producción de trucha arco iris es sustentada por aproximadamente 872 granjas, de las cuales 777 (89%) pertenecen a la acuicultura comercial, y 95 (11%) a la acuicultura de autoconsumo o familiar. De las cifras anteriores, los principales estados con mayor número de granjas comerciales son: Michoacán, Estado de México y Chihuahua con 52%, 26% y 8 % respectivamente, mientras que los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz son los que

cuentan con la mayor cantidad de las granjas de autoconsumo o familiares (32, 17 y 15 % respectivamente). Sin embargo los estados con mayor número de granjas (comerciales y de autoconsumo) son: Michoacán, Estado de México y Veracruz (Tabla 1).

La gran mayoría de las granjas son rurales con tasas bajas de producción. El 80% de estas pertenecen al sector social y el 20% al sector privado.

En la Figura 3 se muestra la proporción de

Tabla 1. Número de granjas de trucha a nivel comercial y de autoconsumo

ESTADO	TOTAL	%	Comercial	%	Autoconsumo	%
Michoacán	413	47.4	404	52.1	9	9.5
Edo. de México	204	23.4	202	26.1	2	2.1
Chihuahua	65	7.5	61	7.8	4	4.2
Veracruz	66	7.6	52	6.7	14	14.7
Puebla	47	5.4	17	2.2	30	31.6
Hidalgo	21	2.4	14	1.8	7	7.4
Guanajuato	6	0.7	6	0.8	—	—
Durango	7	0.8	6	0.8	1	1
Jalisco	5	0.6	5	0.6	—	—
Nuevo León	5	0.6	4	0.5	1	1
Coahuila	3	0.3	3	0.4	—	—
Morelos	3	0.3	1	0.1	2	2.1
San Luis Potosí	1	0.1	1	0.1	—	—
Tlaxcala	1	0.1	1	0.1	—	—
Oaxaca	16	1.8	—	—	16	16.8
Chiapas	4	0.5	—	—	4	4.2
Guerrero	2	0.2	—	—	2	2.1
Querétaro	2	0.2	—	—	2	2.1
Zacatecas	1	0.1	—	—	1	1

FUENTE: Carta Nacional Pesquera, 2000

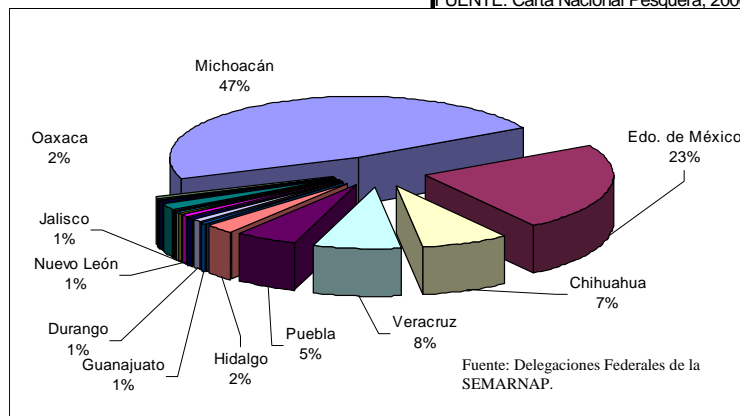


Figura 3. Participación de granjas de trucha arcoiris a nivel nacional (comercial y de autoconsumo).

granjas de trucha arco iris a escala nacional. Como se mencionó anteriormente, Michoacán es el estado con mayor número de granjas (47%), el segundo sitio lo tiene el Estado de México (23%) y el tercer lugar lo ocupa Veracruz con el 8%.

Tabla 2. Producción de trucha arcoiris por entidad (1999)

Estado	Producción (toneladas)
México	1,245
Puebla	577
Hidalgo	219
Chihuahua	90
Michoacán	76
Durango	46
Nuevo León	45
Veracruz	37
Chiapas	15
Guanajuato	4
Tlaxcala	4
Morelos	3
Querétaro	1
Campeche	1
Total	2,363

En el 88 % de las granjas trutícolas se practica la acuacultura intensiva, en el 9% la acuacultura de fomento, en el 2% la acuacultura para pesca deportiva y el 1% restante para consumo familiar.

En la Tabla 2 se indica la producción de trucha en toneladas por entidad federativa, observándose que los estados que ocupan los primeros lugares de producción son el Estado de México (53%), Puebla (24%) e Hidalgo (9%). Asimismo se puede observar que los estados de Chihuahua (3.8%) y Michoacán (3.2%) aún cuando son de los que cuentan con un mayor número de granjas, no aparecen en los primeros tres lugares de producción nacional (Anuario Estadístico de Pesca de 1999).

El crecimiento en la producción de esta actividad está reflejado en un incremento en la producción de huevo oculado y crías. Para este fin el sector público participa con 7,600,000 organismos, el sector privado con 4,400,000 y sector social con 800,000. Estos dos últimos enfocados a la importación de huevo oculado de los Estados Unidos.

Los niveles de producción han estado acompañados con un incremento en el número de organizaciones de productores con el objetivo principal de acordar precios del producto, área de influencia del mercado y gestión con diferentes órdenes de gobierno, como se demuestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Organizaciones de productores de trucha arcoiris

Organización	Estado
Asociación Nacional de Truticultores	Estado de México, Puebla y Michoacán
Asociación de Productores de Trucha de Amanalco (Juamanali)	Estado de México
Asociación de Productores de Trucha de Orizaba	Veracruz
Organización de productores de Ciudad Hidalgo	Michoacán
Organización de Productores de Zitácuaro	Michoacán
Asociación de Productores de Trucha de Guachochi	Chihuahua
Asociación de Productores de Trucha de Madera	Chihuahua

La Figura 4 representa la serie histórica de la producción pesquera en peso vivo, de 1989 a 1999. Se observa que la producción pesquera aumentó a partir de 1995 con 6,808 ton, en el año de 1997 descendió a 5,848 ton, para el siguiente año se incrementa a 5,916 ton y para 1999 hay una nueva recuperación con 6,711 ton.

3.1 PROPAGACIÓN

La mayoría de las personas que trabajan con trucha arco iris lo hace aisladamente sin la suficiente asesoría técnica y en algunos casos la obtienen de diferentes Instituciones como las Delegaciones Federales de Pesca de la SEMARNAP de cada entidad, y de algunos particulares.

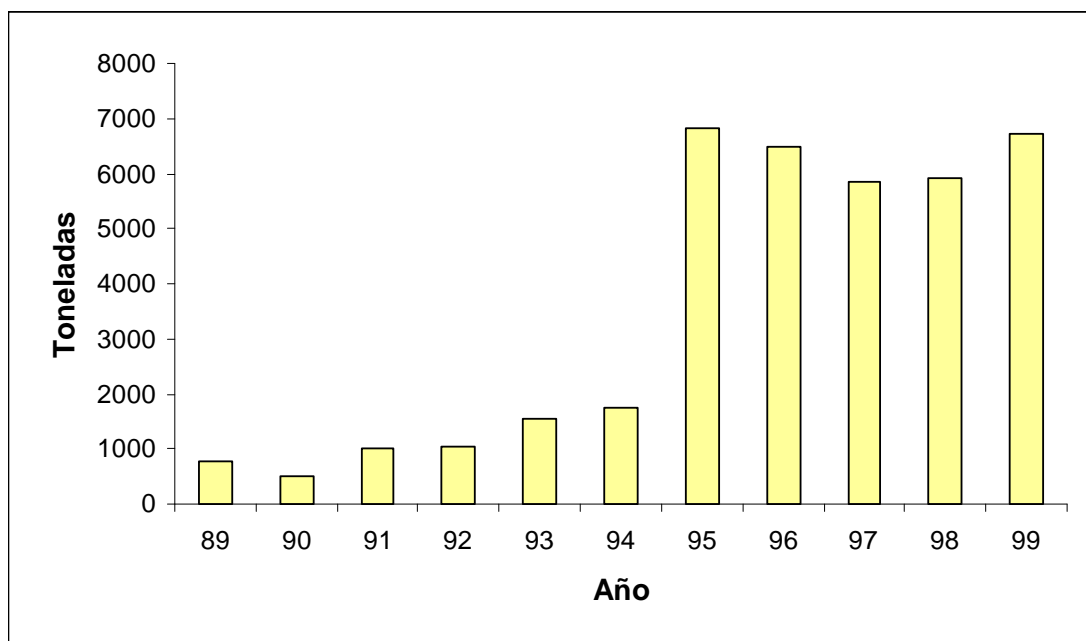


Figura 4. Serie histórica de la producción pesquera en peso vivo, 1989-1999.

La actividad más frecuente entre los productores no es en si la acuacultura, sino la agricultura en la que se basa generalmente la obtención de sus recursos económicos y en ocasiones también se utiliza para un autoconsumo familiar.

En la Figura 5 se indica el aprovechamiento del uso de suelo de las granjas, donde se observa que éste es utilizado principalmente para la actividad agrícola, con un 76%. (Dirección General de Investigación en Acuacultura (DGIA).

La propagación de cultivo observa una dependencia a la cantidad promedio de disponibilidad de agua en las granjas de producción. El número de estas ha venido en aumento y el desarrollo de la actividad tiende a los cultivos intensivos, así como la producción se ha incrementado debido a la experiencia de los productores.

En la Figura 6 se muestra el establecimiento de granjas de cultivo de trucha en el periodo de 1990 - 1998, según las encuestas realizadas por la DGIA, mostrando que Michoacán es el estado con mayor ín-

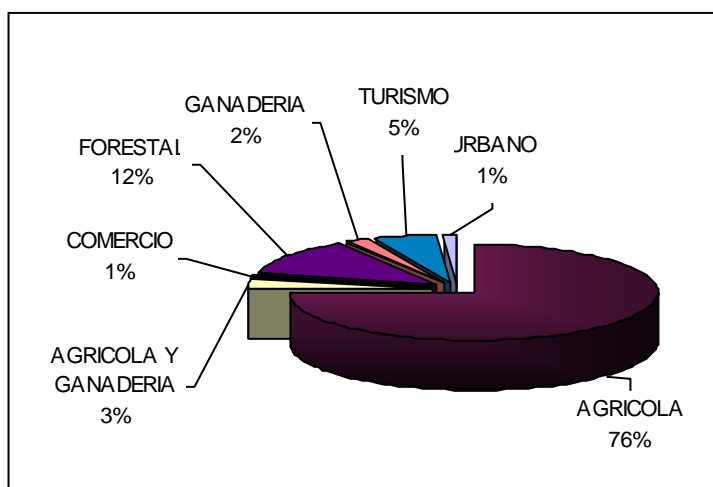


Figura 5. Uso de suelo o entorno a granjas dedicadas al cultivo de trucha.

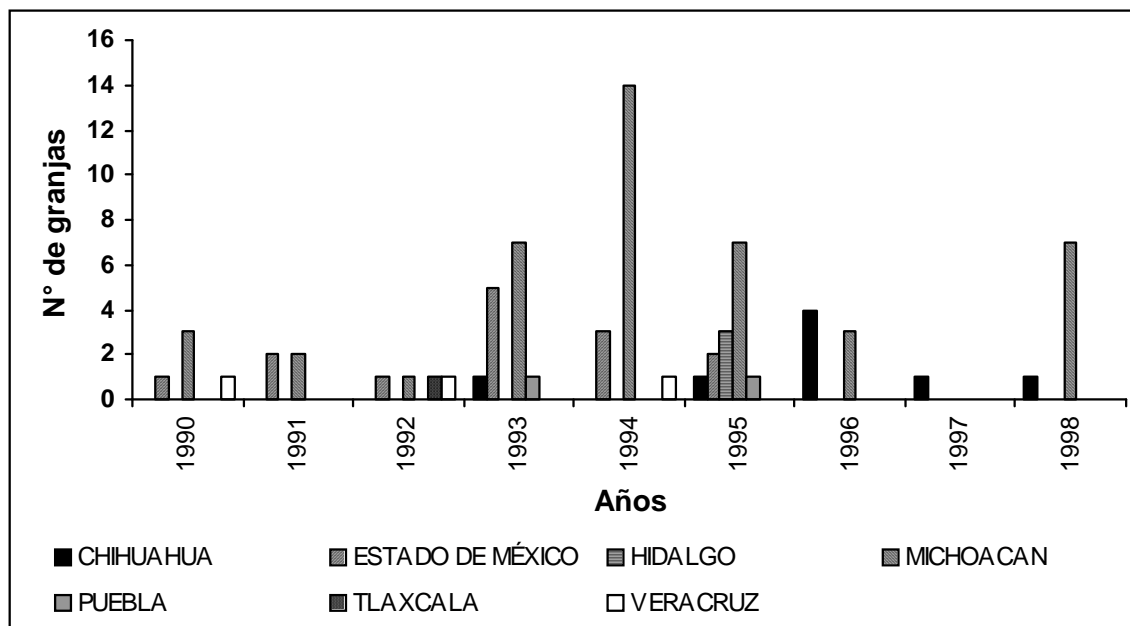


Figura 6. Establecimiento de granjas de cultivo de trucha 1990-1998.

dice de establecimiento de granjas por año.

3.2. CULTIVO

3.2.1. *Biología*

Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Distribución geográfica

Nativa de las costas del Pacífico de América del Norte, desde Alaska a Baja California. Introducida en aguas dulceacuícolas y frías del mundo.

Hábitat

Desde superiores arroyos hasta ríos y lagos en aguas limpias, frías y bien oxigenadas.

Alimento en su hábitat natural

Son carnívoros, se alimentan de insectos, crustáceos, moluscos, oligochaetes y peces.

Ciclo de vida

- Temporada de desove. Bajo condiciones naturales a partir del mes de octubre a marzo y artificialmente, con luz controlada, durante todo el año.
- Terreno de desove: En los arroyos superiores y ríos en las áreas de corriente, el desove lo hacen sobre la arena o grava.
- Condiciones de desove: El agua debe fluir con una temperatura de 8 a 13 °C, conteniendo un mínimo de 7 ppm de oxígeno disuelto y un pH de 6 a 8.

Fecundidad

- Natural: La hembra desova varias veces en una temporada de desove. De 800 a 1,000 huevos son desovados cada tiempo.
- Artificial: Aproximadamente se obtienen 2,500 huevos de un pez de dos años de edad y 1 kg de peso, y 3,500 huevos de un pez de 3 años de edad y 2 kg de peso.
- Naturaleza del huevo: huevo demersal, forma esférica, de 4 a 6 mm de diámetro.
- Incubación: La incubación depende de la temperatura, a 7.2 °C dura 48 días y 31 días a 10.2 °C.
- Alevín: Cuando el pez tiene aún el saco vitelino mide aproximadamente 15 mm. De 20 a 30 días después el saco ha sido absorbido y el pez emerge en la superficie del agua, entonces se cosechan los alevines.

3.2.2. Producción de semilla

La producción artificial de semillas en escala comercial puede darse durante todo al año con luz artificial controlada, lo cual se realiza en varios países como Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia, Nueva Zelanda y Europa.

Instalaciones de cultivo

Se tienen dos tipos de incubadoras: Drip incubator e incubadora con flujo vertical.

Tanque de crianza para alevines

Los reproductores son mantenidos en estanques rústicos, de 150 a 500 m² de área y de 80 a 90 cm de profundidad. Los peces utilizados para el desove usualmente varían de 2 a 3 años de edad. Después del desove, los huevos son colectados con la mano, tratando de no estropearlos y deben ser lavados con una solución isotónica, con mucho cuidado ya que al remover los huevos pueden romperse y coagularse la sangre, lo cual frecuentemente pone trabas a la fertilización normal o al desarrollo de los huevos. Los huevos son puestos en un contenedor con la solución isotónica, después de lo cual se les agrega la lecha (espermatozoides). De 5 a 10 ml de lecha es suficien-

te para fertilizar 10,000 huevos. La mezcla de huevos con la solución isotónica y la leche, está lista para remover con la mano y una pluma de ave por 10 segundos. Después de la fertilización los huevos son lavados con agua para que la absorban y tengan una mejor consistencia. Los huevos pueden quedarse en la incubadora, con un suministrador constante de agua dulce.

3.2.3. Etapa de crianza

Alimentación

Cuando la mitad de los alevines han emergidos, empieza el suministro de alimento. Este es el alimento molido de pececillos más grandes.

Los alevines son alimentados de 5 a 6 veces al día y los pececillos de 3 a 4 veces. La cantidad de alimento diario a consumir depende del tamaño del pez y la temperatura del agua.

Desarrollo

Los alevines van creciendo de 0.6 cm por mes a 7 °C y/o de 2.5 cm por mes a 15.5 °C de temperatura del agua. Los pececillos de 5 a 9 cm (1-10 g) son usados como semillas.

Indice de stock

La siembra se hace de 600 a 900 alevines m² a una temperatura de 15°C.

3.2.4. Etapa adulta

La trucha arco iris es cultivada en todo el mundo por métodos de cultivo intensivo.

Instalaciones de cultivo

De la etapa de crianza a la de adultos, los organismos son cultivados en estanques de 50 a 150 m² de área y de 80 a 90 cm. de profundidad. Los estanques deben estar forrados de concreto y con un suplemento de agua continua. La salida del agua del estanque debe ser equipada de una malla de hierro, para prevenir el escape de los peces.

Alimentación

Tabla 4. Flujo de agua y densidades de cultivo

Fluctuación del agua	Peso del pez	No. de peces/m ²
10 l/seg	50 g	140
	100 g	63
	200 g	37
20 l/seg	50 g	440
	100 g	200
	200 g	120

Con respecto a la alimentación se debe tener cuidado en no incrementar el material de crecimiento, cuando el índice de conversión alimenticia aumenta, los costos del alimento pueden llevar a tener serias pérdidas. La alimentación debe hacerse hasta dos veces al día.

Condiciones del agua

La temperatura óptima del agua es de 10 a 20 °C por todo el año. El pH de 6 a 8, lo óptimo para el Oxígeno Disuelto es de 10 a 11 ppm, con un mínimo de 5 ppm.

Tamaño de la especie

Es necesario clasificar el tamaño de los peces para la obtención de un buen desarrollo, esto disminuye el canibalismo y evita la competencia entre peces de menor tamaño con uno de mayor tamaño, también se deben conocer los requerimientos de manejo para así obtener un correcto tamaño de los peces. Frecuentemente se deben separar los lotes de 2 a 3 veces durante un ciclo de cultivo.

Indice de Stock

Depende del tamaño del pez, de la cantidad y temperatura del agua (Tabla 5).

Indice de Supervivencia

En promedio se tienen sobrevivencias del 60 al 80%

Producción de rendimiento

Los rendimientos generalmente fluctúan entre 3 a 22 kg/m².

La trucha arco iris se distingue de las demás especies del Género *Oncorhynchus* por sus numerosas manchas oscuras y pequeñas, y por poseer escamas de menor tamaño; rayos, espinas y dientes. Así como por una línea iridiscente que recorre el cuerpo a ambos costados. El nombre de “arco iris” deriva precisamente de la peculiar coloración del pez, misma que varía en función del medio, de la talla, del sexo y del grado de maduración sexual. Existen una variedad de razas y variedades de *Oncorhynchus mykiss*.

La trucha arco iris es un salmónido que habita en las aguas frías, claras y oxigenadas de los lagos y arroyos en altitudes que van de los 1000-3000

m.s.n.m., donde predominan las áreas montañosas con bosques de cedros, encinas, fresnos y oyameles. Los climas más frecuentes son del tipo Cw; según clasificación Koppen son templado, subhúmedo, con lluvias en verano, con temperaturas medias entre 3° y 18° C.

Estas condiciones se presentan en la mayor parte de las montañas del centro y sur de México y en la porción sur de la Altiplanicie Mexicana.

El abastecimiento de agua para las unidades de cultivo de esta especie es principalmente la que proviene de manantial, aunque también se utilizan corrientes de arroyos y ríos; para el cultivo en jaulas se aprovechan integralmente lagunas y presas. Los requerimientos de la calidad de agua óptima de la trucha arcoiris se muestran en la Tabla 5.

3.2.5. Tipo de infraestructura

Existen diversos tipos de cultivo:

- Cultivo extensivo
- Cultivo semi-intensivo
- Cultivo intensivo
- Cultivo familiar.

Tabla 5. Parámetros óptimos para el cultivo de trucha arcoiris

Parámetro	Rango
Altitud	1000-3000
Temperatura	10-19 °C
Salinidad	0 ‰
Oxígeno	5.5 ppm saturación
pH	6.5 – 7.5

Cultivo extensivo

En cuerpos de agua, ríos y arroyos; en las partes altas, frías y montañosas. Este tipo de cultivo no es muy frecuente, sin embargo se desarrolla prácticamente a través de la siembra y repoblación de embalses. Se cultiva en embalses de diferentes dimensiones, inclusive en cuerpos de agua temporales en donde se ha demostrado que es posible realizar el cultivo sin muchos problemas y con bajos costos de producción. Durante muchos años esta especie ha sido introducida reiteradamente en ríos y embalses de las zonas frías y templadas de México, lo que ha propiciado beneficios de carácter económico a la comunidad rural. Sin embargo, no es posible dimensionar la magnitud de este beneficio, por que no se ha evaluado convenientemente y no hay datos oficiales al respecto (Cabrera y García, 1983).

Algunas granjas han construido pequeñas represas, donde liberan organismos adultos para realizar la pesca deportiva, lo que permite un mayor atractivo, así como la obtención de un valor agregado en la producción de esta especie.

Semi-intensivo

Este cultivo se lleva a cabo en presas, estanques rústicos y encierros; en este sistema la fertilización orgánica e inorgánica es la base fundamental de alimentación para los organismos.

Este tipo de cultivo es realizado principalmente por el sector social y es específico por pequeños productores. Su éxito depende básicamente del suministro constante de dos insumos: las crías y el alimento balanceado. Para este cultivo se utilizan pequeñas presas u otros cuerpos de agua, estanques rústicos o encierros en ríos o arroyos, así como bordos o jagüeyes, en donde se obtiene un control del cultivo.

Las crías son adquiridas y sembradas a baja densidad ($1/m^2$). El alimento balanceado que se suministra diariamente, es aproximadamente el 1% del peso total de los organismos. El alimento natural de los cuerpos de agua también es aprovechado (larvas y adultos de insectos o crustáceos). El rendimiento de este cultivo es superior al sistema extensivo y puede alcanzar hasta más de 500 kg por hectárea.

Los estanques se construyen de diversos materiales, dependiendo de las condiciones locales. Pueden ser rústicos (en terrenos impermeables con alto contenido de arcilla) (Figura 7), de madera o de fibra de vidrio u otro material. En estos estanques se manejan bajas densidades de organismos y bajas tasas de alimentación y su rendimiento no suele superar los 10 kg/m^3 de agua.

Los encierros se colocan en el sitio adecuado para aprovechar las aguas de manantiales o de deshielo, canales de arroyo, ríos o arroyos, que mantengan un volumen importante de agua y elevadas concentraciones de oxígeno disuelto. Este sistema consiste en colocar dos barreras de diversos materiales, que impidan que las truchas escapen y se les alimenta igual que en jaulas. Cuando las



Figura 7. Estanque rústico.

condiciones de cultivo son buenas es posible tener una producción que alcanza hasta los 20 kg/m³.

La Figura 8 nos muestra el rendimiento de cultivo de trucha en un sistema semi-intensivo en Kg/m³, demostrando que Michoacán es el estado con mayor rendimiento con 19.3 Kg/m³, siguiéndole Hidalgo con 14.2 Kg/m³ y Puebla con 5.0 Kg/m³.

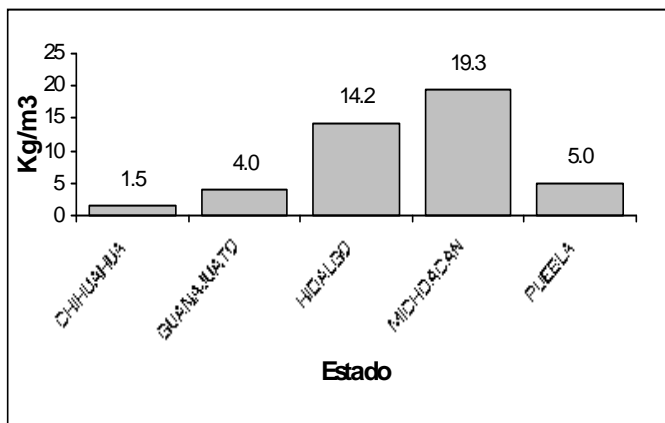


Figura 8. Rendimiento promedio (kg/m³)

Cultivo Intensivo

Se lleva a cabo utilizando instalaciones como jaulas flotantes, canales de corrientes rápida (Figura 9) sistemas cerrados de recirculación y reacondicionamiento y estanques, en éstos se obtiene casi la totalidad del producto que se destina a la comercialización.

Se reconocen cuatro modalidades de cultivo intensivo:

- Estanques de concreto semi-rústicos, fibra de vidrio o metal.
- En canales de corriente rápida.
- Jaulas
- Sistemas cerrados de recirculación y reacondicionamiento de agua.



Figura 9. Canales de corriente rápida.

La mayoría de las granjas utilizan diversos dispositivos en sus instalaciones en función de la fase de cultivo, por ejemplo en la fase de alevinaje se em-

plean tinas de fibra de vidrio, en la fase de crianza se utilizan estanques de concreto, canales de corriente rápida y tinas de lámina o madera, para la fase de engorda generalmente se utilizan canales de corriente rápida, estanques rústicos y jaulas flotantes. Para el cultivo y mantenimiento de reproductores se emplean básicamente canales de corriente rápida, estanques de concreto rectangulares, circulares y rústicos.

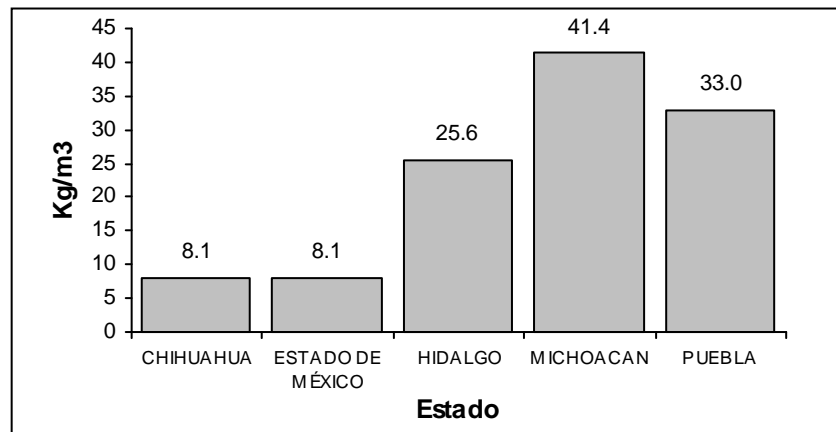


Figura 10. Rendimiento promedio (kg/m³) en sistema intensivo, 1998.

La Figura 10 muestra el rendimiento promedio en Kg/m^3 en sistema Intensivo para 1998, observándose que Michoacán es el estado de mayor rendimiento con 41.43 Kg/m^3 siguiendo Puebla con 33.0 Kg/m^3 e Hidalgo con 25.6 Kg/m^3 .

Cultivo Familiar

Este tipo de cultivo no tiene técnicas específicas de producción, pero generalmente combina sistemas extensivos y semi-intensivos.

3.2.6. Densidades de cultivo

La cantidad de peces en kilogramos por metro cúbico que se emplea en un estanque, canal o jaula es variable, y se encuentra en función del gasto de agua aportado por el caudal y la talla y peso de los organismos, así como de las condiciones físico-químicas del agua.

Estos factores, a su vez, exigen para realizar un cultivo técnicamente bien dirigido, relacionarse con las necesidades fisiológicas de los peces, que son distintas de acuerdo con el peso de cada organismo y a la temperatura del agua.

La estimación para el mantenimiento de densidades adecuadas en los estanques es esencial para alcanzar una productividad óptima.

Los criterios frecuentemente empleados en unidades son modelos previamente establecidos para hacer más eficiente el sistema de producción, están basados principalmente en la experiencia adquirida por el personal.

En lugares donde las características de agua presentan buena calidad y cantidad suficiente, las densidades de truchas en el proceso de engorda llegan a ser de 30 a 60 Kg/m³ con recambios de agua de 1.5 a 3.0 veces por hora. En otras, donde la cantidad de agua es escasa, se manejan densidades de 8 a 15 Kg/m³. El rendimiento mínimo promedio se observa en sistema extensivo, debido a que no hay recambio de agua, la carga de salida es baja en función a la del gasto, por lo que el rendimiento es bajo.

Existe infraestructura, tecnología y capacidad para producir huevo, sin embargo no se han generado las condiciones de mercado para que el productor nacional lo produzca.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Una aportación importante en el desarrollo de la truticultura ha sido el realizado por las plantas productoras de alimentos balanceados, las que han fabricado en los últimos años alimentos de mejor calidad para salmónidos, pasando a segundo término el problema que existía en la calidad de los mismos. Estas plantas procesadoras de alimento también proporcionan capacitación y asistencia técnica a los productores que consumen sus alimentos, llevando a cabo en algunos casos talleres y simposias para actualizar las técnicas de producción y alimentación.

El sector público ha sido fundamental para alcanzar los niveles de producción actual, Esto se resume en los siguientes puntos:

- 1) Proporciona el 59.3% de las crías y huevo oculado que demandan los productores, a través del Programa Nacional de Distribución de crías, alevines y postlarvas.
- 2) Asistencia técnica y capacitación.
- 3) Transferencia de tecnología a través de los Centros Acuícolas.
- 4) Investigación aplicada en Centros Acuícolas
- 5) Apoyo en la organización de productores.
- 6) Asesoría ante instancias crediticias.
- 7) Implementación de cursos y foros que facilitan la integración de los diferentes sectores que inciden en la producción de esta especie.
- 8) Venta de crías a partir del año 2000.

Estas actividades son estructuradas y planificadas por la Dirección General de Acuicultura, quien proporciona los recursos para que sean aplicados por las

delegaciones federales de SEMARNAP y los centros acuícolas en las diferentes entidades.

Adicionalmente, la Dirección General de Acuacultura (D.G.A.) ha impulsado un importante programa desde 1994 denominado Programa Nacional de Acuacultura Rural, el cual se inscribe como un Subprograma sustantivo del Programa de Pesca y Acuacultura 1995-2000, teniendo como objetivo el contribuir a mejorar la calidad de la dieta alimentaria en el sector rural marginado; asimismo, pretende incorporar la acuacultura a las actividades productivas cotidianas en el medio rural y promover el arraigo regional comunitario.

La acuacultura rural representa una alternativa real para las comunidades del campo que se caracterizan por tener bajos ingresos y vivir en condiciones de marginalidad; por ello, el Programa de Acuacultura Rural lleva a estas comunidades la opción de mejorar su dieta, por medio de la producción de carne de pescado para autoconsumo, y en un siguiente plano, la comercialización de excedentes de producción con la consecuente generación de empleos.

Con lo anterior se busca también lograr mayor integración de la acuacultura como actividad productiva principal o complementaria del campo y promover el desarrollo regional, con lo que se favorece el arraigo de las comunidades y se contribuye al incremento de la producción acuícola nacional.

La construcción del programa se hace a partir de un eje estratégico que vincula los trabajos de las brigadas con la labor de los centros acuícolas y refuerza acciones en las regiones prioritarias identificadas por la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Bajo esta perspectiva, el programa es ejecutado por las brigadas de extensionismo que proporcionan asistencia técnica, asesoría y capacitación a los productores y gestionan la donación de crías ante los centros acuícolas para la repoblación de pequeños embalses y unidades de producción acuícola. Los centros acuícolas de la SEMARNAP constituyen un elemento clave para el abastecimiento de crías y desarrollo de nuevas tecnologías de cultivo para este programa. A este respecto, se ha definido una política de descentralización a diferentes agentes con el fin de aumentar su eficiencia y productividad.

El desarrollo ordenado de la actividad hace necesario generar una serie de insumos para la elaboración de los diagnósticos locales y regionales que permitan conocer el potencial acuícola en cada entidad y con esto planificar su futuro crecimiento, para lo cual se vinculan acciones con el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Comisión Nacional del Agua (CNA), de igual forma con el Instituto Nacional de la Pesca (INP) que promueve investigaciones que desarrollen modelos productivos para la incorporación de especies nativas. Asimismo, se busca

participar con las representaciones locales del DIF en el fomento al consumo de pescado y con el FONAES en la integración de empresas sociales.

Todo lo anterior permite la incorporación efectiva de la acuicultura en las actividades productivas del medio rural, propiciando la participación activa de la población objetivo en la construcción de modelos productivos acordes a sus necesidades (Pérez Hernández, 1998).

Algunas Instituciones vinculadas con la Investigación son:

- Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP),
- Instituto Nacional de la Pesca (INP),
- La Dirección General de Acuicultura (DGA),
- Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP),
- CIAP, A.C.;
- Universidad Autónoma Metropolitana (UAM): Iztapalapa, Xochimilco,
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) departamento de Veterinaria, Ictiología, biología, etc.
- UNAM-Iztacala,
- Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM),
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL),
- Fundación Universidad de las Américas de Puebla, etc.

3.3.1. Alimentación

Una nutrición adecuada es el factor clave para optimizar el crecimiento y la calidad del producto. Las dietas tienen que ser formuladas y presentadas con los requerimientos del pez. Si estos requerimientos no se cumplen, entonces las metas de producción no podrán lograrse. La tecnología acuícola es el factor más caro en términos de los costos de producción. El alimento es un factor en el cual el productor puede ejercer un completo control.

La alimentación establece la Tasa Permitida de Crecimiento (TPC), que es la tasa de crecimiento que el sistema va a permitir.

Los costos de alimentación constituyen el porcentaje mayor de los costos de producción, que es aproximadamente el 60% del total de los costos en una granja de trucha común (Klontz, G., 1991).

Para obtener una buena rentabilidad en el cultivo, se debe suministrar un alimento adecuado que cumpla con los requerimientos nutricionales necesarios.

Actualmente se pueden preparar dietas balanceadas completas a partir de una gran variedad de productos vegetales y animales:

- Concentrados de plantas
- Concentrados de animales
- Suplementos dietéticos
- Carne fresca
- Pescado fresco

Los alimentos balanceados son más homogéneos en cuanto a la calidad y precio. Las prácticas de alimentación son importantes para procurar que los peces ingieran la cantidad adecuada para maximizar la producción, y a su vez minimizar el costo.

La alimentación de los organismos se sustenta en alimentos balanceados de producción nacional. Algunas de las marcas comerciales de alimento son: Silver Cup (El Pedregal), Purina, Anderson Clayton y Aceitera La Junta y Zigler, cuyos análisis químicos indican que para la etapa de crecimiento contienen entre 47% y 48% de proteína; de 12% a 17% de extracto etéreo, de 0.9% a 2% de fibra cruda y de 15% a 20% de carbohidratos.

3.3.2. Sanidad

La sanidad piscícola atiende todas aquellas enfermedades de origen infeccioso como son las ocasionadas por virus, bacterias, hongos, protozoarios, helmintos, etc. Y enfermedades no infecciosas como son las de tipo genético, nutricional o funcional. Su objetivo primordial es mantener y mejorar la salud de los peces para obtener el óptimo desarrollo y reproducción en el tiempo mínimo recomendable, lo cual es importante para conseguir la tasa de crecimiento.

De esta forma podemos determinar que las enfermedades son una limitante en la producción, apareciendo a veces en forma esporádica o periódica. Por otra parte, pueden manifestarse en forma asintomática sin ocasionar daños visibles, o bien desarrollar el cuadro clínico específico de una enfermedad afectando la economía del pez, siguiendo un curso crónico o desapareciendo totalmente.

La calidad del agua es un factor muy importante que interviene en la salud de la trucha. Con una elevada oxigenación y una baja dureza y temperatura, esto para asegurar un óptimo cultivo.

- 1) Oxígeno Disuelto (OD): El agua utilizada para el cultivo de la trucha debe estar saturada de oxígeno, pues no tolera concentraciones menores de 5.5 a 7 ppm en vista de que al aumentar la altitud y la temperatura, disminuye la concentración de este gas. Si el agua proviene de pozos o está sobresaturada de ácido sulfúrico o de dióxido de carbono es conveniente airearla para saturarla de oxígeno y eliminar estos gases. El nivel máximo de tolerancia para los ni-

trógenos es de 110%, de dióxido de carbono 2 mg/l y de ácido sulfhídrico 0.002 mg/l.

- 2) Temperatura: A temperaturas superiores a los 20 °C la concentración de oxígeno es demasiado baja, pero en condiciones óptimas soporta hasta 25 °C.
- 3) pH: El rango de tolerancia oscila entre 6.5 – 8.0 y fuera de este rango presentan estrés. Se sugiere una alcalinidad moderada de 20 a 200 mg/l, pero si el agua es ácida se debe agregar carbonato de calcio o cal.
- 4) Sustancias Tóxicas: Al acumular las excretas de los peces y la materia orgánica proveniente de otras fuentes como alimento no consumido, ocasionan a la trucha tres tipos de daños directos, sobre todo en estanques cerrados:
 - Por la acumulación de amoníaco libre y amonio ionizado; el amoníaco es peligroso a bajas concentraciones ocasionando lesiones en branquias y retardo al crecimiento.
 - Por abatimiento en la concentración de oxígeno, debe tomarse en cuenta la cantidad de materia orgánica, incluyendo el excremento de los peces y de fitoplancton, pues ambos consumen oxígeno, para la degradación de las excretas y la respiración nocturna del fitoplancton.
 - Por el material de suspensión y los sólidos disueltos, los cuales irritan las branquias y consumen oxígeno durante su composición, se recomienda entre 80 mg/ml para sólidos suspendidos y 400 mg/l para los disueltos, lo cual es posible con una circulación continua de agua y limpieza.

La introducción y movilización de salmónidos, tanto para la acuicultura como para pesca deportiva, son unas de las principales vías de entrada de enfermedades y la dispersión de las mismas.

Como medida preventiva, en 1999 se publicaron las Normas Oficiales Mexicanas NOM-010-PESC-1993, y la NOM-011-PESC-1993, que regulan la importación de organismos acuáticos y la aplicación de cuarentenas a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables. Esta norma considera 9 enfermedades certificables para el caso de los salmónidos (truchas y salmones), comprendiendo:

- VHS.- Septicemia Hemorragia Viral.
- IHN.- Necrosis Hematopoyética Infecciosa.
- IPN.- Necrosis Pancreática Infecciosa.
- VEN.- Necrosis Eritrocítica Viral.
- HVSD.- Enfermedad Viral por Herpes.
- Enfermedad del Torneo (Whirling disease). *Myxosoma cerebralis*.
- Ceratomixosis. *Ceratomyxa shasta*.

- BKD.- Enfermedad Bacteriana del Riñón.
- *Renibacterium salmoninarum*.

Durante el mes de febrero del año 2000, fue detectado por primera vez el virus de la familia de los birnavirus, causante de la enfermedad conocida como IPN (Infectious Pancreatic Necrosis), cuya cepa fue aislada por primera vez en 1957 en América del Norte. Sin embargo, existen varias cepas, cuya virulencia y especificidad varían entre una clase y otra.

El virus afecta a todas las etapas de desarrollo, pero son más susceptibles los alevines y juveniles. La enfermedad es más agresiva a temperaturas de 10 a 15°C. Generalmente la enfermedad inicia de los 3 a los 10 días después de la infección, pudiendo ocasionar mortalidades mayores al 70%. Los sobrevivientes son portadores asintomáticos de la enfermedad, la cual transmiten a través del excremento, también aves y mamíferos pueden servir de vectores.

No existe tratamiento contra esta enfermedad, lo mejor es la prevención, por lo que se recomienda la desinfección con compuestos con cloro, yodo, formalina y ozono. Además, se sugiere utilizar sólo organismos (huevo, gametos, crías, juveniles, adultos y reproductores) certificados libres del virus y que provengan preferentemente de una zona o granja históricamente libre del virus IPN.

Es importante mencionar que este virus no pone en riesgo la salud pública.

Entre las pruebas de diagnóstico se encuentran: ELIZA, FAT, IFAT, DNA y PCR.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

El éxito del cultivo de la trucha depende en gran parte de la calidad del agua debido a que la salud de los salmónidos en general es muy susceptible a condiciones adversas del medio.

El adecuado conocimiento de los requerimientos ambientales de la trucha contribuirá a adoptar las técnicas de cultivo más apropiadas para asegurar el bienestar de los peces, así como la salida del agua utilizada en el cultivo. Se ha observado en las visitas realizadas a las diferentes unidades que en algunas se encuentran filtros mecánicos para la salida del agua.

3.5. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

El sector pesquero en México abarca el conjunto de actividades que tienen su origen en el aprovechamiento de los recursos de la flora y fauna acuáticas. Estas actividades comprenden desde la captura y cultivo de estos recursos hasta su transformación y comercialización. La pesca constituye una parte importante

del quehacer económico y de desarrollo regional en el país; aporta alimentos para la población, insumos para la industria, divisas por la venta externa de parte de su producción y crea empleos directos e indirectos en diversas cadenas productivas.

Los principales servicios con los que deben contar las granjas de cultivo de trucha son la energía eléctrica y el agua potable. En la Figura 11 se representa los estados con granjas trutícolas que cuentan con estos servicios (según se observó en la muestra a la que se le aplicó la encuesta), siendo el estado de Michoacán el que tiene mayor disponibilidad de estos servicios.

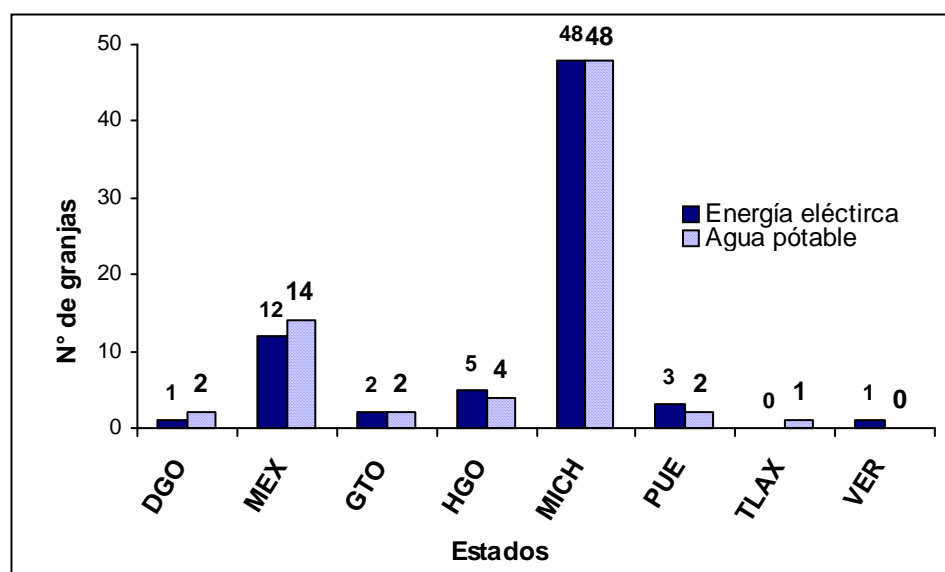


Figura 11. No. de granjas trutícolas que cuentan con servicios de energía eléctrica y agua potable (encuesta de la DGIA)

En la Figura 12 se muestran vías de acceso con que cuentan algunas de las granjas de cultivo de trucha arco iris en diferentes estados. En el Estado de México y Michoacán el acceso es principalmente por terracería y pavimento. La participación de la acuacultura en la producción pesquera para el año de 1999 fue de 133,720 miles de pesos (**a que % del 100 % equivale esta cantidad???**), donde el valor de la producción de trucha cultivada fue de 93, 246 miles de pesos (69.7%) como se demuestra en la Figura 13. El porcentaje por entidad del valor de producción se muestra en la Figura 14, en la cual se destaca la participación del Estado de México, Puebla e Hidalgo.

3.6. MARCO INSTITUCIONAL

La política pesquera responde a una visión integral de la administración de los recursos de flora y fauna acuáticas, la cual se basa en los principios de pesca

responsable. Por tal razón, el marco jurídico de la pesca en México sienta las bases para la administración y fomento de los recursos y actividades pesqueras, a fin de garantizar la conservación, protección y el aprovechamiento racional de éstos.

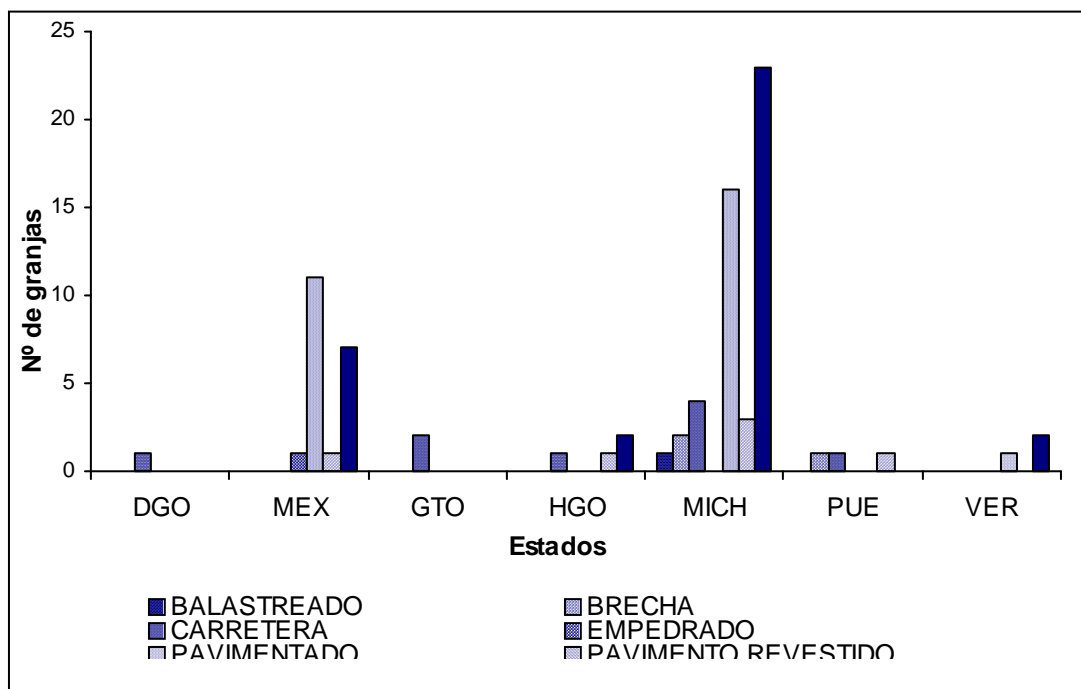


Figura 12. Vías de acceso a las granjas de cultivo.

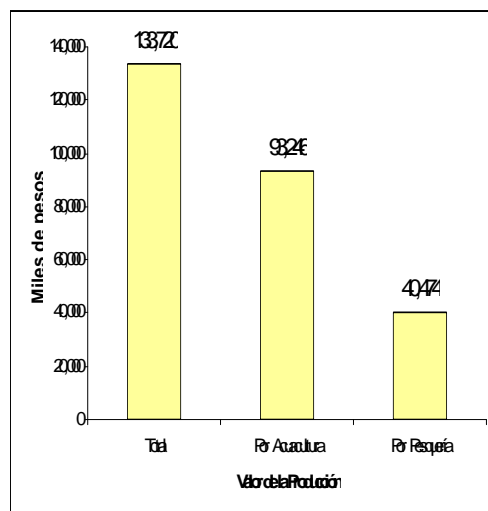


Figura 13. Valor de la producción nacional de trucha en 1999.

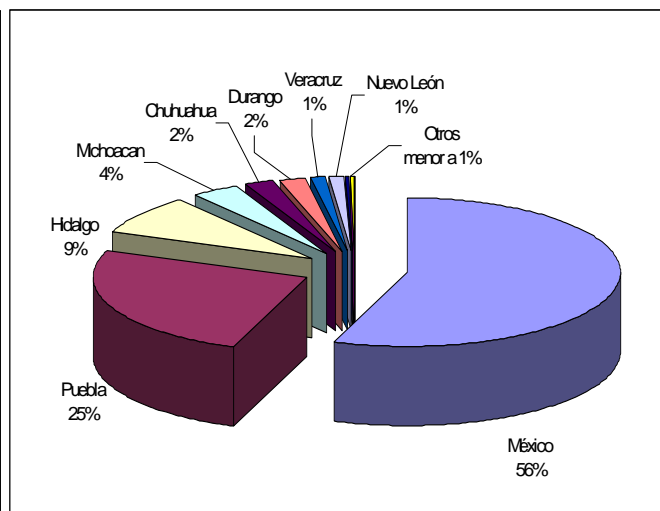


Figura 14. Porcentaje del valor de la producción aportado por cada entidad productora de trucha 1999.

En el artículo 1º de La Ley Federal de Pesca queda definido que en lo relativo a los recursos naturales que constituyen la flora y fauna cuyo medio de vida total, parcial o temporal, sea el agua, la ley tiene por objeto garantizar la conservación, la preservación y el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros y establecer las bases para su adecuado fomento y administración.

El Título tercero de la Ley Federal de Pesca habla acerca de la acuicultura, en el capítulo 1.1, en el artículo 101 define a la acuicultura como el cultivo de especies de la fauna y flora acuáticas mediante el empleo de métodos y técnicas para su desarrollo controlado en todo estadio biológico y ambiente acuático. En el artículo 102, la Secretaría, aplicando criterios de sustentabilidad, regulará el crecimiento ordenado de la acuicultura, en coordinación con las autoridades competentes y los gobiernos estatales y municipales.

Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993, que establece los requisitos sanitarios para importación de organismos, acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato, en el territorio nacional. D.O.F. del 15 de junio de 1994.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-PESC-1993, para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos. D.O.F. del 14 de julio de 1994.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La trucha arco iris se cultiva en los estados de: Coahuila, Chihuahua, Chiapas, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Baja California Sur, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Veracruz, Tamaulipas, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Guanajuato, Distrito Federal y Durango, como se observó en la Figura 1.

Las características físico-químicas del agua que se presentan son: temperatura promedio anual de 10 °C a 18 °C dependiendo de la altitud y zona geográfica; la concentración de oxígeno disuelto se encuentra entre 5.0 y 8.8 mg/l en promedio (Ceballos y Velázquez, 1988).

Los lugares deben tener fondo de grava o arena, ya que éstos son los que favorecen su reproducción.

Por otro lado, debido a las siembras y repoblaciones que distintas instituciones y organismos estatales y federales han efectuado, su distribución se ha ampliado considerablemente.

Esta especie se considera valiosa en la pesca deportiva y se ha distribuido en todo el mundo.

3.8. ANÁLISIS DEL MERCADO

En México, el cultivo extensivo de la trucha arco iris adquiere cada día mayor importancia debido a las propicias condiciones climáticas que presentan la mayoría de los cuerpos de agua de las zonas frías del país para la introducción y repoblación de estos organismos y a su aceptación en el mercado como producto de primera calidad.

La comercialización se lleva a cabo principalmente en mercados regionales. En algunos lugares se establecen pequeños restaurantes donde se cocinan las truchas para el consumo inmediato o a pie de granja, como es en La Marquesa, Valle de Bravo, Jilotzingo, Malinalco y Amanalco de Becerra, Edo. de Méx.; Zitácuaro, Ciudad Hidalgo y área protegida de Mariposa Monarca, Mich.; San Miguel Regla, Hidalgo; Atlixco y Huauchinango, Puebla y Guachochi y Madera en Chihuahua.

También encontramos el producto en Centros Comerciales como Wal Mart, Price Club, Sams Club, Superama y Aurrera.

Sólo dos granjas comercializan el producto al exterior, Xoulin en Puebla exporta a Estados Unidos, y El Pedregal en el Estado de México, exporta a Centro América.

La trucha en México se comercializa cuando su talla alcanza el llamado tamaño plato o ración individual que corresponde a un peso aproximado de 250 g.

Existen diferentes presentaciones en el mercado:

- | | |
|--------------------|------------------|
| * Viva | * Filete ahumada |
| * Entera fresca | * Rodajas |
| * Entera salmonada | * Rebanada |
| * Entera ahumada | * Paté |
| * Deshuesada | * Mousse |
| * Filete | * Congelada |
| * Filete salmonado | |

El precio se establece como fluctuaciones de precio oferta / demanda, puede llegar a determinar la rentabilidad del cultivo, aunque la localización, presentación, elección y diseño del sistema juegan un papel también importante.

En el ámbito nacional la demanda es mayor a la oferta, se vende enhielada sin necesidad de congelar. Para la exportación es imprescindible la congelación y empaque.

Para atender la demanda de crías y huevo oculado que requieren estas granjas para obtener la producción de carne de trucha que ofertan en el mercado, la SEMARNAP contribuye con 59.3% de las crías destinadas a la engorda.

3.8.1 Recomendaciones

- Proponer mecanismos para aumentar la comercialización como son mantener una oferta permanente del producto, aumentar la distribución a otras ciudades mediante estudios de mercado, efectuar mayor promoción del producto utilizando para ello los medios de comunicación (radio, televisión, revistas, periódicos, pagina web) además de la promoción directa en tiendas y mercados por medio de recetarios y algunas demostraciones en conjunto con la Asociación de Productores de Trucha.
- Es conveniente promover acciones para incidir en el mercado de exportación principalmente al de los Estados Unidos, donde se ha detectado una demanda insatisfecha.
- Sabiéndose que el cultivo de la trucha es técnicamente factible en nuestro país, podemos decir que la viabilidad dependerá de la habilidad de que se disponga para producir y comercializar el producto de manera rentable.
- Puede considerarse al cultivo de trucha arco iris como una alternativa de producción de gran potencial.
- La trucha arco iris es la especie base en la producción de pescado de agua dulce en la mayor parte de las piscifactorías europeas y norteamericanas de aguas continentales, también puede llegar a serlo en nuestro país, pues se cuenta con gran cantidad de sitios adecuados al cultivo.
- Se debe fomentar y difundir el cultivo y consumo de la trucha como una fuente importante de proteínas a través de una actividad productiva rentable.

4. PROBLEMAS Y LIMITACIONES

4.1. PRODUCCIÓN DE CRÍAS

El manejo sumamente cuidadoso de los huevos durante todo el periodo de incubación es muy importante, ya que durante la morfogénesis existe un periodo crítico ubicado entre el séptimo y el noveno días, durante el cual el mínimo movimiento provoca un elevado índice de mortalidad de huevos. Esta observación tiene una aplicación para las piscifactorías de trucha, ya que en ocasiones existe traslado o manipulación de huevos embrionarios.

Del décimo al decimotercer día de incubación, las manchas oculares se observan a simple vista a través del corion de los huevos embrionarios. Esta etapa es conocida en las piscifactorías del país como huevos oculados y corresponde al periodo en que los huevos usualmente suelen trasladarse de instalaciones incubadoras o, en su caso, se adquieren de importación.

Las observaciones indican que para un manejo adecuado de los huevos incubados a 14 °C, estos deben haber sobrepasado la etapa crítica, pero no deben encontrarse en una etapa que exceda los 15 días de incubación de manera que no eclosionen durante un transporte prolongado.

La morfogénesis termina con la eclosión del embrión dando paso a una nueva etapa en la vida del pez que se denomina alevín y que concluye con la reabsorción completa de la vesícula vitelina. El periodo de alevinaje dura de 10 a 12 días. Al momento de la eclosión la larva mide aproximadamente 12 mm.

Son peces cuyo desarrollo embrionario es lento; o sea, tardan entre 20 a 30 días en eclosionar. En México la época de reproducción se ubica desde noviembre hasta febrero.

Su fecundación es externa y los huevos presentan gran tamaño; miden 0.50 mm de diámetro. (Ruíz, 1982).

Existen algunas granjas que realizan la venta de crías, como son El Pedregal, Los Alevines, Jilotzingo, Corral de Piedra, La Rosita y Rancho Feshi, Edo. de México; Xoulin, Puebla; y la Asociación de Productores de Chihuahua, Chih., entre otros.

La SEMARNAP contribuye con 59.3% de las crías destinadas a la engorda (Tabla 7).

Las crías producidas también son utilizadas para el repoblación de presas y ríos en las diferentes regiones frías del país.

La trucha arco iris madura en función a la temperatura y altitud. En el caso de México, el desove se realiza durante los meses de noviembre a febrero, cuando la temperatura del agua desciende a sus niveles más bajos.

Tabla 7. Producción de crías en Centros Acuícolas de la SEMARNAP (miles de crías)

Entidad Federativa por Litoral		Crías
Litoral del Pacífico	Michoacán	344
Litoral del Golfo de México	Veracruz	99
Entidades sin Litoral	Chihuahua	267
	Edo de México*	1,632
	Puebla	709
TOTAL		3,051

* El Estado de México incluye huevo oculado.
FUENTE: Anuario Estadístico de Pesca, 1999.

La maduración y desove se puede controlar manipulando el fotoperiodo (ciclo de horas luz: oscuridad), lo que permite adelantar o atrasar considerablemente dichas actividades fisiológicas y así poder obtener huevos fértiles durante un lapso más prolongado del año.

La hembra madura por primera vez a los 18 meses, pero dado que los huevos que produce son pequeños y no viables en su totalidad, se prefiere emplear hembras reproductoras de más de tres años de edad. Estas producen un mayor número de huevecillos de mayor tamaño, mejor calidad y viabilidad.

4.1.1. Manejo de reproductores

Los reproductores presentan características morfofisiológicas que permiten un manejo fácil en medios controlados de cultivo. En nuestro país la trucha arco iris se cultiva en varios centros trutícolas, debido a su importancia comercial. El cultivo implica la obtención mecánica de los huevos y espermatozoides, la inseminación artificial, la incubación de los huevos en condiciones controladas y la engorda de las crías.

El cultivo de trucha en México se caracteriza por presentar un sólo desove anual, el cual se lleva a cabo en los meses más fríos del año que va de septiembre a febrero.

El macho llega a su madurez sexual al año y medio y la hembra a los dos años. Por esta razón se recomienda utilizar reproductores que tengan edad entre dos años y medio y tres años, ya que se encuentran en su mejor etapa de reproducción y de mejor calidad de fertilización.

Las truchas deberán contar con buena salud y no tener problemas fenotípicos ni genotípicos; sus descendientes deberán tener buena conversión alimenticia; no deben presentar parásitos externos, hongos o infecciones. En la época de reproducción los sexos se reconocerán fácilmente, puesto que las hembras tienen el vientre abultado y el ano prominente, redondeado y rojizo, mientras que en los machos es alargado y pálido. La banda lateral iridiscente está muy marcada.

Se hace un redeo general al estanque de reproductores, se toma uno por uno con una franela o guante y se les hace una presión por el poro genital, si la hembra expulsa huevos con facilidad y el macho gotas de espermatozoides, se separan del resto de los peces y se colocan por separado en piletas con agua corriente.

Se les suspenderá el alimento un día antes de ser desovados, esto con el objeto de evitar contaminación con las excretas.

4.1.2. Manejo genético

El fin de la selección es la obtención y mejora de razas particularmente interesantes, es decir, vigorosas, de crecimiento rápido y bien adaptadas a su medio. Una raza está caracterizada por un cierto número de rasgos morfológicos y fisiológicos hereditarios, susceptibles de transmitirse a sus descendientes que vivan en las mismas condiciones que los padres.

Como norma general, en una región y en condiciones determinadas, siempre acaba por construirse una raza que es la mejor adaptada a las condiciones en las que debe desenvolverse. Esta raza debe poseer, sin embargo, cualidades de adaptación bastante marcadas, para poder adaptarse fácil y eficazmente a diferentes medios.

En el entendido de que puede obtenerse una facultad de adaptación completa a todas las circunstancias posibles, a menudo es ilusorio querer mejorar la raza presente influenciando por aporte de sangre nueva. Es mucho mejor tomar regularmente los mejores elementos entre los de la raza local. Estos elementos se escogen tomando los de crecimiento más rápido. Será necesario tener en cuenta, igualmente, la facultad de utilización de la alimentación artificial, la facultad de adaptación a las condiciones de vida en los estanques y la resistencia a las enfermedades. Tomando como criterio el mejor crecimiento, se tiene muchas probabilidades de escoger al mismo tiempo ejemplares que también poseen al máximo otras cualidades.

La importancia de la selección es muy grande en salmonicultura, ya que las diferencias de crecimiento están muy acentuadas entre las truchas de la misma edad. Las truchas de un verano, del mismo origen y cultivadas en idénticas condiciones, pueden tener un tamaño comprendido entre 5 y 15 cm. Las diferencias de crecimiento entre peces de la misma edad pueden deberse a causas externas (dependientes del medio), favorables o desfavorables, que es muy posible normalizar, y a causas internas, originadas por la aparición de factores recesivos, que pueden crear factores hereditarios desfavorables. La práctica de cultivos consanguíneos facilita la aparición de estos factores recesivos. Esto se remedia eliminando los descendientes cuyo nacimiento es defectuoso. Esta eliminación no tiene apenas consecuencias económicas desfavorables, ya que los descendientes son numerosos y sólo un cierto número debe ser eliminado, y el valor económico de los peces cuando son pequeños es mínimo.

En la elección de los reproductores se descartan todos los sujetos mal conformados (desviación de la columna vertebral, atrofia de los opérculos) y claramente enfermos (ciegos).

4.1.3 Reproducción

Se extrae una hembra del depósito, se seca su cuerpo para evitar que el agua escurra al barreño de fecundación. Se sujeta firmemente por la cabeza sin apretarla. Se mantiene el pez en posición muy inclinada, se ejerce una presión sobre el abdomen, bajando desde la región anterior del tronco hasta el poro genital. Si los huevos están maduros deben aparecer bajo esta presión. Se repite la operación varias veces, hasta que la hembra sea totalmente vaciada de sus huevos.

Según el tamaño de los reproductores se repite la operación en dos o cuatro hembras. Después se toma un macho y por manipulación análoga se extrae la lecha. La cara ventral del macho debe volverse hacia abajo, ejerciéndose la presión sobre todo en los flancos, mientras que en las hembras se ejerce sobre el vientre, se rocía de lecha la masa de los huevos. Los espermatozoides existentes en enorme cantidad en la lecha: 10,000 millones por centímetro cúbico (Schlenk y Kuhman, citados por Dorier). Por tanto no hacen falta mas que algunas gotas para fecundar una gran cantidad de huevos. Se puede tomar la lecha de dos machos para fecundar huevos de dos a cuatro hembras.

Se mezclan íntimamente con ayuda de una pluma de ave los huevos y la lecha, a continuación se vierte todo en un recipiente medio lleno de agua y se mueven aún rápida y cuidadosamente tres o cuatro veces con una pluma. Se deja reposar la mezcla 20 o 30 minutos.

Por causa del exceso de lecha utilizada, el agua esta lechosa. Se elimina ésta y se reemplaza en varias tomas sucesivas, hasta que los huevos se ven muy claros en agua transparente. Se aprovecha esta limpieza para eliminar los huevos defectuosos, las envolturas vacías, las diversas impurezas y principalmente los excrementos que podrían estar mezclados. Se vierten entonces en las cajas de incubación y después se extienden uniformemente con ayuda de una pluma. Los huevos se colocan en una sola capa o a veces en dos capas. A partir de este instante comienza una nueva fase.

Para la fecundación artificial se prefiere desde hace mucho tiempo el “método seco”, que permite llegar a una fecundación casi total de los huevos. En este método, éstos son recogidos en un recipiente bien seco (barreño), se añade la lecha y, solamente después de mezclarse íntimamente con una pluma de ave, se vierte todo en un barreño medio lleno de agua. La fecundación se efectúa entonces con el máximo de probabilidades de éxito.

Las presiones sobre el vientre de la hembra en plena madurez sexual, hacen salir un líquido celómico de color claro al mismo tiempo que los huevos. La fecundación se realiza mejor si este líquido se conserva en mezcla con los huevos,

puesto que favorece la movilidad de los espermatozoides, aumenta la amplitud de sus desplazamientos y prolonga su vida; la duración de ésta es aproximadamente el doble.

Dorier señala también que el líquido celómico, como otros líquidos que contienen electrolitos, pueden utilizarse para diluir la leche y que esta acción hace posible su mejor conservación a baja temperatura; así tratado, guardaría su poder fecundante durante más de dos semanas.

4.2. CULTIVO

4.2.1. Nutrición

La alimentación se proporciona en intervalos de 3 a 6 veces al día, dependiendo el estadio del pez, así como una ración diaria dependiendo la masa corporal del animal, en la mayoría de las granjas no llevan un control estricto del porcentaje de alimentación en función de la biomasa de los organismos, lo que provoca que los costos de producción se eleven sensiblemente.

Los costos de alimentación constituyen el porcentaje mayor de los costos de producción, que es aproximadamente el 60% del total de los costos en una granja de trucha común. (Klontz, G., 1991)

4.2.2. Sanidad

Dentro de la política de producción masiva de alimentos, la sanidad acuícola juega un papel importante. Las actividades se enfocan fundamentalmente hacia una política de prevención de enfermedades. Tomando en cuenta este marco de referencia, se instalaron laboratorios (sanidad) regionales en diferentes universidades.

En relación con la prevención sanitaria, el manejo y transportación de los organismos acuáticos juegan un papel fundamental.

Los problemas existentes sobre sanidad se agravan por:

- el mal manejo de la especie,
- el transporte de crías y reproductores de una entidad federativa a otra, ocasionando la transfaunación de organismos patógenos,
- la introducción de peces provenientes de otros países sin un estudio sanitario previo,
- adoptar peces silvestres como sementales sin conocer la susceptibilidad que poseen para transmitir enfermedades.

Tal vez el suceso más problemático dentro de una granja de trucha es la pérdida de población debido a enfermedades. En promedio la pérdida total de trucha desde el huevo oculado hasta alcanzar su talla comercial fluctúa entre el 45% y 55%. Las enfermedades que causan estas pérdidas se clasifican en no infecciosas e infecciosas. Las primeras son causadas en su mayoría por cuestiones ambientales, las cuales no pueden ser combatidas por los peces. Las enfermedades infecciosas son causadas por microbios patógenos tales como virus, bacterias, hongos, protozoarios y metazoarios. Es una regla general que los signos de enfermedades infecciosas por lo regular van seguidos por un cuadro, ya sea subclínico o clínico de un proceso no infeccioso. Sin embargo a la mayoría de los productores y patólogos parecen preocuparles más las enfermedades infecciosas. Tal vez esta presentación servirá para cambiar algunas opciones.

Enfermedades no infecciosas

1. Enfermedades Fisiológicas:

- El estrés
- Enfermedades de las branquias
- Nefrolitiasis
- Enfermedad de la Fresa
- Enfermedades

2. De las enfermedades Psicológicas:

- Mordedura de aletas
- Dolor de espalda

3. Enfermedades Físicas:

- Electrocción
- Enfermedades Traumáticas
- Sestonosis
- Quemadura de sol o espalda pelada

4. Enfermedades Químicas:

- Botulismo
- Toxicidad por Metales Pesados
- Enfermedades de la sangre café
- Hipoxia
- Anoxia
- Toxicidad por herbicidas, pesticidas y otros componentes orgánicos.
- Enfermedad de la Burbuja de gas
- Toxicidad de Cianidos
- Supersaturación del oxígeno
- Toxicidad Terapeutas

Enfermedades Infecciosas

1. Enfermedades virales
2. Enfermedades Bacterianas
3. Enfermedades Micóticas
4. Enfermedades de Protozoarios
5. Enfermedades de Metazoarios

A continuación se mencionan algunas de las enfermedades y síntomas que presentan las truchas.

Estrés

Es una respuesta fisiológica compleja a una condición ambiental. Los efectos causales de una respuesta aguda al estrés (de corta duración) forman parte de las actividades diarias, tales como el inventario de la población, limpieza de los estanques, la transportación y la administración de productos químicos utilizados en procesos infecciosos. Los factores comunes a una respuesta crónica al estrés (de larga duración) son la densidad de la población, y la calidad del agua; por ejemplo el amoníaco y el nitrógeno, los contaminantes de bajo nivel tóxico y la hipoxia.

El principal problema clínico de una respuesta al estrés es la hiperactividad. Fisiológicamente existen muchas alteraciones. Las principales son: la alta pérdida intrarenal del ácido ascórbico, el incremento del cortisol circulatorio, el paro de la actividad renal e intestinal, la hemoconcentración, la leucocitosis y un implemento en la sangre. Esta respuesta es una reacción de alarma. Al quitar del sistema al causante del estrés, las actividades fisiológicas regresan a su estado original.

Enfermedades branquiales.

Esto se da en los estanques y **raceways** de las unidades de producción, y es uno de los factores que más limitan la producción de peces. Los cuadros subclínicos a menudo son muy difíciles de detectar debido a su ataque insidioso. Los cuadros clínicos, especialmente aquellos que se complican por patógenos secundarios y oportunistas, son frecuentemente dramáticos en términos de mortalidad. Este síndrome es un proceso que debilita más al pez que lo que lo mata.

Este es el aspecto que hace el proceso de esta enfermedad ser económicamente muy significativa. No existe tratamiento específico recomendado.

Nefrolitiasis.

Es una condición de inflamación crónica en que el calcio y otros minerales se depositan en los uréteres y en las nefronas. Este problema es común en aguas altas en dióxido de carbono y fosfatos. El único signo manifestado es la exoftalmia bilateral. No existe tratamiento alguno.

Enfermedad de la fresa:

Es una enfermedad no delimitante de la trucha arcoiris. Se caracteriza por áreas rojas delimitadas en la piel. Éstas aparecen primeramente debajo de la línea lateral posterior a la aleta dorsal. La cantidad de peces enfermos (mortalidad) es por lo regular entre el 10 y 15%. La condición es más frecuentemente captada durante la comercialización de las truchas. Queda descartado para la venta por lo que existe preocupación desde el punto de vista económico (Klontz, 1991).

Una mala alimentación nos lleva a tener problemas con enfermedades, las más comunes son causadas por bacteria, hongos y parásitos, En la Figura 15 se observa que el Estado de México tiene un alto índice de bacteria y parásitos, y en la figura inferior derecha nos demuestra que tiene una dieta de alimentación baja, es decir que no están manejando los factores de nutrición adecuados.

Prevención: La prevención se logra separando los lotes de la enfermedad y colocándolos en estanques libres de la fase infectiva y recipientes intermedios.

Se debe desinfectar el laboratorio de incubación e instrumentos antes y después del uso. Se pueden utilizar "Bactosain" a una proporción de 1:5,000. Esta disolución se emplea también para la desinfección de artes de pesca.

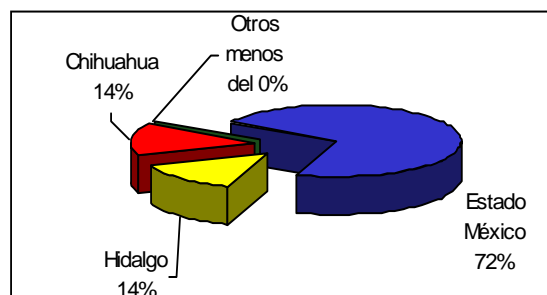


Figura 15. Proporción de enfermedades parasitarias en diferentes estados (Fuente: Encuestas de la DGIA)

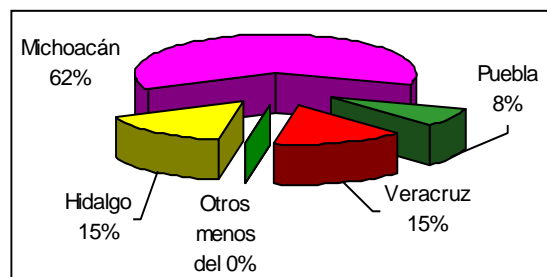


Figura 16. Proporción de enfermedades causadas por hongos en diferentes estados. (Fuente: DGIA).

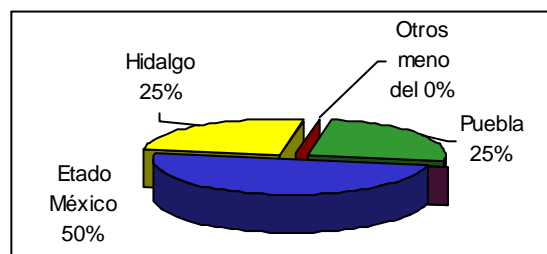


Figura 17. Proporción de enfermedades bacteriológicas en diferentes estados (Fuente: DGIA)

Para estanques de concreto, se aplicará cal viva en dosis de Kg./m² durante tres y cuatro semanas, después se eliminará la cal con agua.

Las drogas más utilizadas para la prevención y el control, son la furazolidona (furoxona), benomyl y furamicina, pero en general, no existen drogas que prevengan la infección

4.2.3. Investigación y desarrollo tecnológico

Este tipo de problemas son quizá los que mayor efecto tienen sobre el desarrollo de las pesquerías, ya que la carencia de estudios técnicos, que definan con precisión el potencial pesquero de un cuerpo de agua, son la causa primordial de un usufructo inadecuado. Asimismo, producto de lo anterior, se ha carecido sistemáticamente de esquemas de planeación que permitan ordenar a tiempo un recurso, razón por la cual son mínimos los embalses que soportan pesquerías bien organizadas y productivas.

La dispersión en que se encuentra la información generada por las pesquerías derivadas de la acuicultura y centros de Investigación, propicia un desconocimiento del nivel de explotación en el que se encuentran éstas, razón por la cual se dificulta la estimación de la contribución que dichas pesquerías tienen para la economía nacional.

4.2.4. Aspectos de mercado

El éxito de la producción de trucha es producir el pez correcto en el tiempo correcto. Esto es un gran problema para el pequeño productor (piscicultor), generalmente después de estar un año dentro de este negocio, el productor debe realizar funciones en las cuales no tiene experiencia, como la comercialización.

Un común denominador en casi todo el país es la poca transformación que se hace de los productos con miras a incrementar su precio unitario añadiéndole un valor agregado. Esto se presenta como una alternativa para el comercio más que como un fin en sí mismo: esto es, que derivado del intermediarismo en el que se ven envueltos los productores, ven condicionada la compra de su producto a las características que convengan al comprador, propiciando dos situaciones claramente identificadas: a) el piscicultor vende barato su producto y el comprador lo vende caro al mercado y b) el producto debe filetearse con la merma correspondiente, tanto en peso como valor.

La trucha arco iris es muy perecedera, el promedio de vida de anaquel de una trucha enhielada es de 48 a 72 horas antes de que tenga un sabor privativo. El servicio directo (que puede ofrecer un pequeño productor) tiene una ventaja

entre los problemas que enfrentan los grandes distribuidores de trucha, llamado control de calidad después de que el producto sale de la planta de procesamiento.

4.2.5. Impacto ambiental

Indudablemente que esta alteración es más evidente en aquellos cuerpos de agua que reciben la influencia de las descargas de aguas negras o grises procedentes de zonas urbanas o industriales.

Las plantas procesadoras y los corredores industriales son las dos principales causas de descargas de aceites, plaguicidas agrícolas, metales pesados, principalmente el plomo y cromo y polifosfatos en forma de detergentes.

La contaminación física es un mal generalizado, producto de una deficiente educación, ya que prácticamente todos los repertorios son grandes botes de basura donde son arrojados botes de lata y plástico, botellas de vidrio, llantas, etc. (Olmos, T.E., 1990)

Como es sabido, la trucha arco iris es una especie que no podría vivir en condiciones inadecuadas, ya que vive en agua claras y sin contaminantes, aguas limpias especialmente provenientes de manantiales, y debe tenerse cuidado de que no sean contaminadas con los plaguicidas usados en las zonas de agricultura. No sólo debemos tener en cuenta la calidad de agua que entra, sino que también la calidad del agua que sale, para no contaminar e impactar el ambiente donde es vertida, esto especialmente cuando se utilicen medicamentos en posibles enfermedades de los peces o cuando en el agua se tenga una gran cantidad de materia orgánica.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, H.P., y Noriega, C.P. 1988. La trucha y su cultivo. Fondepesca. Secretaría de Pesca. México. 60 p.
2. Aguilera, H. P. 1985 La trucha y su cultivo, México, D.F. 60 p.
3. Bardach, J.E., J.H. Ryther and W.O. Mc. Larney, 1972. Aquaculture: The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. Wiley-Interscience. New York. 868pp.
4. Bastardo, H. y Coché, Z. 1988. Manual técnico para el cultivo de truchas en Venezuela. FONAIAP. Venezuela. 79 p.

5. Jiménez, G.F. et al. Sanidad Acuícola: (Manual Introducción a la Sanidad Acuícola) FONDEPESCA, U. A. N. L. 261 p.
6. Kafuku, T. And H. Ikenave. 1983. Modern Methods of Aquaculture in Japan. Elsevier, Amsterdam. Kodansha, Tokio.
7. Klontz, G. W., 1999. Producción de trucha arcoiris en Granjas Familiares. El Pedregal. Silver Cup. 88p.
- 8. Klontz, 1991**
9. Klontz, G., Dawney, P. y Focht, R. 1979. Manual para la producción de trucha y salmón. University of Idaho, U.S.A. 43 p.
10. Imaki, A. 1987. Introducción a la crianza de trucha arcoiris. JICA. Japón. 79 p.
11. Leitritz, E. and R.C. Lewis. 1976. Trout and Salmon Culture Fish bulletin 164. State of California Department of Fish and Game, USA.
12. Lozano G., Silvia. 1998. El marco teórico y práctico de la Acuicultura Mexicana. Tesis de Maestría. UNAM. Facultad de Ciencias. División de Estudios de Posgrado.
13. Mous, B.J. and P. Dahlstrom. 1978. Freshwater Fishes of Britain and Europe. Collins. London.
14. Olmos, T. E. 1990. Situación Actual y Perspectivas de las Pesquerías Derivadas de la Acuicultura. Secretaría de Pesca. México, D.F. 77 p.
15. Pérez H., Juan A. 1998. Situación actual del cultivo de trucha arcoiris en México. Seminario Interamericano: Reproducción y cultivo de peces marinos y dulceacuícolas. SEMARNAP-México.
16. Ruíz Durá, M.F. 1982. Desarrollo embrionario de la trucha arcoiris como aporte a la tecnología y su cultivo. Revista Latinoamericana de Acuicultura. UNAM Facultad de Ciencias Departamento de Biología. 16-22 p.
17. Rosas, M.M. 1976. Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Secretaría de Industria y Comercio. Instituto Nacional de la Pesca. México. 135 p.

18. Ruiz Campos, G. 1989. Repoblación natural trucha arco iris (*Salmo gairdneri* Nelson) en un transecto del arroyo San Rafael, Noroeste de la Sierra San Pedro Mártir, B.C. México. *The South western naturalist*. 34: 552-556.
19. Ruiz Campos y Cota Serrano, P. 1992. Ecología alimenticia de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss nelsoni*) del arroyo San Rafael, Sierra San Pedro Mártir, B.C. México. *The South western naturalist*. 37:552-556.

20. Schlenk y Kuhman, citados por Dossier

21. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero del Gobierno del Estado de Veracruz. Tomo II Diagnóstico, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero del Gobierno del Estado de Veracruz, Dirección General de Pesca, Veracruz, Ver., México.
22. Secretaría de Medio Ambiente, recursos Naturales y Pesca. 1991. Ley de Pesca y su Reglamento. México, D.F. 113 p.
23. Secretaría de Pesca. 1986. Piscicultura de Agua Dulce (Manual recetario de bagre, carpa, tilapia y trucha). Subsecretaría de Fomento Pesquero. Dirección General de Acuacultura, México, D.F.
24. Secretaría de Pesca 1994. Cultivo de Trucha arcoiris 37 p.
25. Sepesca, 1990-1992. Anuario Estadístico de Pesca. 40-41 p.
26. Sepesca, 1999. Anuario Estadístico de Pesca. 19, 38,41, 42, 47, 55, p.
27. Tapia, V. V. 1997a. Truchas de Malinalco, S. A. de C. V. Rev. Panorama Acuícola, vol. 2, No. 1, nov./dic. 26 p.
28. Tapia, V. V. 1997b. Segundo Foro Regional de Truticultores. Rev. Panorama Acuícola, vol. 3, No. 1, nov./dic. 26 p.
29. Tawara, Y. 1987. Aquaculture Organisms of the World. Kanagawa International Fisheries Training Centre. Japan, International Cooperation Agency (JICA) 235pp.
30. Thoesen, J. (Ed.). 1994. Suggested producers for the detection and identification of certain finfish and shellfish pathogens. 4th ed. Fish Health Section, American Fisheries Society. Bethesda, M.D. U.S.A.
31. Wolf, K. 1988. Fish viruses and fish viral diseases. Cornell University Press. Ithaca, N.Y. 476 p.

X. TILAPIA

*Hidrobiól. Felicitas Sosa Lima, M.V.Z. Álvaro Vásquez García, M. en C. Luz Ma. Torres Rodríguez
Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca*

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura que se realiza en México gira alrededor de pocas especies, en su mayoría introducidas. La mayor parte de los cultivos que se han desarrollado en nuestro país son del tipo dulceacuícola. Es evidente que aún cuando la actividad ha tenido un desarrollo, este ha sido lento y poco eficiente, debido principalmente, a la variedad de dificultades inherentes a la misma, como lo son: las deficiencias de orden técnico, ambiental, legal y financiero, sin contar con la dependencia que tiene esta actividad a insumos externos para su producción y al poco apoyo dado a la promoción de la organización social eficiente de forma permanente en el medio rural, por lo que existe la necesidad de la realización de un diagnóstico del estado en que se encuentra el cultivo de las tilapias, tomando en cuenta los puntos anteriores.

2. ANTECEDENTES

El cultivo de la tilapia se inició en México en 1964, con la importación de los primeros ejemplares procedentes de la Universidad de Auburn, Alabama, EUA, las cuales fueron depositadas en la estación piscícola de Temascal, Oaxaca (Morales, 1974). Las especies introducidas en ese año fueron identificadas como: *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus* y *O. aureus*, las cuales fueron distribuidas ampliamente en una gran cantidad de cuerpos de agua naturales y artificiales en la zona tropical y templada del país, constituyendo así las primeras acciones de fomento para su cultivo (Arredondo, 1983).

Después de ser mantenidas por lotes en una etapa experimental dentro de la estación piscícola de Temascal, Oaxaca, se introdujeron en el centro piscícola junto a la Presa Miguel Alemán, Oaxaca. Dos años después había en la presa numerosos ejemplares de talla y peso comercial, principalmente de *T. Niloticus*, lo que provocó que la tilapia se convirtiera en una importante pesquería en un tiempo relativamente corto. Además, con el transcurso de los años se corroboró su gran resistencia y adaptabilidad al medio, (reflejados en los procedimientos sencillos de cultivo), que han hecho que el recurso sea considerado actualmente como uno de los más importantes de la piscicultura mexicana (México. Secretaría de Pesca, DGA. 1982a).

Después de la introducción de las tilapias en la presa de Temascal, éstas fueron introducidas en varios embalses, aunque se desconoce si para ello mediaron estudios previos toda vez que no existe información publicada, pero en algunos de aquellos embalses varios años después, surgieron pesquerías muy importantes, siendo como primera gestación la presa de Temascal, Oax. (100 Km²), donde se inició la pesquería en el año de 1971, alcanzando su mejor momento en 1975 cuya captura alcanzó las 6,000 t, para después disminuir hasta poco más de mil toneladas en 1980 (Tabla 1) (Cabrera, et al. 1984) .

Tabla 1. Desarrollo de la pesquería de tilapias (presa Miguel Alemán), Temascal, Oaxaca (miles de toneladas).

Años	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Prod.	0.03	1.50	3.20	3.82	6.25	4.87	2.45	1.27	1.57	1.10

Fuente: Cabrera, et al. 1984.

Lo anterior es importante ya que a partir de la explotación en la presa de Temascal, se consideró posteriormente la producción pesquera para los demás embalses, bajo el concepto de "pesquerías derivadas de la acuacultura", porque para mantener la pesquería se mantienen sus poblaciones por siembras de peces que se reproducen y crecen a talla mínima (7 cm), en los centros piscícolas del Gobierno Federal y estatales.

Otra pesquería derivada de la siembra original, se estableció en la Presa del Infiernillo (350 Km²), se inició en 1972, en 1983 producía casi 14,000 t. anuales y por tanto se ubicó como la pesquería más importante de las aguas epicontinentales, asimismo, la construcción de nuevas presas de gran volumen permitió un impulso considerable para la producción de tilapias en años posteriores (Cabrera, op cit.).

Posteriormente en 1978, se introdujo la tilapia del Nilo (*O. niloticus*), en el mismo sitio procedente de Panamá, Centro América. En 1981, se implementaron programas de reproducción controlada en jaulas flotantes con la llegada al país de la tilapia roja *Oreochromis mossambicus* y *O. urolepis hornorum*, distribuyéndose en los centros acuícolas de Zacatepec y el Rodeo, Morelos, provenientes de EUA a través de la empresa Natural Systems, ubicada en Palmeto, Florida. (México. Secretaría de Pesca, 1994).

A pesar de todo, el cultivo había permanecido limitado hasta 1981, en ese mismo año el estado mexicano estableció un contrato por 1.3 millones de dólares, con proyección hasta los 5 millones de dólares con una compañía radicada en Florida, E.U.A., para la adquisición de tecnología y algunos insumos necesarios dirigidos al cultivo de un híbrido basado en la cruce de tilapias *Sarotherodon mossambicus* (rosado) y *S. hornorum* (negro), después se inició un programa ambicioso para cultivos en jaulas, efectuándose en 1982 gran inversión para expandir el cultivo en diversos sitios del país, muchas veces sin contar con la información científica básica necesaria (Cabrera, op cit.).

Lo anterior se da en el marco del sexenio 1976 - 1982, que implementa el programa Sistema Alimentario Mexicano (SAM), donde intervinieron los siguientes recursos: carpas, truchas, bagres y tilapias, con los cuales se pretendió reorientar el desarrollo acuícola hacia los conceptos de satisfacción de requerimientos alimenticios de las zonas marginadas en forma conjunta con la acuicultura industrial. Se escogen a las tilapias como especies prioritarias por presentar gran resistencia a cambios ambientales y enfermedades, crecimiento rápido, alto índice de fecundidad, reproducción precoz, bajo costo de instalaciones para su cultivo, dominio de la biotecnología, y de buen sabor y aceptación en el mercado (Zarza, 1982).

Dentro del programa SAM, la acuicultura en México retomó de la ganadería varios conceptos como los de "zootecnia" y "unidades de producción", basados en jaulas, bordos, estanques y encierros, donde implicaban el manejo de forrajes y fertilizantes, hidrotecnología, sanidad y la siembra a una talla determinada (7 cm para tilapias); además aquí se conceptualiza a la zootecnia acuícola (aguas continentales, salobres y marinas) como una ciencia de la producción de los animales domésticos, donde se aplican la interrelación dinámica entre la especie cultivada y los parámetros hidrotecnológicos, así como su nutrición y sanidad; para su realización se consideran aspectos económicos, dentro del marco de la Ingeniería Acuícola, capacitación e Investigación con énfasis a la Producción (Zarza, 1982). También de la ganadería a nivel industrial como era ya en aquel tiempo la avicultura, se adapta el concepto de "piscifactoría" o "acuicultura a nivel industrial".

Al término de 1982, la acuicultura extensiva y la pesca de la tilapia estaban rindiendo beneficios importantes, debido a que el cultivo intensivo artesanal aún rendía beneficios netos, pero era una esperanza importante, en virtud de ser millares las personas beneficiadas con la pesca de la tilapia, el procesamiento, el comercio y el consumo, por otro lado, para algunas regiones había resultado un activador económico de consideración, porque la producción nacional de tilapia se encontraba en ascenso, asimismo se estimaba que los beneficios se veían incrementados proporcionalmente (Cabrera, op cit.).

En 1986 la primera línea roja de *Oreochromis niloticus* llega a México, procedente de la Universidad de Stirling, Escocia, especie que se introdujo en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del INP, Unidad Mérida, de donde fue distribuida a varios centros de la entonces Secretaría de Pesca (ahora la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP). A partir de 1987 el Gobierno a través de la Secretaría de Pesca, gobiernos de los estados y algunos productores privados introducen nuevas variedades como la tilapia híbrido rojo, procedente de Puerto Rico, la tilapia blanca (Rocky Mountain), traída de los EUA, y la *Oreochromis aureus* procedente de Cuba, entre otras.

3. SITUACION ACTUAL

No obstante que el cultivo de las tilapias y su gran éxito reproductivo contribuye al desarrollo de áreas rurales, factores como su precocidad y el enanismo derivado de la sobrepoblación, han constituido la principal limitante para un mayor desarrollo de este recurso, tal problemática ha obligado a desarrollar diversas estrategias para el control de la reproducción.

La tilapia en México ofrece una mejor alternativa para su cultivo. Tomando en cuenta las experiencias de los piscicultores mexicanos que indican que las especies que se utilizarán en los sistemas de cultivo en el futuro, serán aquellas que ofrezcan las siguientes características:

- Una buena tasa de crecimiento a distintos intervalos de temperatura,
- Con un intervalo amplio de resistencia a enfermedades,
- Atractivas para el consumidor,
- Que sean especies micrófagas que reduzcan los costos de alimentación y ofrezcan una buena rentabilidad económica y financiera a las unidades de producción.

Tomando en cuenta lo anterior la tilapia es una especie que cumple con estos requisitos y según los datos del Anuario Estadístico de Pesca para 1999, la tilapia se encuentra en el segundo lugar del volumen de la producción de acuacultura en peso vivo, participando con 66,330 toneladas, lo que corresponde sólo a 1,245 toneladas a la acuacultura en sistemas controlados (Tabla 2).

La Figura 1 muestra la participación de la acuacultura de tilapia, siendo el 91.10% (66,330 toneladas), para el año de 1999, que si la comparamos con la producción de acuacultura del camarón es alta, ya que ésta sólo participa con el 30.46% de su producción nacional.

La producción de la tilapia en general se ha incrementado notablemente en los últimos años, esto se puede analizar en la Figura 2, que muestra la produc-

Tabla 2. Volumen de la producción de tilapia por acuacultura en peso vivo, por modalidades de cultivo, en 1999.

Sistema controlado	Pesquería acuacultural	Total (toneladas)
1,245	65,085	66,330

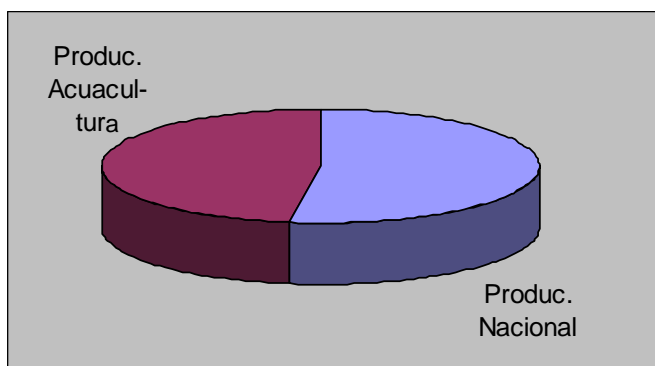


Figura 1. Participación de la acuacultura de tilapia en la producción pesquera anual (Toneladas), 1999.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, 1999.

ción de los últimos diez años (1990-1999). El valor registrado más alto se observa en 1990, con un total de 83,788 toneladas y el valor más bajo se obtuvo en 1999 con 66,330 toneladas anuales.

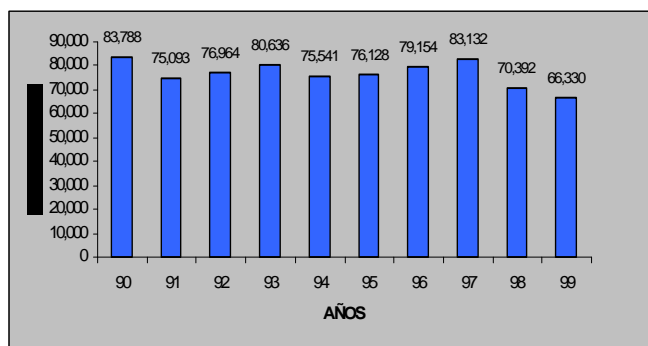


Figura 2. Serie histórica de la producción de tilapia en peso vivo (Toneladas).

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, 1999.

El establecimiento de la tilapia en cuerpos de agua diversos ha permitido disponer de fuentes de proteína y generación de empleos, derivado de las pesquerías en las entidades federativas. Sin embargo, las cifras oficiales de captura son aproximadas, ya que no se incluye la captura en cuerpos de agua pequeños que no tienen control ni registro pesquero.

Las principales entidades federativas productoras de tilapia registradas en el Anuario Estadístico de Pesca en 1999 muestra que el estado con mayor producción es Veracruz con un total de 20,956 toneladas, como se observa en la Figura 3, siguiendo Tabasco con 8,808 toneladas.

3.1. PROPAGACIÓN

Haciendo un análisis sobre la base de los planes ejercidos por sexenio en Unidades de Producción Acuícolas (UPAs) de tilapias se tiene que en el sexenio de 1976 – 1982, hubo un incremento en la creación de unidades, por medio de los proyectos gubernamentales, con influencia del auge petrolero. Durante 1982–1988, a pesar de la crisis económica existente aumentó la producción pero disminuyó el número de unidades de nueva creación. En el sexenio 1995-2000 se presenta un incremento de nuevas unidades para las tilapias. Figura 3.

La adaptación de la tilapia en nuestro país es amplia, principalmente en zonas cálidas. Su cultivo se encuentra en todo el país excepto en el Distrito Federal, en el que se encuentra como pez de ornato.

Su adaptabilidad en nuestro país se debe a que tiene un amplio rango de cultivo con respecto a los factores físicos y químicos del agua, así como a los ambientales. Tiene una produc-

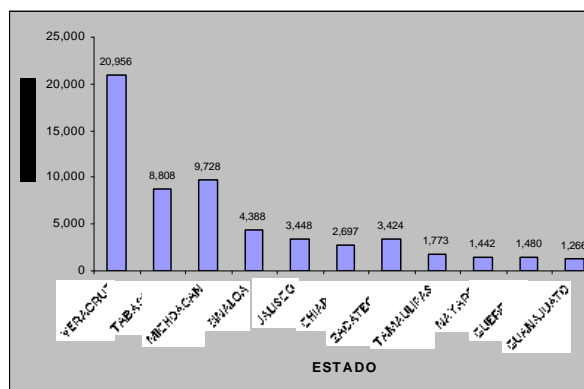


Figura 3. Principales entidades productoras de tilapia en 1999.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, 1999.

ción elevada con respecto a otras especies ícticas de agua dulce.

La figura 4 representa el volumen de la producción de tilapia mensual en peso vivo registrado en el año de 1999. La producción de la tilapia se incrementa en los meses de enero a marzo con 7,740 toneladas y el mínimo registro se observa en el mes de septiembre con 5,342, lo cual no es una diferencia extremosa, e indica que esta especie se encuentra todo el año en el mercado y a un precio accesible.

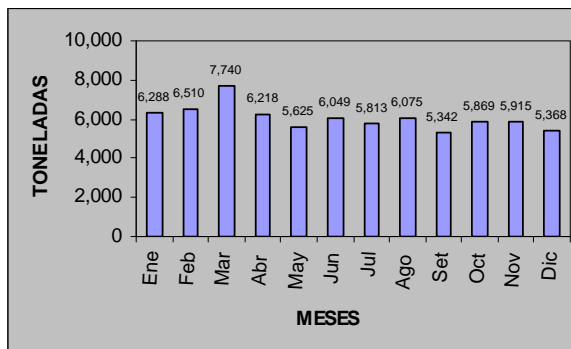


Figura 4. Unidades de Producción Acuícola (UPA's) de tilapia en el periodo de 1978 a 1998.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, 1999.

3.2. CULTIVO

3.2.1. Biología

Tamaño máximo: 50 cm, 6.4 kg

Tamaño Comercial: alrededor de 700 g.

Alimento en su hábitat: Son peces omnívoros, se alimentan del plancton.

Ciclo de vida

Temporada de desove: El pez comienza a desovar una vez que la temperatura del agua alcanza de los 19 a los 20°C.

Terreno de desove: El macho hace un hoyo en el fondo del estanque de 30 a 90cm de profundidad.

Desove en su hábitat: La hembra deposita los huevos en el nido, y el macho deposita el esperma. De esta manera se realiza la fertilización, de 3 a 5 días después ocurre la eclosión.

Condiciones de desove: Temperatura óptima del agua de 20 a 35°C.

Frecuencia/Fecundidad: De 100 a 1,000 huevos desova una hembra de más de 3 años de edad.

Naturaleza del huevo: 1.75 a 2.0 mm de diámetro.

Periodo de Incubación: Generalmente el intervalo del desove es de 22 días.

Alevín: La longitud total de las crías recientes es de 6 a 8mm.

3.2.2. Reproducción

La reproducción de crías de tilapias, involucra realizar las siguientes etapas (Secretaría de Pesca, México. 1982a).

- a) Elección de la especie a cultivar y su fuente de obtención.
 - Se determina la o las especies a cultivar según las características genéticas deseables.
 - Se determina a través de estudios la fuente de obtención de los reproductores.
 - Se define la cantidad de hembras y machos, tallas, pesos y edades de los reproductores.
 - Determinación sobre la base de los recursos disponibles, el tiempo y distancia del lugar de obtención de los reproductores a la piscifactoría, el medio y tipo de transporte de los mismos.
- b) Obtención y traslado de reproductores.
 - La preparación de los estanques necesarios para la recepción, adaptación aclimatación de los reproductores (cuarentena).
 - Se preparan los recursos y medios necesarios para la transportación de peces.
 - Obtención de los reproductores, según la fuente elegida.
 - Introducción y traslado de los peces en los depósitos de transportación elegidos.
 - Obtención de los reproductores según la fuente elegida.
 - Introducción y traslado de los peces en los depósitos de transportación.
- c) Recepción, adaptación, y aclimatación de reproductores (cuarentena).
- d) Segregación por sexos (sexado) y selección genética.
- e) Formación de lotes de reproductores.
- f) Período de reproducción (desove y fecundación), incubación, eclosión del huevo y absorción del saco vitelino.

Los períodos se llevan a cabo de manera natural, sin que esto signifique que no se deba de ejercer ningún tipo de manejo, por el contrario, estos periodos están íntimamente interrelacionados con la alimentación, parámetros fisicoquímicos, sanidad, densidad de cargas y otros aspectos en que se maneja a los repro-

ductores, por tal motivo los cuidados que deben tenerse con éstos, una vez que fueron introducidos en las áreas para su apareamiento, deben ser muy estrictos.

Por regla general, en condiciones óptimas la incubación de los huevecillos tarda aproximadamente de 3 a 4 días (eclosionando del huevo), la cría tarda de 4 a 6 días en absorber totalmente su saco vitelino (alevín de 1 a 1.5 cm de longitud), éste se independiza de los cuidados paternos, sube a la superficie del agua y nada en cardúmenes compactos, momento en que deben ser recolectados porque se corre el riesgo de que éstos después bajen al fondo del estanque y sean depredados por sus propios padres.

3.2.3. Instalaciones de cultivo

Estanque de crías: Tienen un área que va de 100 a 152 m².

Estanque de incubación: Con un área de 500 a 750m² y una profundidad de 100cm.

Incubación: Los peces se incuban en la boca de la hembra.

Crianza de alevines: Es el momento para capturar a los reproductores y liberarlos en otro estanque (los estanques para fresas o huevos son usados como estanques de crianza).

3.2.4. Alimentación

Los alevines se alimentan de fitoplancton y zooplancton, el alimento principal de los peces de más de 7cm se compone de fitoplancton, algas y algunos vegetales del fondo. Cuando los alevines crecen a 5cm de longitud total, la cantidad de alimento deberá incrementarse para prevenir el canibalismo.

Condiciones del agua: La temperatura del agua puede estar entre los 20 a 30°C (Tabla 4).

Tamaño de la especie:
Es posible liberar a las crías con los alevines en el mismo estanque de crianza.

3.2.5. Crecimiento

En un mes las crías crecen de 3 a 4 cm de longitud total, el crecimiento de las

Tabla 4. Parámetros de la calidad del agua para las tilapias

PARAMETRO	OPTIMO	LIMITES
Temperatura °C	24 a 29	>22 y <32
Oxígeno (mg/l)	<5	>3
CO ₂ (ppm)	<30	<50
Salinidad (%)	<20	<20
pH	7.5	>6.5 y <8.5
Turbidez	25	<30
Amonio (ppm)	0.1	<0.1
Nitritos (ppm)	4.6	<5

semillas es de 8 a 10 cm de longitud del cuerpo en los invernaderos, durante el invierno en México.

3.2.6. Engorda

- *Instalaciones de cultivo:* Estanques de engorda con una área superior a los 200m².
- *Alimentación:* La cantidad de alimento a suministrar es de 5-10 % del peso del cuerpo del pez por día.
- *Condiciones del agua:* La temperatura es de 20-35°C.
- *Índice de Stocking:* 10-13 peces/m².
- *Producción:* Agua estancada en el estanque de 1.5 a 2.0kg/m².
- *Corriente del agua en el estanque:* de 10 a 12kg/m².
- *Jaula:* de 15 a 20kg/m².
- *Uso:* Consumo Humano.

3.2.7. Sistemas de cultivo

- Extensivo
- Semi-intensivo
- Intensivo

Infraestructura usada para el cultivo:

- Bordos
- Estanquería rústica
- Estanquería de concreto
- Jaulas

El sitio de cultivo determinará la forma del cultivo es decir su intensidad, la cantidad de energía que se introduce al sistema (alimento, infraestructura y esfuerzo horas hombre).

Sistemas extensivos:

Generalmente realizado en presas y lagunas, en algunas regiones del país se practica en microembalses, pues las tilapias presentan plasticidad ecológica, hábitos alimenticios rústicos y rápido crecimiento. (Hernández - Avilés, et. al. 1992).

Este modelo tecnológico es el más simple de todos y consiste en la distribución e introducción de crías de diferentes especies de tilapia en los grandes cuerpos de agua mayores de 10,000 ha, y en numerosas presas de mayor tamaño a lo largo y ancho de la República Mexicana. A esta actividad se le ha dado el nombre de Acuicultura de Repoblación y de acuerdo con el criterio de FAO

(1995), corresponde a pesquerías derivadas de la acuacultura, ya que una cosecha en este caso, es el resultado de la actividad pesquera, es decir, cuando los organismos acuáticos en su condición de bien común, pueden ser explotados por cualquier persona con o sin la respectiva licencia. Si bien para propósito de la estadística pesquera nacional, se suma la captura y se inserta en el rubro de producción por acuacultura, la intervención del hombre sólo se limita a la siembra, por lo que no se llevan a efecto y otros aspectos propios de la acuacultura como son la fertilización, alimentación y control de depredadores, entre otros.

El sistema extensivo también se practica en un gran número de cuerpos de agua con una amplia variedad de ambientes limnológicos, que reciben diferentes nombres dependiendo de su ubicación geográfica y de su origen, tales como bordos temporales y permanentes, estanques, jagüeyes, ollas de agua, cajas de agua y charcas temporaleras, en los que se captura el 90% de las principales especies que conforman las pesquerías de aguas epicontinentales, entre las que se destacan las tilapias (Arredondo, et al. 1992).

En estos cuerpos de agua y en los grandes embalses o presas las llamadas "pesquerías derivadas de la acuacultura", fundan su importancia en el hecho de que su explotación apoya el desarrollo socioeconómico de numerosos grupos sociales dedicados a la pesca y esta fase del trabajo pesquero ocupa el mayor número de acuacultores de México (Juárez, 1989).

Densidades.

Morales (1991) manifiesta que en forma común en una explotación acuícola existen las áreas de reproducción, crecimiento y engorda. A medida que pasa el tiempo, los cultivos tienden a especializarse, pues en virtud de que la SEMARNAP a través de sus centros acuícolas y algunas piscifactorías privadas, donan y venden crías a talla mínima para engorda (7 cm), se evitan los estanques de reproducción y crecimiento, contando solamente con los de engorda.

En los estanques de reproducción, la densidad de siembra debe ser de dos hembras por cada macho por metro cuadrado.

En los estanques de crecimiento, se introducen de 50 a 65 crías por metro cuadrado, dependiendo de la cantidad de agua de que se disponga, así como del alimento a suministrar, de esta densidad de siembra se calcula la colecta de un 70% de lo introducido (que también dependerá del cuidado y vigilancia de los estanques). A los dos meses de la siembra, los peces ya juveniles deben tener tallas promedio de 7 a 10 cm y pesar de 20 a 30 grs.

A los estanques de engorda se introducen peces juveniles ya sexados (machos o hembras por separado), con tallas de 7 a 10 cm, en número de 4 a 8 por

metro cuadrado (dependiendo de la cantidad de agua y alimento disponible); con estas densidades en los siguientes cuatro meses los peces deberán alcanzar pesos promedios de 2 a 3 g/día, de tal manera que en 120 días logren 220 a 270 g o más de peso, listos para su cosecha y venta.

Sistemas intensivos y semi-intensivos:

Estos sistemas son realizados en cuatro diferentes tipos de infraestructura (Secretaría de Pesca, 1994c):

- a) Cultivo en estanques rústicos. Son recintos de agua poco profundos, contruidos con tierra, utilizada para el cultivo controlado de peces instalados de tal forma que pueden ser de fácil vaciado.
- b) Cultivo en jaulas flotantes.- Se puede definir como la engorda de peces en altas densidades, desde estadios juveniles hasta tallas comerciales en un área restringida y delimitada por mallas que permiten el libre flujo del agua.
- c) Cultivo en tanques.- Consiste en realizar la engorda en estructuras metálicas recubiertas de material epóxico, de fibra de vidrio o concreto, de forma variable y con un gasto de agua elevado.
- d) Cultivo en canales de flujo rápido. Es menos intensivo que el cultivo de tanques, aquí las estructuras contenedoras son de forma lineal (canales), que requieren ser de concreto o material resistente a la fuerza del agua, que circula por gravedad en altos volúmenes.

Cultivo Semi-intensivo

Este tipo de cultivo es aplicado en nuestro país desde la década de los 80's, se practica en cuerpos de agua pequeños y estanques. Las modalidades utilizadas son el monocultivo, el bicultivo y el policultivo.

En todos los casos las poblaciones cultivadas corresponden básicamente a las especies de *Oreochromis niloticus*, *O. aureus* y *O. mossambicus*, además de algunos híbridos y otras líneas de reciente introducción como mossambica roja, nilótica roja, nilótica blanca y aurea azul. En el monocultivo se manejan densidades de 4 a 6 organismos por metro cuadrado; algunas veces despues de los 7 a 8 cm se puede determinar el sexo y se practica el cultivo monosexado (preferentemente machos) y se llevan a una talla comercial de 250 a 300 g. Los rendimientos acuícolas en promedio van de 1 a 4 toneladas por hectárea en 8 a 10 meses de cultivo, dependiendo de las condiciones ambientales, la experiencia del productor y del manejo de las diversas actividades acuícolas. La fertilización y la alimentación suplementaria es una constante en este tipo de cultivo y la mortali-

dad depende del manejo y la calidad del agua, del cuidado en la alimentación y de la aplicación correcta de los fertilizantes.

En el bicultivo la tilapia se cultiva en conjunto con el langostino gigante de *Malassia Macrobrachium rosenbergii*. Y en el sistema de policultivo se realiza en combinación con algunas especies de carpas, como la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idellus*, la carpa plateada *Hypophthalmichthys molitrix*, la carpa cabezona *Aristichthys nobilis* y la carpa común *Cyprinus carpio* entre otras.

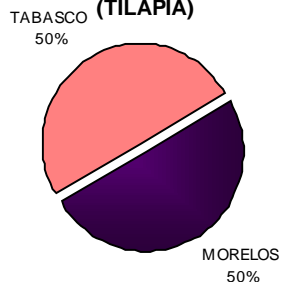
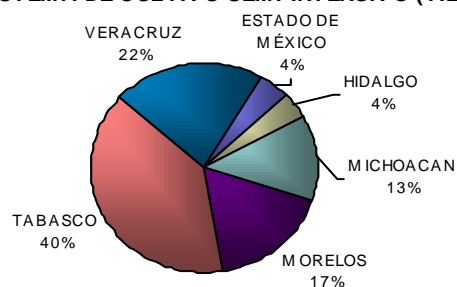
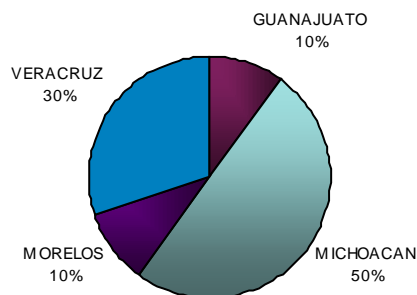
Cultivo Intensivo

Este tipo de cultivo es practicado en estanques, jaulas, canales de corriente rápida y en canales de riego. Las densidades son elevadas y fluctúan entre 80 y 100 organismos por m³, lo que permite producir aproximadamente 20 kg/m³ de tilapia, aunque esta cantidad puede ser incrementada dependiendo del flujo de agua y del contenido de oxígeno disuelto, además del tipo de alimento utilizado. En estas condiciones el alimento se constituye en el principal factor y de él depende el éxito del cultivo, pues la entrada de energía extra al sistema permite tener altas densidades, con rápido crecimiento, pero al mismo tiempo requiere aeración y remoción de desechos (circulación continua de agua). Todo esto implica inversión tanto en capital para la infraestructura como en costos de operación.

La Figuras 5, 6 y 7 muestran los tres tipos de sistema de cultivo de tilapia por estado. La Figura 5 pertenece al sistema de cultivo extensivo con dos estados: Tabasco y Morelos, participando cada uno participando con el 50%. La Figura 6 pertenece al sistema de cultivo semi-intensivo en donde el estado de Tabasco participa con el 40%, Veracruz con el 22% y Morelos con el 17%. Finalmente, la Figura 7 pertenece al sistema de cultivo Intensivo donde el estado de Michoacán participa con el 50% de granjas con este tipo de cultivo y Veracruz con el 30%.

3.2.8. Alimentación (Morales, 1991).

Para reproductores y crías, la alimentación debe ser realizada con partículas adecuadas al tamaño de la boca de los peces, en sus diferentes etapas de crecimiento.

SISTEMA DE CULTIVO EXTENSIVO (TILAPIA)**Figura 5. Sistema de cultivo extensivo.****SISTEMA DE CULTIVO SEMI-INTENSIVO (TILAPIA)****Figura 6. Sistema de cultivo semi-intensivo.****SISTEMA DE CULTIVO INTENSIVO (TILAPIA)****Figura 6. Sistema de cultivo intensivo.**

El alimento natural producido en los estanques por medio de la fertilización, es rico en proteínas, vitaminas y otros alimentos que favorecen el crecimiento de las tilapias principalmente en la etapa temprana. Por medio de los fertilizantes se adicionan nutrimentos al agua, lo cual contribuye al crecimiento de microalgas, el cual es el alimento para los organismos planctófagos, logrando así incrementar la productividad primaria y secundaria. Antes de que la tilapia alcance los 7 cm su alimentación la constituyen el fitoplancton y zooplancton, pasando esta talla es necesario administrar alimento artificial para evitar el canibalismo, de una talla más grande aceptan vegetales como la alfalfa, hojas de lechuga, plantas acuáticas, así como harinas de diferentes granos como el maíz, trigo, arroz y sorgo, también desechos de fruta, tortilla, etc. Por esto se les considera como transformadores de desechos, así el rendimiento acuícola se incrementa con una alimentación barata y abundante.

Los fertilizantes son orgánicos e inorgánicos; los fertilizantes orgánicos son derivados de plantas, estiércol de animales (principalmente gallinaza y cerdaza) y desperdicios domésticos agropecuarios, los cuales se administran secos, frescos o fermentados. Los fertilizantes inorgánicos están compuestos por elementos

químicos principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio, y en pequeñas cantidades de calcio, magnesio, azufre, zinc, hierro, cobre, boro, manganeso y molibdeno. El compuesto mas usado es el superfosfato triple 17 (N, P y K) Nitrógeno, Fósforo, Potasio y urea.

La aplicación de los fertilizantes puede ser quincenal, mensual, trimestral o semestral, de acuerdo de los criterios considerados por los responsables de los centros o unidades de producción y tener un control para evitar el exceso crecimiento de algas lo que llevaría a disminuir el oxígeno, así como evitar el costo elevado de fertilizantes químicos y su escasa disponibilidad (Orozco y Velázquez, op.cit)

En la mayoría de los centros y unidades de producción se ven obligados a reprocesar los alimentos precedentes de fabricas, destinados a las crías, sobre todo en cuanto a su presentación (moliendo, triturando y tamizando para obtener el tamaño de partícula requerida). En la fase de engorde los alimentos balanceados se utilizan en su tamaño original (5 a 6mm), y en otros casos elaboran su propia dieta.

En lo concerniente al suministro de los alimentos balanceados, estos son administrados a una tasa de alimentación que va del 3 al 8 % dependiendo el peso del organismo, con una frecuencia de 1 a 4 veces al día para la fase de crianza; y para la fase de engorda la tasa va del 2 al 7%, con una frecuencia de 2 a 7 veces al día; y en la etapa de reproducción la tasa de alimentación es de 2% a 3%, suministrando de 1 a 3 veces al día.

En algunos casos se emplea alimento vivo para la fase de cría, obteniéndolo en cultivos específicos o bien por captura.

Los organismos empleados son: *Daphnia pulex*, rotíferos, *Artemia salina*, *Azola* sp. y *Elodea* sp. (Orozco y Velázquez, op. cit.).

Es conveniente que el suministro de alimento en los estanques se realice en áreas estratégicas y conocidas para facilitar su encuentro con los peces, además de que se puede evitar en un momento dado la descomposición que podría acentuarse en un sólo lugar provocada por los restos no consumidos.

Los reproductores se alimentan por lo menos 2 veces al día con 3 ó 4% de su biomasa (peso total del pez o los peces), repartido este porcentaje entre el número de veces que se suministre al día; con la observación de que se proporciona el alimento 6 días a la semana a lo largo de los meses con temperaturas altas y reducir este porcentaje en invierno a 1 ó 2%.

3.2.9. Sanidad

Los seres vivos viven en equilibrio con la naturaleza, cuando el balance entre el hospedero, el patógeno y el medio ambiente es alterado por alguna razón, entonces aparece la enfermedad.

Para prever alguna enfermedad: Se deben realizar revisiones periódicas para verificar la calidad del agua, la coloración de la piel de los organismos, la presencia de parásitos, esto con el objeto de detectar oportunamente cualquier tipo de anomalía en los estanques y contrarrestarlo rápidamente. Lo anterior debe estar apoyado por análisis periódicos de laboratorio. Para tratar de encontrar indicadores de cualquier tipo de enfermedad y/o parásitos, se realizan muestreos biométricos de los individuos (talla y peso), coloraciones de la piel y ojos, estado de las escamas, coloración de las agallas y análisis del contenido estomacal (Morales, 1991 y Jiménez-Guzmán et al., 1988).

Las enfermedades pueden dividirse en cinco grupos de acuerdo a las causas que las producen:

- Enfermedades infecciosas: Causadas por patógenos como bacterias, hongos y virus.
- Enfermedades parasitarias: Causadas por protozoarios, crustáceos, helmintos, etc.
- Enfermedades fisiológicas: Generalmente son consecuencia del manejo del hombre: cruza, uso de introductores de la reproducción, reversión de sexo, etc. Incluyen tumores hereditarios, deformaciones, falta de pigmento, etc.
- Enfermedades en función de factores físico-químicos: Causadas por deterioro en el ambiente de los peces.
- Enfermedades nutricionales: La causa principal es la deficiencia de un nutriente, principalmente cuando se administra únicamente alimento suplementario.

Las medidas sanitarias evitan la aparición y dispersión de las enfermedades en los cultivos. Entre las más importantes se encuentran:

- Certificado sanitario
- Cuarentenas
- Limpieza de instalaciones y utensilios
- Instalación de filtros
- Manejo de organismos
- Calidad del agua

Las condiciones donde se desarrollan los peces deben mantenerse dentro de los niveles óptimos, ya que cualquier parámetro no adecuado provocará estrés y debilitamiento de los organismos haciendo blanco fácil a enfermedades o dañándolos directamente.

Considerando que ninguna enfermedad se presenta aislada, el mantener el equilibrio de los dos factores físico-químicos y biológicos permitirá el buen desarrollo del cultivo.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Los principales objetivos que se buscan para tener buenos resultados en la explotación de las tilapias son:

- El control de su excesiva reproducción.
- El monosexado dirigido hacia machos debido a que la tasa de crecimiento de estos es mucho mayor que la de las hembras.

Para encontrar lo anterior se han llegado a las siguientes técnicas, las cuales ya se aplican en el país.

Hibridación

La cruce de diferentes especies de tilapias se puede realizar para obtener monosexos, preferentemente machos, como se ha dicho, por registrar mayor crecimiento que las hembras. El requerimiento básico para producir el 100% de machos híbridos de tilapias, es que sus formas originales sean puras genéticamente, logrando esta condición se asegura la obtención de híbridos machos, lo que evita la sobrepoblación en los estanques y por ende un mayor crecimiento en corto tiempo, logrando cosechas en 6 y 8 meses. Otras garantías de la producción de híbridos machos de tilapias son el evitar el sexado manual, consumo rápido y fácil de alimento comercial y subproductos agrícolas, soporta altas densidades y convive con otras especies en sistemas de policultivos.

Reversión sexual en las tilapias

La reversión sexual es el proceso mediante el cual se induce al pez al cambio de sexo, a través del suministro de hormonas, este método evita la reproducción de hembras, provocando que los machos convertidos tengan un mayor crecimiento y por ende, un mayor peso al ser cultivados. En nuestro país, este método se inició en el centro acuícola "Los Amates", en el estado de Veracruz desde 1987, con *Oreochromis mossambicus* var. roja, adoptada y adaptada de una granja piscícola de Israel, por el Biól. P. Cabañas L. (Barrena, 1988).

La técnica consiste (con información proporcionada por el Biól. Cabañas), en que se capturan los alevines de menos de 12 mm, a los cuales se les aplica el tratamiento de reversión sexual, sobre la base de un alimento al 45% de proteína de trucha molida, en donde se disuelven 60 mg de hormona metil testosterona diluidos en un litro de alcohol, reducido a 700 ml se vierte el alimento pulverizado y se pone a secar al sol hasta que el alcohol se evapore y la molienda se vuelva otra vez polvo; el alimento puede ser enriquecido con una premezcla de aceites, vitaminas y antibióticos, del cual se usa el 12% diario, 4 veces al día (Barrena, 1988).

Castración Química

México, es uno de los principales productores de hormonas sintéticas, las cuales son originadas a partir del barbasco (*Discorea composita*) planta que se localiza a lo largo del trópico húmedo y se distribuye a través de distintos laboratorios al mundo entero por Syntex de México; por su uso, las hormonas se dividen en hormonas masculinas (andrógenos) y hormonas femeninas (estrógenos); una de las tantas aplicaciones la tenemos ahora en los peces, particularmente en las tilapias del género *Oreochromis*.

La aplicación de andrógenos durante la etapa de indiferenciación de las gónadas en las tilapias, ha dado la conversión de altos porcentajes de machos (Morales, 1991).

La aplicación de estrógenos abre otro camino a seguir, también para la obtención de machos (sólo que en forma indirecta), lo cual implica un buen manejo y el conocimiento de la aplicación genética (Morales, 1991).

3.3.1. TÉCNICAS PARA LA REPRODUCCIÓN DE TILAPIAS (Morales, 1991).

Las técnicas para la reproducción aplicadas en México, presentan marcadas diferencias, debido principalmente a la variación que existe en cuanto a la infraestructura en que se realiza cada una de ellas, siendo los sistemas más utilizados: estanques y jaulas flotantes.

Reproducción en estanques

Esta técnica se caracteriza por realizarse en ella cosechas parciales, pudiéndose llevar a cabo en estanques de diferentes formas, tamaños y tipos, así pueden ser cuadrados, rectangulares, de concreto, semirústicos, rústicos, etcétera. Aquí la técnica se basa en la introducción de una carga de reproductores a un estanque previamente preparado, en donde permanecerán por un período que puede variar de 2 a 6 meses, pudiendo realizarse colecta de crías cada quince días sin secar el estanque.

La primera colecta de crías se hace después de 15 a 30 días, contados a partir del día en que se introdujeron los reproductores al estanque, ellas deben medir aproximadamente 1 cm.

Reproducción en jaulas flotantes

Este sistema se basa en una tecnología comercial, usada en los Estados Unidos y que se importó en 1982 por la Dirección General de Acuacultura, para el mejoramiento de la producción de híbridos de machos, cruzando *O. hornorum* y *O. mossambicus* (Sipe, 1981). Tiene la ventaja de que puede aplicarse a cuerpos de agua muy extensos y ociosos (presas, lagunas, bordos, etc.), donde las técnicas de reproducción en estanques no son factibles ni redituables.

Una vez introducidos los reproductores, quince días después deberá realizarse la colecta de crías.

Reproducción en invernaderos

Este sistema no es más que una adaptación del cultivo en estanques y tiene como fin el control de la temperatura dentro del cuerpo de agua, así en los centros acuícolas del gobierno donde se presentan meses fríos durante el año (Centro Acuícola "El Rodeo", Mor.), se construyen estos invernaderos.

De acuerdo a los datos que arrojan las cédulas para recabación de datos de las UPA's, se tiene que en la mayor parte de las unidades de producción (84%), no se realizan investigaciones, siendo que solamente en el 16% se lleva alguna investigación sobre el recurso.

Con relación a los estados donde se llevan a cabo algunas investigaciones, el 67% corresponden a Michoacán y Veracruz (con 34 y 33% respectivamente), mientras que el 33% a Coahuila, Morelos y Tabasco (con el 11% cada uno).

De las instituciones vinculadas con las unidades de producción encuestadas, se observa con mayor intervención a la Universidad Nacional Autónoma de México (26%), el Instituto Politécnico Nacional (25%) y la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (13%), en menor proporción la Universidad Nicolaíta en Michoacán, Universidad Veracruzana, Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad Juárez de Tabasco, API-ABA e Instituto Nacional de la Pesca, cada una de estas instituciones aportan el 6% de los trabajos de investigación. La mayor parte de instituciones vinculadas son organismos del gobierno federal o universidades públicas, mientras que como institución privada solamente una (API-ABA).

El 84% restante de las unidades de producción donde no se realiza una sola investigación en acuacultura o pesquería de las tilapia indica que las técnicas utilizadas son de importación o que las innovaciones tienden a ser artesanales.

En el ámbito de la investigación y con el fin de mejorar los cultivos, se recomienda realizar estudios y/o evaluaciones en los temas de:

- Ecología: impacto ambiental provocado por la actividad.
- Genética: certificación de líneas puras y manipulación de sexos, diferenciación de poblaciones, variabilidad genética y líneas establecidas en aguas continentales de México.
- Sanidad: Patología
- Nutrición: consistencia de alimentos balanceados que afectan la calidad del agua.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

Se recomienda realizar certificación de líneas puras de especies utilizadas para la repoblación de embalses; efectuar el análisis de posible impacto sobre especies nativas al efectuar nuevas introducciones en cuerpos de agua de jurisdicción federal; y realizar la diferenciación de la producción pesquera y acuícola en los registros estadísticos.

La Ley Federal de Pesca establece: "NOM-010-PESC-1993, establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato, en el territorio nacional" (Diario Oficial, 16/08/94: 1ª secc. 47 - 53).

3.5. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

La SEMARNAP ha desarrollado el Programa de Acuacultura Rural, que se practica en algunas entidades federativas al nivel de subsistencia o semicomercial. El modelo tiene bases en la acuacultura sustentable y se basa principalmente en el cultivo de especies de peces exóticos cuya tecnología ya esta total o parcialmente desarrollada. Esta actividad depende básicamente de los insumos y la asistencia técnica que brinda el sector oficial o de gobierno y en ella se intenta la aplicación del concepto de manejo integral o agroacuacultura que incluya otro tipo de actividades tales como la agricultura y la ganadería en razón de obtener una mayor disposición de productos alimenticios.

En la Figura 8 se muestra el número promedio de los empleados por Unidades de Producción Acuícolas (UPAs) de tilapias encuestadas. Se observa que el mayor número de empleos se presenta (en forma descendente), en los estados de Tabasco, Zacatecas, Morelos, Guanajuato, Veracruz, Tabasco, Hidalgo,

Coahuila y Michoacán. Sin embargo los que no presentan empleos (es de considerar que es por falta de información de los encuestados), son Chihuahua, Estado de México y Tlaxcala, pero se observan estados con pocos empleos como Oaxaca, Guerrero y San Luís Potosí, estados considerados por los economistas nacionales como los más pobres.

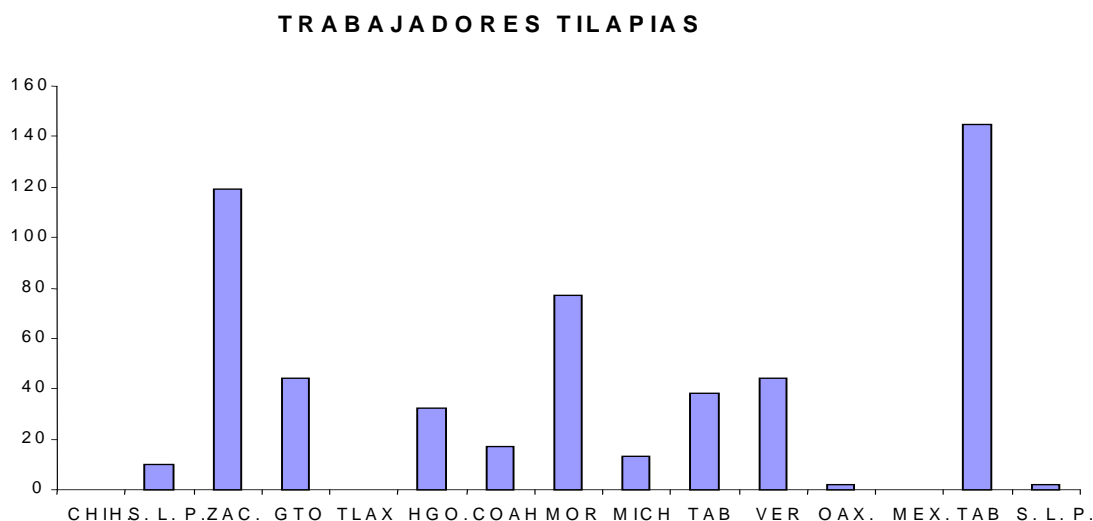


Figura 8. Presencia de trabajadores en las UPA's de tilapias encuestadas.

Las granjas que cuentan con los servicios básicos (energía eléctrica y agua), según los datos recabados en las encuestas de la Dirección General de Investigación Acuícolas (DGIAs) se encuentran principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco y Michoacán. Figura 9.

El mayor número de granjas que cuentan con estos servicios se encuentran en el estado de Veracruz, siguiendo el estado de Tabasco y Michoacán respectivamente. Los que no cuentan con un valor se debe a la información no disponible o no proporcionada por los productores.

La Figura 10 muestra la vía de acceso a las granjas de producción de tilapia como son: carretera, navegación, terracería o bien pavimentadas. En el estado de Veracruz la mayoría de

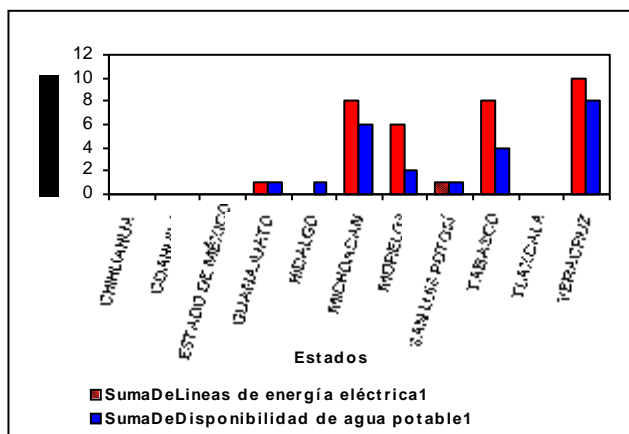


Figura 9. Servicios de energía eléctrica y agua con los que cuentan algunas granjas de cultivo de tilapia.

las vías de acceso se encuentran pavimentadas, un menor número de terracería y en algunas se llega por medio de la navegación, en segundo lugar se encuentra el estado de Tabasco que en la mayoría de granjas se llega ya por pavimento y en las demás por terracería, lo mismo se puede observar en el estado de Michoacán.

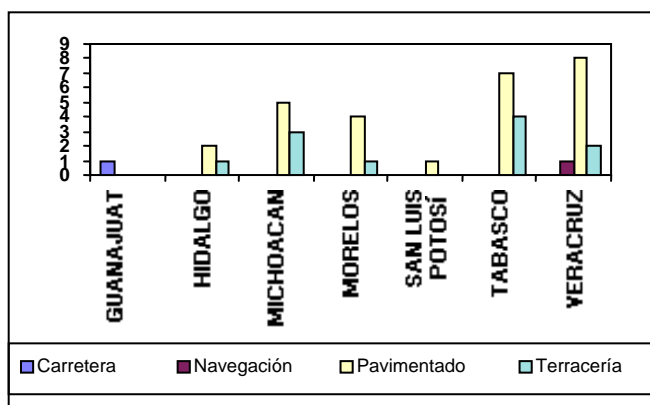


Figura 10. Vías de acceso a granjas de cultivo de tilapia.

Todo lo anterior genera empleos temporales o parciales, lo cual, es una opción mas para los habitantes de cada comunidad.

3.6. MARCO INSTITUCIONAL

La Ley de Pesca y su Reglamento vigentes (Secretaría de Pesca, 1993), buscan introducir el cambio con un sentido de responsabilidad que reconozca que el futuro está basado en la conservación y preservación de los recursos acuáticos, por lo tanto la pesca en general y la acuacultura en particular deben crecer respetando el ecosistema. Dentro de la Ley de Pesca se localizan dos núcleos principales relacionados con la pesca, acuacultura y en especial con el cultivo de las tilapias. Uno corresponde al Capítulo II, "De las concesiones, Permisos y Autorizaciones". En el Artículo 4º, la Ley de Pesca establece que para el cultivo de los recursos que regula, es decir, los recursos naturales que constituyen la flora y la fauna cuyo medio de vida sea el agua, se requiere de concesión, permiso o autorización (González et al., 1994). En el Artículo 5º se establece, "Los solicitantes de concesiones, permisos o autorizaciones, deberán acreditar la legal disposición de los bienes y equipos necesarios para cumplir el objeto de la solicitud o el programa de adquisición, arrendamiento o construcción de los mismos y de los demás requisitos que al efecto establezca el Reglamento".

Dentro del mismo capítulo existe el apartado "De las Concesiones y Permisos", donde en el Artículo 6º dice: "Las concesiones a que se refiere la Ley, tendrán una duración mínima de cinco años y máxima de veinte; en el caso de la acuacultura éstas podrán ser hasta por cincuenta años. Al término del plazo otorgado, las concesiones podrán ser prorrogadas hasta por plazos equivalentes a los concedidos originalmente". El segundo núcleo corresponde al Capítulo III, "De la Investigación y Capacitación", que tiene un sólo artículo, donde se establece:

Se debe tener en cuenta que la investigación científica y tecnológica, así como la capacitación que realice, en este caso la SEMARNAP, deberá vincularse a

la investigación, en particular a la de alimentos para consumo humano y tendrán como propósito esencial incrementar la capacidad para identificar, cuantificar, aprovechar, administrar, transformar, conservar e incrementar la flora y fauna acuática.

La SEMARNAP, en coordinación con las dependencias correspondientes de la Administración Pública Federal, con las instituciones de investigación o con los particulares, establecerá servicios de investigación, genética, nutrición, sanidad y extensionismo.

Para el desarrollo de las actividades de investigación científica y técnica, en este caso la SEMARNAP contará con el apoyo del Instituto Nacional de la Pesca, el que realizará investigaciones científicas y tecnológicas de la flora y fauna acuáticas; dará asesoramiento para preservar, repoblar, fomentar, cultivar y desarrollar especies pesqueras.

La otra ley que incide en la acuacultura es la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEMARNAP, PROFEPA, 1997), así en el Título Segundo, Capítulo III, Artículo 79, apartado IX, correspondiente a "El desarrollo de actividades productivas alternativas para las comunidades rurales".

El Artículo 83, aborda "El aprovechamiento de los recursos naturales en áreas que sean el hábitat de especies de flora o fauna silvestre, especialmente de las endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, deberá hacerse de manera que no se alteren las condiciones necesarias para la subsistencia, desarrollo y evolución de las especies".

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), establece estos criterios, en vista de que desde principio de los 80's, con frecuencia se advertía sobre el peligro de la introducción indiscriminada de la tilapia en ecosistemas naturales, se conocía la capacidad de ésta para desplazar a especies autóctonas y provocar cambios en las estructuras de las comunidades, en algunas regiones del Sur de México existen zonas de especiación de cíclidos, con una riqueza genética particular, cuyo contacto con la tilapia despertaba inquietud. También se había manifestado temor por ecosistemas tan particulares como los cenotes de Yucatán, en los que se introdujo la tilapia en 1971, asimismo, la presencia de las tilapias en las cuencas que drenan a lagunas costeras, asientos de pesquerías de camarón, había sido observada con temor, pero se reportaba el hecho de que el potencial reproductor de la tilapia por ser muy alto, puede traducirse en mayor competencia trófica y enanismo (Cabrera op. cit.).

La LGEEPA involucra a la sanidad dentro de la acuacultura, en las normas oficiales mexicanas: NOM-011-PESC-1993, que regulan la aplicación de cuarentenas para prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y

notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura y ornato en el país (Diario Oficial, 16/08/94: 1ª secc. 53 - 56).

Dentro de la misma norma, en el apéndice C, confrontando esta norma con el documento técnico "Parásitos y Enfermedades de la Tilapia" (Jiménez, et al. 1988), se encuentra que las enfermedades notificables de las tilapias, están representadas por parásitos y bacterias, las enfermedades producidas por virus no se mencionan para el género.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La adaptación de la tilapia en el país ha sido exitosa, Principalmente en las zonas tropicales de los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa, donde en conjunto se registran capturas anuales significativas para el país, creando fuentes de alimentación y trabajo en esas entidades federativas (Morales, 1991).

Litoral del Pacífico: Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa y Sonora.

Litoral del Golfo y Caribe: Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

Entidades sin Litoral: Aguas Calientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas.

La mayor cantidad de UPA's se encuentra en los estados de la Región Pesquera V (estados interiores), con un precio accesible, el cual, hace competir en el mercado de manera favorable (Tabla 6 y Figura 11).

3.8. ANÁLISIS DEL MERCADO

Es de reconocer que, desde la introducción de las tilapias a México, bastante han apoyado a la economía y alimentación como un producto de alto valor pro-

Tabla 5. Presencia de UPA's de tilapias en regiones pesqueras. (dentro del universo de la muestra)

ZONA PESQUERA	No. UPAS
I	NR
II	11
III	12
IV	8
V	23



Figura 11. Regiones pesqueras (Producción de Tilapia)

teínico para las familias mexicanas. Se fincó como esperanza para la alimentación de la población rural y de las clases populares urbanas. Después de décadas de haberse fijado ese objetivo, sigue siendo una alternativa para la alimentación de las clases de bajo poder adquisitivo.

En la tabla 6 se observan los precios de algunas especies de consumo humano establecidos en los centros comerciales a finales del año de 1999. Hay que tener en cuenta que es temporada de alta demanda y que se incrementa el valor de varios recursos comestibles. El camarón es el recurso de valor mas alto, despues tenemos a la trucha arco iris y la tilapia tiene un valor mas accesible.

Tabla 6 . Precios por Kg. de productos cuyo origen es la acuacultura

Camarón U10	\$350.00
Camarón grande	240.00
Trucha salmonada	60.00
Trucha	37.00
Filete de tilapia	35.00
Tilapia	26.00

4. PROBLEMÁTICA

Es evidente que aún cuando la actividad ha tenido un desarrollo, éste ha sido lento y poco eficiente, lo cual se debe principalmente a la variedad de dificultades inherentes a la actividad como lo son: las deficiencias de orden técnico, ambiental, legal y financiero, sin contar con la dependencia que tiene esta actividad a insumos externos para su producción y al poco apoyo dado a la promoción de la organización social eficiente, de forma permanente en el medio rural.

4.1 PRODUCCIÓN DE CRÍAS

La infraestructura asociada a las tilapias es de importancia, aún cuando ésta no ha surgido asociada a la acuacultura sino a la pesca. Se estima que la infraestructura existente servirá de apoyo para la expansión de la acuacultura de las tilapias en un futuro. Existen varios centros piscícolas con capacidad de producir crías de tilapia, así como suficientes instalaciones para industrializarla y una red importante de distribución y venta, personal con suficiente experiencia en el manejo de crías y reproductores, en jaulas y otras unidades de cultivo.

En el país la producción nacional de crías de tilapias en los Centros Acuícolas de la SEMARNAP que se obtuvo de 1993 a 1998 está representada en la siguiente figura 12 ANEXAR LA GRAFICA (FIGURA 12) DE PRODUCCION NACIONAL DE CRIAS/AÑO DEL DIARIO OFICIAL PAG. 71

Los Centros Acuícolas de la SEMARNAP donde se realiza la producción de crías de Tilapia, por Litoral y Entidad Federativa registradas en el Anuario Estadístico de Pesca 1999 se presentan en la Tabla 7. En el Litoral del Pacífico la producción de crías es mayor que en el Golfo-Caribe y Entidades sin Litoral.

4.1.1 MANEJO DE REPRODUCTORES

Las tilapias indicadas como pie de cría para establecer una población íctica en cualquier granja acuícola, siempre y cuando se dé el manejo adecuado son los organismos con fenotipos deseables con alta probabilidad de heredabilidad y características reproductivas aceptables.

Para facilitar la denominación se consideran las siguientes características:

1. Organismos precoces
2. Organismos normales
3. Organismos de mayor talla
4. Organismos que mas se acercan al color fenotípico

Los factores que Influyen en la maduración sexual en la tilapia son el fotoperiodo (luz y oscuridad) y la temperatura. Esto asegura la aparición de las actividades sexuales cuando las condiciones del medio son favorables para la sobrevivencia de las crías.

Las tilapias alcanzan su madurez sexual a partir de los dos o tres meses de edad y a una longitud de 8 a 16cm, la frecuencia de desoves varía dependiendo de los factores ambientales, pudiendo ser de 6 hasta 10 veces al año.

A fin de ejercer el máximo control sobre el desove de cada especie en particular, es necesario el manejo de individuos en receptáculos pequeños, dado que ello permite evaluar el rendimiento de los distintos peces que integran la población. Cada tanque puede contener un promedio de 3 a 4 peces/m², el número varía según las especies y el tamaño de los reproductores. Algo importante es que la mayoría de los reproductores contribuyan con sus genes a la próxima generación.

TABLA 7. Centros Acuícolas de la SEMARNAP: Producción de crías y alevines, 1999

LITORAL/ENTIDAD	CRIAS
LITORAL DEL PACIFICO	57,912
Sinaloa	36,140
Nayarit	3,242
Jalisco	160
Colima	6,369
Michoacán	14
Guerrero	1,607
Oaxaca	7,321
Chiapas	3,059
LIT. DEL GOLFO Y CARIBE	14,043
Tamaulipas	1,214
Veracruz	11,528
Tabasco	1,301
ENT. SIN LIT.	16,241
Aguascalientes	2,784
Coahuila	454
Chihuahua	505
Durango	1,106
Morelos	7,420
Querétaro	1,492
Zacatecas	2,480
TOTAL	88,196

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1999.

4.1.2 MANEJO GENÉTICO

Se considera conveniente abordar el mejoramiento genético de la tilapia, ya que la mayor parte de la producción actual de México se derivó de 75 ejemplares introducidos en 1964, por lo que se estima que se corre el peligro de sufrir una endogamia, esto es, una reducción crítica en el intercambio genético de una o más especies, lo que puede traer como consecuencia una mayor probabilidad de producir peces deformes y propensos a enfermedades.

Para evitar lo anterior, es necesario introducir al país nuevos lotes de líneas puras de las especies que ya tienen un papel importante en la economía nacional, tal es el caso de las especies: *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. urolepis hornorum* y *Tilapia rendalli*.

La genética de estos peces no sólo es importante por su trascendencia en la definición biológica de cada especie, también lo es por el manejo que se hace de algunos aspectos para obtener organismos con características adecuadas a los objetivos de determinados tipos de cultivo.

El manejo de las características genéticas de las especies se orienta a obtener organismos con cualidades cada vez más idóneas para asegurar la viabilidad de los cultivos: rápido crecimiento, bajo índice de reproducción, resistencia a enfermedades y óptima conversión alimenticia.

Los dos riesgos principales que deben evitarse para mantener la integridad de las líneas de tilapia a largo plazo son la endogamia y la hibridación no programada. Cuando en una zona determinada existe más de una especie de tilapia, las líneas puras corren el riesgo de mezclarse. Esto puede ocurrir cuando los alevines no seleccionados de diferentes especies pueden unirse a la población inadvertidamente y cruzarse con la línea pura cuando lleguen a la madurez sexual.

Las ventajas de la obtención de híbridos es la de generar mayor porcentaje de machos, los cuales son de mayor tamaño y tienen una tasa de crecimiento mayor que el de las hembras. Las cruas más comunes para la obtención de híbridos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Hibridación de tilapias para la obtención de machos

MACHOS ♂	HEMBRAS ♀	% de ♂
<i>O. hornorum</i>	<i>O. niloticus</i>	100
<i>O. aureus</i>	<i>O. niloticus</i>	100
<i>O. niloticus</i>	<i>O. hornorum</i>	75
<i>O. hornorum</i>	<i>O. niloticus</i>	80
<i>O. aureus</i>	<i>O. mossambicus</i>	75
<i>O. hornorum</i>	<i>O. mossambicus</i>	75
<i>O. mossambicus</i>	<i>O. niloticus</i>	80
<i>O. niloticus</i>	<i>O. hornorum</i>	75

4.1.3. REPRODUCCIÓN

En general las tilapias se caracterizan por ser peces muy precoces con elevado potencial reproductivo, característica que en condiciones naturales ofrece una adaptación para asegurar la viabilidad de la especie, pero en los cultivos llega a convertirse en una situación que limita su explotación económica (Arredondo, F.J., et al, 1994).

Conviene separar los peces por sexo ya que esto asegura que en los estanques no ocurran desoves no programados. También evita la competencia o la agresividad entre los sexos, situación que puede favorecer un bajo desarrollo de las hembras y un aumento en la mortalidad. El periodo varía de una población a otra, es ese momento se debe efectuar la selección final, que debe hacerse al azar con respecto a la talla. Los peces deben mantenerse en buenas condiciones ambientales, esto asegura la buena calidad de los reproductores y por tanto la de los alevines (McAndrew, manuscrito) citado en (Arredondo, F., 1994)

Una forma de recuperar a los reproductores y separarlos, puede ser por medio de redes de malla de luz grande a fin de evitar que se produzcan nuevos desoves no deseados. Es recomendable que la alimentación durante estos procesos sea alta en proteínas y suministrada en un 5% de su peso, con esto se estará en condiciones de utilizarlos nuevamente en un periodo de 45 a 60 días.

El apareamiento de las tilapias está motivado por los factores de fotoperiodo y temperatura principalmente, suscitándose un comportamiento característico que involucra la construcción del nido por el macho, territorialidad, cortejo del macho hacia la hembra; oviposición y fecundación de los huevos, así como la incubación bucal y externa.

4.2. CULTIVO

La tilapia constituye una de las pesquerías más importantes a nivel mundial, de tal grado que compite con la carpa común en cuanto a la producción mundial, lo que demuestra la excelente capacidad de adaptación que presenta este organismo.

Esto indica el interés creciente que existe por el cultivo de esta especie y que refleja sin duda su importancia social y económica.

4.2.1. NIVELES DE PRODUCCION

El número de Unidades de Producción que maneja esta especie se ha incrementado significativamente en los últimos años. En 1990, Olmos y Tejeda reportaron la existencia de 322 unidades distribuidas en toda la República, siendo ope-

radas tanto por la iniciativa privada como por el sector social. Esto ha sido factible gracias a la gran demanda que se mantiene en algunas zonas, donde existe un hábito arraigado de consumo de tilapia, generalmente en estado fresco. (Tabla 9).

Analizando la figura 13, se observa que Veracruz presenta los niveles de producción más altos, lo que corresponde al 61%. Sin embargo, la producción no es proporcional, es decir, no porque un estado tenga mayor número de unidades va a tener mayor eficiencia en cuanto a la producción, en este caso podemos citar al estado de Guanajuato, que con sólo dos unidades está produciendo el 6% y el estado de Morelos tiene mayor producción que Tabasco y Michoacán que registran mas unidades.

4.2.2. NUTRICIÓN

Las proteínas son consideradas siempre la primera importancia en los alimentos para peces, ya que los requerimientos de éstas son altos. Los niveles de proteínas que producen el máximo crecimiento en las tilapias disminuye con la edad.

El alimento debe ser suministrado de acuerdo al tamaño de la boca del animal. Los reproductores deben ser alimentados por lo menos dos veces al día y con una cantidad correspondiente al 3 ó 4 % de su biomasa. Se recomienda proporcionar el alimento 6 días a la semana en 6 meses con altas temperaturas, así como reducir el porcentaje de alimento durante el invierno al 1 ó 2 %.

Tabla 9. Número de unidades de producción acuícola			
Estado	Comercial	Autoconsumo	No. de centros acuícolas
Aguascalientes	///	12	1
B. C.	1	9	///
B.C.S.	///	20	///
Campeche	1	9	///
Coahuila	3	///	1
Colima	9	214	3
Chiapas	///	2000	2
Chihuahua	///	1	1
Durango	///	9	1
Edo. de México	///	75	///
Guanajuato	///	7	1
Guerrero	///	150	1
Hidalgo	4	36	///
Jalisco	30	42	1
Michoacán	57	9	1
Morelos	20	85	2
Nayarit	1	75	1
N.L.	1	8	///
Oaxaca	///	347	1
Puebla	2	///	///
Querétaro	///	1	1
Quintana Roo	///	1	///
S.L.P.	22	54	///
Sinaloa	///	///	2
Sonora	///	///	1
Tabasco	///	201	1
Tamaulipas	4	74	1
Tlaxcala	///	7	///
Veracruz	6	32	5
Yucatán	///	42	///
Zacatecas	///	400	1

Fuente: Diario Oficial de la Federación. 3ª Secc. 28/08/2000

Cuando existe buena cantidad de alimento natural (el agua es de color verde), las cantidades de vitaminas, minerales y proteínas deben reducirse; y solo mantener determinados niveles de material energético a través de la adición de carbohidratos y lípidos.

Las crías deben ser alimentadas por lo menos 4 veces al día con una proporción correspondiente de 8% a 10 % de su biomasa durante las primeras nueve semanas (Morales, 1991 y Morales, et al., 1988).

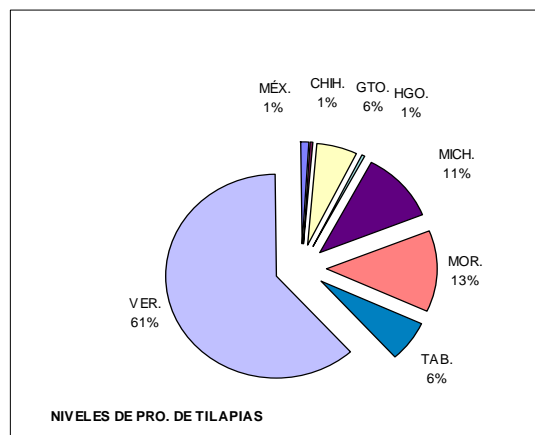


Figura 13. Participación de los niveles de producción de tilapia por estados.

El alimento fresco, está representado por la producción de alimento vivo procedente de la productividad dentro de los estanques y que consumen los peces. El plancton surge como consecuencia de la fertilización en los cuerpos de agua por medio de estiércoles como la gallinaza, cerdaza o más comúnmente la vacaza.

4.2.3. SANIDAD

En su ambiente natural los peces presentan poca susceptibilidad a las enfermedades. Sin embargo bajo cultivo, éstas se ven favorecidas debido a que los organismos están sometidos a altas densidades, cambios repentinos en las características del agua, estrés causado por el manejo, alguna deficiencia nutricional por falta de alimento natural y competencia extra-específica, entre los más importantes.

También se pueden provocar daños por exceso de nutrientes o por introducción en el alimento de algún elemento dañino. Los efectos principales de estas enfermedades son: retraso en el crecimiento, distribuidos a nivel fisiológico, anatómico o debilidad, haciendo a los peces susceptibles a otro tipo de enfermedades: patógenas o parasitarias.

En cultivos intensivos, las tilapias adquieren enfermedades de dos tipos: por agentes patógenos y por carencias nutricionales. Las primeras pueden ser provocadas tanto por una alta densidad de peces por metro cuadrado como debido a la degradación del estanque.

Sin embargo, una vez establecida la enfermedad es conveniente curarlos a pesar de las numerosas dificultades que esto representa (Morales, 1991; Morales et al., 1988).

El uso indiscriminado de antibióticos en el cultivo de la tilapia, al igual que en el de otras especies, ha sido motivo de controversias en cuanto a consideraciones médicas y veterinarias. Clínicamente está justificado el uso de la oxitetraciclina y sulfonamidas usadas a nivel terapéutico, pero no indiscriminadamente como medida profiláctica debido al riesgo que representa para el humano la resistencia de los patógenos a los antibióticos (Jiménez-Guzmán et al., 1988).

Se han detectado problemas sanitarios en varios estados. En la figura 14 se observan las enfermedades que causan los problemas de: parásitos, bacterias, virus, hongos y de tipo nutricionales. Los parasitarios se presentan en algunas granjas de Michoacán, Morelos, Tabasco y Veracruz. Se detectan problemas bacterianos en Michoacán y Veracruz. Los problemas causados por virus se detectan en Guanajuato.

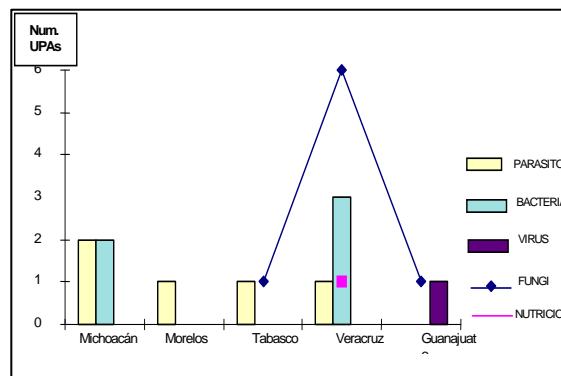


Figura 14. Enfermedades en tilapias.

Las infecciones por hongos se presentan en Tabasco y Guanajuato, pero en Veracruz se registra la mayor cantidad de problemas por este tipo. Como problema causado por deficiencia nutricional se detectó en el estado de Veracruz.

De lo anterior se puede decir que la detección de los problemas sanitarios es en base a lo que clínicamente pueden observar los encuestados en las UPA's, pues es común que no exista un diagnóstico patológico con relación a los grupos de agentes etiológicos mencionados, pero son de importancia el rescate de los datos, puesto que es lo que saben u observan los encuestados, con la salvedad de que puedan existir enfermedades subclínicas que estén incidiendo en forma sobresaliente en la producción.

En la tabla 10 se presentan algunas de las enfermedades más comunes que se presentan en las tilapias, así como la causa que la provoca y algunos síntomas.

4.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

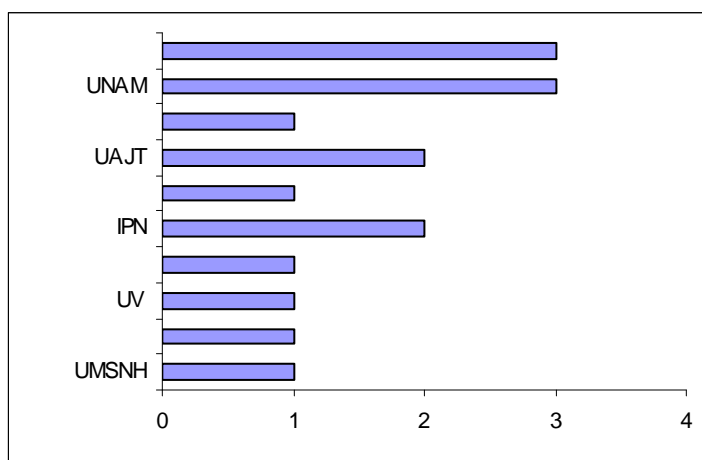


Figura 15. Instituciones que realizan investigación sobre tilapia.

Tabla 10 Enfermedades más comunes en tilapias

Enfermedad	Causa	Sintomatología
Argulosis	Varias especies de <i>Argulus spp.</i>	El pez se aísla del cardumen. El agente es un "piojo" blanquecino de 3 a 4 mm de diámetro (disco), se fija en el cuerpo principalmente en la cabeza donde chupa sangre.
Lerneasis	Varios estadios de <i>Lernea parasitica</i> adulta y nauplio.	Parásitos visibles sobre el cuerpo del pez, escamas levantadas.
Ergasilosis	Varias especies de <i>Ergasilus</i>	Los peces se aíslan, dejan de comer, los parásitos se alojan en las branquias, miden de 2 a 3 mm.
Hirudiniasis	Diversas especies de sanguijuelas.	Enrojecimiento en el sitio donde se encuentra el ectoparásito (aletas y boca).
Ascitis infecciosa	Bacterias: <i>Aeromonas</i> <i>Pseudomonas</i>	Abultamiento del vientre, aislamiento. Forma crónica: lesiones ulcerosas en la piel y músculos, deshilachamiento de las aletas. Forma aguda: líquido sanguinolento en el vientre, ojos hundidos, inflamación de órganos interiores.
Saprolegniasis o micosis.	Hongo: <i>Saprolegnia</i>	Aislamiento del pez, no come y su nado es lento. Manchas blancas algodonosas sobre el cuerpo, aletas y cabeza.
Trichodiniasis	Parásito protozoario: <i>Trichodina spp.</i>	Exceso de mucosidad en cuerpo y branquias. Desprendimiento de escamas y enrojecimiento en zonas afectadas.
Exoftalmia.	"Cancer de peces"	Ojos saltones. Aislamiento, no comen, nado lento y superficial hasta la muerte.

De algunas instituciones donde se realizan investigaciones sobre las tilapias, se tiene que aproximadamente el 60% tienen un proyecto de investigación, siendo las de mayor número de proyectos SEMARNAP y la UNAM.

Las instituciones de investigación corresponden al sector público, salvo una empresa privada (API-ABA). Existen sólo dos proyectos de investigaciones en forma coordinada (SEMARNAP-API-ABA e IPN - INP).

Si se toma en cuenta la descentralización de la investigación, se encuentra que, a pesar de existir en forma general dentro del país una concentración de las investigaciones en la zona metropolitana del Valle de México, en el caso de las tilapias y para este estudio, la mayor parte de las instituciones de investigación se encuentran en provincia, solamente dos instituciones (ENEP-Zaragoza y UAM) son del área metropolitana, pues en el caso de la UNAM, IPN, INP y SEMARNAP, trabajan a través de sus instancias delegacionales en los estados. En la figura 15 se observan algunas Instituciones que realizan Investigación sobre este recurso.

4.4. ASPECTOS DE MERCADO

La comercialización y consumo de los productos que provienen de la actividad, constituyen la última fase del circuito productivo sectorial.

Las estadísticas sobre el mercado nacional hacen referencia a tres variables principales: disponibilidad del producto en sus diferentes formas de presentación, consumo y precios a los que fueron ofrecidos en el mercado.

Presentación de venta de tilapia en el mercado: Vivo, fresco, enhielado, entero y fileteado.

Para incrementar el consumo y venta de la tilapia u otra especie de interés comercial en el mercado es buena la renovación del producto, esto puede conducir a un nuevo ciclo de crecimiento. La renovación es básicamente un cambio de la imagen percibida en cuanto los usos del producto. Así como la publicidad en los medios masivos de comunicación.

En el mercado rural se están vendiendo las tilapias en estado juvenil o a aquellas que su crecimiento alcanza tallas muy pequeñas como "charales" secos y los mezclan con charales del género *Chirostoma*.

La Figura 16 representa la disponibilidad interna de tilapia para consumo humano en la década de 1989-1999, teniendo su mayor auge en 1996 y el valor más bajo en 1999, esto tal vez se debe al incremento de su valor en los últimos años, como se observa en las figuras 17 Y 18 respectivamente, donde nos dan los precios promedios al menudeo y al mayoreo.

4.5 IMPACTOS AMBIENTALES

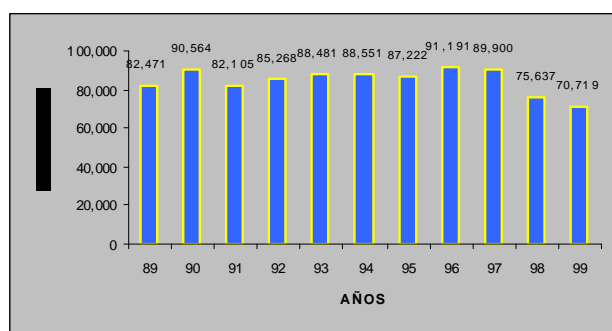


Figura 16. Disponibilidad interna de tilapia para el consumo. Fuente: *Anuario Estadístico de Pesca, 1999.*

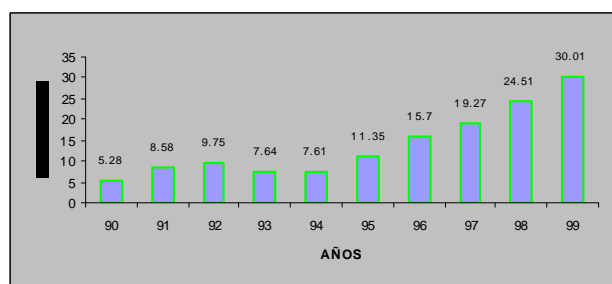


Figura 17. Precios promedio al menudeo de tilapia comercializados en el D.F. Fuente: *Anuario Estadístico de Pesca, 1999.*

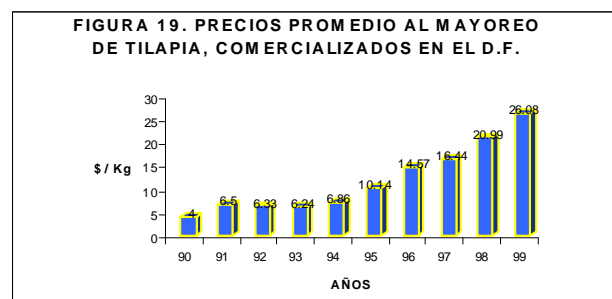


Figura 18. Precios promedio al mayoreo de tilapia comercializados en el D.F. Fuente: *Anuario Estadístico de Pesca, 1999.*

La actividad acuícola genera diversos impactos o efectos sobre el ambiente:

- a) Aquellos producidos o generados por la construcción de las granjas,
- b) Aquellos que se refieren a la elaboración de insumos como los alimentos balanceados, los fertilizantes químicos y la extracción de organismos ya sean reproductores o juveniles del medio,
- c) Los derivados de las descargas de aguas residuales provenientes de las granjas de cultivo.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. DOF del 16 de diciembre de 1996.

De acuerdo a datos que arrojan las encuestas, no hay un sólo tratamiento previo del agua residual de las UPA's, también es de considerar que en ninguna UPA vinculada con la especie en el país, se tengan mínimamente, estanques de sedimentación como amortiguamiento de impactos ambientales, por el uso del agua.

Al respecto desde 1998, en el estado de Morelos, se tiene contemplado desarrollar en forma conjunta un programa entre CONAGUA (SEMARNAP) y Secretaría de Salud, para detectar la calidad del agua de desecho de las unidades de producción acuícola, dando prioridad la detección de microorganismos patógenos.

Se ha detectado a través de otros estudios que no existe conocimiento o preocupación sobre los impactos negativos que provocan las tilapias al estar invadiendo diversos cuerpos de agua.

5. CONCLUSIONES

A pesar de que la acuacultura en México de algún modo fue conocida desde la época prehispánica, el desarrollo más significativo se ha dado en los últimos veinte años dejando de ser meramente experimental para convertirse en una actividad que en algunos casos ya constituye una realidad económica apreciable.

El hecho de contar con condiciones naturales favorables y un manejo aceptable de la tecnología no significa que esto induzca por sí mismo el desarrollo, ya que presentan problemas que limitan o frenan la inversión en este sector. Como lo es la falta de biotecnología propia que asegure la rentabilidad de los cultivos; la escasez de cuadros técnicos capacitados, además de una total y real ausencia de vinculación entre el sector productivo y el académico y finalmente la falta de estudios de mercado.

Después de más de treinta años de la introducción de la tilapia en México, ha arrojado beneficios económicos importantes sobre todo en el establecimiento de pesquerías en los grandes cuerpos de agua mayores de 10,000 ha. Esta especie ocupa el primer lugar en las pesquerías de aguas interiores.

Sin lugar a dudas, las pesquerías y la acuicultura de las tilapias se han convertido en parte medular del desarrollo nacional. La causa del interés por su cultivo radica en su fácil manejo para el cautiverio y resistencia a factores estresantes, principalmente.

Como ha establecido R. Ramírez G. (en Morales, 1991), si la acuicultura extensiva a base de las especies de tilapias ha demostrado su indiscutible utilidad para promover cambios socioeconómicos de gran importancia regional y nacional, cuando los métodos intensivos de cultivo sean aplicados adecuadamente se tendrá el mayor aprovechamiento de ellos.

Sin embargo la producción tan elevada de tilapia tiene un efecto negativo en el cultivo ya que la oferta hace que el precio del producto disminuya y la rentabilidad de las unidades de producción sea baja, razón por la cual es necesario ofrecer un producto que tenga un valor agregado y aumente el ingreso económico de los productores.

Por otra parte, actualmente no se dispone de líneas genéticas que ofrezcan tasas de crecimiento aceptables, bajos costos de producción y certificado de pureza. Aún cuando se cultivan especies de híbridos con características atractivas, (tilapia roja *Oreochromis mossambicus*, Stirling de *O. niloticus* y *O. aureus*), de alto valor en el mercado.

No se dispone de un mecanismo que permita ofertar las crías de buena calidad genética, por lo cual es prioritario fomentar bancos de genoma, que permitan mantener a las líneas genéticas en las mejores condiciones y conservar su vigor genético original. (Arredondo-Figueroa, J.L., 1997).

Aún cuando el recurso tilapia en México está dirigido a programas de impacto social, a su rusticidad en el cultivo, bajo precio y gran aceptación, la actividad no ha tenido los resultados y éxitos esperados.

Por lo anterior, cualquier estrategia encauzada al logro de los objetivos nacionales para el desarrollo de este cultivo acuícola, deberá basarse en las condiciones por las que atraviesa la economía nacional, la escasa importancia que se le ha dado a este sector y la fuerte competencia que se establece con otros sectores. Hasta donde sea posible deberán utilizarse los recursos existentes en los diversos sectores de la sociedad mexicana, en cuanto a experiencia en la organi-

zación, recursos humanos capacitados, instalaciones, tecnologías e infraestructura.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, H.P. y P. Noriega. La Tilapia y su Cultivo. Secretaría de Pesca, FONDEPESCA.
2. Arredondo - Figueroa, J. L. y Flores - Nava, A. 1992. Características limnológicas de Pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura. Hidrobiológica no. 3/4:1-10.
3. Arredondo-Figueroa, J.L. et al. 1994.. Desarrollo Científico y Tecnológico del Banco de Genoma de Tilapia. CONVENIO SEPESCA/UAM-I. México, D.F. 89p.
4. Arredondo-Figueroa, J.L., 1997. Alternativas Tecnológicas para la Acuicultura Integral en Zonas Semi-áridas. Aguas Calientes, Ags. SEMARNAP, UAM-I.
5. Bardach, J.E., J.H. Ryther and W.O. McLarney. 1972. Aquaculture: The farming and husbandry of freshwater and marine organisms Wiley-Interscience. New York. 868 pp.
6. Barrena, B. 1988. La reversión sexual de a tilapia. Acuavisión, Revista Mexicana de Acuicultura, 15:17.20.
7. Brown, E.E. 1977. Wold Fish Farming. Cultivation and Economics. The Avi Publishing Co., Inc. Westport. Connecticut.
8. Cabrera, J.J. y J.L. García 1984. El estado de la acuicultura en México al término de 1982. En: M. Pendini Fernando – Criado (editor): Informes Nacionales sobre el Desarrollo de la Acuicultura en América Latina. FAO Informe de Pesca no. 294, Suplemento, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
9. González, O. M., et al. 1994. El Régimen Jurídico de la Pesca en México. Coords. Manuel González Oropeza y Miguel A. Garita Alonso. Secretaría de Pesca–Universidad Nacional Autónoma de México.
10. Hernández Avilés, J.S. y Peña, M.B. 1992. Rendimiento piscícola en dos bordos semi - permanentes en el estado de Morelos, México. Hidrobiológica 3/ 4: 11-23.

11. Hernández, V. M. y A. Perea. 1996. La tilapia roja taiwán procedente de Puerto Rico y su introducción al estado de Morelos, México. *Oceanología*, 12:125- 138.
12. Jiménez, G.F. et al. 1988. Parásitos y Enfermedades de Tilapia. Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero (FONDEPESCA) y Laboratorio de Parasitología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, N.L., México.
13. Juárez, P. J. R. 1988. La acuacultura en México: retrospectivas y perspectivas. En *Desarrollo Pesquero Mexicano*, 1987- 1988, IV:99-141, Secretaría de Pesca, México, D.F.
14. Morales Díaz, A. 1991. La Tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. A. G. T. Editor.
15. Rodríguez, de la C., Ma., coord. 1994. Atlas Pesquero de México. Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, México, D.F.
16. SEMARNAP-PROFEPA. 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Delitos Ambientales. 2ª ed Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, México, D.F.
17. Secretaría de Pesca. 1982a. Manual Técnico para el Cultivo de la Tilapia. Dirección General de Acuacultura. México.
18. Secretaría de Pesca. 1982b. Manual de Piscicultura. Dirección General de Acuacultura. México.
19. Secretaría de Pesca. 1993. Ley de Pesca y su Reglamento 1992. Secretaría de Pesca, México, D.F.
20. Secretaría de Pesca (1994). Cultivo de la Tilapia. Dirección de Publicaciones, Unidad de Comunicación Social de la Secretaría de Pesca, México, D. F.
21. Secretaría de Pesca. 1994b. Normas Oficiales Mexicanas del Sector Pesca.
22. Secretaría de Pesca. 1994c. Piscicultura Rural. Dirección de Publicaciones.
23. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero, Gobierno Edo. Veracruz. 1997. Plan Estratégico para el Desarrollo de la Acuicultura en el Estado de Veracruz. Tomo II Diagnóstico, Secretaría de Desarrollo

- Agropecuaria y Pesquero, Dirección General de Pesca, Gobierno del Estado de Veracruz - Llave, México.
24. SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1998.
 25. Sipe, M. (1981). Control de la Reproducción de la Tilapia. Dirección General de Acuacultura, Departamento de Pesca, México, D.F.
 26. Tawara, Y. 1987. Aquaculture Organisms of the World. Kanagawa International Fisheries Training Centre. Japan. International Cooperation Agency (JICA).
 27. Trewavas, E. (1983). Tilapine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), 583p.
 28. Zarza, M. E. (1982). La zootecnia acuícola en México 1981 - 1982. Rev. Lat. Acuic. México, no. 14: 9 - 15.

XI. CARPA

*Ing. Pesq. Enrique Bermúdez Rodríguez¹, M. en C. Martha Rodríguez Gutiérrez²,
Biól. Sergio Escárcega Rodríguez³, Biól. Lizbeth Marín Zaldívar¹*

¹ Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca,

² Investigadora de la Universidad Autónoma Metropolitana-U. Xochimilco,

³ Subdelegado de Pesca de la Delegación Federal de la SEMARNAP en Michoacán

1. INTRODUCCIÓN

La ciprinicultura o carpicultura es una de las ramas de la Piscicultura que se ocupa del cultivo de las carpas. Si bien existen algunos reportes de que en la época prehispánica se hacía una incipiente piscicultura, de la Colonia no existen, y es hasta el año de 1884, cuando Esteban Cházari publica su libro “Piscicultura en Agua Dulce”, por encargo del entonces Presidente de México, Gral. Porfirio Díaz, a través de la Secretaría de Fomento. Esta obra es de gran importancia ya que a más de un siglo sigue siendo vigente en su planteamiento, en el sentido de que se debe llevar al pueblo de México alimento de buena calidad y a bajo costo.

Esteban Cházari, el gran visionario de la piscicultura en nuestro país, propuso como alternativa el empleo de la carpa para llevar alimento a las comunidades alejadas de los centros urbanos y con escasos recursos, dando así nacimiento a la piscicultura rural con un enfoque eminentemente social, el cual se ha mantenido vigente hasta nuestros días. Cabe señalar que Cházari contemplaba también la piscicultura de grandes rendimientos, tanto en producción como en capital, y es a instancias suyas que se promovió también el cultivo de la trucha, entre otras especies.

La ciprinicultura se desarrolló de manera mas extendida con la creación del Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama en el año de 1965, en donde están confinadas seis de las especies de ciprínidos introducidas en nuestro país: la carpa herbívora, plateada, cabezona, negra, brema y barrigona; y a partir del cual este importante paquete de especies, que en lo sucesivo les llamaremos carpa, se ha diseminado en distintas regiones del país.

El primer gran reto fue lograr su reproducción en forma artificial por medio de la inducción al desove, usándose durante varios años y prácticamente hasta el momento hipófisis de carpa común. El colector hipófisis es laborioso y caro, lo que motivo que varios grupos de investigación del país se avocaran a la búsqueda de métodos alternativos para lograr la reproducción inducida de las especies. Sin embargo, hasta el momento la hipófisis de carpa común sigue siendo el agente inductor que proporciona los resultados más estables en el disparo de la ovulación de estas especies en los Centros Acuícolas del sector oficial.

En la actualidad, la reproducción de la carpa se lleva al cabo en distintos Centros Acuícolas de la SEMARNAP, en los estados de Chiapas, Michoacán, Jalisco, Chihuahua, Coahuila, San Luis Potosí, Durango, Aguascalientes, Guanajuato, e Hidalgo; y en otros tres a cargo de los gobiernos estatales de México y Tlaxcala. Las crías así obtenidas, básicamente se utilizan en la repoblación o siembra de cuerpos de agua.

Derivado de lo anterior, hoy la carpa forma parte de las especies que soportan el grueso de la producción acuícola en aguas continentales de México.

De acuerdo con cifras oficiales de la SEMARNAP, las especies de carpa, tilapia y ostión, de indudable impacto social, abarcaron en 1999 el 78% de la producción acuícola nacional, proporción que se destina fundamentalmente al consumo interno. En la actualidad, la carpa aglutina el 13% de la producción acuícola nacional, después de la tilapia, el ostión y el camarón, ocupando el cuarto lugar a escala nacional y la segunda posición en aguas continentales, después de la tilapia. Esto ubica a la carpa dentro de las principales especies que se cultivan en México, como la tilapia, el ostión, camarón, trucha, bagre, y langostino.

Aparte de su indudable contribución en el aspecto alimentario, el cultivo tradicional de la carpa ha permitido que en algunos contextos regionales del país se estén generando incluso empleos directos e indirectos que han promovido el desarrollo socioeconómico de los mismos.

1.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS

De acuerdo a la Carta Nacional Pesquera, publicada en el Diario Oficial el 28 de agosto de 2000, en México se propagan y cultivan las siguientes especies de carpa:

- Carpa común o escamuda (*Cyprinus carpio communis*).
- Carpa espejo o de Israel (*C. carpio specularis*)
- Carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofusus*)
- Carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*)
- Carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*)
- Carpa cabezona (*Aristhychthys nobilis*)
- Carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*)
- Brema (*Megalobrama amblycephala*)

En general, todas las especies de carpa arriba mencionadas presentan un elevado índice de fecundidad y de crecimiento; además de una gran resistencia al manejo, lo que las hace relevantes para la producción de carne en corto tiempo y a bajo costo, con un amplio impacto social. Constituyen además los componentes básicos del modelo del policultivo, para el aprovechamiento integral de

los recursos tróficos disponibles de manera natural en los reservorios de cultivo, lo que permite generar altos rendimientos productivos.

Cabe mencionar que en 1997 en China, nación que alberga una quinta parte de la población del planeta, la producción de este grupo de especies, y particularmente de las de huevo pelágico (herbívora, cabezona, plateada y negra), se infiere que fue de alrededor de los 18 millones de toneladas (Anuario Estadístico de Pesca 1999).

Carpa común (*Cyprinus carpio communis*)

Originaria de Asia, propia de las cuencas hidrológicas que drenan al Mar Mediterráneo, al Negro, Caspio y Aral; en Europa y Asia Central. Es un pez omnívoro, bentófago y detritívoro. Ocupa las zonas litoral y profunda, y el nivel de fondo en los cuerpos de agua. El color del dorso de su cuerpo es verde olivo y el vientre amarillo, con cuerpo cubierto por escamas gruesas de color brillante, presenta barbas y tiene los dientes en la parte superior del esófago; llegan a pesar mas de 30 Kg., con tallas superiores a los 60 cm. En este grupo de variedades de *C. carpio* (común, espejo y barrigona) descansa un elevado porcentaje de la producción de la carpa en México.

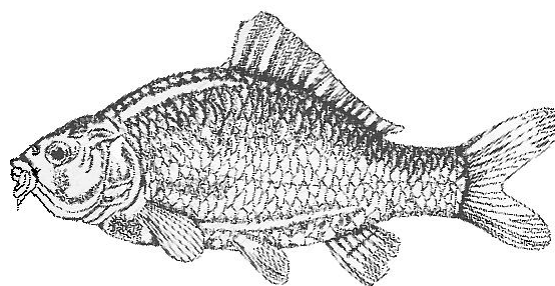


Figura 1. Carpa común (*Cyprinus carpio communis*)

Carpa espejo o de Israel (*Cyprinus carpio specularis*)

Es una variedad de la carpa común, es parcialmente escamosa, tiene grandes escamas a cada uno de los lados del cuerpo, siendo éste robusto y comprimido. La cabeza es pequeña y de forma triangular, con la mandíbula ligeramente sobresaliente con dos pares de barbillas. Las dos anteriores son cortas y delgadas y las dos posteriores largas y gruesas. Mide de 50 a 60 cm de longitud, con una aleta dorsal opaca y larga. Como *C. carpio*, es un pez omnívoro, bentófago y detritívoro. Ocupa las zonas litoral y profunda, y el nivel de fondo en los cuerpos de agua.

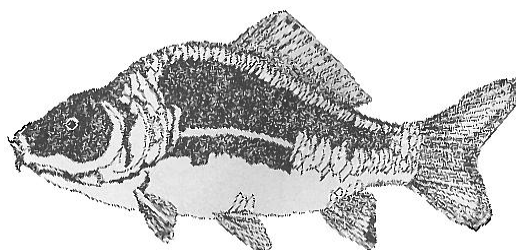


Figura 2. Carpa espejo o israel (*Cyprinus carpio specularis*)

Carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofusculus*)

Constituye también una variedad de la carpa común. Es una especie omnívora, bentófaga y detritívora. Ocupa las zonas litoral y profunda, y el nivel de fondo en la columna de agua. Presenta un color verde pardoso en el dorso, y blanco amarillento en el vientre, aunque también hay de color anaranjado, amarillo o blanco. La talla máxima es de 80 cm, con un peso de cerca de los 30 Kg. Presenta una aleta dorsal muy alargada. Tiene los labios gruesos con dos pares de barbillas, las inferiores cortas y delgadas y las superiores gruesas y largas.

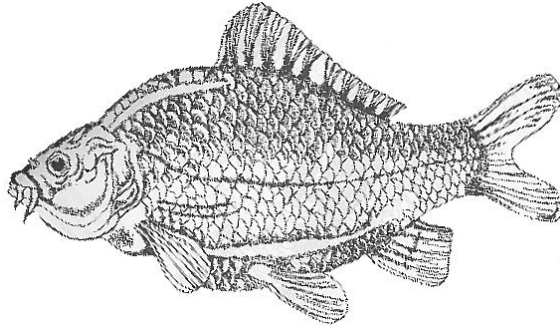


Figura 3. Carpa barrigona (*Cyprinus rubrofusculus*)

Carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*)

Pez propio de medios lóticos. Es originaria de los grandes ríos de China. Se reportan tallas de hasta 2.0 m de longitud y 60 Kg de peso en sistemas abiertos. Presentan el cuerpo alargado, cubierto de grandes escamas cicloideas. Tiene el abdomen redondeado, la mandíbula superior más pronunciada que la inferior y no presenta barbas en los labios superiores. Su color es amarillo verdoso, con un tono más oscuro en la región dorsal; mientras que el vientre es blanco grisáceo. Es un pez de crecimiento muy rápido, consume una amplia variedad de malezas acuáticas y todo tipo de plantas gramíneas; así como granos secos, como el trigo y el maíz. Se desplaza fundamentalmente en la zona litoral, ocupando los niveles superficial y medio de los cuerpos de agua. En climas fríos madura a los siete años, en climas templados a los cuatro y en los cálidos a los dos años.

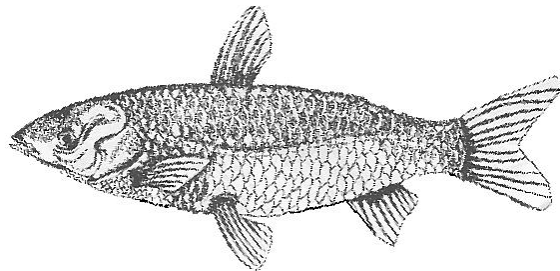


Figura 4. Carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*)

Carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Propia también de sistemas lóticos. Es originaria del río Amur, en la China Continental. Presenta el cuerpo alto y comprimido, con el abdomen muy estrecho, tiene la cabeza grande que constituye la cuarta parte de la longitud total del pez. Ojos pequeños situados muy abajo y delante de la cabeza. La

boca es ancha y redondeada. Es una especie planctófaga y habita en el nivel superficial y medio de la columna de agua, a lo largo de toda la zona limnética (espejo total) de los reservorios de cultivo. Llega a pesar de 20.0 a 30.0 Kg. Es un consumidor primario de rápido crecimiento, alto índice de conversión alimenticia y un filtrador potencialmente adecuado para aprovechar la productividad primaria de la capa superficial de los embalses.

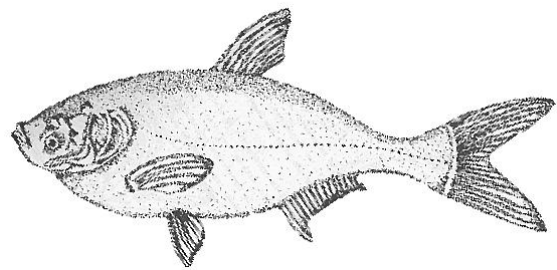


Figura 5. Carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*)

Carpa cabezona (*Aristhychthys nobilis*)

Especie originaria de los ríos del Sur de la China Continental. Tiene el cuerpo alto y la parte ventral ligeramente redondeada. No presenta barbillas en sus labios; sus ojos son pequeños. El color del pez es gris oscuro en la parte dorsal y en los costados en los que además presenta manchas más oscuras de forma irregular. El vientre es de color blanco grisáceo. Es una especie planctófaga, con preferencia sobre el zooplancton. Al igual que la carpa plateada, es un pez ovíparo, de huevo pelágico, que habita en los niveles superficial y medio de los cuerpos de agua (ríos y embalses), a lo largo y ancho de la zona limnética. Llega a pesar de 30.0 a 40.0 Kg.

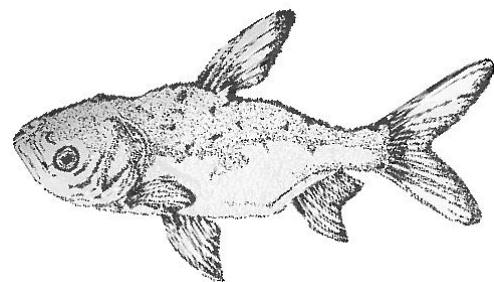


Figura 6. Carpa cabezona (*Aristhychthys nobilis*)

Carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*)

Originaria de los ríos de la porción poniente de la China Continental, desde Beijing hasta Guangzhou. Alcanza tallas superiores a los 1.8 m y mas de 60 Kg de peso. Habita preferentemente en las zonas litoral y profunda, ocupando el nivel de fondo de los cuerpos de agua. Es una carpa zoobentofágica, preferentemente malacófaga; o sea que se alimenta de moluscos, como caracoles y al-

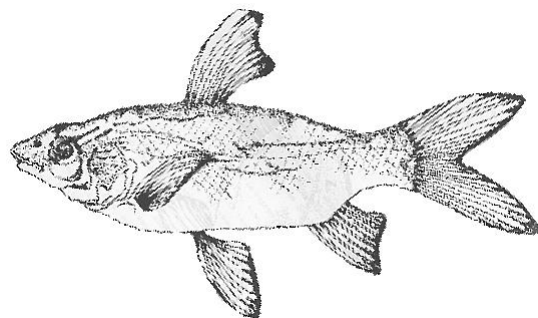


Figura 7. Carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*)

mejor; es ovípara y su huevo es libre, de tipo pelágico. Tiene el cuerpo alargado, con la cabeza relativamente chica en comparación con la longitud del cuerpo. No tiene barbillas. El color de su cuerpo es grisáceo, siendo más oscuro el tono en la parte dorsal. El nivel de producción de crías de esta especie es reducida, y se logra hasta el momento sólo en el Centro Acuícola de Tezontepec, Hgo.

Carpa brema (*Megalobrama amblycephala*)

Esta especie es originaria de los ríos de la actual Provincia de Hubei, en la República Popular China. Presenta un cuerpo comprimido, alto y cabeza pequeña; su coloración es plateada y posee una excelente presentación. Se reportan tallas máximas de 47 cm y de más de 3 Kg de peso. La brema, propia de ambientes lénticos, es herbívora y se desplaza principalmente en las capas media y superficial de la zona litoral de los cuerpos de agua. Es ovípara y su huevo es de tipo adherente. Como la carpa común, desova preferentemente en lagos y embalses, en zonas litorales de reciente inundación y con malezas abundantes, durante la primavera y el verano, cuando la temperatura del agua alcanza de los 18 a los 22° C, y se presenta el ingreso de agua durante el inicio de la temporada de lluvias.

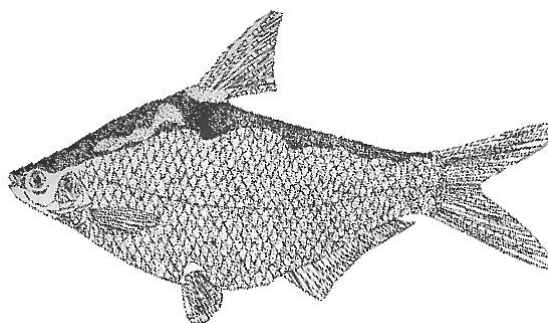


Figura 8. Brema (*Megalobrama amblycephala*)

En la Tabla 1 se presentan las características principales de algunas de estas especies.

1.1.1. HÁBITAT Y MEDIO AMBIENTE

Los ciprínidos se adaptan a una gran variedad de climas y se desarrollan bien en ambientes lénticos y lóticos, la temperatura incide directamente en la tasa metabólica de las especies. A menos de 15 °C el apetito disminuye evidentemente, y por debajo de los 8-10 °C, dejan de alimentarse, a menos de 5.5 °C, la mayoría de los individuos muere.

El pH afecta drásticamente el metabolismo de las carpas. Cuando los valores bajan hasta 5.5. éste se reduce rápidamente, disminuyendo el apetito. Prefieren aguas ligeramente alcalinas (7-8.5)

Tabla 1. Datos biológicos de las principales especies

NOMBRE COMÚN	Carpa plateada	Carpa herbívora	Carpa negra	Carpa cabezona	Carpa Israel
Longitud máxima		2.2 m	2.3 m		
Peso máximo	30 Kg	60 Kg	70 Kg	40 Kg	30 Kg
Nivel en la columna de agua	Superficial y medio	Superficial y medio	Fondo	Superficial y medio	Fondo
Se cultiva en México	Si	Si	Si	Si	Si
Hábito alimenticio	Planctófaga	Macrófaga, herbívora	Malacófaga, zoobentofágica	Zooplanctófaga	Bentófaga, detritívora
Clima en que se desarrolla	Todos los climas	Todos los climas	Todos los climas	Todos los climas	Todos los climas
Meses en que se reproduce	Junio-agosto (época de lluvias)	Junio-agosto (época de lluvias)	Junio-agosto (época de lluvias)	Junio-agosto (época de lluvias)	Marzo, abril y mayo (primavera)
Tipo de ambiente en que se reproduce.	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico	Léntico
Tipo de huevo	Libre, grande y transparente. Requiere de movimiento del agua para su incubación	Libre, grande y transparente. Requiere de movimiento del agua para su incubación	Libre, grande y transparente. Requiere de movimiento del agua para su incubación	Libre, grande y transparente. Requiere de movimiento del agua para su incubación	Pequeño, demerso y adherente. Agua estancada para su incubación.

Se ha determinado que el consumo de alimento es directamente proporcional a la concentración de oxígeno. Por debajo de 2 mg/l, hay pérdida de apetito y, a 1 mg/l la alimentación se detiene, con una concentración menor el animal muere. Por lo que se desarrollan normalmente en aguas con concentraciones de oxígeno por arriba de 2 mg/l.

1.1.2. CICLO DE VIDA

En la Tabla 2 se muestra el ciclo de vida de cada una de las especies de carpa que se cultivan.

Tabla 2. Ciclo de vida de la carpa

Especie	Madurez sexual		Desarrollo embriionario	Alimentación
	Hembras	Machos		
C. común	1.5 y 2 años de edad	6 meses a un año	44 a 46 horas	El alevín nace con saco vitelino, que tarda en reabsorberlo de 3 a 4 días, momento a partir del cual se inicia la ingestión de alimento externo, básicamente zooplancton, hasta alcanzar una longitud de 3.5 cm., talla en la que adquiere los hábitos alimenticios omnívoros definitivos
C. herbívora	2.5 a 3.5 años	2 años	30 a 32 horas	El alevín nace con saco vitelino, que tarda en reabsorberlo de 3 a 4 días, al término de la absorción, y hasta antes de alcanzar una longitud de 4-5 cm, es zooplanctófago, después adquiere los hábitos alimenticios herbívoros definitivos
C. plateada	3 a 4 años	2 a 3 años	28 a 30 horas	El alevín eclosiona con saco vitelino que reabsorve entre 3 y 4 días. Su alimentación inicial es zooplanctónica, y por arriba de los 3-3.5 cm adquiere hábitos fitoplanctófagos definitivos
C. cabezona	3 a 4 años	2 a 2.5 años	29 a 30 horas	El alevín nace con saco vitelino, que tarda en reabsorberlo de 3 a 4 días, se alimenta desde sus primeras etapas de zooplancton, régimen que mantiene hasta la edad adulta.
C. negra	4 a 5 años	3 a 4 años	30 a 32 horas	El alevín nace con saco vitelino, que tarda en reabsorberlo de 3 a 4 días. Posteriormente es zooplanctófaga y cuando alcanza de 3 a 4 cm de longitud, adquiere los hábitos alimenticios malacófagos definitivos
Brema	3 a 4 años	2 a 3 años	46 horas	El alevín nace con saco vitelino, que tarda en reabsorberlo de 3 a 4 días, período en el cual no ingiere alimentos externos. Después de esta etapa los alevines son zooplanctófagos, y hasta alcanzar una longitud de 4 cm, adquiere hábitos alimenticios hervívoros definitivos

2. ANTECEDENTES

Los ciprínidos constituyen la familia más grande de peces dulceacuícolas con más de 1,700 especies y 220 géneros, y presentan una amplia distribución, principalmente en Euroasia y Japón; así como en las Islas de las Indias Orientales, África y Norteamérica. (Howes 1991). Es la familia más representada en Norteamérica, con un total de 286 especies recientes, algunas no descritas, siendo en su mayoría endémicas. (Mayden, 1991).

Sobre la introducción de la carpa en México diferentes autores hacen mención a este respecto. De acuerdo a Mateo Rosas Moreno, en su publicación: "Biología Acuática y Piscicultura en México"; la ciprinicultura se inició con la introducción de la carpa escamuda en 1872 por el señor Terreros, y la carpa dorada *Carassius auratus*. Posteriormente se da inicio a su popularización con la carpa de Israel *Cyprinus carpio specularis* con un programa nacional de distribución que realizó el Banco Nacional de Crédito Ejidal en 1956, conocido como programa de Piscicultura Rural.

Para Fernando Obregón en su trabajo: "Cultivo de la carpa seleccionada en México", es en el año de 1893 cuando Carlos Cuenta Terrón presenta a la Sociedad Científica Antonio Álzate, su trabajo: "La fauna Ictiológica y Malacológica comestible del lago de Chapala, Jalisco", y en esta ocasión cita entre las especies comestibles autóctonas al pescado blanco, charales, bagres, mojarritas, popochas y sardinas, y como especies exóticas la carpa traída a México por Esteban Cházari en 1903 y aclimatada en el Río Lerma. Sin embargo, aunado a lo anterior, hace mención que se ha considerado que las carpas fueron traídas a México por la Secretaría de Fomento y Colonización en 1883.

Dentro de los ciprínidos introducidos a México están la carpa común, espejo, dorada, barrigona, herbívora, plateada, cabezona, brema y la negra. En cuanto a las tres primeras, se tiene dificultad para precisar la fecha de arribo, ya que ocurrió durante el siglo pasado (Cházari, 1884; Juárez y Palomo, 1988). De acuerdo con Cházari, 1884, la introducción de la carpa escamuda, (*Cyprinus carpio communis*) espejo (*Cyprinus carpio specularis*) y cuero (*Cyprinus carpio coriaceus*) fue realizada por R. Hessel en 1876; siendo diferente a lo reportado por Alvarez, (1970) quién plantea el año de 1882; mientras que Juárez y Palomo (1988) señalan para la primera 1882 y para la segunda 1936.

Probablemente la fecha señalada por Cházari en su libro: "Piscicultura de Agua Dulce", sea la real, ya que corresponde al primer tratado que sobre éste tópico se escribió en México y en el consigna fechas, describe el estado de algunos cuerpos de agua así como de las especies que en ellos vivían; además de plantear de una manera muy clara los motivos que determinaron los programas de la piscicultura en nuestro país en ese período, en una nación con escasa tradición en el consumo de pescado (Cházari, 1884), particularmente en los estados del interior.

En cuanto a la carpa dorada, se acepta que fue introducida a finales del siglo pasado, en 1872, de acuerdo con Juárez y Palomo, (1988). Además de su valor como pez ornamental, desde los años veinte se ha usado como material biológico en el contexto mundial para laboratorio, debido a su fácil manejo y resistencia, en estudios de genética, embriogénesis y evolución (Li Zhen, 1990).

Han sido varios los sucesos de importancia para el desarrollo del cultivo de la carpa en México dentro de los cuales se pueden citar los siguientes:

- En 1936 el emperador de Japón obsequio a México algunas carpas seleccionadas de los estanques imperiales. Estas carpas llegaron a Mazatlán, Sin., en agosto del mismo año y 50 ejemplares fueron depositados en un estanque de Cerro Gordo, Méx.
- En 1957 se construyeron los Centros Piscícolas de Antúnez, Mich. y de Jaral de Berrio, Gto., donde se llevaron pies de cría de carpas seleccionadas de Israel de la primera generación nacida en México.
- En 1958 la Campaña Nacional de Piscicultura Agrícola estableció los centros productores Piscícolas de Tlacolula, Oax., Tamazuluapan, Oax., y el de la Escuela Nacional de Agricultura, en Chapíngo, Méx. La producción total de este año ascendió a 1'000,000 de crías de carpa seleccionada, que se obsequiaron entre campesinos de 24 estados de la República.

Por otra parte, dada su importancia en el contexto alimentario a escala mundial, la importación de las carpas chinas de huevo pelágico (herbívora, cabezona, plateada y negra) a México, merece ser abordada con amplitud.

Su introducción se realizó con el propósito de responder a las estrategias para fortalecer la oferta de productos de alto valor nutricional en el medio rural, que ya Esteban Cházari había considerado desde fines del siglo pasado y que continúan siendo vigentes, dado que son especies con amplias bondades para su manejo acuícola, debido a su alto potencial biológico, rápido crecimiento y a su resistencia al manejo. Así, se introdujo la carpa herbívora, (*C. idellus*) y plateada, (*H. molitrix*) en 1965; la cabezona, (*A. nobilis*); la negra, (*M. piceus*) y la brema (*M. amblycephala*) en 1979, para la implementación y extensión del modelo chino de policultivo que tanto éxito ha tenido en aquel país, donde se empezó a utilizar desde el año 904 A. C., y en los últimos años en menor escala en Europa, el Sudeste Asiático, América Latina y el Caribe.

Resalta que en México la reproducción y el cultivo de estas especies se ha expandido en los últimos años. De propagarse inicialmente en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hgo, en la actualidad sólo la brema y la negra se reproducen únicamente en dicho Centro; la herbívora, cabezona y plateada, con distintos grados de dominio, se propagan ya a nivel masivo también en los Centros Acuícolas de la SEMARNAP de: "Zacapu", Mich. (herbívora y próximamente cabezona), "El Peaje", S.L.P. (herbívora), y en el de "Valle de Guadiana", Dgo. (herbívora y plateada); y están por propagarse también a partir del 2000 en el Centro Acuícola de "La Rosa", Coah., todos ellos centros prioritarios de la Secre-

taría para el fomento acuícola por su capacidad productiva. Se tiene también a los Centros estatales de “Tiacaque” y de “La Paz”, Mex., con producción de crías de carpa herbívora y plateada en distintos años, a partir de 1987.

En lo que respecta al desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para incrementar la propagación de las carpas chinas, en el marco de la vertiente básica de gestión del Fomento a una Producción Sustentable de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), a partir del 2000 está operando en los Centros Acuícolas de Zacapu, Mich., y de Tezontepec de Aldama, Hgo., un sistema acoplado de desove e incubación con cosecha automática de huevo, para la producción a masiva de alevines de carpas de huevo pelágico, que se suma al existente desde 1993 en el Centro Acuícola El Peaje, S.L.P. El modelo adecuado y aplicado por primera vez en México por Escárcega (1996) en el Centro Acuícola El Peaje, incluye una modificación al modelo Chino, bajo el principio de vasos comunicantes en el paso automático del huevo de un desovadero circular a incubadoras chinas convencionales.

2.1. ANTECEDENTES DE PRODUCCIÓN

En el marco de la producción acuícola en el contexto mundial, la producción de carpas, principalmente de las de huevo pelágico, en China en 1997, se infiere rondó en alrededor de los 18 millones de toneladas, cuya fuente la constituye la acuicultura rural a escala extensiva y semintensiva, cifra que representó cerca del 75% de su producción total por acuicultura (24.030 millones de toneladas), y aproximadamente el 45% de su producción pesquera total, la cual fue de 39.937 millones de toneladas¹ en ese año (Anuario Estadístico de Pesca 1999). Hoy por hoy, China abarca cerca del 70% de la producción por acuicultura a escala mundial (36.050 millones de toneladas).

México, con una producción de 24,848 toneladas de carpa en ese año, abarcó el 0.14 % de ese nivel productivo. Se estima que en ese año México ocupó el decimosexto lugar dentro de los principales países que se dedican al cultivo de este recurso.

De acuerdo a los Anuarios Estadísticos de la SEMARNAP en el período comprendido de 1988 a 1999, el volumen de la producción fue de 306,251 toneladas, con 25,521 ton/año en promedio; registrándose en el año de 1996 la mayor producción con 29,537 ton y la menor en el año de 1999 con 22,060 toneladas.

¹ Captura y cultivo de animales y vegetales en peso vivo. Se excluyen conchas, esponjas, corales, cocodrilos y mamíferos.

Asimismo, el valor obtenido con respecto a los volúmenes de captura en el mismo periodo fue de \$ 872,452 miles de pesos, siendo en el periodo de los años de 1991-1993 en los cuales se registraron los mayores valores.

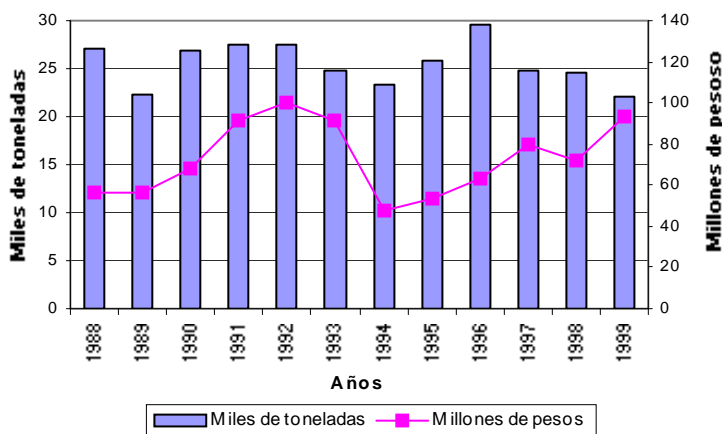


Figura 9. Producción histórica de carpa

Según datos estadísticos de SEMARNAP.

La producción de carpa desde sus inicios fue una producción extensiva, es decir con esta especie se repoblaron cuerpos de agua, en donde en la mayoría de ellos se propagó de manera natural, posteriormente cuando se inicia la construcción de presas, se regresa al cultivo rural, donde básicamente se siembran los jagüeyes y cuerpos de agua en los cuales se introducen las crías producidas en los centros acuícolas.

Con la introducción de las carpas chinas, el policultivo en nuestro país se inicia en 1981, en la Granja de Policultivo de Tezontepec y en diversos cuerpos de agua, diseñada para este propósito, la cual en los primeros años, producía bajo un esquema integral, carpas de las distintas especies: barrigona, espejo, herbívora, plateada, cabezona; así como cerdos, patos además de hortalizas y miel, con buenos resultados. Posteriormente, para incrementar la capacidad productiva del Centro Acuícola de Tezontepec, y la oferta de crías de las especies consideradas, y para difundir la aplicación del modelo en distintas zonas del país, estando actualmente en uso solo la estanquería.

Aunque hasta el momento las estadísticas disponibles no especifican los niveles productivos por cada especie de carpa, es de asumirse que la contribución de las carpas chinas de huevo pelágico (herbívora, plateada, cabezona y negra) en la producción total para este grupo de especies debe de ser indudablemente importante, dado el incremento creciente que se ha tenido en la oferta de alevines y crías en las mismas; aún a nivel de repoblación, en el que se tiene, con el manejo de policultivos, un aprovechamiento integral de los recursos alimentarios disponibles de manera natural en la columna de agua.

Lo anterior plantea la necesidad de contar con registros estadísticos que correspondan al nombre científico; así como de diferenciar si la producción es por

acuicultura o por pesca; además de hacer el aprovechamiento planeado e integral de los cuerpos de agua.

Debido a la introducción de las carpas desde finales del siglo XIX, estas forman parte ya de la ictiofauna nacional, con claras evidencias de su reproducción natural en distintas cuencas hidrológicas del país. Sin embargo habrá que cuidar el cumplimiento de la normatividad vigente para la introducción y movimientos de organismos acuáticos dentro del territorio nacional.

3. SITUACIÓN ACTUAL

Hasta el momento en México, los mayores volúmenes de producción de la carpa son aportados por la acuicultura de repoblación y en menor grado por la semi-intensiva en estanquerías y pequeños embalses. Los sistemas de producción controlados, con generación de elevados rendimientos productivos son realmente escasos. Sin embargo, es innegable su contribución al mejoramiento nutricional en las zonas rurales, particularmente de la zona centro de México.

En nuestro país existen varias unidades y centros acuícolas dedicados a la producción de carpa, entre los que destaca el de mayor número de unidades de producción acuícola el estado de Tlaxcala (880 unidades), seguido por Michoacán (820 unidades), en la Tabla 3 se muestran los estados con participación acuícola.

Tabla 3. No. de unidades de producción y/o centros acuícolas por entidad federativa

Estados	No. de unidades de producción acuícola		No. de Centros Acuícolas
Aguascalientes	-	72	1
B.C.	-	9	-
Coahuila	1	-	1
Chiapas	-	200	1
Chihuahua	-	255	1
Durango	3	2	1
Edo. de México	2	29	-
Guanajuato	8	384	1
Guerrero	-	52	-
Hidalgo	4	467	1
Jalisco	14	112	2
Michoacán	253	820	2
Morelos	-	36	-
Nayarit	1	-	-
N.L.	-	2	-
Oaxaca	-	138	-
Puebla	2	1	1
Querétaro	-	1	1
S.L.P.	-	527	1
Tlaxcala	6	880	-
Zacatecas	-	27	-

Fuente: Delegaciones Federales de la SEMARNAP

3.1. REGIONALIZACIÓN

Este grupo de especies ha sido ampliamente distribuido en el país, tanto en los estados interiores como en diversos estados costeros. Su presencia se tiene principalmente en la Meseta Central, abarcando también tres grandes cuencas: Lerma-Chapala-Santiago, Balsas y Pánuco.

En la actualidad, de acuerdo al Anuario Estadístico de Pesca 1999, el cultivo de la carpa se realiza en prácticamente todos los estados de la República Mexicana, destacándose en ese año los estados de Veracruz, México, Puebla, Michoacán, Guanajuato y Jalisco como los principales productores, con un volumen de 19,258 ton, lo que representó el 65% de la producción nacional de carpa en ese año.

De acuerdo a cifras estadísticas de producción, en el periodo comprendido de 1995 a 1998 la producción total de carpa a nivel nacional fue de 121,370 toneladas, con 104,926 toneladas derivadas de actividades de acuacultura, representando el 86.4 % de participación en la producción nacional de este grupo de especies.

En la Figura 10 se presentan los volúmenes de producción por Entidad Federativa para el año de 1999.

En la actualidad, la producción acuícola de la carpa (21,945 ton en 1999) comprende el 13% de la producción acuícola nacional y solo el 4% del valor total de la misma en ese año; lo que da cuenta del escaso valor que en términos generales logra en el mercado.

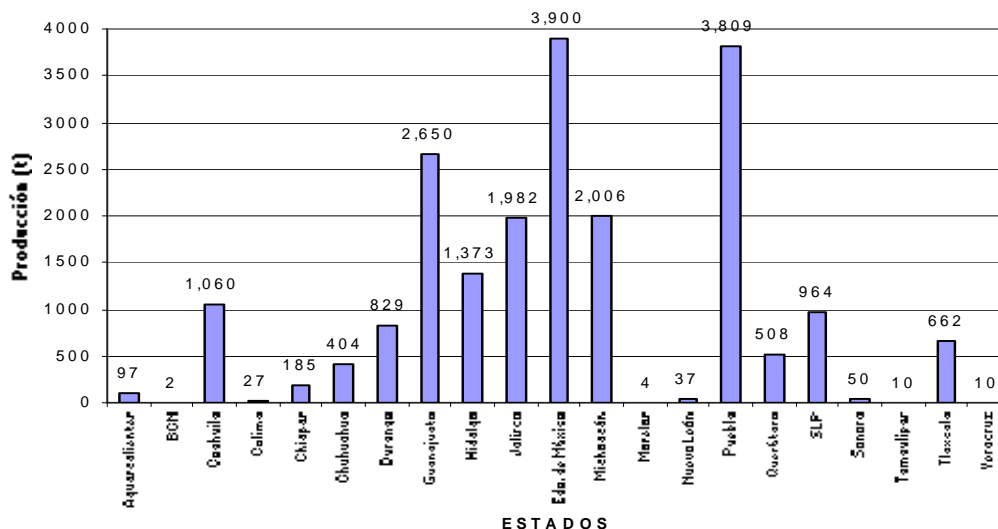


Figura 10. Producción nacional de carpa por Entidad Federativa para 1999

Se puede afirmar que en los estados, y particularmente en las ciudades del interior del país no existe una cultura arraigada hacia el consumo de pescado, y la limitada tradición que existe se enfoca principalmente hacia peces marinos y a la tilapia y trucha dentro de las especies dulceacuícolas. Es decir, en estos segmentos de la población urbana no existe prácticamente demanda en el consumo de la carpa, razón por la cual tiene precios muy bajos.

3.2. NORMATIVIDAD

Con respecto a la normatividad, no se tienen hasta momento normas oficiales que regulen en específico el aprovechamiento de esta especie; sin embargo, cabe mencionar que la Ley de Pesca y su Reglamento, en su apartado de acuacultura establece una serie de artículos reglamentarios sobre las concesiones, permisos y autorizaciones para llevar a cabo esta actividad. De igual forma, en la Carta Nacional Pesquera, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 2000, se presentan diversas consideraciones y recomendaciones sobre el aprovechamiento de la carpa, entre lo que se destaca el manejo de líneas puras de reproductores en los Centros Acuícolas para mejorar los impactos productivos y de derrama de ingresos en las labores de repoblación, a través también de un manejo planificado de los cuerpos de agua; además de que se marcan líneas de investigación que el desarrollo del cultivo de la especie requiere.

Por otra parte la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente contempla ordenamientos jurídicos fundamentales para la preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente en nuestro país, en los cuales se contemplan algunas leyes y medidas con respecto a aspectos de actividades de acuacultura.

En los últimos tres años se han publicado Normas Oficiales Mexicanas de sanidad acuícola; se encuentran en preparación proyectos adicionales que regularán la aplicación de medicamentos, alimentos balanceados, calidad del agua de descarga de granjas acuícolas, colecta de larvas y postlarvas de camarón con fines acuícolas y para reproductores (Tabla 4).

3.3. PROPAGACIÓN

En los centros de producción de crías (fundamentalmente oficiales), para las carpas de huevo adherente se emplean tanto el desove natural y el semiartificial con captación del huevo fecundado en distintos sustratos; como la técnica artificial y semiartificial con eliminación de la adherencia del huevo, para su incubación en incubadoras de flujo ascendente, tipo Zoug o Weiss. La eliminación de la adherencia se lleva a cabo por medio la técnica de Woynarovich o con el empleo de leche. Cabe destacar que, bajo esta última técnica eliminación de la adheren-

Tabla 4. Normas Oficiales Mexicanas y reglamentos relacionados al cultivo de peces (carpa)

NOM	OBJETIVOS	FECHA DE PUBLICACION
Ley de Aguas Nacionales		
009-PESC-1993	Norma Oficial Mexicana, que establece el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de diferentes especies de flora y fauna acuáticas en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.	Marzo 4, 1994
010-PESC-1993	Establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato en el territorio nacional.	Agosto 16, 1994
011-PESC-1993	regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables en la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos.	Agosto 16, 1994
Aviso	Por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para las diferentes especies de la fauna acuática y complementa a la 009-PESC-1993.	Marzo 4, 1994
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Sirve de marco regulatorio de toda autorización en materia de los impactos ambientales por la realización de obras o actividades (incluyendo la acuacultura), que generen o puedan generar efectos significativos sobre el ambiente o los recursos naturales.	Diciembre 13, 1996
Ley de Pesca y su Reglamento SEMARNAP	Es el marco regulatorio de la pesca y acuacultura nacional, se orienta hacia el desarrollo pleno y sostenido de la actividad pesquera y acuícola y da certidumbre a aquellos que participan a lo largo de toda la cadena productiva.	29 de septiembre de 1999

cia como el huevo de estas especies es de tipo demerso no resulta factible su incubación en incubadoras de canal circulante (chinas), por el arrastre del huevo en el piso de las mismas.

Para el desove de las carpas de huevo pelágico se emplea invariablemente la técnica semiartificial y artificial, con el uso de hipófisis secas de *C. carpio*, en dosis que van de los 3 a lo 6 mg/Kg de peso en las hembras. Para la técnica semiartificial el desove ocurre de manera natural, sin manipulación de los reproductores, y el huevo fecundado se colecta con redes de malla fina. En la artificial la fecundación se realiza con el método seco, manipulando a los reproductores para extraer los gametos, que se colocan en cuencos de plástico. En ambas opcio-

nes la incubación se lleva al cabo, de manera general, en incubadoras chinas convencionales de 3 m de diámetro.

En la actualidad, para estas carpas de huevo libre, como ya fue mencionado en el capítulo de antecedentes, está operando ya con éxito en varios Centros cigrinícolas de la SEMARNAP un sistema acoplado de desove e incubación con cosecha automática de huevo, con el que, en comparación con la técnica artificial se logra, simple y sencillamente, una mayor productividad con menores costos de producción y un menor esfuerzo (ver capítulo de Investigación y desarrollo tecnológico).

3.4. CULTIVO

El cultivo de la carpa en México se realiza en diferentes sistemas como son bordos, presas, lagos, lagunas y unidades de producción acuícola. Los sistemas de cultivo que se llevan a cabo son: extensivos (sistemas acuaculturales), semi-intensivos e intensivos (sistemas controlados), destacando en un mayor porcentaje de aplicación en esta actividad el sistema semi-intensivo.

En la Figura 11 se presentan los porcentajes del tipo de sistema de cultivo que es utilizado para el cultivo de carpa de acuerdo a datos obtenidos en encuestas, a cargo de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca.

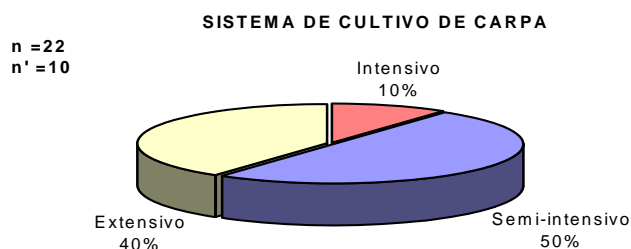


Figura 11. Porcentajes de sistemas de cultivo de carpa
Fuente: DGIA, INP

Con respecto a la alimentación de las carpas, en la mayor parte de las unidades de producción se utiliza alimento balanceado y en algunos otros casos por alimento fresco. En la Figura 12 se presentan los porcentajes del tipo de alimento que es empleado en las Unidades de Producción de Carpa, de acuerdo a los resultados de encuestas, obtenidos en campo, por la DGIA del INP.

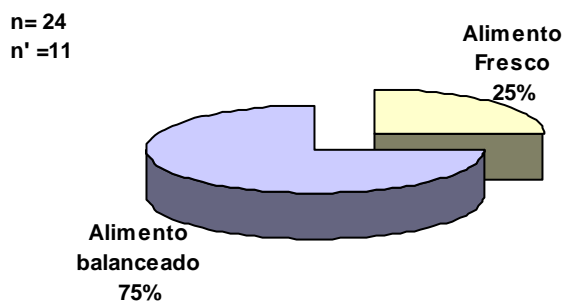


Fig. 12. Porcentajes de alimento empleado en el cultivo de la carpa.
Fuente: DGIA, INP

Las disminuciones en los volúmenes de producción en esta actividad se debe entre otros principalmente a los problemas en la calidad del agua y aparición de enfermedades que en muchos de las ocasiones no son reportadas por los locatarios o productores; y, en muchos otros casos al subregistro de la producción.

3.5. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

La investigación formal sobre la carpa en México se ha enfocado principalmente a aspectos de reproducción, particularmente sobre carpas de huevo adherente (*C. carpio*), y principalmente sobre cuestiones muy puntuales, tales como la eliminación de la adherencia del huevo, desarrollo gonádico, agentes inductores, y polipliodía.

También, respecto a las carpas de huevo pelágico se han realizado trabajos sobre aplicación y adecuación de tecnologías avanzadas para la producción masiva de alevines.

Entre las investigaciones que se han realizado por diferentes instituciones entre las que se destacan:

La Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, ha venido utilizando a la carpa común *Cyprinus carpio* como modelo, ya que está considerada como dominante universal de hipófisis. Estas investigaciones han permitido conocer el desarrollo de las gónadas: sincrónico, asincrónico y sincrónico por grupos de las especies, para manejar el proceso reproductivo; así como evaluar el grado de madurez final con la aplicación de las soluciones YBAG85 y YBAG86, las cuales permiten 25 minutos de observación del Núcleo de los ovocitos, con la primera e indefinida con la segunda; contra los 5 a 8 minutos de la Solución Serra. (Rodríguez-Gutiérrez y Garza-Mouriño, 1985; Rothbard y Yaron 1995; Rodríguez – Gutiérrez, 1992).

La hipofisectomía consiste en coleccionar la hipófisis y preservarla en acetona y posteriormente en un desecador hasta su utilización; ésta técnica tiene su origen en la India y ha sido usada con buenos resultados; además de que se puede aplicar a otras especies (Chauduri, 1976; y Rodríguez – Gutiérrez Garza, 1983). Posteriormente, la inducción al desove se ha realizado con hipófisis liofilizada de la marca Argent, dando buenos resultados en todas las especies de carpa en que se aplica (Cruz y Murillo, 1993).

El uso de hormonas alternativas para la inducción a la reproducción, entre ellas uno de los métodos más actuales es el empleo de la hormona liberadora y dopamina, la que en conjunto y comercialmente se le denomina Ovaprin, utilizándola para inducir el desove de la carpa barrigona y en machos de carpa negra con buenos resultados. Esta hormona fue desarrollada por el Dr. Peter de Cana-

dá, los cuales han dado llamar Método Linpe a la aplicación conjunta de estas hormonas, la ventaja de éste método es que se requiere de menos manipulación de los organismos, por que solo se utiliza una sola dosis (Lin, Peter, 1991).

La fecundación puede ser natural o manual, sin embargo, se incrementa la viabilidad del desarrollo embrionario cuando se hace manual, ya que se les da a los huevos un tratamiento para desadherencia, con lo cual pueden ser incubados como huevos libres en sistemas de incubación adecuados a la especie (flujo ascendente) y optimizando el espacio y el agua. En este tópico se ha usado la técnica de Woynarovich y la de solución salina con buenos resultados.

Si bien el manejo de los reproductores en los centros acuícola es excelente, con nula mortalidad se ha evaluado el uso repetido de la Xilocaina como anéste-sico, con excelentes resultados (Rodríguez-Gutiérrez y Esquivel-Herrera, 1995).

También se ha estudiado la producción natural e inducida de líquido seminal, evaluando su calidad y cantidad, con fines a su conservación y preservación para evitar el manejo simultáneo de hembras y machos, con buenos resultados. (Rodríguez-Gutiérrez, et al., 1991 y Rodríguez-Gutiérrez, et al., 1993)

Se están realizando las primeras investigaciones a fin de producir organismos triploides de carpa herbívora, (Rodríguez-Gutiérrez y Ferreira, 1996), en donde falta la evaluación de los organismos adultos, en el sentido de si son estériles, lo cual permitiría su siembra en grandes cuerpos de agua específicos con afluentes importantes permanentes, como controladores de malezas, sin problemas de reproducción.

Se tiene conocimiento de los trabajos de campo realizados por el grupo de La ENEP – Iztacala, en la evaluación del crecimiento de esta especie en cuerpos de agua.



Figura 13. Sistema acoplado en el Centro Acuícola de Zacapu, Mich., julio del 2000

Desarrollo de sistemas avanzados para la producción masiva de alevines de carpas de huevo pelágico.

En lo que respecta al desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para incrementar la propagación de las carpas chinas, vale enfatizar que en el marco de la vertiente básica de gestión del Fomento a una Producción Sustentable de la SEMARNAP, con el apoyo y financiamiento de la Dirección General de Acuacultura (DGA), del Instituto Nacional de la Pesca en la divulgación y orientación técnica y de conocimiento, y a iniciativa de la Subdelegación de Pesca de la Delegación Federal de la SEMARNAP en el Estado de Michoacán, a partir del 2000 está operando en los Centros Acuícolas de Zacapu, Mich., y de Tezontepec de Aldama, Hgo., un sistema acoplado de desove e incubación con cosecha automática de huevo, para la producción a gran escala de alevines de carpas de huevo pelágico (herbívora, cabezona, plateada y negra), que se suma al existente desde 1993 en el Centro Acuícola El Peaje, S.L.P.

En la figura 14 se muestra un plano estructural de los sistemas acoplados, que fueron desarrollados en la República Popular China, para la producción masiva de alevines y crías de las especies mencionadas, las cuales conforman el modelo básico del policultivo chino y cuyo cultivo, como ya ha sido mencionado, se ha difundido con notable profusión por diversas partes del mundo.

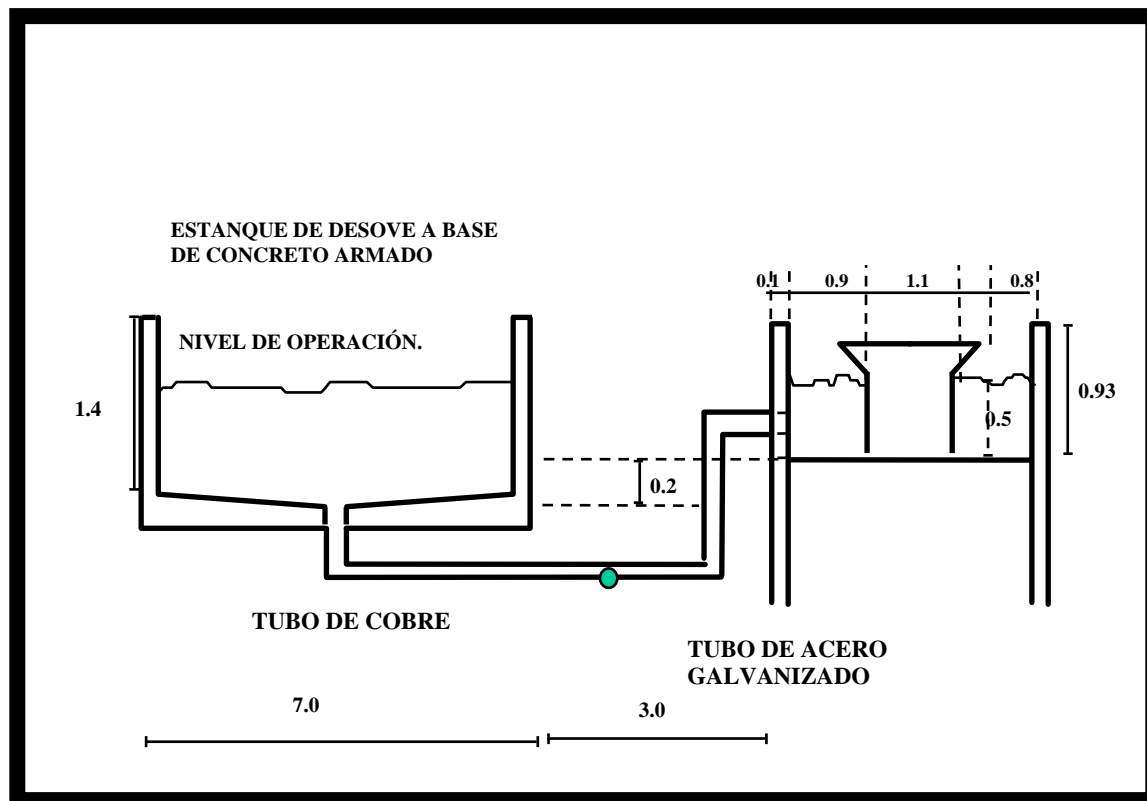


Figura 14. Plano estructural del sistema acoplado

El sistema desarrollado en México, aplicado por primera vez en el país en el Centro Acuícola El Peaje, S.L.P, en la reproducción de la carpa herbívora (Escárcega, 1996), incluye una modificación al modelo de cosecha automática de huevo desarrollado por el Instituto de Investigaciones sobre Productos Acuáticos del Río Perla, de Guangzhou, China - uno de los más importantes por sus contribuciones en la notable expansión del desarrollo acuícola que ha experimentado aquella nación en los últimos años -, aplicando el principio de vasos comunicantes para pasar el huevo del desovadero a la incubadora, lo que permite el desplazamiento del mismo con una suave tracción que evita cualquier daño; a diferencia del modelo chino, en el que se presenta una diferencia de nivel entre el desovadero y las incubadoras, con lo que se pueden presentar pérdidas de huevo por una fuerte tracción de flujo derivada de este desnivel.

El principio y el funcionamiento de estos dispositivos son realmente muy sencillos. En la actualidad en China, y para la producción a gran escala de alevines del grupo de especies en cuestión, los sistemas acoplados son los que resultan más eficientes y los que se utilizan más, incluso sobre la técnica artificial.

El sistema consta de una pileta circular para el desove de 6 a 8 m de diámetro en la que se mantiene una corriente circular a través de un suministro tangencial de agua, la cual se conecta a dos incubadoras chinas convencionales. Opera por el principio de vasos comunicantes, con lo que se logra una cosecha paulatina y automática del huevo en la incubadora conforme va ocurriendo el desove.

El principio del sistema se centra en que tanto en el desove como en la incubación se reproducen las condiciones de movimiento de la columna de agua que ocurren en el hábitat natural de estas carpas durante su reproducción, en los grandes ríos de China. En el caso del desove, el factor de la corriente de agua resultante, aunado a una alta concentración de oxígeno disuelto, favorece el disparo de la ovulación y el desove, y determina que el huevo se aglutine en corto tiempo en el fondo y al centro del contenedor de desove, lo que facilita su hidratación parcial y su desplazamiento automático hacia la incubadora.

La figura 15 muestra la secuencia del proceso de desove e incubación, llevado a cabo en un sistema acoplado.

Resulta importante destacar que el principio de este sistema se puede aplicar también a especies nativas de importancia acuícola en México que presentan huevo pelágico o semiflotante. Aunado a los avances tecnológicos para la reproducción en cautiverio de la acúmure (*Algensea lacustris*), en el CRIP-Patzcuaro del INP, que comprende en la actualidad el segundo lugar en captura en el lago, en los sistemas de incubación de canal circulante, de lo que se estima factible el uso del sistema acoplado para su propagación masiva a partir del 2001. Esto permitirá, a través de la siembra de crías, reforzar el reclutamiento de esta espe-

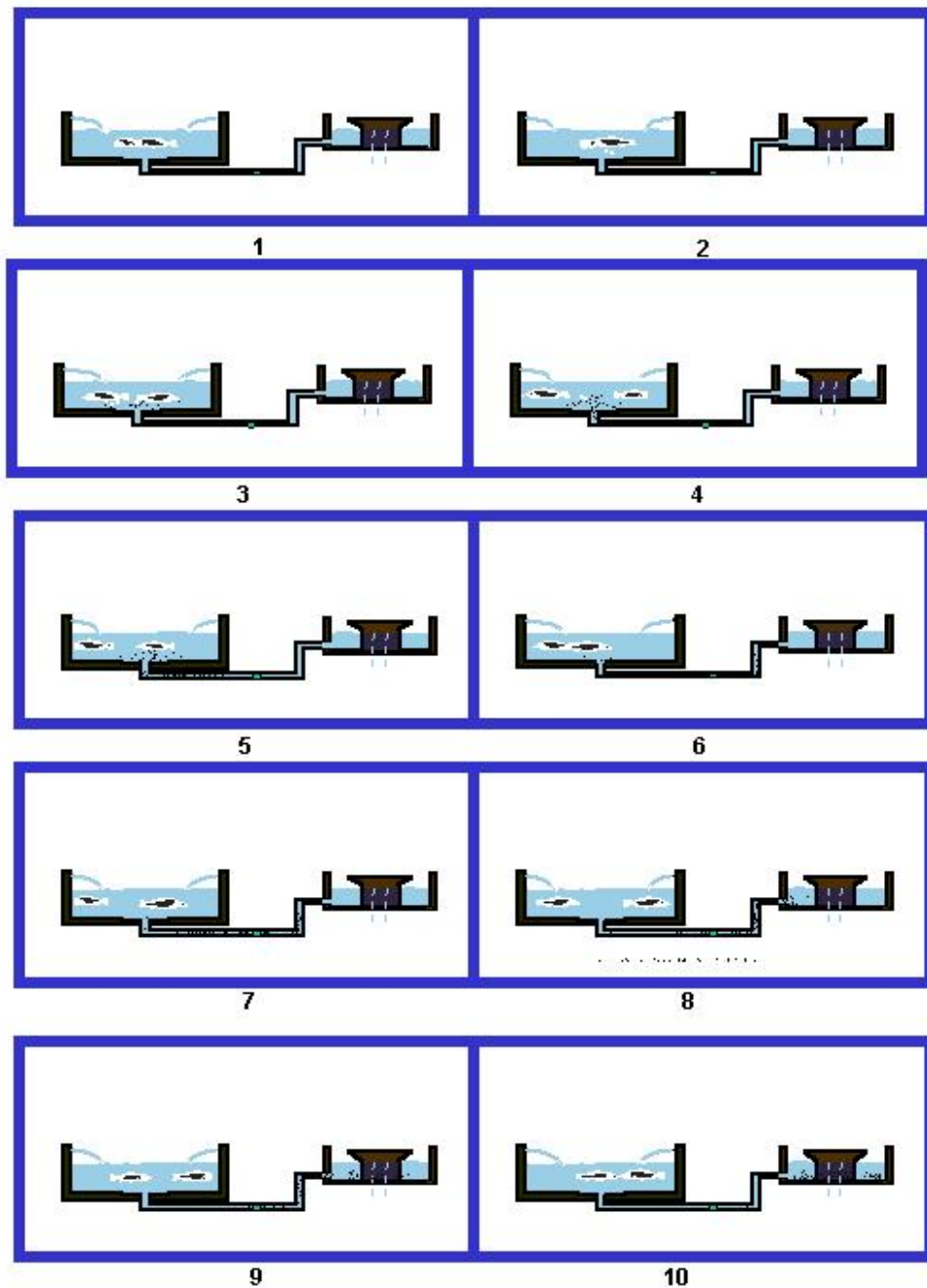


Figura 15. Proceso de desove e incubación, llevado a cabo en un sistema acoplado

cie, única en el mundo en el Lago de Pátzcuaro, y garantizar su protección y aprovechamiento sustentable, al promover su reproducción y cultivo no solo en el Lago, sino también en sistemas semintensivos y otros cuerpos de agua de la zona del Eje Neovolcánico Transmexicano, contribuyendo con esto a la recuperación de sus sitios ancestrales de distribución.

Los márgenes de eficiencia que aporta el sistema acoplado en lo que respecta a la fertilización y a la eclosión, son incluso superiores a los que se logran con la aplicación de la técnica artificial de desove en el país, con la gran ventaja de que con el sistema acoplado se reduce notablemente la aplicación de mano de obra, los costos, la manipulación de los reproductores, el error humano, y la inhibición de la ovulación en las hembras; además de que se elimina la manipulación del huevo, limitaciones que son inherentes a la técnica manual.

En la actualidad se promueve su aplicación también en el Centro Acuícola La Rosa, Coah, obra que se contempla realizar con recursos de inversión de la DGA del 2000, para impulsar la producción de este importante grupo de especies en el contexto nacional.

3.6. Marco institucional

Dentro de estos aspectos se encuentra la Ley Federal de Pesca y su Reglamento que establece que esta ley es de orden público y reglamentaría en lo relativo a los recursos naturales, que constituyen la flora y fauna cuyo medio de vida, parcial o temporal sea el agua y que tiene por objeto garantizar la conservación, la preservación y el aprovechamiento racional de los recursos pesqueros y establecer las bases para su adecuado fomento administrativo.

Con respecto al Reglamento se establece que tiene como objeto dar mayor claridad a la ley antes mencionada, reglamentando las especies acuáticas y a la Secretaría del ramo.

Aunado a lo anterior, el capítulo V de esta ley establece la reglamentación en lo relacionado a las actividades de acuicultura, definiendo esta actividad como el cultivo de especies de la fauna y flora acuáticas, mediante el empleo de métodos y técnicas para su desarrollo controlado en todo estadio biológico y ambiente acuático y en cualquier tipo de instalación.

La Carta Nacional Pesquera se suma también como documento marco integral, ya que incluye tanto información de los recursos acuícolas, como aspectos relativos a la explotación pesquera, así como las referencias de instrumentos normativos específicos, con el objeto de regular la actividad acuícola de las especies con potencial de cultivo, haciendo referencia a las siguientes normas:

- NOM-010-PESC-1993. D.O.F. 15-16-94. Que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en el territorio nacional.

- NOM-011-PESC-1993. D.O.F. 14-07-94. Que regula la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La carpa tiene una presencia centenaria en México y cuenta con una amplia distribución en el territorio nacional. Se le puede encontrar en el 80% de las aguas dulces del país, aunque en menor proporción en los estados del norte y del sureste. Se ha adaptado con éxito en las aguas de los estados de Morelos, Puebla, Oaxaca, Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Durango, Estado de México, Tlaxcala y Michoacán. En la actualidad, como ya fue señalado, su presencia abarca todos los estados de la República Mexicana.

En lo que respecta a referencias altitudinales de cultivo, el desarrollo y reproducción de estas especies es factible realizarlo desde el nivel del mar (Montoya, et al., 1988), hasta aproximadamente los 2,600 m.s.n.m., referencia altitudinal que corresponde en México al Valle de Toluca y al Centro Acuícola de Tiacaque (Gobierno del Estado), en Jocotitlán, Estado de México (donde ha sido factible también la reproducción de carpas de huevo pelágico). Incluso se refiere el cultivo extensivo de carpa de Israel a 2,890 m.s.n.m., en el bordo La Colorada, Mpio. de Acambay, también en el Estado de México (SEPESCA, 1994a), lo cual constituye el dato más alto de su cultivo en el país.

La carpa es una de las especies más diseminadas en nuestro país, teniendo una amplia distribución y adaptación en las aguas mexicanas, donde se ha desarrollado desde fines del siglo pasado (Alvarez del Villar, 1970).

Como puede observarse, no hay precisión en los datos acerca de la introducción de cada una de las variedades, y por otro lado, la falta de control de las líneas existentes en México, ha dado como resultado la hibridación entre ellas y la pérdida de sus fenotipos.

Actualmente la carpa junto con la tilapia es una de las especies exóticas de mayor distribución en la República Mexicana, se ubica en las cuencas más importantes de nuestro país, como son la del Río Bravo, Pánuco, Balsas, Yaqui, la Cuenca del Río Lerma y en numerosos cuerpos de agua, ha demostrando así su adaptación a las condiciones naturales de nuestro país, lo que hace difícil precisar su distribución real.

En 1975 Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática (FIDEFA), había hecho un recuento de los cuerpos de agua en varios estados confirmando la presencia de las carpas en México, sin embargo en la CNP se tiene un claro registro de su distribución en la República (21 estados, ver Figura 8).

La producción de crías de las distintas especies de carpa, a partir de los Centros Acuícolas de la SEMARNAP y estatales en el país es la siguiente:



Figura 16. Distribución del cultivo de carpa en la República Mexicana

Para la carpa común se tiene a los Centros Acuícolas de: "San Cristóbal de las Casas", Chis., "Zacapu", Mich., "Tizapán El Alto", Jal., "La Boquilla", Chih., "La Rosa", Coah., "El Peaje", S.L.P., "Valle de Guadiana", Dgo., "Pabellón de Hidalgo", Ags., "Jaral de Berrio", Gto., "Tezontepec de Aldama", Hgo., y los de "Tiacaque" y "La Paz", Mex., así como el de "Atlangatepec", Tlax. (Gobierno del Estado). Para las carpas de huevo pelágico y para la brema se tienen, en orden de importancia, el Centro Acuícola de "Tezontepec de Aldama", Hgo. (todas las especies), el de "El Peaje", S.L.P. (carpa herbívora), el de "Valle de Guadiana", Dgo. (herbívora y plateada), y el de "Zacapu", Mich. (herbívora, y próximamente carpa cabezona) (SEMARNAP, 1996c). Para mayores detalles consultar el Directorio Nacional de Acuicultura (Ver capítulo de referencias).

3.8. ANÁLISIS DEL MERCADO

Con base a los datos estadísticos de producción del periodo comprendido de 1988 a 1998 se determinó que la producción total para este periodo fue de 284,191 ton que generaron un valor de \$ 778,886 (Idem, checar este dato, deben de ser miles de pesos), con un valor promedio de \$ 70,806 (pesos), para este periodo, registrándose del año de 1991 a 1993 los mayores de estos valores y en el año de 1989 el menor de estos valores.

4. PROBLEMÁTICA

En el contexto de la planificación del desarrollo de la actividad acuícola en general se requiere fortalecer y perfeccionar los referentes espaciales de ordenamiento, nacional y estatales, que permitan dimensionar con precisión el potencial hidrológico continental explotable, su potencial productivo y delimitar zonas

de aprovechamiento, en las que queden claramente definidas las especies y los paquetes tecnológicos a aplicarse, para desarrollar e instrumentar estándares de manejo acuícola por regiones, en congruencia con capacidades de carga, así como con condiciones ambientales y socioeconómicas, para un contrastante e intrincado territorio mexicano.

De igual forma, la definición de estándares de manejo a partir de la premisa anterior (cartas estatales) es también una necesidad a nivel nacional, para toda la cadena productiva; es decir, tanto para los procedimientos de manejo de reproductores y propagación, como para los de cultivo, para las distintas especies. Esto es un asunto que atañe al desarrollo acuícola en todo su contexto; es un primer paso que hay que cubrir.

4.1. MANEJO DE REPRODUCTORES

Será importante estandarizar los criterios de manejo de reproductores por especie. Los niveles de productividad en los Centros Acuícolas son contratantes, al menos para lo que se refiere a la carpa. Será importante que los Centros que operan con mayor eficiencia transfieran a los demás sus modelos de manejo de reproductores, para ajustar:

- Los períodos de vida reproductiva útil.
- Las estrategias para la renovación de los lotes de reproductores.
- Las densidades de carga para el cultivo.
- Las estrategias para el manejo de reproductores en policultivo.
- Estrategias de alimentación (tipos de alimento, presentaciones, horas de suministro, proporciones por temporadas, etc.)
- Manejo de la estanquería y de la calidad del agua en el período de maduración.
- Selección de ejemplares para el desove.
- Preparación predesove de los mismos.
- Manejo postdesove.

Sobre los rubros anotados, destaca el dominio tecnológico en el propagación de carpas chinas y de carpa común, que han logrado por tradición los Centros Acuícolas de la Tezontepec de Aldama, Hgo. y de La Rosa, Coah., respectivamente. Se considera importante que estos Centros transfieran sus modelos generales de manejo al resto de los Centros ciprinícolas que operan en el país, de los tres niveles de gobierno, para lograr niveles de productividad uniformes e incrementar la oferta de alevines y crías de este importante grupo de especies.

4.2. MANEJO GENÉTICO

Será recomendable en este rubro continuar con la obtención de lotes de líneas genéticas certificadas para las especies que manejamos en México, tanto de carpa común (Israel y barrigona), como de carpas chinas (herbívora, cabezona, plateada, negra y brema), para su distribución en los principales Centros carperos, enriquecer el acervo genético por especie y para contribuir con ésto a atenuar procesos de endogamia, a fin de lograr un mejor manejo genético sobre las poblaciones disponibles, y de esta manera obtener patrones fenotípicos óptimos, con mejor forma corporal, tasa de crecimiento, y fecundidad, que repercutan en una mayor productividad y rentabilidad en su aprovechamiento. En este sentido, será importante también establecer una estrategia común para el manejo de este proceso.

4.3. REPRODUCCIÓN

Es clara la importancia del grupo de especies con que contamos en México, ya que constituyen los componentes principales del modelo de policultivo que habrá que expandir, en cuerpos de agua de pequeña a mediana magnitud y en sistemas controlados, en zonas con vocación y tradición en el cultivo de la carpa.

Habrà que procurar estandarizar los procedimientos de reproducción de las carpas de huevo adherente (*C. carpio* y *M. amblycephala*) y de las de huevo pelágico (libre), empleando los modelos de probada eficiencia que ya se desarrollan en los principales Centros Acuícolas de la SEMARNAP, para lo que se refiere, en adición a lo expuesto en el punto 4.1, a la inducción hormonal (tipo de agente inductor, dosis, preparación, horas de suministro, sitios de inoculación), técnicas de fertilización e incubación.

Destacan en este punto los niveles de productividad, en lo que se refiere a rendimientos de alevines por kilogramo de hembra y por cada peso en costos que se está logrando ya en los Centros Acuícolas de Tezontepec de Aldama, Zacapu y El Peaje, con la aplicación del sistema acoplado en la reproducción de la carpa herbívora. En evaluación comparativa entre el sistema acoplado y la técnica artificial de desove que se aplica en Tezontepec, en la reproducción de la carpa (Escárcega, 1996), se concluye que el sistema acoplado presenta un mayor grado de eficiencia para la producción masiva de alevines de dicha especie, debido al mayor índice de productividad que aporta y al menor margen de costos que presenta.

El rendimiento obtenido de alevines viables por kilogramo de hembra (con respecto a la biomasa inicial y la biomasa de hembras que ovulan) es 1.25 veces más alto que el que se logra en el desove manual, con un costo en producción 1.52 veces (48%) inferior por montaje de desove, con una menor aplicación de mano de obra.

4.4. CULTIVO

Salvo quizá contadas excepciones, a escala nacional la alternativa del policultivo no ha sido dominada del todo, y en consecuencia ha sido poco extendida. Los esquemas de monocultivo son los que prevalecen y no se cuenta con modelos de policultivos definidos, difundidos y probados.

Esto nos remite necesariamente a la necesidad de establecer esquemas generales de aprovechamiento acuícola por regiones, que en el caso concreto de la carpa permiten la definición de modelos específicos de aprovechamiento.

Constituye por tanto, en este aspecto, una línea prioritaria de investigación la configuración de referentes geográficos regionales digitalizados (Cartas Acuícolas) que den claridad a este concepto y que permitan, delimitar las zonas, potencialidades y modelos de policultivo con las especies indicadas.

Será importante considerar en un principio modelos sencillos que incluyan pocas especies para hacer más fácil su aplicación. Por ejemplo, en los proyectos de las Cartas Acuícolas de los estados de Guanajuato y Michoacán se propone canalizar la carpa prioritariamente hacia programas de repoblamiento de embalses de pequeña y mediana magnitud, en modelos de policultivo, manejando al menos tres especies: una bentofágica (como la carpa común, la negra e incluso la acúmara), una herbívora (como la carpa herbívora ó la brema) y una planctófaga (como la carpa plateada ó la cabezona), bajo esquemas continuos de resiembra (dada la imposibilidad de la reproducción natural de las carpas de huevo pelágico en pequeños cuerpos de agua) en embalses ubicados entre los 1,500 y los 2,600 m.s.n.m. y como especies de primera elección (prácticamente ninguna otra especie va a crecer mejor que la carpa en este intervalo de altitud). Aunque zonas ubicadas por debajo de los 1,500 m.s.n.m. son aún más propicias para su desarrollo, no se considera en estos planteamientos su introducción como especie primera elección, para dar paso a especies con mayor demanda comercial y aprecio en su consumo, típicas de clima cálido, como la tilapia, el bagre y el langostino.

Se presentan además dos opciones de manejo. Para cuerpos de agua con productividad primaria alta se deberá dar mayor peso porcentual a las especies planctófagas. En aquellos con alta turbidez por sólidos, suspendidos incrementar la proporción de especies asociadas a la cadena de detritos, como la carpa común, la acúmara o incluso la tilapia.

5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

En el contexto de la acuacultura y de la producción masiva de alimentos para consumo humano, pocas especies son tan eficientes como las carpas para la

producción de proteínas. Esto debido particularmente a su elevado potencial biológico (alta fecundidad), a su rápido crecimiento (por su eficiencia para convertir el alimento natural en carne) y a su alto grado de adaptabilidad a distintas condiciones climáticas, lo que permite producir grandes volúmenes de carne, de alto valor nutricional, en corto tiempo y a bajo costo, en contraste con toda una gama de especies sujetas a cultivo. Esta condición confiere a estas carpas una particular importancia para programas de beneficio social, tendientes a mejorar la condición alimentaria de los sectores de población de bajos ingresos en las zonas rurales de México, particularmente para aquellas regiones incluidas en el intervalo de altitud que propone el planteamiento metodológico de los proyectos de las Cartas acuícolas de Guanajuato y Michoacán: 1,500 a los 2,600 m.s.n.m.

Como ya ha sido expresado, la difusión del cultivo de la carpa se deberá realizar preferentemente en sistemas controlados y, a nivel de repoblación, solo en embalses de pequeña a mediana magnitud, de hasta 500 has de espejo de agua, evitando en lo posible su introducción o resiembra en grandes embalses (mayores de 500 has) que tengan una ubicación preponderante en las principales cuencas del país, a fin de atenuar el riesgo de transfaunaciones a sistemas naturales particularmente importantes como por ejemplo los lagos de Chapala, Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo. La introducción de especies exóticas a este tipo de acuatorios naturales debe en lo posible de ser evitada.

En un planteamiento de ordenación de la actividad acuícola el cultivo de la carpa en México puede ser factible realizarlo desde el nivel del mar hasta elevaciones del orden de los 2,600 m. Aunque los rendimientos productivos son mas altos en las zonas baja altitud, de clima cálido, no se considera conveniente promover su cultivo a elevaciones menores de 1,500 m.s.n.m., por las razones expuestas en el capítulo 4.4.

Para que realmente esta estrategia de manejo fructifique, sobre todo en el manejo de pequeños embalses, se requieren articular programas de capacitación y de financiamiento con productores rurales, vinculando a las instancias de gestión de los gobiernos estatales y municipales, a fin de que cuenten con equipo para realizar la cosecha del producto.

Por otra parte, se considera importante continuar apoyando las labores de investigación sobre este grupo de especies, sobre aspectos como:

- Dentro de los proyectos de los ordenamientos estatales (Cartas Acuícolas), determinación del potencial de rendimiento de los embalses y tasas de repoblación por regiones de aprovechamiento.
- Establecimiento de densidades óptimas por especie en el policultivo, para los tres niveles de aprovechamiento: repoblación, semi-intensivo y alto rendimiento.

- Definición de modelos precisos de aprovechamiento acuícola por regiones.
- Mejoramiento de las técnicas de desadherencia del huevo en carpa común y brema.

Adicionalmente, se considera importante:

- Avanzar en la aplicación de Programas de investigación continuos e interinstitucionales.
- Vincular en este proceso a los centros piscícolas, tanto gubernamentales como privados; así como a los Institutos de Investigación y Universidades, a fin de acelerar el desarrollo acuícola del país.
- Promover cursos de actualización y capacitación a productores, Jefes de Centros Acuícolas, y en general a gestores del desarrollo acuícola, en el marco del fomento a una producción sustentable, para propiciar la compatibilización del aprovechamiento de los recursos con las capacidades y límites de carga de los cuerpos de agua y en general de los sistemas biofísicos.
- Promover reuniones o boletines para la difusión de los últimos avances en la materia, en donde participen todos los sectores involucrados.
- Realizar registros estadísticos por especie para facilitar los análisis estadísticos y determinar la contribución real de las distintas especies de carpa en la producción total de ciprínidos y su impacto regional.
- Diferenciar la producción pesquera de la acuícola en las estadísticas.

Finalmente, como perspectivas en lo que respecta al ámbito comercial, resulta interesante mencionar el caso de la carpa común que es muy interesante desde varios puntos de vista, ya que algunas autoridades consideran que es una especie a la que no se le debe prestar atención debido a su escaso valor comercial en el país; mientras que otras están conscientes de que es fundamental ya, que ha sostenido por muchos años la producción pesquera de agua dulce.

El análisis de lo anterior plantea que en el primer caso, existe un craso error, ya que el hecho de que en nuestro país no alcance precios importantes en el mercado es debido a que no existe tradición en su consumo, sobre todo en las ciudades del interior del país, que aglutinan la mayor parte de la población, donde no se le ha promocionado adecuadamente y siempre se le ha considerado como una especie remitida a la gente de escasos recursos; mientras que en otros países como la República Checa, el excedente de su producción es exportado a Francia, lo cual denota que en otros países no está circunscrita a la gente de escasos recursos. Otro ejemplo de lo anterior es la importante producción y desarrollo que se está realizando al sur de España en la producción de esta es-

pecie, debido a la promoción comercial que han hecho y a la demanda que se ha inducido en consecuencia en el mercado de esta región.

Por lo anterior, se considera que esta especie continúa siendo prioritaria en este país, por su potencial productivo y nivel actual de cobertura, ya que su producción ocupa la cuarta posición a nivel nacional, lo cual denota la necesidad de avanzar mas allá de su función social, para trascender incluso de manera significativa tanto al mercado nacional como al internacional.

6. LITERATURA CITADA

1. Alikunhi, K. H. 1996. Synopsis of biological data on common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Asia and the Far East). FAO Fish. Synops. Roma.
2. Alvarez del Villar. J. 1970. Peces Mexicanos. (Claves). Serie de Investigación Pesquera. Estudio No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Secretaría de Industria y Comercio. México. 166 pag.
3. Anónimo, s/f. Fan Li. Sobre la Piscicultura. China 103 pag.
4. Arredondo, J. L., Juárez, J. R. 1985. La granja Integral de Policultivo de Tezontepec de Aldama, Hidalgo; un modelo para avanzar hacia el desarrollo rural integral. Revista Latinoamericana de Acuicultura. Nos. 24- 39-44. 30-40
5. Balon, E. 1994. Domestication of the carp *Cyprinus carpio* L. Life Sci. Misc. Publ. R. Ont. Mus. Toronto. 37 pag.
6. Balon, E. 1995. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. Aquaculture 129: 3-48.
7. Banarescu, P. 1972. The zoogeographical position of the East Asian freshwater fauna. Rev. Roum. Biol. Zool., 17(5): 315 323.
8. Banarescu, P. 1973. Origin and affinities of the freshwater fish fauna of Europe. Acta Biol. Jug. Ichthyologia, 5: 1 - 8.
9. Castro Aguirre, J. L., Balart, E. 1933. La Ictología en México: Pasado, Presente y Futuro. In: Diversidad Biológica en México. Vol. Esp. (XLIV) Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 327-343 pp.
10. Chakroff, M. 1983. Piscicultura Cultivo de Peces en Estanques de Agua Dulce. Editorial Concepto, S.A. México 207 pag.

11. Chaudhuri, H., 1976. Use of hormones in induced spawning of carp. J. Fish. Res. Board Can. 33:949-947.
12. Cházari, E. 1984. Piscicultura en Agua Dulce. Ofic. Tip. de la Secretaría de Fomento. México. 828 pag. (Reproducción Facsimilar).
13. Chen, J. L., Huang, C. 1977. Cyprininae. In: Cyprinid Fishes of China. Wu, H. W. (De). Sci. Tech. Press. Shanghai. (Vol II), pag. 396-438
14. Cruz, G., Murillo, L., 1992. Estrategias para el manejo de reproductores de ciprínidos. In: Temas Actuales sobre Reproducción de Teleósteos. (Rodríguez-Gutiérrez, M.) Ed. Cient. SEPESCA-UAM-X. México. pag. 37 -56.
15. Escárcega, R.S., 1996. Evaluación de un sistema acoplado de desove e incubación para la reproducción controlada de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*). Revista Ciencia-Pesquera. No. 13. 87-93 pp. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, México.
16. Escárcega, R.S., 2000. Comparativo de eficiencia del sistema acoplado y la técnica artificial de desove en la producción masiva de alevines de carpa herbívora. Delegación Federal de la SEMARNAP en Michoacán. México (Reporte de trabajo).
17. Escárcega, R.S., 1998. Avance de integración de la Carta Acuícola del Estado de Guanajuato. (Marzo de 1998). Secretaría de Medio ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Delegación Federal en Guanajuato. (Informe de Trabajo).
18. FAO. 1990. Aquaculture Production (1985-1988). Prepared by Fishery Information, Data Statistics Service, Fisheries Department. FAO/FIDI. Rome.
19. FAO. 1994. Aquaculture Production (1986-1992). Prepared by Fishery Information, Data Statistics Service, Fisheries Department. FAO/FIDI. Rome.
20. Horváth, L. y Tamás, G., 1986. La carpa común (Parte I). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.
21. Howes, G. 1991. Systematics and Biogeography: an overview. In: Cyprinid Fishes. Systematic, Biology and Exploitation. Winfield; I. J. Nelson Eds. Chapman and Hall. Great Britain. pag. 240- 262.
22. Hulata, G., R. Moav, G. Wohlfarth. 1974. The relationship of gonad and egg size to weight and age in the European and Chinese races of the common carp *Cyprinus carpio* L. J. Fish Biol. 6: 745 -758.

23. Juárez, R., Palomo, G. 1988. Acuicultura. Bases Biológicas del Cultivo de Organismos Acuáticos. CECSA. España, Argentina, Chile, Venezuela, Colombia y Perú. 95 pag.
24. Li Zhen, 1990. Chinese Goldfish. Toppan, Singapore. 100 pag.
25. Lin, H., R. Peter. 1991. Aquaculture. In: Cyprinid Fishes. Systematic, Biology and Exploitation. Winfield; I. J. Nelson Eds. Chapman and Hall. Great Britain. pag. 590- 622
26. Lin Z., Ch. Ji - Zu; Z. Mei - di; O. Hai; Ch. Fen - Chang, Li You-Guang; Z. Zhen -Liang; S. Zhi-Feng. 1980. Pond Fish Culture in China. FAO. 136 pag.
27. Listados de Cómputo. Anuarios Estadísticos, años: 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 y 1994. SEMARNAP.
28. Martínez, Z. y J. Ábrego. 1984. Modelo Mexicano de Policultivo. Una Alternativa de Desarrollo Rural. Sría. de Pesca.
29. Mayden, R. 1991. Cyprinids of the New World. In: Cyprinid Fishes. Systematic, Biology and Exploitation. Winfield; I. J. Nelson Eds. Chapman and Hall. Great Britain. pag. 240- 262.
30. Montoya, M.J.M., Pérez, G.M., Escárcega, R.S., Benítez, J. y Díaz, H.F., 1988. Informe de las comisiones realizadas por técnicos mexicanos a la República Popular China (Del 14 al 29 de noviembre de 1987). Secretaría de Pesca, México. 43-80 p.p.
31. Ramírez, R.H., García, M.E., Gutiérrez, H.M.A., Tamayo, D.P. y Escárcega, R.S., 1988. Manual biotecnológico para el cultivo y reproducción de ciprínidos en México. Secretaría de Pesca, México.
32. Rodríguez-Gutiérrez, M., A. Ferreira-Nuño. 1996. Inducción a la triploidía por Shock Térmico Frio en la Carpa Herbívora *Ctenopharyngodon idella* (Val.). Cuadernos Mexicanos de Zoología. (En Prensa).
33. Rodríguez-Gutiérrez, M., G. Garza-Mouriño. 1985. Técnicas para la reproducción inducida de *Cyprinus carpio specularis*. Universidad Autónoma Metropolitana. Universidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Depto. El Hombre y su Ambiente. 10 pag.

34. Rodríguez-Gutiérrez, M., G. Garza-Mouriño., S. Marañón. 1991. Evaluación anual del líquido seminal de *Cyprinus carpio rubrofasciatus* en organismos de primera reproducción. Universidad Ciencia y Tecnología. 1(4):53 - 59.
35. Rodríguez-Gutiérrez, M. 1992. Técnicas de Evaluación Cuantitativa de la Madurez Gonádica en Peces. AGT Editor, S.A. México 79 pag.
36. Rodríguez-Gutiérrez, M., S. Marañón. 1993. Relación del factor de condición múltiple con la reproducción de machos en la carpa *Cyprinus carpio*. Ann. Inst. Cienc. Mar y Limnol. 20 (1): 105 - 113.
37. Rodríguez-Gutiérrez, M., A. Esquivel-Herrera. 1995. Evaluation on the repeated use of xylocaine as anesthetic for the handling of breeding carp (*Cyprinus carpio*), Aquaculture. 129: 431-436.
38. Rosas, M. 1976. Peces Dulceacuícolas que se Explotan en México y Datos sobre su Cultivo. Instituto Nacional de la Pesca. S. y. C. Subsecretaría de Pesca. CEESTEM No. 2. México. 135 pag.
39. Rothbard, S. , Z. Yaron. 1995. Carps (Cyprinidae). In: Broodstock Management and Egg and Larval Quality. N. R. Bromage and R. J. Roberts (editors). Blackwell Science Ltd. pag. 321- 352.
40. SEMARNAP, 1996b. Directorio nacional de acuacultura. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México.
41. SEMARNAP, 1996d. Programa de pesca y acuacultura 1995-2000. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México.
42. SEPESCA, 1989. Pescados y mariscos de las aguas mexicanas. Catálogo. Secretaría de Pesca, México.

XII. BAGRE

Biól. Lizbeth Marín Zaldívar¹, M. en C. Alejandro Pérez Velázquez¹, Ing. Pesq. Enrique Bermúdez Rodríguez¹, Ing. Oscar Loaiza Jiménez².

¹ Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

² Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del bagre se ha desarrollado en forma creciente en la región del centro y sur de los Estados Unidos y actualmente es una bioindustria bien consolidada. Es hacia fines del siglo XIX que en Norteamérica se iniciaron los trabajos sobre cultivos intensivos de diversas especies dulceacuícolas, principalmente con fines deportivos y luego para el consumo. Cabe hacer mención que esos primeros esfuerzos resultaron en fracasos, debido a la falta de conocimiento sobre las especies en cultivo, entre ellas el cultivo del bagre de canal, y que sin embargo sentaron las bases para el actual desarrollo de la producción de acuicultura del bagre en el vecino país del norte (Bardach et al. 1986).

En México el bagre es uno de los peces relativamente "recientes" en la acuicultura, en el sentido de que los primeros estudios sobre su cultivo se realizaron en la década de 1950. Conviene mencionar que en México a pesar de que existen varias especies de bagre nativas, la más cultivada es el bagre de canal *Ictalurus punctatus* también llamado pez gato. Los antecedentes de su cultivo se remontan a las experiencias de la granja ubicada en El Rosario, Sinaloa, hacia la década de 1980 y su producción ha tenido éxito en distintas partes del país, principalmente en las zonas templado-cálidas y semicálidas, siendo la temperatura máxima de sobrevivencia los 35°C (SEPESCA, 1986).

El cultivo del bagre en México presenta grandes oportunidades debido a las temperaturas óptimas para su desarrollo. En ese aspecto nuestro país ofrece una diversidad de climas y ambientes propicios para su desarrollo en cautiverio y a gran escala. El cultivo de esta especie es una empresa rentable que en otros países ha dado muy buenos resultados, ello ha merecido especial atención con apoyos en la investigación y en la producción comercial a gran escala. Estas investigaciones se están centrando en gran medida en la obtención de alimento balanceado menos costoso, pues este factor es todavía una limitante que no es privativa de nuestro país.

El cultivo del bagre resulta interesante no sólo por los volúmenes de producción que puede alcanzar, sino también por las diferencias sustanciales de calidad con respecto al bagre silvestre. Es decir, el bagre cultivado es preferido por su mejor sabor, buena textura; y porque también llega a tener mayor valor nutritivo-

nal. Además, del aspecto organoléptico, ocupa un importante lugar en la elección de su cultivo por las siguientes razones:

- Es una especie de producción económica y de alto valor comercial,
- Fácil domesticación,
- Gran adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas,
- Acepta el alimento artificial en forma rápida, y
- Alta resistencia a las condiciones ambientales adversas.

Además de lo anterior, el bagre *Ictalurus punctatus* es una especie de rápido crecimiento, del que se conocen bien las técnicas de producción y que presenta las características adecuadas para su cultivo en condiciones controladas.

2. ANTECEDENTES

Los primeros estudios sobre el cultivo del bagre con fines comerciales en los Estados Unidos, los realizaron Doze y Clapp en 1920, Mobley y Murphee en 1931 lograron desoves en corrales. Al término de la década de los cincuenta, Clemms y Sneed efectuaron desoves inducidos por hormonas. (Aguilera, P. y E. Zarza, 1988).

A partir de 1960 el cultivo de bagre en los Estados Unidos se convierte en la principal industria acuícola, para la cual contaban ya en 1979 con un espejo de agua cercano a las 23,000 ha, con las que se alcanzó la cifra de 46,000 toneladas de producción (Monfort et al. 1985).

En México, los antecedentes de cultivo de bagre de canal se remontan a las experiencias obtenidas en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en 1972; en la granja privada de El Rosario, Sinaloa en 1973, y la denominada "Miguel Alemán" de Tamaulipas. Posteriormente el Gobierno Federal, a través del entonces Departamento de Pesca, continuó los trabajos del cultivo con fines de extensionismo en seis piscifactorías ubicadas en los estados de Chihuahua, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Nayarit y Sonora (FONDEPES-CA, 1988).

En la actualidad, algunos centros acuícolas a cargo de Gobiernos de los estados y de la SEMARNAP, así como de la iniciativa privada se encuentran realizando el cultivo en diferentes partes del país.

3. SITUACIÓN ACTUAL

En la Figura 1 se representa la serie histórica de la producción pesquera de bagre a nivel nacional, durante el periodo de 1989-1999. (Anuario Estadístico, 1989-1999).

Como se puede observar en esa figura, en el año de 1993 se obtuvo la mayor producción de bagre en el ámbito nacional, con un valor de 6,577 t, y el de menor producción fue en el año de 1989 con un valor de 3,366 t al año.

Con relación a la producción acuícola de bagre, está es poco sustentable, debido a que existen pocos centros acuícolas dedicados a la producción de esta especie. Sin embargo podemos observar en la Figura 2, que se obtuvo una producción para el año de 1993 de 4,665 t, posteriormente tuvo un descenso drástico en 1994 produciéndose 2,606 t de bagre, casi la mitad de la producción; en 1998 y 1999 la producción se mantuvo constante con un valor promedio de 2,455 t al año.

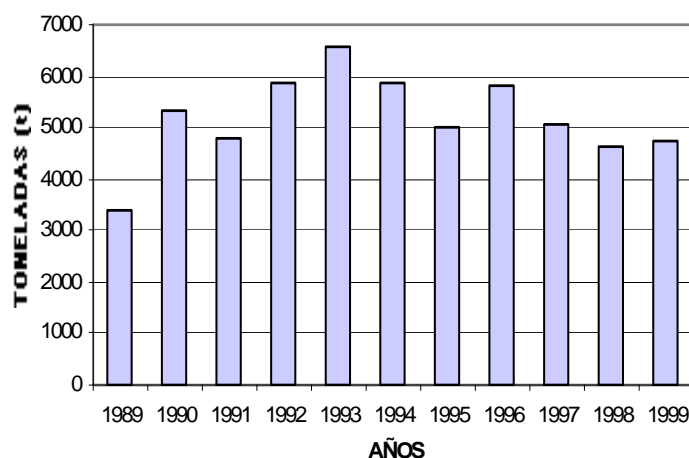


Figura 1. Serie Histórica de Producción Pesquera en Peso Vivo (Bagre) a nivel Nacional (1989-1999).

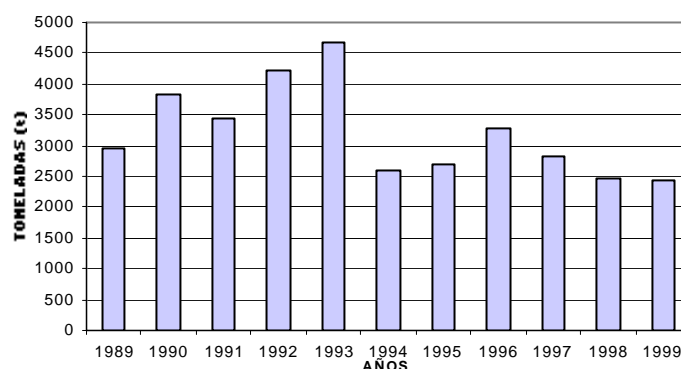


Figura 2. Producción en Acuicultura de Bagre a nivel Nacional (1989-1999).

La Tabla 1 presenta los estados y el número de centros acuícolas con que se cuenta para el cultivo del bagre.

Asimismo, la Figura 3 muestra la participación de granjas de bagre a escala nacional, siendo el estado de Michoacán el de mayor número de granjas (32) y el de menor número de granjas son los estados de Colima, Chihuahua, Querétaro y Sonora con 1 granja de tipo comercial cada uno. (Diario Oficial, Agosto del 2000).

Tabla 1. Número de centros acuícolas por estados

Estado	No. de Centros Acuícolas
Coahuila	1
Chihuahua	1
Durango	1
Jalisco	1
Sonora	1

Fuente: D.O.F., 28 de Agosto del 2000

En la tabla 2 se presenta la producción de bagre en peso vivo por entidad federativa.

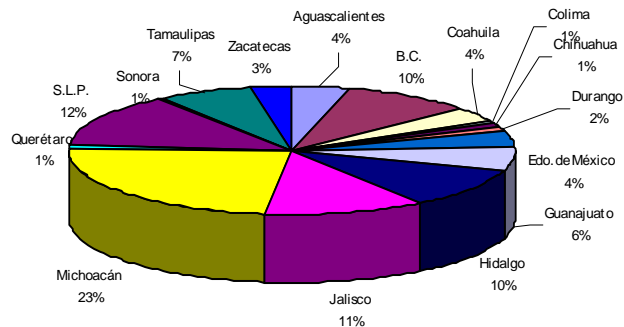


Figura 3. Participación de granjas a nivel nacional (comercial y de consumo)

Como se puede observar el estado que obtuvo la mayor producción de bagre en toneladas de peso vivo, se concentra por orden de importancia en: Durango (790 t), Sinaloa (550 t) y Sonora (332 t). El resto de las entidades aportan menores valores a la producción.

3.1. PROPAGACIÓN

En la actualidad se cultivan diferentes especies de bagre en México, entre las cuales destacan: *Ictalurus punctatus* especie que fue introducida para su cultivo en México en los años 1975 y 1976, distribuida en los estados de Aguascalientes, B.C., Coahuila, Colima, Chihuahua, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, N.L., Querétaro, S.L.P., Sonora, Tamaulipas y Zacatecas.

Es importante señalar que solo 5 estados del país (Coahuila, Chihuahua, Durango, Jalisco y Sonora) se dedican a la producción de crías para la distribución a las diferentes unidades de producción acuícola.

Existen otras especies de bagres nativos: bagre (*Ictalurus melas*), bagre azul (*Ictalurus furcatus*) y el bagre de Chapala (*Ictalurus ochoterenai*), cuya distribución se ubica en climas tropicales y subtropicales, a una altitud de 500 a 1,500 metros sobre el nivel del mar. Algunas de estas especies nativas han sido sometidas a condiciones de cultivo en algunas entidades de la República Mexicana. Por último, en nuestro país contamos con poblaciones silvestres de bagre de canal que no fueron domesticadas para fines acuaculturales.

Tabla 2. Producción de bagre en peso vivo por entidad federativa.

Estado	Producción (t)
Aguascalientes	41
B.C.	10
Coahuila	171
Colima	38
Chihuahua	54
Durango	790
Edo. de México	5
Guanajuato	29
Hidalgo	5
Jalisco	6
Michoacán	40
Morelos	30
N.L.	47
Puebla	4
Querétaro	ND
S.L.P.	31
Sonora	332
Sinaloa	550
Tamaulipas	173
Zacatecas	85

ND: Dato no disponible

Fuente: Anuario Estadístico, 1999.

3.2. CULTIVO

Generalidades sobre la biología del bagre (*Ictalurus punctatus*)

Taxonomía

Reino:	Animal
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Gnastomata
Clase:	Osteilchtyes
Subclase:	Actinopterygii
Orden:	Teleosteos
Suborden:	Siluroidei
Familia:	Ictaluridae
Género:	Ictalurus

La familia Ictaluridae es de importancia comercial y pesquera en México. Es propia de ambientes lóticos y de fácil adaptación a medio lénticos, se le cultiva en forma extensiva como intensiva. En México se estima que se explotan más de seis especies del género *Ictalurus* spp.; sin embargo solo se tienen reportados 4 especies (Diario Oficial, 28 de agosto del 2000):

- Bagre de canal (*Ictalurus punctatus*)
- Bagre azul (*Ictalurus furcatus*)
- Bagre (*Ictalurus ochoterenal*)
- Bagre (*Ictalurus melas*)

3.2.1. MORFOLOGÍA

Presenta una cabeza grande y gruesa, ojos pequeños y hocico largo. Es un pez tosco, macizo, delgado en el vientre y comprimido lateralmente y, por atrás de las aletas pélvicas, es más alto y estrecho que en las otras especies y carece de escamas. En la parte dorsal del cuerpo presenta una coloración que va del azul negruzco a oliva con los costados plateados, los individuos juveniles presentan puntos oscuros que se pierden con la edad (SEPESCA, 1988).

3.2.2. CICLO DE VIDA

El periodo de reproducción abarca los meses de abril a agosto, cuando la temperatura se mantiene por arriba de los 21°C.

Las hembras desovan una vez al año y la cantidad de óvulos es proporcional al tamaño y peso de la hembra.

Los bagres alcanzan la madurez sexual aproximadamente a los dos años de edad, con una talla de 25-30 cm y un peso aproximado de 350 g, sin embargo la plenitud de madurez la alcanzan a un peso aproximado que oscila de 1 a 5 kg, con una edad de 2 a 3 años.

En esta especie se presenta diferenciación sexual, que se hace de mayor evidencia en la época de celo; los machos presentan la papila genital protuberante y alargada, la cabeza más grande, ancha y musculosa que la hembra. Por otro lado, el abdomen de la hembra es redondo al igual que la papila genital. La fecundación es externa y su índice es sumamente variable, el macho tiene capacidad de fecundar varias hembras.

En la temporada de reproducción, el macho busca huecos en las paredes de los embalses para anidar, haciendo una especie de preparación (limpieza), donde la hembra desova y el macho arroja el esperma sobre los óvulos para su fecundación.

Los huevecillos quedan al cuidado del macho, el cual agita el agua con movimientos de sus aletas pectorales y pélvicas, oxigenando los huevecillos que se encuentran en una masa gelatinosa, hasta el momento de la eclosión.

El crecimiento presenta cinco fases (Tabla 3).

Tabla 3. Fases del crecimiento en bagre.

Fase	Duración	Talla	Peso
Huevo	6-8 días	2.5-4 mm	N.D.
Alevinaje	20-25 días	2.5 cm	10 g
Cría	2-3 meses	2.5- 10 cm	9-12 g
Juvenil	7 meses	20 cm	250 a 350 g
Adulto	2 años en adelante	50-60 cm	1.5-5 kg

N.D. = Dato no disponible.

3.2.3. HÁBITAT

Es una especie dulceacuícola que habita en ríos caudalosos, presas y lagos con aguas claras y sombreadas, con fondos preferentemente de grava o arenosos. No se le encuentra en cuerpos de agua poco profundos o invadidos de vegetación. En estado silvestre se caracteriza por ser una especie con hábitos nocturnos, por lo que en el día nada en el fondo.

En las etapas juveniles suele nadar hacia la desembocadura de los ríos en busca de alimentos. En las etapas de adulto realiza pequeñas migraciones en los grandes embalses.

3.2.4. CULTIVO

Existen dos sistemas de cultivo para el bagre:

- Cultivo Semi-intensivo: Este tipo de cultivo se lleva a cabo en presas, estanques rústicos y encierros.
- Cultivo Intensivo: Se lleva a cabo utilizando instalaciones como jaulas flotantes, canales de corriente rápida (raceways), sistemas cerrados de recirculación y reacondicionamiento y estanques, en éstos se obtiene casi la totalidad del producto que se destina a la comercialización.

Para iniciar cultivo de bagre durante la etapa de desove, este se puede llevar a cabo en estanques, corrales ó jaulas y/o acuarios.

Para el desove en estanques se introducen de 24 a 100 peces por hectárea, con una misma proporción de machos y hembras. Se deben utilizar fondos de barril o tambores a manera de receptáculos para el desove. Debido a que no todas las hembras desovan al mismo tiempo no se requiere colocar receptáculos por pareja, puede ser a razón de un "nido" por cada 3 parejas. La profundidad de los nidos ó receptáculos debe ser de aproximadamente 45 a 60 cm. Estos deben revisarse periódicamente por personas hábiles para extraer los huevecillos y depositarlos en canaletas especiales para su posterior incubación.

Los corrales o jaulas para el desove son de 1.5 x 3 m, contruidos de madera o concreto, cerrados de los cuatro lados y se deberán fijar al fondo del estanque y elevarse al menos de 60 a 100 cm de la superficie, para evitar escapes de los peces. El nivel del agua en el corral deberá ser de unos 90 cm. El nido se coloca dentro del corral con la abertura hacia el centro del estanque. Posterior al desove, los huevecillos y los padres se extraen del corral y otro par de reproductores son llevados al corral. Es frecuente que la hembra se extraiga después del desove y a los machos se les deje para la incubación de los huevos. Este sistema tiene grandes ventajas ya que permite a los productores un manejo directo de los reproductores en cuanto a selección de los progenitores e inducción a la reproducción.

El método de cultivo en acuario consiste en inducir a la hembra al desove por inyección de extractos de material pituitario de carpa o de hormonas naturales o sintéticas. La concentración o dosis de aplicación varía de acuerdo al peso del cuerpo del reproductor. El desove ocurre de 16 a 24 horas después de la aplicación. Tan pronto ocurre el desove, los huevecillos son extraídos del acuario y una nueva pareja es introducida. El productor tiene ventajas sobre este sistema, ya que puede controlar los desoves en cuanto a edad y tamaño de los reproductores y minimizar los problemas de la reproducción al ser inducida.

3.2.5. COSECHA

La cosecha del bagre varia según el tamaño de los mismos. El productor puede efectuar cosechas totales o parciales de su producción y de hecho puede convenirle un periodo más prolongado de engorda para un grupo de peces, así podrá abastecer al mercado sucesivamente con el producto y ello será beneficioso para ambos.

La cosecha total es cuando se drena parcialmente el estanque para concentrar a los peces en la pila de cosecha. La cosecha parcial es cuando solo hay mercado para una parte de las existencias disponibles. Este tipo de cosecha se lleva a cabo concentrando a los peces en aguas poco profundas y la captura con anzuelo y redes barredoras o canastas.

Para efectuar cosechas totales o parciales conviene no alimentar a los peces el día anterior, pero se les puede ofrecer algo de alimento al momento de la cosecha.

Para muchos piscicultores la mejor época de cosecha es cuando el bagre tiene 1 ½ a 2 años, tiempo después del cual virtualmente todo el pescado deberá de ser vendible. Sin embargo hay que recordar que la cosecha del bagre puede empezar cuando el animal tiene un peso mayor de 250 gr (este peso se obtiene durante la etapa de crecimiento juvenil).

3.2.6. DENSIDADES DE CULTIVO

Las densidades que se manejan durante las diferentes etapas de crecimiento del bagre son:

Incubación

La densidad de la "fresa" o huevecillos que se maneja dentro de una canaleta de incubación cuyas dimensiones son de 4 X 0.65 X 0.33 m es de aproximadamente 6 canastas de huevecillos (1 canastas corresponde a aproximadamente 12,000 huevecillos) por canaleta.

Crías

La densidad para esta etapa del crecimiento es de 39 crías/m².

Engorda

La cantidad de peces a introducir en la etapa de engorda, depende de la dimensión de los estanques y del tamaño del pez.

Se recomienda sembrar una densidad de 2-4 organismos por m², con tallas de 12 cm y 10 gr de peso.

En caso de que se lleve a cabo en estanques de corriente rápida (raceways), los cuales permiten sostener densidades mayores de organismos de 30-40 Kg/m³.

Reproducción

La proporción de machos y hembras debe ser de 1:1 en una densidad de dos reproductores por cada 25 m².

3.2.7. ALIMENTACIÓN

Uno de los factores principales que influyen en el buen éxito del cultivo del bagre, en cualquiera de sus diferentes fases de crecimiento, lo constituye la cantidad y calidad del alimento.

Aunque a medida que los peces se van desarrollando sus requerimientos nutricionales van variando, estas variaciones no son muy sustanciales, de tal forma que para efectos prácticos se consideran solamente dos tipos de alimento: 1) el de iniciación, para peces alevines o crías y 2) de finalización o engorda.

En el primero se recomienda que el tipo de alimento sea sumergible, ya que se puede apreciar la avidez de consumo y por su grado de compactación se evitan pérdidas de vitaminas hidrosolubles. Este tipo de alimento debe contener un 50-60% de proteína y se debe administrar en polvo o muy molido a razón de 6% - 10% del peso total de las crías. Cabe señalar que una vez que han eclosionado (rompimiento de huevecillos) los alevines se alimentan de su saco vitelino durante tres o cuatro días, a partir de ese último día comienzan a alimentarse.

Deben ser alimentados de 1 a 2 veces al día durante la estación de iniciación.

El segundo se recomienda que el alimento sea flotante, ya que tiene la ventaja de que permite apreciar el comportamiento de los animales, según la avidez con que lo consumen. Es más costoso que el sumergible, pero esa característica lo compensa.

Se debe suministrar de 3-5% del peso de los peces. Estos se alimentan diariamente durante la estación de crecimiento y engorda.

Las necesidades de proteína varían de 25% a 48% según el estadio biológico. En la tabla 4 se muestran estas especificaciones.

Proteínas

Son los componentes de un alimento, conocidos como estructurales. Son utilizados principalmente para formar la estructura muscular del cuerpo. Algunas proteínas también pueden ser utilizadas en la producción

de energía, cuando otros componentes energéticos escasean. Los peces comparativamente con otros organismos de sangre caliente, utilizan muy poco a los carbohidratos o las grasas como principales fuentes de energía. Es por esta razón que los alimentos que se producen y se encuentran distribuidos comercialmente, contienen 28-36% de proteínas, más las vitaminas y los minerales necesarios, que de carbohidratos.

Tabla 4
Requerimientos nutricionales del bagre en las diferentes etapas de crecimiento

Nutriente	Tipo de alimento			
	Iniciador hasta cría		Finalizador (engorda)	
	Valor optimo	Rango aceptable	Valor optimo	Rango aceptable
Proteína	48%	42-48%	25%	25-28%
Carbohidratos	20%	10-20%	20%	10-20%
Lípidos	6%	5-10%	10%	5-10%
Fibra cruda	6% máx.	-	10%	10-20%
Grasa	ND	3.5-7%	ND	3.5-7%
Carbohidratos	ND	2,288 Kcal/Kg	ND	1,870 Kcal/Kg
Vitaminas	ND	0.75-1.4%	ND	1.0%

Lípidos

Son parte de los componentes conocidos como energéticos, conjuntamente con los carbohidratos. Su depósito corporal, además de constituir una reserva energética, sirve de aislante térmico cuando se encuentra en las capas subcutáneas.

Carbohidratos

Forman parte de la reserva calorífica, almacenados en los tejidos musculares o en el hígado en forma de glucógeno.

Minerales

Son requeridos por todos los animales para varios procesos vitales, incluyendo la formación del esqueleto, respiración (transporte del oxígeno), digestión (procesos enzimáticos) y osmorregulación.

Vitaminas

Son compuestos orgánicos que en algunos animales sólo se requiere en pequeñas cantidades para su crecimiento normal y salud.

Además de cumplir con los requerimientos nutricionales, es importante tomar en cuenta la temperatura, debido a que el bagre consume y asimila mayor cantidad de alimento, cuando la temperatura del agua se encuentra entre los 21 y 32°C. La cantidad de alimento que se deberá proporcionar diariamente, de acuerdo a la temperatura del agua y al peso del bagre se muestra en la Tabla 5.

Es importante proporcionar la cantidad adecuada de alimento en la etapa de crecimiento y engorda, ya que esto redundará en la óptima maduración de los organismos.

3.2.8. CALIDAD DEL AGUA

El abastecimiento de agua para el cultivo del bagre proviene principalmente de pozos, manantiales o aguas superficiales (ríos, lagos, arroyos, etc.). Los requerimientos de la calidad del agua utilizada para el cultivo del bagre se muestran en la Tabla 6.

3.2.9. ENFERMEDADES

El manejo adecuado de los peces en el cultivo debe ser muy estricto para prevenir y contrarrestar las enfermedades. El cuidado sanitario es índice de un buen crecimiento y desarrollo de los peces y definitivamente la mejor manera de prevenir las enfermedades.

Los factores que afectan al bagre, son la baja de oxigenación, la transportación, inadecuada ali-

Tabla 5
Relación entre el peso, % de alimento y temperatura del agua

Temperatura del agua °C	Peso (gr)	Alimento permitido por día % del peso del bagre
Menor de 8	ND	0.5
8-15	ND	1.0
16- 19	ND	2.0
20	18	2.2
22	27	2.8
25	50	3.0
26.6	72	3.0
28	95	3.0
28.8	127	3.0
29	158	3.0
29	190	2.8
30	272	2.4
30	340	2.0
28	404	1.8
26	458	1.6
22	499	1.2

Tabla 6
Requerimientos de la calidad del agua

Parámetros físico-químicos	Rangos óptimos
Temperatura del agua	22-30°C óptimo
Oxígeno disuelto	5.0 mg/l
pH	6.5-9.0
Dureza total	20-150 mg/l
Alcalinidad total	30-250 mg/l
Metales pesados	Menor de 5.0 mg/l
Calcio	15-52 ppm
Magnesio	3.5-14 ppm
Zinc	0.04 mg/l a pH 7.6
Cobre	0.006 mg/l en agua blanda
Amonio	0.3 mg/l en agua dura
Nitrógeno	0.55 mg/l
Sulfatos	0.5-100 ppm
Sulfuro de hidrógeno	0.002 mg/l
Sólidos suspendidos	15-200 ppm
Total de sólidos disueltos	70-400 ppm
Volumen (flujo de agua)	0.2-0.5m ³ min/ha estanquería

mentación o cambios bruscos en el medio ambiente, ya que ocasionan debilitamiento, aumentando la susceptibilidad a las enfermedades.

Existen diferentes tipos de agentes patógenos, causantes de enfermedades transmisibles, entre ellos se encuentran:

Protozoarios

Representan el mayor problema durante la etapa de alevines, como parásitos del tegumento de los peces, ocasionando cambios patológicos, manifestándose en ocasiones con una coloración anormal, acompañado de algunas hemorragias y una exagerada producción de mucus blanco grisáceo.

Gusanos

Son parásitos que se pueden encontrar en las aletas, branquias y en general por toda la superficie del pez, ocasiona manchas oculares.

Céstodos

Producen distensión abdominal, enteritis hemorrágica y propician la pérdida de peso en los peces parasitados.

Nemátodos

Algunas veces se encuentran larvas enquistadas en la membrana visceral de los peces. Como ejemplo de esto tenemos a la sanguijuela, la cual se alimenta de sangre. Los peces más pequeños son los que sufren los daños más drásticos y se agrava conforme es mayor el número de sanguijuelas que se adhieren al cuerpo, cuyas lesiones ocasionadas de donde se sujetan para alimentarse son la puerta de entrada de infecciones bacterianas y hongos.

Enfermedades virales

Las enfermedades virales en el bagre se presentan en individuos durante la etapa de alevín, cría y hasta juvenil de 15 cm y solamente a temperaturas entre 21 y 24°C.

Algunas poblaciones pueden resistirse a la enfermedad, en presencia del virus, pero pueden convertirse en portadores asintomáticos y transmitir a su progenie el agente infeccioso.

Los síntomas que presentan los individuos afectados por esta enfermedad son: ojos saltones (presión de flujo detrás de los ojos), áreas hemorrágicas

pequeñas, fluido amarillento en el abdomen, nadan en espirales o erráticamente, o se suspende verticalmente con la cabeza cerca de la superficie.

Enfermedades Bacterianas

Estos agentes patógenos son los que mayor problema causan en los cultivos piscícolas. Muchas de las enfermedades del bagre son causadas en sus orígenes, primordialmente por *Aeromonas*, *liquefaciens* y *Chondrococcus*.

Durante la época de desove, es común la presencia de septicemias hemorrágicas causadas por *Aeromona liquefaciens*, los cuales pueden producir grandes pérdidas al piscicultor.

Enfermedades micóticas

Las infecciones causadas por hongos en los peces son efectos secundarios de heridas o falta de una buena alimentación. De otra manera, los peces no son afectados por hongos, igualmente los que atacan principalmente la masa de huevecillos destruyéndolos completamente, ocasionando a veces por la mala calidad de agua. Si en la herida de un pez se desarrollan hongos, éstos pueden propagarse fácilmente a los tejidos, pudiendo ocasionar la muerte.

Enfermedades nutricionales

El desarrollo de enfermedades nutricionales ocasionadas por deficiencia en la dieta de algún componente alimenticio básico, toma mucho tiempo antes de que los síntomas sean observados. Esto ocurre especialmente cuando falta en forma moderada algún nutriente o cuando presentan infecciones por otros organismos patógenos, los cuales pueden enmascarar los síntomas por deficiencias nutricionales. (Galaviz, 1987).

Los síntomas clínicos que se presentan generalmente son: un pobre crecimiento y baja conversión alimentaria no son realmente causas de serias mortalidades, pero si se reduce la resistencia del pez hacia los agentes patógenos que los pueden atacar.

Un ejemplo de estos es la deficiencia de vitamina, la cual causa decoloración de la piel, parálisis, cataratas, convulsiones, anemia, poco crecimiento, escoliosis, anorexia, branquia en forma de hueso y un incremento en la mortalidad.

Las causas de las enfermedades nutricionales en peces son:

- Alimento con alto contenido en aflotoxinas (son toxinas de los hongos *Aspergillus Flavus*).
- Vitaminas deterioradas en el alimento.
- Formulaciones de alimento inadecuadas nutricionalmente.
- Contaminación accidental del alimento.
- Interacción entre absorción de nutrientes y contaminación ambiental.
- Aceite de pescado rancio.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Los primeros estudios sobre el cultivo del bagre con fines comerciales, los realizaron Doze y Clapp en 1920. Mobley y Murphee en 1931 lograron desoves en corrales y Clemns y Sneed efectuaron desoves inducidos por hormonas.

Posteriormente en los años 80's, Dupré y Hunter, establecen tres rangos de contenido de proteínas, según su estadio biológico, estos son: 35-40% para alevín a cría, 25-36% de cría a subadulto y de 28-32% para adulto y reproductor.

En México varios institutos de enseñanza superior comienzan a realizar estudios sobre: "Técnicas básicas para la reproducción, nutrición y engorda de bagre de canal *Ictalurus punctatus*"; "Monitoreo de agua de cultivo de bagre en el centro acuícola Vicente Guerrero, Abasolo Tamaulipas"; "Caracterización citogenética en el bagre *Galeichthys caeruleus*" y en *Arius felis* (Ariidae: Siluriformes); "Crecimiento y aspectos poblacionales del bagre *Cathrops melanopus* (Gunther 1864) de río Tonala, Veracruz"; "Contribución al conocimiento de la biología del bagre del balsas, *Ictalurus balsanus*"; "Evaluación de dietas para bagre (*Ictalurus punctatus*), formuladas a partir de subproductos de la región del Valle del Yaqui".

Actualmente, la Dirección General de Acuacultura está haciendo esfuerzos por estructurar y planificar estrategias de tal manera que los recursos alcancen niveles de producción sustentables y sean aplicados por las delegaciones federales de SEMARNAP y los centro acuícolas de las diferentes entidades federativas.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

El éxito del cultivo del bagre requiere de un adecuado conocimiento de los parámetros ambientales, para el desarrollo del proceso productivo del bagre.

Entre los principales requerimientos destaca: Calidad del Agua, Temperatura, Oxígeno disuelto, Sustancias Tóxicas y el pH, por ello hay que tomar en cuenta la procedencia del agua y determinar si cuenta con las condiciones necesarias para el cultivo, ya que muchas de estas aguas son utilizadas para descargas de aguas negras procedentes de zonas industriales o de asentamientos humanos.

3.5. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Es importante señalar que el cultivo de bagre requiere de una infraestructura que va desde las piscifactorías de ciclo completo, donde se emplea una tecnología sofisticada y altas inversiones que generen una elevada producción, hasta aquellas unidades productivas rústicas de ciclo incompleto, con menor inversión y gran cantidad de mano de obra que logran satisfacer las necesidades de autoconsumo y venta.

La Figura 4 muestra las tendencias de la producción de bagre en México por acuacultura para los años 1988-1999, destacando los valores de la producción en peso vivo y el valor económico, donde se obtuvo la máxima producción para 1993 de 4,665 toneladas con un valor de \$25'146,000.00, posteriormente se tuvo un descenso en la producción en los años subsecuentes, registrándose una a mínima en 1999 con 2,440 toneladas con un valor de \$30'816,000.00 (Anuario Estadístico 1993-1999).

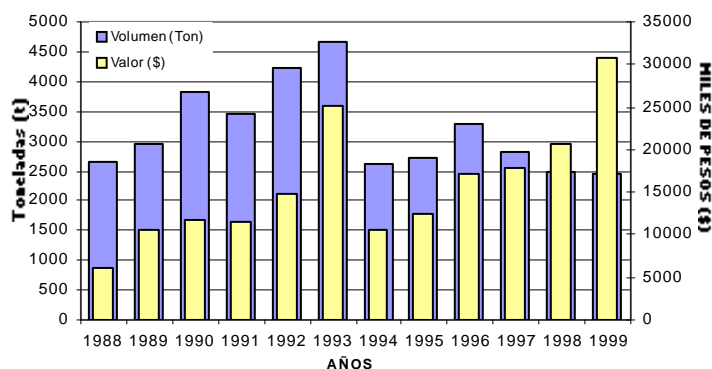


Figura 4. Producción de Bagre en México por Acuacultura (1988-1999)

3.6. MARCO INSTITUCIONAL

El aprovechamiento de los recursos acuáticos es regulado por la Ley Federal de Pesca y su reglamento. Dicha ley viene a ser el instrumento rector de la actividad pesquera. La acuacultura se define e inscribe en esta ley en un marco específico y dispone en varios de sus artículos que el cultivo de organismos acuáticos es una actividad de beneficio socioeconómico. Asimismo, en numerosos conceptos de esta ley se definen las áreas de competencia y se otorgan atribuciones a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca para planear, fomentar y regular la acuacultura.

Con objeto de regular la actividad acuícola de las especies con potencial de cultivo se han instituido las siguientes Normas Oficiales Mexicanas y su Reglamento relacionado al cultivo de especies acuáticas (Tabla 7), tendientes a regular las actividades del sector pesquero y de acuacultura adecuando dichas normas a las nuevas condiciones. Además, dentro del organigrama de la SEMARNAP, se ha constituido el denominado Comité Consultivo Nacional de Normalización de

Tabla 7
Normas Oficiales Mexicanas y reglamentos relacionados on el cultivo de peces (bagre)

NOM	OBJETIVOS
001-ECOL-1996 D.O.F. 16/12/96	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
010-PESC-1993 D.O.F. 15/06/94	Establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato en el territorio nacional.
011-PESC-1993 D.O.F. 14/07/94	Regula la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos.
Proyecto de NOM-020-PESCA-1993 D.O.F. 7/12/94	Acredita las técnicas para la identificación de agentes patógenos acuáticos vivos cultivados, silvestres y de ornato en México.
Proyecto de NOM-021-PESC-94 D.O.F. 20/01/95	Regula los alimentos balanceados, los ingredientes para su elaboración y productos alimenticios no convencionales utilizados en la acuacultura y el ornato, importados y nacionales, para su comercialización y consumo en la República Mexicana.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente D.O.F. 13/12/96	Sirve de marco regulatorio de toda autorización en materia de los impactos ambientales por la realización de obras o actividades (incluyendo la acuacultura), que generen o puedan generar efectos significativos sobre el ambiente o los recursos naturales.
Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento D.O.F. 1/12/92	Títulos IV y VII
Ley de Pesca y su Reglamento SEMARNAP D.O.F. 23/06/92	Es el marco regulatorio de la pesca y acuacultura nacional, se orienta hacia el desarrollo pleno y sostenido de la actividad pesquera y acuícola y da certidumbre a aquellos que participan a lo largo de toda la cadena productiva.

Pesca Responsable como la entidad responsable de la expedición y supervisión de las siguientes normas relacionadas al cultivo de organismos acuáticos.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

El bagre se localiza en climas tropicales y subtropicales con una altitud de 500 a 1,500 metros sobre el nivel del mar.

Actualmente se emplean sistemas de cultivo semi-intensivo e intensivo de bagre en la mayor parte de país como la muestra la figura 5.

Las especies que se cultivan en estos estados se muestran en la tabla 8.

3.8. ANÁLISIS DE MERCADO

De acuerdo a las estadísticas mundiales de la FAO, México ocupa el segundo lugar como productores de bagre en cultivo. La ta-

bla 9 muestra las tendencias de la producción de bagre por acuicultura de los principales países productores en los años 1988 a 1997. Como se puede observar la producción en México tuvo altas y bajas, de 1981 a 1991 sosteniendo una producción promedio de 550 t. En 1994 se obtuvo la mayor producción (1,002 t). Sin embargo dos años más tarde la producción de bagre bajo considerablemente a 210 t. Por otro lado, el mayor productor mundial de bagre son los Estados Unidos con una producción creciente del cultivo de esta especie, ya que en 1997 produjeron 238,154 t y su menor producción fue en 1990 (163,491t).

A nivel interno la tendencia del precio promedio del bagre en el mercado, al mayoreo y menudeo durante el periodo de 1990-1999 se muestran en la figura 6. Donde los valores del precio al mayoreo y menudeo por kilogramo tuvieron un comportamiento similar. Para 1990 a 1992 los valores se mantuvieron casi constantes, sin embargo en el año de 1993 el valor del bagre bajo considerablemente su precio al mayoreo (\$3.30), mientras que al menudeo la perdida fue poco considerable (\$1.02), en los años subsecuentes se observa como la tendencia del precio fue aumentando. En 1998 el precio por menudeo alcanzo un valor de \$13.24, mientras que el precio por mayoreo fue para ese mismo año de \$8.78 y para 1999 fue de \$10.35. Hay que resaltar que en 1999 no se tienen registros referentes del precio por menudeo.

Tabla 8
Especies cultivadas en algunos estados de la República

Nombre común	Nombre científico	Origen
Bagre de canal	<i>Ictalurus punctatus</i>	Estados Unidos
Bagre azul	<i>Ictalurus furcatus</i>	México
Bagre	<i>Ictalurus ochoterenal</i>	México
Bagre	<i>Ictalurus melas</i>	México

Tabla 9
Principales países productores por acuicultura de *Ictalurus punctatus* en toneladas 1988-1997

Año	Cuba	Guatemala	Corea	Ex URSS	Ucrania	Estados Unidos	Austria	México
1988	92					164,091		500
1989	111					182,727		500
1990	228					163,491		600
1991	76					177,297		600
1992	35				1,983	207,460		750
1993	14				1,905	208,207		850
1994	48	3			1,326	199,251		1,002
1995	69	3		100	5	202,706		282
1996	251	5	998	90	5	214,154		201
1997	120	4		73		238,154	7	485
Total	1044	15	998	263	5224	1,957,538	7	5770

Fuente: Estadísticas de Producción de Acuicultura, FAO, 1999.

Por otra parte se observa en la figura 7 el valor de la producción pesquera por acuacultura, según entidad federativa. La mayor producción económica la obtuvo el estado de Durango (16,599 miles de pesos) y la de menor ganancia fue el estado de México (31 miles de pesos), el estado de Sinaloa y Tamaulipas tuvieron un valor promedio de 3,390 miles de pesos).

Es importante mencionar que la mayor parte de la producción de bagre es para consumo nacional; desafortunadamente no se cuentan con registros que indiquen la cantidad de producción que se exporta a otros países.

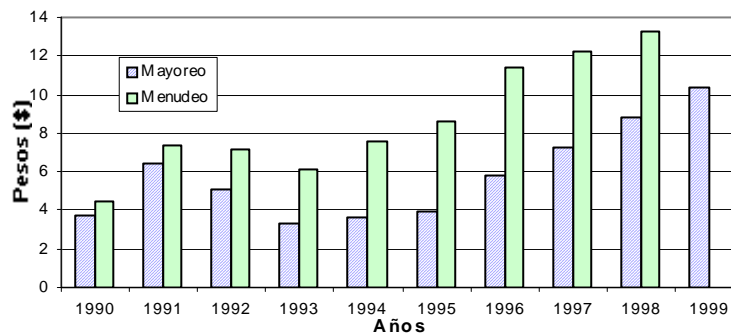


Figura 6. Precio Promedio al Mayoreo y Menudeo (1990-1999)

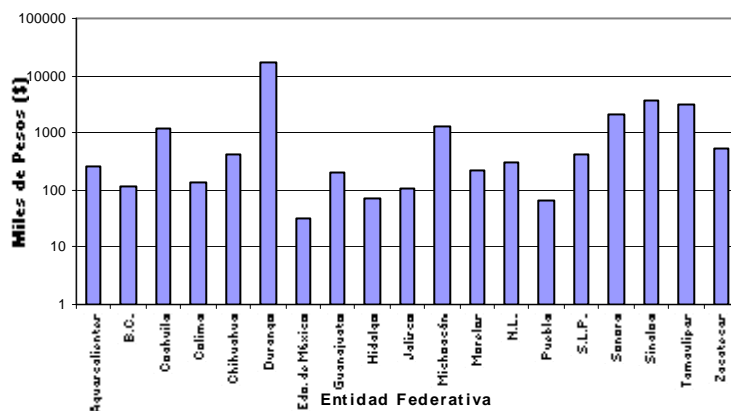


Figura 7. Valor de la Producción Pesquera de Acuacultura, según Entidad Federativa, 1999.

4. PROBLEMAS Y LIMITACIONES

4.1. PRODUCCIÓN DE CRÍAS

La supervivencia de los organismos durante su cultivo, sobre todo a nivel comercial, depende de las características físico-químicas del medio, de su resistencia a los agentes patógenos que pueden ser más abundantes en los estanques, que en el medio natural.

Asimismo, es importante que las características del agua se mantengan dentro de los rangos que se observan en la Tabla 10.

Aún cuando el bagre soporta temperaturas entre los 20 y 30°C, requiere rangos específicos para las distintas fases del cultivo, como se muestra en la Tabla 11, el mejor periodo de reproducción del bagre son los me-

Tabla 10. Características físico-químicas del agua

Parámetro	Rango
Temperatura	20°C-30°C
Oxígeno disuelto	5-13 ppm
pH	7-8
Transparencia	35-45

ses de abril a agosto, cuando la temperatura se mantienen por encima de los 21°C.

Tabla 11. Rangos óptimos para el desarrollo del bagre

Ciclo de vida	Rangos de óptimos			Problemas
	temperatura	O ₂	pH	
Reproducción	24-29	12	5-8	Posible tasa de mortalidad alta
Incubación	26-28	5	7.5	Malformaciones para la embriogénesis
Crecimiento (cría)	26-28	12	5-8	Posible tasa de mortalidad alta
Engorda	26-28	5	7.5	Posible mortalidad

4.2. CULTIVO

Como se mencionó anteriormente, el cultivo de bagre ha sido comercialmente factible desde los primeros años de su producción. El problema más severo de los primeros cultivadores de bagre surgió por el temperamento nervioso y agresivo del bagre. Las peleas entre los machos en la época de reproducción era una consecuencia particularmente desafortunada, pero la negación de algunos peces para reproducirse en cautiverio era también problemática. La pelea como fuente de daño y mortalidad entre los peces ha sido virtualmente eliminada con el desarrollo de los métodos sofisticados de manejar y confinar a los reproductores.

4.2.1. NIVELES DE PRODUCCIÓN

Para poder obtener un nivel de producción elevado de bagre, se deberán analizar previamente las características físico-químicas del agua y establecer su viabilidad para la producción. Por lo que un descuido en uno de los parámetros podría ser fatal para la producción de bagre.

La tasa de mortalidad que se presenta durante el desarrollo de crecimiento es la siguiente:

Incubación:	(30%)
Alevinaje:	(5%)
Crías:	(5%)
Engorda:	(3-5%)

4.2.2. NUTRICIÓN

El bagre en cautiverio come a cualquier hora del día, durante el verano, pero no comen después de que el sol baja, debido a que la concentración de oxígeno baja, mientras que en el medio natural los bagres son de hábitos nocturnos y suelen alimentarse a estas horas del día.

Si el alimento utilizado no cubre con los requerimientos de la especie, retardará el crecimiento, se presentarán enfermedades de origen nutricional y en consecuencia mortalidad, y los costos de producción serán altos.

Hay que mencionar que la mayoría de las granjas no llevan un control del porcentaje de alimentación en función de la biomasa de los organismos, lo que acarrea problemas de enfermedades y pueden generar mayor gasto.

4.2.3. Sanidad

Con relación a los aspectos sanitarios para el bagre en cultivo, la NOM-011-PESC-1993, menciona que existe al menos una enfermedad certificable y ésta es el CCVD o enfermedad viral del bagre de canal y se le considera como agentes causantes de gran daño en la producción acuícola. Además los problemas existentes de sanidad se agravan por:

- El mal manejo de las especies.
- La mala calidad del agua.
- El transporte peces de un lugar a otro.
- La introducción de peces provenientes de otros países sin un estudio sanitario previo.
- Adoptar peces a través de donación, o bien comprados a otra piscifactoría como sementales, sin conocer la susceptibilidad que poseen para transmitir enfermedades.

En la Tabla 12 se observan las principales enfermedades que atacan al bagre, de acuerdo a lo mencionado en el capítulo sobre el cultivo.

4.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

En la actualidad existen pocos estudios técnicos que describan con precisión el potencial relacionado con la acuacultura del bagre. Por lo que toda vía queda mucho por investigar, lo que representa un reto interesante y estimulante para los profesionistas.

Asimismo, es escasa la información generada por las pesquerías que manejan este tipo de recurso, lo que propicia un desconocimiento del nivel de explotación en el que se encuentra esta especie; razón por la cual se dificulta la estimación de la contribución que dichas pesquerías tienen para la economía nacional.

Hay que recordar que existen instituciones, tanto nacionales como extranjeras, dedicadas a la contribución de información de esta especie, la cual se basa en los siguientes estudios realizados:

Tabla 12. Principales enfermedades que atacan al bagre

Parásitos	Bacterias	Deficiencia vitamínica
❖ Protozoarios - Ichthyophthirius - Trichodina sp. - Scyphidia sp. - Trichophyra sp. - Chilodonella sp. - Costia sp. ❖ Trematodos - Gyrodactylus sp. - Cleidodiscus sp. - Alloglossidium corti - Clinostomus marginatum ❖ Céstodos - Corallobothium sp. ❖ Nematodos - Contracaecum sp. ❖ Acanthocephalos ❖ Sanguijuelas - Myzobdella sp. ❖ Copépodos - Achtheres ambloplitis - Argulos sp. ❖ Lerna cyprinaceae	❖ Aeromona sp. ❖ Pseudomona sp.	❖ Tiamina ❖ Riboflavina ❖ Piridoxina ❖ Acido Pantoteico ❖ Niacina ❖ Vitamina B12 ❖ Acido Fólico ❖ Acido Ascórbico ❖ Biotina ❖ Colina ❖ Inositol

- Caracterización citogenética en el bagre *Galeichthys caeruleus*, por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, ICML.
- Caracterización citogenética en el bagre *Arius felis* (Ariidae: Siluriformes), de la región de la Laguna de Términos, Campeche, por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, ICML.
- Crecimiento y aspectos poblacionales del bagre *Cathrops melanopus* (Gunther 1864) de río Tonala, Veracruz, por la Sección Coatzacoalcos, Universidad Veracruzana, Veracruz.
- Contribución al conocimiento de la biología del bagre del balsas, *Ictalurus Balsanus*, por la Universidad Autónoma de Morelos, Morelos.
- Evaluación de dietas para bagre (*Ictalurus punctatus*), formuladas a partir de subproductos de la región del Valle del Yaqui, por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas, Sonora, ITESM-GUAYMAS.
- Técnicas básicas para la reproducción, nutrición y engorda de bagre de canal *Ictalurus punctatus*, por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, N.L., ITESM.
- Monitoreo de agua de cultivo de bagre en el centro acuícola Vicente Guerrero, Abasolo Tamaulipas, México, por la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se recomienda realizar investigaciones en:

- Técnicas de cultivo: cultivo en jaulas
- Genética: mejora genética para reproductores de origen nacional
- Sanidad: aspectos patológicos

4.4. ASPECTOS DEL MERCADO

Las opciones disponibles de mercado de bagre en México son insospechadas, debido a que es mayor el consumo que la oferta, por lo que el piscicultor debe programar la producción con objeto de mantener organismos disponibles durante todo el año y sacar el mayor provecho de su venta.

Se debe recordar que la época de desove se lleva a cabo sólo una vez al año (abril-agosto), lo que significa que se puede empezar a cosechar después de siete meses, que es cuando el bagre alcanza un peso mayor de 250 g. Sin embargo para muchos piscicultores la mejor época de cosecha es cuando el bagre tiene 1 ½ a 2 años (con un peso aproximado de 3 a 5 Kg), tiempo después del cual virtualmente todo el pescado deberá ser vendido.

4.5. IMPACTOS AMBIENTALES

Uno de los mayores problemas ha que se han enfrentados los piscicultores, es cuando un cuerpo de agua recibe la influencia de las descargas de aguas negras o grises procedentes de los asentamientos humanos o zonas industriales, y estos se encuentran cerca de una granja piscícola. De la misma manera, la alteración del contorno natural causa descensos drásticos en la productividad.

Esto representa un grave problema para el cultivo del bagre, debido a que éste no podría vivir y reproducirse en condiciones inadecuadas. Hay que recordar que el abastecimiento de agua es por medio de pozos, manantiales o aguas superficiales (ríos, lagos, arroyos, etc.), por lo que se debe tener cuidado de que no sean contaminadas. Asimismo cabe señalar que muchos de los centros que se dedican al cultivo de bagre no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas, lo que produce al momento de sus descargas que las zonas aledañas o cuerpos receptores de agua sean impactados negativamente.

5. CONCLUSIONES

El bagre en la acuacultura juega un papel importante a nivel nacional, ya que ocupa el 5° lugar de las especies cultivadas y a nivel mundial ocupa el 2° lugar en la producción de bagre en cultivo.

Muestra de esto fue que en 1999 se obtuvo una producción nacional de 2,440 t, con un valor de 30,816 miles de pesos, lo que significa que a pesar de no

contar con un gran número de granjas dedicadas al cultivo de bagre, esta especie es muy fácil de manejar y muestra buenos rendimientos de producción.

Asimismo, el éxito del cultivo de bagre depende de la calidad y cantidad de agua, por lo que se deben tener en cuenta alternativas de cultivo más apropiadas asegurando una mayor producción. Por ello es necesario impulsar el cultivo en aquellas zonas donde se pueda asegurar su producción.

Podemos concluir que el bagre es una de las especies que mejor se adapta a las diferentes condiciones de cultivo, ofrece una opción viable para los pequeños productores, ya que no requiere de altos costos para su producción. Además de que proporciona una fuente de alimento a bajo costo en zonas rurales. Por lo que se debe fortalecer un vínculo con las universidades y especialistas mexicanos para lograr un buen éxito en el cultivo.

6. LITERATURA CITADA

1. Aguilera, P. y E. Zarza. 1986. El bagre y su cultivo. FONDEPESCA. México. 46 p.
2. Arregui, F. 1987. Cultivo comercial de bagre de canal en estanquerías rústicas en la Revista ACUAVISION No. 11. FONDEPESCA. México. Pp: 10-13.
3. Bardach, J.E., J.H. Ryther y W.O. McLarney, 1986. Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor S.A., Primera Edición, México, 741.
4. Cifuentes J.L., Torres-García P. y Frías M., 1997. El océano y sus recursos XI. Acuicultura. Fondo de Ecultrora Económica. 160 p.
5. FAO, UNAM, SEPESCA, 1990. SIRIAC (Sistema de Referencia para la Investigación), 157 p.
6. FAO, 1999. Estadísticas de la producción de acuicultura 1988-1997. FAO Fisheries Circular No. 815 Revisión 11, Roma. 203 p.
7. FAO, 1990. Manual para el cultivo del bagre sudamericano (*Rhamdia Sapo*). Santiago (Chile), abril de 1990, 62 p.
8. Galaviz, L. 1987. Enfermedades nutricionales del bagre, Revista ACUAVISION No. 11. FONDEPESCA. México. Pp: 17-16.
9. García-Marín, E., E. Martínez-Rojas y H. Alvarado Solís, 1979. Criterios de bioingeniería para el cultivo del bagre de canal *Ictalurus punctatus*. Reporte

Técnico No. 2, Departamento de Pesca, Dirección General de Acuacultura, México. 79 p.

Jiménez, F. 1987. Principales enfermedades del bagre de canal Revista ACUAVISION No. 11. FONDEPESCA. México. Pp: 14-16.

Juárez-Palacios, J.R. Y G.G. Paolomo-Martínez. 1985. Acuicultura. Editorial CECSA, México, 95 p.

Monfort, W.W., R.L. Anderson y W.J. Lorio, 1985. Production of channel catfish. Publication 622. Extension Service of Mississippi State University.

Reyes, C. 1987. La calidad del agua en el cultivo intensivo de bagre de canal. Revista ACUAVISION No. 11. FONDEPESCA. México. Pp: 28-30.

Torres, M. 1987. Manejo ecológico pesquero del bagre de canal. Revista ACUAVISION No. 11. FONDEPESCA. México. Pp: 23-25.

SEMARNAP, 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente: delitos ambientales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, primera edición, México, 203 p.

SEMARNAP, 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1998. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, primera edición, México, 244 p.

SEMARNAP, 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1999. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, primera edición, México, 271 p.

SEMARNAP, 1999. Ley de Pesca y su Reglamento. (Modificación del 29 de septiembre de 1999). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México, 68 p.

SEPESCA, 1986. Manual recetario Bagre-carpa-Tilapia-Trucha. Secretaría de Pesca, Primera Edición, México, 461 p.

SEPESCA, 1988. Manual técnico para el cultivo del bagre de canal *Ictalurus punctatus*, en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. Primera Edición, México, 171 p.

SEPESCA, 1994. Normas Oficiales Mexicanas del Sector Pesca. Secretaría de Pesca, México, 91 p.

XIII. CATÁN

Dr. Roberto Mendoza Alfaro

Investigador del Grupo Ecofisiología, Fac. de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León

RESUMEN

El catán es la especie de mayor tamaño que habita en las aguas continentales de México y cuenta con una gran aceptación en el noreste del país, por lo que ha venido sufriendo la presión de la pesca comercial y deportiva. Esta situación se ha agravado al no existir normas que regulen su captura, lo cual ha provocado una explotación desmedida. Por lo anterior, se han realizado esfuerzos para intentar su cultivo, sin embargo estos se han visto frenados debido al obstáculo que representa el abasto insuficiente de alimento vivo para las larvas, lo que ha provocado que quede interrumpido el ciclo de cultivo. En el presente trabajo se muestran resultados de una serie de estudios encaminados a caracterizar las fases del desarrollo larvario y su fisiología digestiva, con el fin de adecuar una dieta artificial para su cultivo. Esta aproximación multidisciplinaria permitió establecer el momento en el cual se puede iniciar la alimentación con dietas artificiales, conocer la etapa en la cual se deben liberar las larvas para repoblación, producir modificaciones morfológicas, mediante la aplicación de hormonas, para evitar el canibalismo e incrementar la sobrevivencia. Igualmente se desarrollaron diferentes índices de condición (morfológicos, histológicos y bioquímicos) para evaluar el estado nutricional de las larvas. Finalmente, se logró establecer una estrategia para llevar a cabo el destete con dietas artificiales y visualizar alternativas para llevar a cabo el cultivo a gran escala del catán con la finalidad de recuperar sus poblaciones naturales.

1. INTRODUCCIÓN

En la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el área de Ecofisiología se están desarrollando estudios morfofisiológicos del desarrollo larval del catán (*Atractosteus spatula*) como base para su acondicionamiento al consumo de dietas artificiales, para el desarrollo de su cultivo y posteriormente la recuperación de la pesquería. A continuación se presentan los resultados de los trabajos de Investigación realizados por dicha Institución.

El catán es la especie de agua dulce de mayor tamaño que se encuentra en México, pueden alcanzar los 2 metros de largo y son fácilmente reconocidos por

la forma alargada del hocico y las duras escamas romboideas que cubren su cuerpo, lo que les da una apariencia semejante a un lagarto, por lo cual también son conocidos con el nombre de pejelagartos en el Sureste de México. Estos peces han sido capturados tradicionalmente en las aguas continentales cercanas al Golfo de México en donde son apreciados por la calidad de su carne y por su tamaño. Se comercializan enteros, fileteados, procesados en forma de chicharrón o ahumados (Rosas, 1976. Rodríguez de la Cruz). Al mismo tiempo, estos peces son objeto de la pesca deportiva ya que su tamaño los convierte en un atractivo trofeo. Sin embargo, en la actualidad no existen normas que regulen su captura, lo cual ha provocado una explotación desmedida. Por otra parte, las evidentes alteraciones que han venido sufriendo los ecosistemas acuáticos en que habitan, producto de la contaminación, la reducción de los volúmenes de agua, al ser ésta desviada hacia las ciudades o hacia los cultivos agrícolas, y las modificaciones del entorno físico, originadas por la construcción de presas y canales, representan factores que de manera definitiva han afectado las poblaciones del catán.

Lo anterior se ha visto claramente reflejado en los registros estadísticos de pesca de los últimos diez años en el Estado de Tamaulipas. Así, mientras que en 1988 se capturaban 13.2 toneladas, este volumen se redujo a 5.7 toneladas en 1990 y para 1997 solo se lograron obtener 1.1 toneladas (Estadística pesquera CRIP-Tampico). Ante esta situación, la SEMARNAP, a través del Centro Acuícola Tancol de la Subsecretaría de Pesca en Tamaulipas, desde 1982 centró sus esfuerzos en la producción de crías de catán (*Atractosteus spatula*) con miras a incrementar las poblaciones naturales, preservar la especie y apoyar su acuacultura. Hasta el momento, el Centro ha llegado a producir hasta 415,000 crías de catán por año, destinando la producción total a programas de repoblación para intentar mantener las necesidades de la pesca comercial y deportiva. Sin embargo, el principal problema que se ha presentado, como consecuencia del acelerado crecimiento del catán, es la alimentación de las crías. En efecto, éstas dependen en sus primeras etapas exclusivamente de presas vivas, lo que implica que en caso de un abastecimiento insuficiente esto se traduzca en diferencias de tallas, lo que a su vez propicia un fuerte canibalismo. Como consecuencia final ha sido necesario recurrir a la liberación de las crías en un periodo muy corto, quedando así interrumpido el ciclo de cultivo. Estos factores repercuten de manera directa tanto en la cantidad como en la calidad de las crías obtenidas en cada época de reproducción y al mismo tiempo han hecho que las posibilidades de sobrevivencia en el medio natural sean muy reducidas.

2. OBJETIVOS

Gracias a un acercamiento entre el Centro Acuícola Tancol y el Grupo Ecofisiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL se planteó la necesidad de iniciar el Programa para la Recuperación de la Pesquería del Catán, cuyos objetivos principales están dirigidos hacia la caracterización de las diferentes

fases del desarrollo larvario de esta especie y el conocimiento de la fisiología digestiva de las crías, con el fin de adecuar una dieta artificial para su cultivo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Las diferentes fases de la investigación comprenden estudios morfológicos, histológicos, enzimáticos y endocrinológicos, para los cuales fueron utilizados huevos y larvas de catán recuperados del Centro Acuícola Tancol entre 1997 y el 2000 a partir de un lote de 25 reproductores.

Para determinar la evolución morfológica e histológica del desarrollo, las larvas fueron fijadas en líquido de Bouin, a partir de la eclosión y hasta el 15 días después de la eclosión (DDE). Para la descripción del desarrollo morfológico se consideraron 20 características morfométricas y 5 merísticas determinadas para cada espécimen, siguiendo la metodología utilizada para larvas de lepisosteidos (Simon, 1989, 1991). Larvas mantenidas en inanición fueron comparadas con larvas alimentadas mediante un análisis discriminante por el método Stepwise con la finalidad de determinar las características morfológicas que pudieran evaluar su condición nutricional.

Se realizaron cortes histológicos con un espesor de 7 μ m, los cuales fueron teñidos con Hematoxilina y Eosina para observar la formación del tracto digestivo y se estableció un factor de condición basado en la altura de las células intestinales (Theilaker, 1994).

El funcionamiento del tracto digestivo en las diferentes etapas de desarrollo fue seguido mediante la determinación de la actividad enzimática de extractos de larvas. Diariamente, a partir del tercer DDE, se tomaron muestras de 100 larvas y el tracto digestivo de las larvas de cada muestra fue homogeneizado en agua destilada en una proporción 1:5 (p/v) a una temperatura de 4°C para ser utilizado como extracto enzimático. De esta forma se determinó la actividad proteolítica ácida y alcalina, utilizando como sustrato hemoglobina (Anson, 1938) y azocaseína (Galgani, 1986), respectivamente. Estas actividades fueron corroboradas mediante electroforesis utilizando el método de Sustrato-Page (García-Carreño, 1993). La actividad de tipo tripsina, quimiotripsina, leucin-aminopeptidasa y fosfatasas fueron determinadas con sustratos específicos sintéticos (Erlanger, 1961; Clark, 1986). La actividad de tipo α -amilasa y esterasa fueron determinadas utilizando almidón y p-nitrofenil-acetato como sustrato (Clark, 1986).

Por otra parte, considerando el efecto de las hormonas tiroidianas y los corticosteroides en el desarrollo (Dabrowsky, 1991), las hormonas tri-iodotironina (T3), tiroxina (T4), hidrocortisona y el goitrógeno tiourea, fueron administradas disueltas en el medio para evaluar su efecto en la aceptación y digestión de las dietas artificiales. Para la realización de los bioensayos se colocaron 30 larvas de 3

DDE por acuario (45 L) utilizando cuatro acuarios por tratamiento de acuerdo a la Tabla 1. Las hormonas fueron previamente disueltas en agua y aplicadas diariamente repitiendo la dosis inicial mediante un recambio de agua del 30 % del volumen total.

Después de diez días de tratamiento se determinó la concentración de T₃ y cortisol en las larvas mediante un radioinmunoensayo (RIA) (Kobuke, 1987; De Jesus, 1991). Por otra parte se evaluó el desarrollo larvario en base a la formación del hocico, la altura de las células intestinales y la actividad de las enzimas digestivas según lo descrito.

Tabla 1.- Distribución de los tratamientos y concentraciones diarias y totales aplicadas

Tratamiento hormonal	Concentración diaria	Concentración total
3,3',5-triiodo-L-tironina (T ₃)	0.1 ppm de T ₃	0.323 ppm de T ₃
L-tiroxina (T ₄)	0.1 ppm de T ₄	0.323 ppm de T ₄
Tiourea (TU)	30 ppm de TU	97.17 ppm de TU
Hidrocortisona (HC)	0.1 ppm de HC	0.323 ppm de HC
Testigo sin hormona (T)	Testigo sin hormona	Testigo sin hormona

4. RESULTADOS

4.1. ESTUDIOS MORFOLÓGICOS.

El esquema general del desarrollo larvario se puede resumir de la siguiente forma. La eclosión de las larvas inicia a las 50 h, cuando los huevos son incubados a 30 °C. Las larvas recién eclosionadas presentan una longitud promedio de 7.2 mm y permanecen adheridas a la vegetación hasta el 5° día, cuando tienen una longitud de 17.7 mm y en este momento comienzan a alimentarse de zooplancton. Si existe un suministro adecuado de este alimento para el 10° día las larvas llegan a medir 23 mm adquiriendo la forma alargada característica de los adultos. A partir de este momento la velocidad de crecimiento se acelera y en el 15° día las crías llegan a medir 48 mm. Sin embargo, aquellas larvas que no reciben suficiente alimento tienen un crecimiento significativamente menor, alcanzando apenas 21.2 mm. Esto las convierte en presas fáciles para las larvas más grandes, por lo que no llegan a sobrevivir mas allá del 15° día.

Mediante un estudio comparativo del desarrollo de larvas de catán (*A. spatula*) y pejelagarto (*A. tropicus*), se logró caracterizar seis estadios larvales, para las dos especies, basados en 25 características



Figura 1.- Estadios de desarrollo larval del catán.

morfológicas, de las cuales fue posible seleccionar, mediante un análisis discriminante (método Stepwise), la longitud del hocico y a la altura corporal, como los principales indicadores del desarrollo y de la condición nutricional, respectivamente. Asimismo, se observó un mayor potencial de crecimiento en las larvas de catán, el cual llega a 1.55 mm/día en los primeros 10 días y posteriormente se incrementa a 5.06 mm/día. Mientras que el pejelagarto mantiene estable su crecimiento en 1 mm/día durante los primeros 30 días. Por otra parte, también fue evidente el más rápido desarrollo del hocico en las larvas de catán, lo cual viene a explicar que se presente un mayor canibalismo en etapas más tempranas en estas, en comparación con las larvas de pejelagarto.

4.2. ESTUDIOS HISTOLÓGICOS

Debido a que las larvas de peces no presentan un tracto digestivo desarrollado, lo cual limita la posibilidad de utilizar dietas artificiales (Dabrowski, 1991), fue necesario seguir la formación del mismo para determinar el momento en que su sistema digestivo estuviera completamente formado. A este respecto, se pudo observar que al 3er DDE las larvas aún presentaban un intestino recto formado por epitelio simple, cuya diferenciación se iniciaba en el intestino posterior con la formación de una válvula espiral. Para el 6º DDE ya era posible apreciar el estómago, la válvula espiral y tejido pancreático diferenciados, a pesar de contar todavía con reservas de vitelo. Al mismo tiempo, durante la formación del tracto digestivo se presentaron diferencias significativas con respecto a la altura de los enterocitos entre cada estadio ($F = 2280.$; $P = 0.000$; $gl = 140,3$), incrementándose la altura con la edad de las larvas (Figura 2).

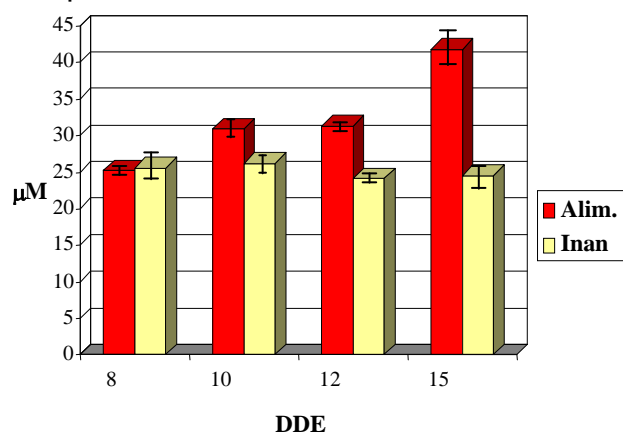


Figura 2.- Altura celular de enterocitos de larvas alimentadas y en inanición a diferentes días después de la eclosión (DDE).

Por otra parte, aunque a los 8 DDE no se presentaron diferencias significativas en la altura celular de los enterocitos de larvas alimentadas y en inanición ($t = -1.28$; $P = 0.211$; $gl = 34$), estas se hicieron evidentes a partir de 10 DDE ($t = 15.07$; $P = 0.000$; $gl = 34$), y se acentuaron a los 12 DDE ($t = 13.48$; $P = 0.000$; $gl = 34$) y 15 DDE ($t = 25.95$; $P = 0.000$; $gl = 34$).

4.3. ESTUDIOS ENZIMÁTICOS

Dentro de este contexto, a nivel fisiológico, el equipamiento con las enzimas digestivas necesarias para aprovechar las dietas es definitivo. Tomando en cuenta otras investigaciones relacionadas, se ha considerado que la actividad proteolítica ácida es un indicador de la maduración del tracto digestivo y el momento en el que se detecta esta actividad resulta el más apropiado para iniciar la alimentación de las larvas con dietas artificiales (Alliot, 1977; Person-Le Ruyet, 1989). En el caso de las larvas de catán, se pudo observar que tanto en las larvas de 5 DDE como en las de 8 DDE se presentan dos picos de actividad cercanos a pH 2.2 y pH 8.4, y el nivel de actividad cambia sólo para incrementarse con la edad.

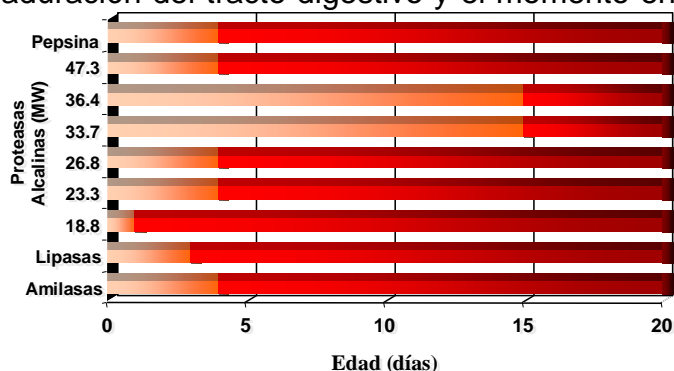


Figura 3.- Ontogénesis de las proteasas detectadas mediante electroforesis de acuerdo a su peso molecular

Esto indica que tanto la actividad proteolítica ácida del estómago como la alcalina del intestino ya se encuentra presente en estas larvas. Lo anterior fue confirmado mediante electroforesis y al mismo tiempo fue posible observar la secuencia en la aparición de diferentes proteasas alcalinas en el intestino (Figura 3). Fue igualmente posible caracterizar la actividad proteolítica alcalina, la cual está dada principalmente por serina proteasas (tripsina y quimotripsina), así como una elevada actividad de tipo aminopeptidasa (Figura 4).

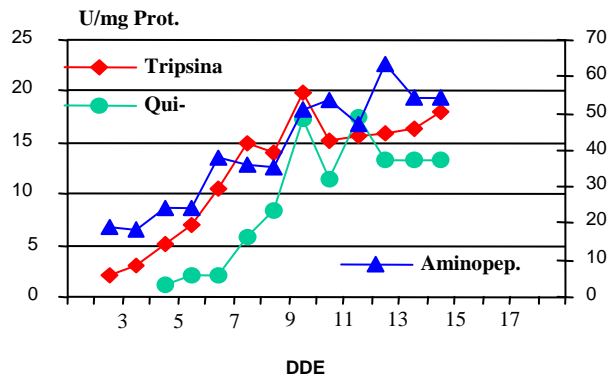


Figura 4.- Cambios en la actividad de proteasas alcalinas en larvas de catán

Por otra parte, se detectó un elevado nivel de actividad lipásica, el cual fue relacionado con el consumo del vitelo, al igual que la actividad de fosfatasa ácida. Mientras que las variaciones en la actividad de fosfatasa alcalina fueron relacionadas con la maduración de las células intestinales. En función de lo anterior se puede considerar que el funcionamiento del sistema digestivo al iniciar la alimentación exógena de las larvas de catán es más completo que el de la mayo-

ría de las larvas de peces, lo cual hace factible alimentar a las larvas de catán con dietas artificiales desde sus primeras etapas (Moyano et al, 1996).

4.4. ESTUDIOS ENDOCRINOLÓGICOS

Un factor que ha sido igualmente considerado como determinante para el desarrollo de las larvas de peces, es el control ejercido por las hormonas tiroideas y los corticosteroides sobre la maduración del sistema digestivo (Kumegawa et al, 1998; Ayson et al, 1993). Tomando en cuenta esta premisa, se llevaron a cabo una serie de bioensayos a partir de los cuales se pudo observar que las larvas,

al ser sometidas a un tratamiento por inmersión, con hormonas tiroideas (T3, T4), goitrógenos (Tiourea) y corticosteroides (Hidrocortisona) presentaban diferencias marcadas en el desarrollo. Los niveles de T3 y cortisol en las larvas variaron dependiendo del tratamiento recibido, siendo aquellas larvas sometidas a T3 las que más incrementaron sus niveles de estas hormonas (Figura 5), sin embargo, esto produjo deformaciones y elevadas mortalidades.

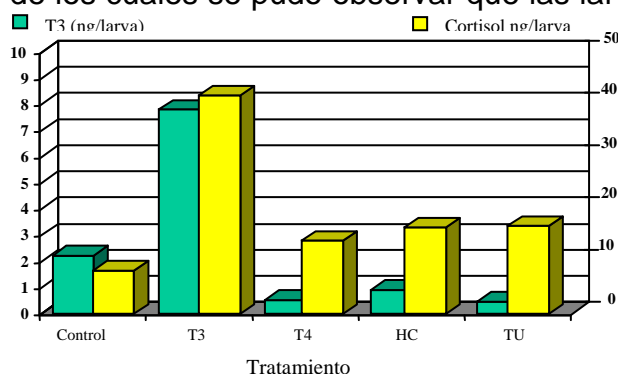


Figura 5.- Concentración de T3 y Cortisol (ng/larva) en larvas de catán sometidas a diferentes hormonas.

Se presentaron diferencias significativas con respecto a la longitud del hocico ($F=16.67$; $P=0.0002$; $gl= 10,4$), siendo mayor para las larvas con T4. Los tratamientos control y TU presentaron la mayor altura preanal, seguidos de los tratamientos con T4 e HC ($F=15.51$; $P=0.0003$; $gl= 10,4$). Los enterocitos de las larvas con HC presentaron la mayor altura celular, ($F=223.94$; $P=0.000$; $gl= 55,4$) (Figura 6). De la misma forma, se presentaron diferencias en la actividad proteolítica ácida y alcalina, siendo mayor la actividad en las larvas a las que se aplicó T3 y tiourea. Un aspecto relevante es el hecho de que estas hormonas, y particularmente la Hidrocortisona, hayan ejercido un efecto considerable sobre las células del epitelio intestinal, las cuales se encontraron más desarrolladas que las de las larvas que no habían recibido tratamiento hormonal. Asimismo, fue notable el hecho de que las larvas tratadas con

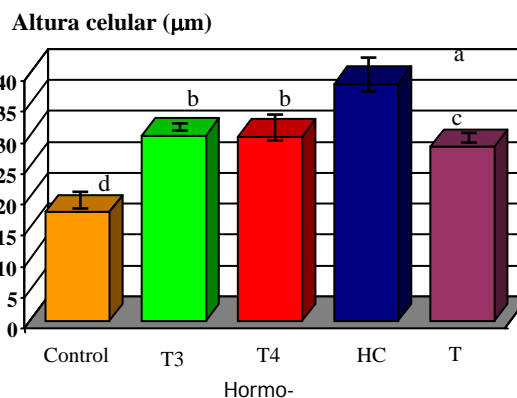


Figura 6.- Altura de los enterocitos en larvas sometidas a diferentes hormonas.

Tiourea presentaran células intestinales más desarrolladas que las larvas control. Sin embargo, las células del estomago de las primeras no alcanzaron el grado de diferenciación de las larvas tratadas con T3, T4, e Hidrocortisona, lo cual confirma el efecto promotor de estas hormonas en el desarrollo del tracto digestivo.

Estos resultados abren dos nuevas vertientes en una siguiente etapa de investigación: a) la posibilidad de propiciar el consumo de dietas complejas (e.g. dietas artificiales) desde las primeras etapas larvales al utilizar hormonas tiroideas y corticosteroides y b) la posibilidad de controlar el canibalismo al exponer las larvas a agentes anti-tiroidianos, ya que de esta manera se podrían obtener larvas más grandes pero con el hocico menos desarrollado, lo que impediría el consumo de organismos de su misma talla, pero no así de presas vivas más pequeñas.

4.5. ESTUDIOS DE ALIMENTACIÓN.

Un aspecto decisivo para la aceptación de las dietas artificiales es la presentación de las mismas, la cual reposa sobre las características físicas y de atracción visual, así como química que deben tener la partículas alimenticias para las larvas (Person-Le Ruyet J., 1989). Para probar esto, se realizó un bioensayo con una dieta comercial para larvas de salmónidos. Sin embargo, estas dietas no fueron consumidas por las larvas de catán, resultando en una sobrevivencia menor al 20% a los 15 días de cultivo en comparación con 95% de sobrevivencia en larvas alimentadas con nauplios de Artemia. Estos resultados se explican en base al comportamiento alimenticio de las larvas de catán, ya que éstas se alimentan principalmente en la superficie del agua, sin embargo, las partículas de alimento utilizado no fueron consumidas ya que se sedimentaban rápidamente, a pesar de contener un attractante comercial a base de betaína. Al mismo tiempo, no fue posible mantener las partículas alimenticias en la columna de agua mediante la incorporación de airlifts, como se realiza en la alimentación de larvas de peces marinos, ya que las larvas de catán no son nadadoras activas y evitan zonas de turbulencias. Sin embargo, se observó una mayor actividad de las enzimas digestivas en las larvas que fueron alimentadas con la dieta artificial, lo que indica que éstas tenían la capacidad de asimilar este tipo de alimento (Figura 7).

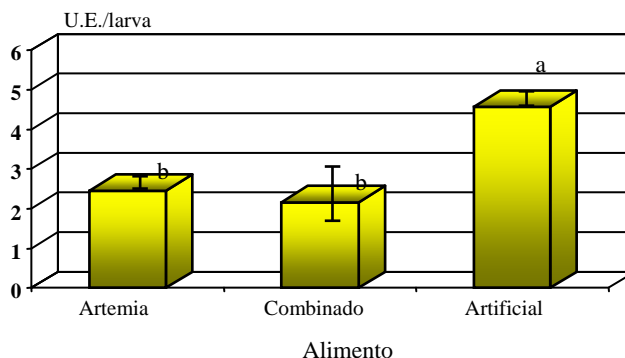


Figura 7.- Actividad proteolítica ácida en larvas con diferente alimento.

Considerando estos resultados, en un segundo bioensayo se utilizó una dieta extruída microparticulada (0.5 mm de diámetro) la cual presenta una flotabilidad del 50 % y baja velocidad de sedimentación. A ésta se le adicionó un atractante comercial (Langobuds). En este caso, en un tiempo de cultivo igual al anterior, se incrementó la sobrevivencia en 80 % y no se presentaron diferencias en cuanto a crecimiento con larvas alimentadas con nauplios de *Artemia*. Por otra parte, este tipo de dieta permitió adecuar rápidamente el tamaño de la partícula utilizada a medida que se desarrollaba la forma alargada del hocico y se producía el incremento en longitud. A partir de este experimento ha sido posible obtener juveniles en cultivo de 30 cm de longitud en un periodo de cuatro meses, utilizando exclusivamente dietas extruídas.

Actualmente, después de logrado el destete con dietas artificiales, se ha iniciado la siguiente fase experimental, orientada hacia la determinación de los requerimientos nutricionales de larvas y juveniles de catán, así como al mejoramiento de las condiciones de cultivo.

5. CONCLUSIONES

El estudio morfológico permitió distinguir las fases de desarrollo y de nutrición en las larvas, así como seleccionar indicadores externos de la inanición. Con el seguimiento histológico del tracto digestivo se determinó que este se encontraba completamente formado al iniciar la alimentación exógena, lo cual ocurre a los 5 DDE. Igualmente, fue posible observar el proceso de maduración, confirmar las fases de nutrición y evaluar la condición nutricional de las larvas mediante la altura celular de los enterocitos. El estudio de las enzimas digestivas permitió comprobar que las estructuras del tracto digestivo son completamente funcionales desde el 5 DDE y que las larvas de catán tienen la capacidad digestiva para utilizar dietas artificiales. Por otra parte, fue posible establecer que las larvas desarrollan precozmente el eje tiroideo, el cual regula su desarrollo y que la metamorfosis puede ser alterada con fines prácticos mediante la administración exógena de hormonas. Finalmente, mediante la utilización de partículas con las características físicas y de atracción química requeridas por el comportamiento de las larvas, fue posible lograr el destete con dietas artificiales.

La investigación multidisciplinaria realizada en el presente trabajo permitió resaltar las particularidades que presenta el desarrollo larvario del catán, así como superar el cuello de botella existente en el cultivo larvario. De esta forma, actualmente es posible visualizar posibles alternativas para llevar a cabo el cultivo del catán a gran escala con la finalidad de recuperar sus poblaciones naturales, así como para reducir las presiones debidas a la pesca mediante el escalamiento del cultivo para obtener organismos de talla comercial.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Alliot, E., A. Pastoureaud & J. Trellu, 1977, Evolution des activités enzymatiques dans le tube digestif au cours de la vie larvaire du bar (*Dicentrarchus labrax*) variations des proteinogrammes et des zymogrammes. Actes de Colloques du C.N.E.X.O., 4:85-91.
2. Anson, M.L., 1938, The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with hemoglobin. J. Gen. Physiol., 22:79-89.
3. Ayson, F. G. & Lam, T. J. 1993. Thyroxine injection of female rabbitfish (*Siganus guttatus*) broodstock: changes in thyroid hormone levels in plasma eggs and yolk-sac larvae and its effects on larval growth and survival. Aquaculture. 190: 83-93.
4. Galgani, F. & F. Nagayama, 1986, Characteristic of digestive proteolysis of crabs *Portunus triberculatus*, *Portunus sanguinolentus* and *Charybdis japonica*. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 52(12): 2183-2188.
5. Clark J., K.R. Murray & J.R. Stark, 1986, Protease development in dover sole [*Solea solea* (L.)]. Aquaculture, 53:253-262.
6. Dabrowski, K. & Culver, D., 1991, The physiology of larval fish, digestive tract and formulation of starter diets. Aquaculture Magazine march/april: 49-61.
7. De Jesus, E.G., T. Hirano & Y. Inui, 1991, Changes in cortisol and thyroid hormone concentrations during early development and metamorphosis in the japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. General and Comparative Endocrinology, 82:369-376.
8. Erlanger, F.E., N. Kokowsky & W. Cohen, 1961, The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. Archives of biochemistry and Bioohysics, 95:271-278.
9. Garcia-Carreño, F.L., L.E. Dimes & N.F. Haard, 1993, Substrate-gel electrophoresis for composition and molecular weight of proteinases or proteinaceous proteinase inhibitors. Analytical Biochemistry, 214:65-69.
10. Kobuke, L. Specker, J. & Berni, H. A. 1987. Thyroxine content of eggs and larvae of coho salmón *Oncorhynchus kisutch*. The Jorurnal of Experimental Zoology. 248:168-176.

11. Kumegawa, M., Takuma, T., Hosoda, S., Kunii, S. & Kanda, Y. 1978. Precocious induction of pepsinogen in the stomach of suckling mice by hormones. *Biochemica et Biophysica*: 543:243-250.
12. Moyano, F.J., M. Diaz, F.J. Alarcon & M.C. Sarasquete, 1996, Characterization of digestive enzyme activity during larval development of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish Physiology and Biochemistry*, vol. 15, no.2, pp.121-130.
13. Person-Le Ruyet J., 1989, Early weaning of marine fish larvae onto microdiets. constraints and perspectives. *Advances in tropical Aquaculture Aquacop. IFREMER Actes colloque 9*, pp. 625-642.
14. Rodriguez De La Cruz, M.C., Palacios-Fest, M.R., Cruz-Santabalbina, R. & Dias, 1994, Atlas pesquero de México, SEPES. INP.
15. Rosas, M., 1976, Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su biología. INP/Subsecretaría de Pesca.
16. Simon, T. & R. Wallus, 1989, Contributions to the early life histories of gar (Actynopterygii: Lepisosteidae) in the Ohio and Tennessee river basins with emphasis on larval development. *Trans. Ky. Acad.Sci.*50(1-2):59-74.
17. Simon, T.P. & E.J. Tyberghein, 1991, Contributions to the early life history of the spotted gar, *Lepisosteus oculatus* Winchell, from the Hatchet Creek, Alabama. *Trans. Kentucky Academy of Science*, 52, 3-4:124-131.
18. Theilacker, G.H & S.M. Porter, 1994, Condition of larval walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the western Gulf of Alaska assessed with histological and shirkage indices. *Fishery Bulletin*, 93(2):333-344.

XIV. TOTOABA

Antonio Silva Loera

Investigador de la Universidad Autónoma de Baja California

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA ESPECIE EN MÉXICO

La totoaba (*Totoaba macdonaldi*) (Gilbert,1891) es un pez endémico del Golfo de California. Su importancia comercial durante 1920-30 fue el uso casi exclusivo de la vejiga natatoria para consumo humano. Esto considerado un platillo especial en Oriente. Debido a diversos factores, la población pescable ha disminuido considerablemente (Berdegué,1955). Ante esto, además de la veda total establecida por SEDESOL a partir de 1975, se han tomado otras medidas de protección, nacionales (DOF,1991) e internacionales (CITES,1976; IUNC,1986; NMFS,1979, 1991).

La importancia de este recurso se relaciona con la actividad pesquera de al menos tres comunidades pesqueras ubicadas en la región del Alto Golfo de California (Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco en Sonora y San Felipe en Baja California (Berdegué,1955; Arvizu y Chavez,1972).

El estado actual del arte de cultivo de totoaba se encuentra avanzado. Se tiene conocimiento desde lo que es la captura de adultos y manejo en laboratorio (True *et al.*,1997), hasta la inducción a maduración y expulsión de gametos (sin pub). En tanto que se encuentran en propuestas de investigación otros aspectos concernientes al desarrollo de la tecnología de cultivo.

2. ANTECEDENTES

Los antecedentes bibliográficos sobre aspectos de cultivo en totoaba, han sido escasos y esporádicos (Barrera-Guevara y Findley,1988; Barrera-Guevara,1992; Almeida et al.,1992). Sobre la nutrición en juveniles y desarrollo larvario existe información reciente.

A la fecha no se cuenta aún con información sobre volúmenes de producción, a nivel comercial y los niveles de generación de juveniles apuntan a que aún hacen falta algunos aspectos mínimos para mejorar la sobrevivencia. La fecundidad de hembras inducidas a la maduración en laboratorio, es del orden de 800 mil a

un millón de huevos. De huevo a juvenil de 15 cm promedio la sobrevivencia es de 800 a mil juveniles.

3. SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual del cultivo de la totoaba involucra, primordialmente la componente de investigación básica, quedando pendiente lo concerniente a normatividad, problemática social, proyección, comercialización y mercadeo, entre otros.

3.1. PROPAGACIÓN

Los esfuerzos de cultivo en totoaba se encuentran a nivel de investigación restringida a las instalaciones de laboratorio.

3.2. CULTIVO

Se puede considerar que los avances en el cultivo de totoaba han sido exitosos y se continúa investigando sobre aspectos de nutrición y requerimientos de larva y juvenil y genética.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

El desarrollo de la tecnología de cultivo de totoaba inició hace casi 20 años en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Barrera-Guevara y Findley, 1988). No menos importante ha sido la participación del ITMAR-Guaymas, en donde se haN investigado aspectos de nutrición y conversión alimenticia en juveniles y estadios subadultos (Ruelas-Peña y Barrera-Guevara, 1992). Existe el antecedente que desde 1995 se realizan investigaciones en maduración y desarrollo en la Universidad Autónoma de Baja California.

Sin embargo la compilación de los resultados de estos trabajos evidencian la necesidad de continuar avanzando en el conocimiento biológico, fisiológico y genético de la especie, entre otras disciplinas.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

La actividad de cultivo de totoaba no se considera aún riesgosa, ya que el proceso de maduración y desarrollo larvario se realiza en laboratorio. En la etapa de engorda, que implica mayor extensión, es muy posible que se realice en estanques o unidades de producción de área amplia, aunque esto aún no se tiene contemplado. Un aspecto que requiere de evaluación es contar con la informa-

ción amplia y clara sobre los riesgos de transfaunación, tanto de los alevines como de los adultos ya sea para su cultivo como para las acciones de reproducción.

En su momento será necesario evaluar la actividad, ya que será necesario conocer el lugar y las condiciones oceanográficas del mismo.

3.5. IMPACTO SOCIO-ECONÓMICO

Por ahora no existe información o antecedentes al respecto.

3.6. MARCO INSTITUCIONAL

La totoaba es considerada una especie en peligro de extinción, por lo cual desde el año de 1994 se le tiene en veda permanente, al ser incluida en la Norma Oficial NOM-059-ECOL-1994 que ampara a las especies amenazadas.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La totoaba es una especie endémica del Golfo de California. La primer descripción escrita sobre su distribución es la Jordan y Evermann (1896-1900) quienes la ubican entre la región comprendida desde la desembocadura del río Fuerte en Sinaloa, hasta la desembocadura del río Colorado. Y por la parte de la costa de Baja California hasta Bahía Concepción (Baja California Sur) (Arvizu y Chavez, 1972).

3.8. ANÁLISIS DE MERCADO

El mercado de la totoaba estuvo sustentado por la pesquería del recurso, mismo que está en veda total desde 1975. Pensar en comercialización de totoaba cultivada después de casi 25 años de ausencia en el mercado, resulta un poco impredecible. Oficialmente no se tiene precio para el producto y se desconocen los destinos del potencial producto. Por otra parte, es importante dilucidar la comercialización de organismos cultivados en especies que se encuentran en listados de protección especial y CITES.

4. PROBLEMÁTICA

Es indiscutible la necesidad de continuar y ampliar las líneas de investigación para lograr la formalización de un paquete tecnológico para el cultivo de la totoaba. Las investigaciones de los últimos tres años se han orientado a fortalecer el conocimiento sobre los requerimientos y necesidades durante el desarrollo de larvas y alevines. Los espacios vacíos de información siguen siendo sobre reque-

rimientos nutricionales, aspectos de fisiología interna y del desarrollo, enfermedades y fundamentalmente en genética, entre otras.

4.1. PRODUCCIÓN DE CRÍAS

4.1.1. MANEJO DE REPRODUCTORES

La captura de reproductores en el medio natural, se hace procurando especímenes de un tamaño mayor a los 100cm. Esto asegura que el organismo esté en condición de reproducción. La captura mediante anzuelo representa mucha ventaja sobre la captura mediante redes. En éstas se queda enmallada y se asfixia si no se captura inmediatamente. Por lo regular entre cada revisión de redes, transcurre un lapso de tiempo en el que muere la totoaba. Uno de los aspectos importantes que se deben de solventar es el efecto de la variación de presión. Al momento de traer a la totoaba a la superficie desde una profundidad mayor a las 10 brazas, esta presenta un aumento muy considerado de la vejiga natatoria. Esta condición se resuelve colocando de nuevo a la totoaba a una profundidad semejante de la que se extrajo. Para esto se utiliza una cámara de confinamiento para que el pez no escape (True et al.,1977).

4.1.2. MANEJO GENÉTICO

Por ahora las investigaciones sobre genética en totoaba no se han realizado. Es importante iniciar líneas de investigación sobre genética poblacional, salud genética de la especie, etc.

4.1.3. REPRODUCCIÓN

Los eventos de reproducción en totoaba en cautiverio son relativamente fáciles de controlar. El estado de salud de los progenitores es fundamental para obtener una respuesta favorable a la aplicación de hormonas. Las hormonas utilizadas y las cantidades necesarias, fundamentalmente son las mismas a las que se aplican a otros peces de la misma familia Sciaenidae, como las curvinas.

4.2. CULTIVO

4.2.1. NIVELES DE PRODUCCIÓN

No se tiene producción comercial de totoaba producida mediante acuacultura.

4.2.2. NUTRICIÓN

La nutrición de adultos en cautiverio no presenta inconvenientes. La totoaba se logra adaptar al alimento confeccionado en laboratorio satisfactoriamente. El proceso de acondicionamiento desde alimento natural fresco congelado hasta el alimento artificial no es problema. El alimento artificial en la presentación “húmedo” es el de mejor aceptación. Este alimento se confecciona con la adición de vitaminas y de ser conveniente con antibióticos.

4.2.3. SANIDAD

Se ha logrado controlar la mayoría de los eventuales brotes patógenos, sin embargo aún no existe un catálogo de enfermedades y patógenos frecuentes en totoabas en cautiverio ni de tratamientos. Los remedios utilizados exitosos se replican ante eventualidades patógenas similares.

5. CONCLUSIONES

La investigación necesaria y suficiente para el desarrollo de la tecnología del cultivo de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), no obstante los logros que se tienen, aún no asegura niveles de comercialización sostenidos. Es evidente la falta de mayor información sobre los aspectos antes mencionados. Esta condición definitivamente es un panorama favorable a los centros e instituciones de investigación, así como universidades para conformar grupos de investigación orientados al desarrollo del paquete tecnológico de la totoaba de cultivo.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Arvizu, J. Y H. Chávez. 1972. Sinopsis sobre la biología de la totoaba *Cynoscion macdonaldi* Gilbert 1890. en: FAO Fisheries Sinopsis. vol 108.
2. Barrera Guevara, J.C. 1992. Biología reproductiva de la totoaba *Totoaba Macdonaldi* (Gilbert, 1890). Tesis de maestría en Ciencias Marinas. INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY. Campus-Guaymas, Son. 100 pp.
3. Barrera Guevara, J.C. y L.T. Findley. 1988. Avances del proyecto: Biología reproductiva de la Totoaba *Totoaba macdonaldi* (Gilbert, 1890) “pez marino del desierto” en peligro de extinción. Proceedings of XIX Symposium Desert Fishes Council. Nov.12-14, 1987. Hermosillo, Son.
4. Berdegúe, J. 1955. La pesquería de la totoaba (*Cynoscion macdonaldi*) Gilbert, en San Felipe, Baja California. Rev. Soc.Mex.

5. CITES(Convention on International Trade in Endangered Species). 1976. The first meeting of the conference of the international trade in endangered species of the wild fauna and flora. Berne, Switzerland. Apendix I, 26 pp.
6. DOF (Diario Oficial de la Federación). 1991. Tomo CDLII. No. 12 de mayo, p7.
7. IUNC (International Union for Conservation of Nature). 1981. Red list of threatened and endangered species of the world.
8. Jordan,D.B. and S.W. Evermann. 1896-1900. The fishes of North and Middle America. Bull. U.S. Nat. Mus. Parte 2,(I-XXX): 1241-2183.
9. NMFS (National Marine Fisheries Service). 1991. Endangered species Act Status Review on the totoaba (*Cynoscion macdonaldi*). Protected species management administrative report SWR-91-01: 9p.
10. Ruelas Peña,H y J.C. Barrerra Guevara. 1992. Ecología y cultivo de la totoaba (*Totoaba macdonaldi* Gilbert y Evemann 1890). Informe Técnico Final. Sin Publ. TIMAR-Guaymas, Son. 16pp.
11. True,C.D., A.Silva-Loera, N.Castro-Castro. 1996. Is aquaculture the answer to the endangered totoaba?. World Aquaculture. Vol 4:38-43.
12. True,C.D., A.Silva-Loera, N.Castro-Castro. 1997. Acquisition of broodstock of *Totoaba macdonaldi*: Field handling, decompression and prophylaxis of an endangered species. The progressive fish-culturist. 59:246-248.

XV. CULTIVO DE PECES MARINOS

M. en C. Araceli Avilés Quevedo

Investigadora del Centro Regional de Investigación Pesquera-La Paz, del Instituto Nacional de la Pesca

RESUMEN

La problemática de la producción pesquera y acuícola de México, se encuentra asociada a las deficiencias estructurales, rezago social en la población pesquera, limitaciones de carácter organizacional, tecnológico, de asistencia y de capacitación en el trabajo, así como en las posibilidades de crecimiento y desarrollo del sector en el marco de la concepción del desarrollo sustentable en el mediano y largo plazo. Los trabajos de acuicultura se han desarrollado en gran parte en aguas interiores, principalmente con peces y desde un enfoque de piscicultura de repoblación. Sin embargo, a pesar de los programas de desarrollo pesquero que han establecido objetivos concretos para impulsar el desarrollo de la acuicultura, aún persiste la carencia de apoyo para alcanzar las metas.

De acuerdo con lo anterior, el sector oficial pretende alcanzar una diversificación de la producción acuícola, presentando como estrategias para su desarrollo, el cultivo de peces marinos, para lo cual apoya a Universidades, Institutos Tecnológicos y Centros de Investigación para que realicen los estudios de biología básica y factibilidad tecnológica para el desarrollo del cultivo de especies tropicales como cabrillas, pargos, robalos, lenguados, pámpanos y corvinas.

Actualmente, no existen en el país registros oficiales de la producción acuícola de peces marinos, pero se maneja que los principales avances en piscicultura marina, se han dado en la porción noroeste del Pacífico Mexicano con el proyecto de engorda de atún en jaulas flotantes. En el Golfo de California, con la producción de semilla de cabrilla (*Paralabrax sp*) y su engorda en jaulas, en donde también se ha experimentado con algunas especies de pargos (*Lutjanus sp*) en jaulas, en las costas de Sinaloa y Sonora se ha practicado el cultivo del pargo amarillo en jaulas flotantes, mientras que en la costa occidental de Baja California Sur se realizan estudios para el cultivo de jurel aleta amarilla (*Seriola lalandi*). En el litoral del Golfo de México los trabajos sobre cultivo experimental de peces marinos se han enfocado principalmente al estudio del cultivo de robalo (*Centropomus undecimalis*), huachinango (*Lutjanus campechanus*), corvina roja (*S. ocellatus*), pámpano y palometa (*Trachinotus carolinus* y *T. falcatus*) y boquinete (*Lachnolaimus maximus*).

1. INTRODUCCION

La posibilidad de sustituir alimentos de origen terrestre por fuentes de proteína de origen acuático derivadas de la pesca, es ciertamente importante, pero tiene sus acotaciones. Las especies marinas se encuentran próximas al límite explotable si se continúan aplicando las técnicas de pesca tradicionales, y no tanto porque éstas puedan abatir a las especies existentes sino porque actúan con una enorme presión sobre un número muy limitado de ellas, afectando directa o indirectamente el desarrollo de otras especies sobre las cuales se sustentan precisamente las de mayor interés comercial (Castelló-Orvay, 1994). Tal es el caso de la enorme depredación irracional de juveniles de diversas especies de peces marinos que se efectúa mediante el uso de las redes de arrastre en las costas del Pacífico y Golfo de México (Avilés-Quevedo y Mazón-Suástegui, 1996).

La piscicultura marina en México, como en muchos otros países, es sin duda una alternativa tecnológicamente viable ante la creciente demanda de alimentos de origen proteico para el consumo generalizado de la población humana.

En México, el desarrollo de la piscicultura marina se inicia a finales de la década de los 80, cuando se realizan los estudios para la engorda del pámpano (*Trachinotus paitiensis*) en jaulas flotantes por el Depto. de Acuacultura de la Delegación Federal de Pesca (hoy SEMARNAP) en Baja California Sur y posteriormente con las investigaciones sobre la biología temprana de huevos y larvas de ocho especies de peces marinos en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR - IPN) y a partir de 1990 el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP-La Paz) empieza con las adaptaciones al cautiverio y observaciones preliminares para el cultivo de *Paralabrax maculatofasciatus*, *Lutjanus argentiventris*, *L. aratus* y *L. peru*. Actualmente, varias instituciones de investigación de todo el país se han sumado al desarrollo de la adecuación de tecnología para el cultivo de peces marinos como la cabrilla *P. maculatofasciatus*, los pargos *L. argentiventris*, *L. aratus*, *L. peru* y *L. guttatus*, la totoaba (*Totoaba macdonaldi*), las corvinas *Cynoscion parvipinnis*, *Atractoscion nobilis* y *Sciaenops ocellatus*, este último en el Golfo de México. Otras especies de interés comercial que están siendo objeto de estudio son el robalo (*Centroponus undecimalis*), el pámpano (*Trachinotus carolinus* y *T. falcatus*), los lenguados (*Paralichthys californicus* y *P. woolmani*) el pez globo o botete (*Sphoeroides annulatus*), el huachinango (*L. campechanus*) y el mero (*Epinephelus morio*).

1.1 MAGNITUD GEOGRÁFICA DE LA PISCICULTURA MARINA

México posee 11,592.77 km de litoral, una plataforma continental de 357,795 km² y 2'946,825 km² de Zona Económica Exclusiva con aproximadamente 1'500,000 ha de lagunas costeras, esteros y bahías litorales con características oceanográficas adecuadas para desarrollar la acuacultura, así como una amplia

diversidad de especies tropicales y subtropicales de alta demanda en el mercado nacional e internacional, que permiten considerarlo como un país de alto potencial acuícola, sin embargo, el desarrollo de la acuicultura se ha limitado a unas cuantas especies de peces dulceacuícolas y al cultivo marino de moluscos bivalvos (almejas, ostión, mejillón, etc.) y crustáceos como camarones peneidos y langostinos del género *Machrobrachium*, descuidándose el potencial que ofrece el cultivo de peces marinos como cabrillas, robalos, pargos, pámpanos, lenguados y corvinas de alto valor comercial.

Aún cuando a nivel mundial la piscicultura marina es una actividad relativamente nueva, cuyo auge data de los años 60, cuando se desarrollaron las técnicas para la producción de huevos, larvas y juveniles de *Pagrus major* en Japón (Ikenoue y Kafuku, 1992), los avances en este campo aún no son muy relevantes, debido principalmente a la dificultad que presentan los peces marinos para su reproducción en cautiverio. Actualmente de las 20,000 especies de peces teleosteos que se conocen, solamente se cultivan 300 especies de las cuales sólo 20 se cultivan desde semilla producidas mediante el control y manejo de la reproducción (Watanabe, 1988; Zanuy y Carrillo, 1993 y Bromage, 1995).

En México la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, con lo cual se pretendía incrementar el consumo de proteína animal y mejorar así los niveles nutricionales de la población (Juárez-Palacios, 1987). Sin embargo, este objetivo no se ha cumplido, toda vez que el consumo per capita no se ha incrementado en las últimas décadas, permaneciendo en 15.6 kg (Anuario Estadístico de Pesca, 1989, 1991, 1992, 1994, 1995). Actualmente, el esquema de la acuicultura que se presenta en México, responde a una solución alternativa para evitar el agotamiento de los recursos pesqueros en el país. Aunque esta actividad se ha diversificado más hacia el cultivo de peces dulceacuícolas, moluscos y crustáceos (Tabla 1). A partir de 1989, la piscicultura marina empezó a desarrollarse de manera experimental, iniciándose básicamente con los estudios biológico-reproductivos de especies de alto valor comercial como la cabrilla, pargo, robalo, huachinango, corvina, pámpano, tooba y lenguado.

1.2 FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

En México, la formación académica enfocada a la actividad acuícola se inicia a partir de los 70's, con las carreras profesionales de Ingeniero Pesquero y Acuicola, Biólogo Pesquero, Biólogo Marino y Oceanólogo. Hasta 1993 habían egresado 11,271 profesionistas de las 57 instituciones de educación superior relacionadas con la acuicultura. Sin embargo, la investigación enfocada hacia la acuicultura ha sido mínima, de acuerdo a un pobre gasto público asignado a este fin, el cual disminuyó de 0.48% en 1981 a 0.38% en 1991, esto debido principalmente a la escasez de programas interinstitucionales, y falta de planeación acorde

Tabla 1. Volumen de la producción acuícola en México, según principales especies (toneladas).

Especies	1991	1992	1994	1995	1997
Tilapia	75,093	76,964	75,541	76,128	83,132
Carpa	28,353	28,393	18,848	25,882	24,848
Charal	7,816	7,498	2,665	2,398	1,330
Bagre	3,452	4,219	2,606	2,710	2,816
Trucha	1,865	1,854	1,966	2,659	1,512
Lobina	1,615	1,311	1,470	962	1,006
Pescado blanco	54	56	---	---	---
TOTAL PECES	118,248	120,295	103,096	110,739	
Ostión	38,721	32,151	33,479	30,486	40,381
Almeja	116	627	---	---	---
Camarón	5,111	8,326	13,138	15,867	17,570
Langostino	2,167	2,411	68	72	130
Rana	412	416	---	---	---
Gusano	100	103	---	---	---
Otras/ ¹	6,506	5,067	1,124	410	1,153

¹ Incluye cultivo de abulón, acocil, ajolote, catán, mejillón, rana, tilapia de agalla azul y almeja catarina.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1992, 1995, 1998.

con las necesidades regionales y nacionales del país, lo cual se muestra en un registro nacional de 5,500 investigadores activos, mientras que otros países, como Brasil, con condiciones de desarrollo similares al nuestro, cuenta con 22,000 investigadores registrados en este campo (Guzmán Arroyo, 1996).

2. CONSIDERACIONES PARA EL CULTIVO DE PECES MARINOS

Además de las dificultades económicas del país, se enfrentan otros factores que limitan el cultivo de peces marinos en México como son: el abastecimiento de semilla con su concerniente dificultad en el cultivo de larvas; el suministro de dietas balanceadas adecuadas a cada especie; la prevención de enfermedades y selección de sitios.

Actualmente se están desarrollando cultivos experimentales a partir de la colecta de peces silvestres, fortaleciendo al mismo tiempo la investigación biológica y el desarrollo tecnológico para diversificar la actividad pesquera, incrementar la producción y generar divisas para el país.

2.1. ABASTECIMIENTO DE SEMILLA

En un cultivo, el insumo básico es la "semilla", por lo que la disponibilidad de peces juveniles de 5-7 cm es uno de los primeros problemas que se deben resolver, para ello existen dos fuentes posibles, la primera es capturando ejemplares silvestres con redes de arrastre, trampas, anzuelos, etc., en las zonas propicias y durante la época del año más adecuada. La segunda consiste en cultivar larvas, mediante la obtención de huevos: de reproductores silvestres capturados en la época de reproducción, o estimulando su desove mediante el uso de hormonas, o bien domesticando un grupo de reproductores y manteniéndolos en cautiverio con una dieta bien balanceada y buenas condiciones de calidad de agua, de esta manera se pueden utilizar por varios ciclos reproductivos para la obtención oportuna de huevos y su posterior cultivo.

Las larvas de peces marinos tropicales presentan varias dificultades para su cultivo, partiendo desde sus pequeños huevos flotantes (0.425 - 1.75 mm), los cuales eclosionan rápidamente entre 16 y 48 horas después de la fertilización (Tucker 1998) con larvas de una longitud notocordal de 1.5 a 2.5 mm extremadamente delicadas. Generalmente durante los dos primeros días después de la eclosión, la larva se encuentra flotando cerca de la superficie del agua, no nada bien, no ha desarrollado sus ojos ni su sistema digestivo, por lo que en estos días vive de sus reservas vitelinas, las cuales consume al finalizar el tercer día. A partir de entonces, la larva desarrolla su capacidad para capturar y digerir zooplankton, por lo que previamente deberá disponerse de una cantidad suficiente de alimento vivo del tamaño adecuado a su pequeña boca (5-10 rotíferos / ml de 100-250 micras). Durante este crítico período de cambio de alimentación endógena a exógena, se presenta un alto porcentaje de mortalidad.

La primera dieta que se proporciona a la larva son los rotíferos del género *Brachionus sp* y posteriormente copépodos y/o *Artemia* por un período de 6-7 semanas. Durante esta etapa de cultivo debe tenerse extremo cuidado con la aeración y flujo de agua para evitar daños físicos a las milimétricas larvas, ya que éstas son muy delicadas y frágiles, sin descuidar los niveles de oxígeno disuelto (mínimo 5 mg/l) la concentración de amonio y el pH, así como procurar retirar los desechos metabólicos, larvas muertas y restos de alimento del fondo del tanque de cultivo.

Normalmente, el cultivo de larvas se realiza en tanques de fibra de vidrio con paredes lisas, en volúmenes mayores de 1,000 litros durante los 45-60 días, período en que la mayoría de las larvas de peces marinos tropicales y subtropicales se transforman en juveniles.

Otra etapa crítica en el cultivo de larvas, es el momento de cambio de alimento vivo a alimento inerte, en donde la mayoría de las larvas rechazan o tienen di-

ficultad en digerir el alimento microencapsulado y/o microparticulado. En México sólo se tiene evidencia de que se producen a escala experimental, larvas de la cabrilla *Paralabrax maculatofasciatus* en el CRIP-La Paz y en CICIMAR, corvina blanca *Atractoscion nobilis* y *Totoaba macdonaldi* en la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC.

2.2 SUMINISTRO DE DIETAS BALANCEADAS

Una vez que es aceptado el alimento inerte, los peces son lo bastante resistentes para ser cultivados en jaulas flotantes o en estanques. Al principio, el alimento deberá proporcionarse con mayor frecuencia, debido a que el pequeño pez tiene un estómago muy reducido, por lo que se recomienda suministrar el alimento al menos cuatro veces por día. En el cultivo de *Seriola mazatlanensis*, *Paralichthys woolmani*, *Trachinotus* sp y *Sciaenops ocellatus* se recomienda proporcionar de siete a ocho veces / día (Daniel Benetti, comunicación personal, nov. 1995), mientras que en Japón utilizan alimentadores automáticos que proporcionan el alimento cada 15 min. Administrar un exceso de alimento, ocasiona la pérdida del mismo, su descomposición en el fondo del estanque, jaula o tanque, proliferación de organismos indeseables, formación de focos de contaminación y pérdida de dinero, debido a que generalmente el alimento es el componente más costoso del cultivo.

Después de los 10 cm de longitud total, los peces se alimentan una o dos veces por día. En esta etapa se ha utilizado con éxito el alimento fresco a base de lisa y calamar molido y un alimento húmedo con 54% de proteína, 9.5% de grasas y 11.3% de extracto libre de nitrógeno. En el cultivo experimental de *P. maculatofasciatus*, *Lutjanus argentiventris*, *L. aratus*, *L. guttatus* y *L. peru*, el alimento formulado se compone de 40% de pescado, 39% de harina de sardina o atún, 10% de calamar, 1.5% de un complejo vitamínico, 5% de aceite de calamar o atún, 1.5% de alginato de sodio o grenetina y 1.5% de almidón de maíz. Actualmente, algunas instituciones como CIBNOR, S.C. están realizando investigaciones para formular las dietas más adecuadas para las cabrillas y pargos que se cultivan experimentalmente, para ello se están siguiendo los criterios que norman la elaboración de un alimento para organismos bajo cultivo, incluyendo la disponibilidad de insumos, densidad, apariencia, tamaño, sabor, calidad nutricional, digestibilidad y estabilidad, con el adecuado contenido de ácidos grasos, vitaminas y balance de aminoácidos.

2.3. PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES

Otro problema importante en el cultivo es el control de las enfermedades y epidemias que causan graves daños a la producción. Los peces bajo cultivo se encuentran expuestos al hacinamiento, manipulación, fluctuaciones de temperatura, baja calidad de agua, contaminación química y disturbios luminosos o rui-

dos, provocando un estado de estrés en los peces, lo cual aunado a una nutrición no adecuada y al desconocimiento de los requerimientos óptimos de los organismos, los hace altamente susceptibles a enfermedades. La infección más común en *Paralabrax maculatofasciatus* es la exoftalmia, ésta se presenta generalmente en los períodos más cálidos del año, después del período de reproducción. Afortunadamente la exoftalmia no se ha presentado en los Lutjanidos ni en las otras especies de serranidos cultivados. Sin embargo, también se han observado parásitos tremátodos en branquias y piel que pueden ocasionar la pérdida total de los peces en cautiverio, si no se les da un tratamiento en el momento adecuado.

2.4. SELECCIÓN DE SITIOS

México cuenta con muchas cualidades para desarrollar la piscicultura marina, gracias a una extensión litoral de más de 11,592 km y aproximadamente 1'500,000 Ha de zonas protegidas en lagunas costeras, esteros y bahías (Rodríguez de la Cruz et al., 1994) con las condiciones ambientales, oceanográficas y ecológicas favorables para el cultivo de peces marinos, incluyendo el clima, el cual en la zona tropical, permanece por más de siete meses en una temperatura cálida de 25 a 30 °C (temperatura superficial del mar en un cuerpo lagunar costero) e inclusive en algunas regiones no se tienen desarrollos agrícolas, que puedan contaminar los mares con fertilizantes o insecticidas. Además, cuenta con una gran diversidad de especies de alto valor comercial, como los pargos de la familia Lutjanidae, las cabrillas y meros de la familia Serranidae y corvinas entre otros. Sin embargo, en la selección del sitio se cuenta con algunos problemas, como la falta de vías de comunicación e incertidumbre debido a las tormentas tropicales que afectan cada año nuestras costas y que podrían dañar las jaulas o erosionar las construcciones en tierra.

2.5. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Para que una especie sea candidata para su explotación acuícola, es necesario que cumpla con la capacidad de producirse y venderse con un margen de ganancia aceptable. Sin embargo, la necesidad de las larvas, de los peces marinos tropicales, por el alimento vivo hace que éstas sean relativamente caras. En la Tabla 2 se enlistan algunas especies con perspectivas acuícolas en México y otras que pueden considerarse para el cultivo, en consideración del período de crecimiento para alcanzar los 450 g de peso total y a la Tasa de Conversión Alimenticia (FCR por sus siglas en inglés).

Tabla 2. Especies con potencial acuícola en México y tiempo en que alcanzan el peso comercial de 450 g en condiciones de cautiverio.

Crecimiento bajo cultivo	Nombre común	FCR	Meses
<i>Especies del Pacífico</i>			
<i>Lutjanus aratus</i>	Pargo raicero	4.3	6.5*
<i>Lutjanos argentiventris</i>	Pargo amarillo	4.3	18*
<i>Lutjanus peru</i>	Huachinango	3.9	6*
<i>Lutjanus guttatus</i>	Pargo lunarejo		10*
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	Cabrilla arenera	3.9	9*
<i>Seriola mazatlana</i>	Jurel	4.7	6**
<i>Paralichthys woolmani</i>	Lenguado	3.9	10.5**
<i>P. californicus</i>	Lenguado	----	----
<i>Centropomus nigrescens</i>	Robalo	----	----
<i>Atractoscion nobilis</i>	Corvina blanca	----	----
<i>Trachinotus paitensis</i>	Pámpano	----	6**
<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado	2.0	4***
<i>Sphaeroides annulatus</i>	Botete, bullseye puffer	----	----
<i>Costa del Golfo de México y Caribe</i>			
<i>Archosargus probatocephalus</i>	Sheepshead	----	11***
<i>Centropomus undecimalis</i>	Robalo	1.0	12***
<i>Lutjanus analis</i>	Pargo colorado, p. criollo	13.6	+12***
<i>L. campechanus</i>	Huachinango	----	----
<i>L. griseus</i>	Pargo prieto, p. mulato	----	----
<i>L. synagris</i>	Viajaiba, pargo guanapo	----	----
<i>Ocyrus chrysurus</i>	Rabirrubia, pargo canané	----	----
<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado	2.0	4***
<i>Trachinotus carolinus</i>	Pámpano	6	7-12***
<i>Epinephelus striatus</i>	Nassau grouper	----	12***

Fuente: * Peces silvestres de 100-200g engordados en jaulas flotantes en el CRIP-La Paz, **Benetti et al., 1995, ***Tucker y Jory, 1991. FCR= Tasa de Conversión Alimenticia

3. ESPECIES DEL GOLFO DE MÉXICO CON POTENCIAL PARA CULTIVO

3.1. ROBALO

Centropomus undecimalis es un pez marino eurihalino y bentónico que alcanza una talla máxima de 91cm, su talla promedio de captura es de 50 cm con un peso de 2.2 Kg. Se captura del 16 de agosto al 30 de junio con red agallera, red de arrastre y anzuelo. Se comercializa entero o fileteado a un precio de \$3.60 dls EUA por kilogramo. Esta especie, además de la calidad de su carne, es una especie gregaria que tolera el hacinamiento, temperaturas de 10-35 °C y concentraciones de oxígeno disuelto de hasta 1 mg/l.

En Florida, Colombia, Brasil y Venezuela se cultiva experimentalmente en estanquería y en tanques, alcanzando en <12 meses un peso de 450 g con un RCF de 1. Rutinariamente, ejemplares silvestres de esta especie han sido acondicionados a la ovulación en cautiverio con la la hormona HCG, pero aún no se cuenta

con buenas producciones de semilla, debido a que se maneja una alta mortalidad en las larvas durante el cambio de alimentación endógena a exógena (Tucker y Jory, 1991). En Cd. del Carmen, Campeche, también se han realizado cultivos experimentales con esta especie en estanques de concreto, obteniéndose un RCF de 1.46-1.58 (Amador et al., 1994).

3.2. HUACHINANGO

Lutjanus campechanus es un pez marino de hábitos demersales que alcanza una talla máxima de 100 cm, su talla promedio de captura es de 60 cm con un peso de 900 g. Se captura todo el año con red agallera, red de arrastre y anzuelo. Se comercializa entero o fileteado a un precio por kilogramo de \$3.60 dls EUA. Tucker y Jory (1991) mencionan que en Alabama y Texas se producen experimentalmente larvas de esta especie.

3.3. MERO

Con este nombre se conocen varias especies del género *Epinephelus*, como *E. guttatus*, *E. nigritus*, *E. flavolimbatus*, *E. niveatus* y *E. drammondhayi*, pero el más importante de este grupo es *Epinephelus morio*. Estos peces son marinos de hábitos demersales, alcanzan una talla máxima de 125 cm, su talla media de captura es 50 cm con un peso de 2.0 Kg. Se captura todo el año con palangre de fondo. Se comercializa entero eviscerado o fileteado a un precio de 4.97 dls EUA por kilogramo.

3.4. PÁMPANOS Y PALOMETAS

Con este nombre se conoce a varias especies del género *Trachinotus*, como *T. falcatus*, *T. goodei* y *T. marginatus*, pero la más importante de este grupo es *Trachinotus carolinus*. Estos peces son pelágico costeros, de ambientes marinos y estuarinos. Alcanzan una talla máxima de 57 cm, con una talla media de captura de 35 cm con un peso de 1.0 kg. Se captura todo el año con red agallera de fondo, chinchorro playero y anzuelo. Se comercializa entero o seco-salado a un precio de \$1.00 dls USA por kilogramo. Esta es una especie muy resistente, tolera temperaturas entre 12 y 34 °C, alta turbidez, cambios rápidos de pH y concentraciones de oxígeno de hasta 3 mg/l. También es resistente a la manipulación, hacinamiento y enfermedades y puede ser inducida al desove durante todo el año. Se cultiva tanto en jaulas como en estanques con un alimento seco llamado Aqualim Bar-CGO (formulado para el seabass europeo) y en 6-7 meses alcanzan el peso comercial de 250-300 g con un FCR de 6 (Tucker y Jory, 1991). En la Tabla 3 se muestran algunos resultados del cultivo de estas especies.

Cuadro-3. Datos comparativos del cultivo de pámpanos y palometas (PISCES: CARANGIDAE).

Nombre científico	Peso inicial (g)	Tamaño inicial (mm)	Ganancia en peso g/mes	FCR	Supervivencia (%)	T °C	S ‰
<i>Trachinotus carolinus</i> ¹	4.02	54.84	28.44	4.55 *	40	25-29.5	37-39
<i>T. goodei</i> ¹	4.05	56.31	33.45	3.12 *	90	25-29.5	37-39
<i>T. falcatus</i> ¹	5.64	54.30	33.45	2.85 *	80	25-29.5	37-39
<i>T. carolinus</i> ²	1.37±1.09	40.78±7.42	32.6	8-10	62	25.3-28.1	
<i>T. carolinus</i> ³				6.0*			
<i>T. falcatus</i> y <i>T. permit</i> ³	15		47.5	6.0			
<i>T. falcatus</i> ⁴	4.1	35	37.2-45.4	4.2	100	?	?

FCR= Tasa de Conversión Alimenticia.

* Estimaciones para una dieta seca.

1. Resultados obtenidos por Gómez y Lárez (1983) en condiciones de cultivo en estanques de 28 m³, con flujo de agua y aeración continua en Isla Margarita, Venezuela. El alimento suministrado fue la dieta seca denominada GSCA con 42.8% de proteína cruda (período de la investigación ocho meses).

2. Resultados obtenidos por Gómez Gaspar (1987) en condiciones de cultivo en jaulas flotantes a una densidad de 20/m³ y alimentados con sardinas (*Sardinella aurita*). Período de la investigación un año.

3. Datos citados por Tucker & Jory (1991) para un periodo de cultivo de 11 meses y obtención de un peso comercial de 450g.

4. Resultados obtenidos por Medina García (1997) en condiciones de cultivo en jaulas flotantes de 3x3x3m en, Campeche, Camp. La dieta utilizada fue pescado fresco proporcionada a saciedad. Período reportado enero-mayo.

3.5. CORVINA ROJA

Sciaenops ocellatus es una especie eurihalina, demersal de ambiente marino y estuarino. Alcanza una talla máxima de 150 cm, con un talla media de captura de 100 cm. Se captura todo el año con atarraya o red agallera de fondo. Se comercializa entero o fileteado con un precio por kilogramo de 2.8 dls EUA. Para cultivo, se puede disponer de semilla producida en EUA y su engorda se realiza en estanquería, con un TCA de 1.6, alcanzando en 8 meses el peso comercial de 450 g (Tucker y Jory, 1991). La corvina roja se encuentra bien adaptada a las condiciones de cultivo y es relativamente resistente al estrés del hacinamiento, manipulación y enfermedades. La infección con el parásito *Amyloodinium ocellatum* es el problema más frecuente y este puede combatirse con baños de cobre. El cultivo comercial de esta especie se realiza principalmente en las costas de Alabama, Arizona, Bahamas, Florida, Louisiana, Martinica, Mississippi, Panamá, Sur de Carolina y Texas. Se cultiva principalmente en estanques, aunque también se cultiva en jaulas, con una densidad de siembra de 500,000-750,000 alevines/ha, en estanques rústicos de 1.2 m de profundidad y temperatura óptima de 28 °C; aunque puede tolerar de 8 °C a 33 °C. Puede cultivarse en agua dulce, si la dureza del agua se mantiene en 250 mg/l, alcanzando el peso de 1.4-1.8 Kg en dos años de crecimiento.

La tecnología de cultivo de la corvina roja (*S. ocellatus*) ha sido aplicada exitosamente en otras especies de scianidos como la trucha de mar o corvina pinta (*Cynoscion nebulosus*), croca (*Leiostomus xanthurus*), gurrubata (*Micropogonias undulatus*), corvina boca blanca (*M. furnieri*), y corvina negra o tonton (*Pogonias cromis*). La reproducción de estos scianidos puede ser inducida en cautiverio mediante la manipulación de los ciclos estacionales de fotoperiodo y temperatura y con el uso de tratamientos hormonales. Estas especies pueden desovar continuamente por algunos años cuando son expuestas a un constante fotoperiodo de otoño. El uso de la hormona LHRHa es el método más confiable para el desove de algunas especies como la corvina boca anaranjada (*Cynoscion xanthurus*) y la repetida administración oral de la GnRHa es un método efectivo para la obtención de una gran cantidad de huevos de desoves sincronizados de la trucha de mar.

3.6. PECES DE ORNATO

En México aún no se cultiva ninguna de estas especies, pero en Costa Rica, Bahamas y Florida, EUA se cultivan comercialmente unas pocas especies de peces de la familia Pomacentridae, Gobiidae y Sygnathidae; aunque para muchas otras especies se dispone de la información experimental, la información de la tecnología comercial, concerniente a la ingeniería y economía de la producción, es escasa.

4. ESPECIES DEL PACÍFICO MEXICANO CON POTENCIAL PARA ACUACULTURA

4.1. CABRILLAS

Con este nombre se conocen varias especies del género *Paralabrax* y *Epinephelus* como *P. auroguttatus*, *P. loro*, *P. nebulifer*, *P. clathratus*, *E. analogus* y *E. labriformis*, pero la más común es *Paralabrax maculatofasciatus*, estos son peces marinos de hábitos demersales que alcanzan un talla máxima de 60 cm con una talla media de captura de 45 cm. Se captura todo el año con red agallera de fondo y palangre de media agua. Se comercializa entera o filetada a un precio en el mercado local de \$2.8 dls EUA por kilogramo. De estas especies, sólo *P. maculatofasciatus* se reproduce en cautiverio y se cultiva a nivel experimental en el CRIP-La Paz, hasta su talla comercial, con una FCR de 1.9 y una mortalidad de 32.3%. El período de crianza de las larvas es de 60 días y el periodo de engorda, en jaulas flotantes, hasta su talla comercial de 25-30 cm y 450 g es de 8-10 meses. Otro miembro de esta familia, pero conocido como mero o cherna, es *E. itajara*, estos peces son demersales de fondo rocoso, alcanzan tallas máximas de 2.5 m, con un peso de 320 kg. Se captura todo el año con palangre de fondo. Se comercializa entero eviscerado o fileteado con un precio de \$ 0.75 dls EUA.

4.2. PARGOS

Con este nombre se conocen varias especies como *Hoplopagrus guntheri*, *Lutjanus novemfasciatus*, *L. colorado*, *L. griseus*, *L. argentiventris*, *L. aratus*, *L. guttatus* y *L. peru*, también conocido como huachinango del Pacífico o pargo colorado. Estos peces marinos son carnívoros, demersales, se capturan todo el año con palangre de fondo, red agallera de fondo y anzuelo. Se comercializan entero eviscerado o fileteado con un valor por kilogramo de 2.8 dls EUA. Las cuatro últimas especies mencionadas están siendo estudiadas en el CRIP-La Paz, para valorar su potencial acuícola en base a su crecimiento, mortalidad y tasa de conversión alimenticia (FCR) en condiciones de cultivo en jaulas flotantes. En la Tabla 4 se resume la información obtenida en cuatro años de experiencia.

Tabla 4. Resultados preliminares del cultivo de pargos en jaulas flotantes en el CRIP-La Paz, México.

Especie	IML (cm/mes)	IMP (g/mes)	MORTA- LIDAD (%)	RCF
<i>Lutjanus aratus</i>	1.7±0.96	74.78±	2.33	4.3
<i>L. argentiventris</i>	1.28±0.21	24.92±9. 39	4.24	4.28
<i>L. guttatus</i>	0.53±0.1	27.07±6. 11		
<i>L. peru</i>	1.5±0.9	83.9±55. 45	35	3.9

IML= Incremento mensual en longitud,
IMP= Incremento mensual en pcso,
RCF=.Tasa de conversión alimenticia.

4.3. ROBALO

Con este nombre se conocen algunas especies del género *Centropomus*, los más comunes son *C. robalito*, *C. pectinatus* y *C. nigrescens*. Estos peces son eurihalinos, pelágico costeros y alcanzan una talla máxima de 30cm. Se capturan todo el año con red de arrastre y red agallera de fondo. Se comercializa entero, fileteado o rebanado en postas a un precio por kilogramo de 3.33 dls EUA.

4.4. CORVINA

Con este nombre se conocen varias especies del género *Cynoscion* como *C. othonopterus*, *C. parvipinnis*, *C. xonthulus* y *C. nobilis*, pero la especie más común del grupo es *Cynoscion reticulatus*. Estos peces son marinos de hábitos demersales que se capturan en tallas de 90 cm y 3 kg. Se captura todo el año con red agallera de fondo y atarraya. Se comercializa entero o fileteado a un precio por kilogramo de \$ 2.80 dls EUA. Dentro de esta familia se encuentra *Totoaba macdonaldi* (Gilbert), especie endémica del Golfo de California que alcanza tallas de más de 1.50 m, con un peso de 50-60 kg. Actualmente se encuentra en proceso de investigación para obtener su reproducción en cautiverio. De esta familia, la única especie que se reproduce a nivel experimental en cautiverio, es *Atrac-toscion nobilis*, en la Facultad de Ciencias Marinas de la UABC.

4.5. LENGUADO

Con este nombre se agrupan varias especies de la familia Bothidae que se capturan comercialmente. Las especies más comunes son *Paralichthys aestuarius*, *P. californicus*, *P. Woolmani*, *Hyppoglossina tetraphthalmus* y *Ancylopsetta dendritica*. *P. californicus* alcanza tallas máximas de 100 cm con un peso de 30 kg, su talla promedio de captura es de 61 cm y 15 kg de peso. Se captura todo el año con redes de arrastre y anzuelo, se comercializa entero o fileteado con un valor por kilogramo de \$2.40 dls EUA. Benetti et al (en revisión) menciona la producción de larvas de *P. woolmani* y su engorda en estanques circulares de 12 toneladas en Ecuador. Con recambios de agua del 500-1000% diario, aeración continua, sifoneo y monitoreo diario de la calidad del agua se obtuvieron ejemplares de 1.0 Kg con un FCR de 3.9 en un año de cultivo a temperaturas óptimas de 20-25°C.

4.6. JUREL

A partir de este año se inició el estudio de factibilidad técnica-económica para el cultivo en jaulas flotantes del jurel aleta amarilla (*Seriola lalandi*) en Bahía Magdalena, B.C.S. Resultados preliminares muestran que la especie es muy resistente al manejo, tolera una densidad de transporte de 100 kg/m³ a temperatura de 18°C y 9.78 mg/l de oxígeno disuelto, se adapta fácilmente al cautiverio y es de apetito voraz, aceptando como alimento sardina crinuda, macarela, liza, trompeta, langostilla, etc. y la dieta seca elaborada en Japón para el "yellowtail". Aunque para obtener el factor de condición adecuado para el mercado (> 18% de grasas en el músculo) requiere consumir alimentos con alto contenido en grasas como la sardina monterey y macarela entre otros. El crecimiento en cautiverio de esta especie es muy bueno, alcanzando 0.716 Kg/mes.

4.7. ATÚN ALETA AMARILLA O AZUL

Thunnus albacares y *T. thynnus* son los nombres científicos del atún aleta amarilla y atún aleta azul respectivamente, que se cultivan en las costas de Australia, Hawaii y en las costas de Panamá. El cultivo de estas especies se realiza en jaulas flotantes ubicadas en aguas oceánicas con temperaturas menores de 25°C y niveles de oxígeno mayores de 8 mg.l⁻¹. Su alimentación se compone básicamente de sardina, macarela y anchoveta, aunque también se alimentan con dietas secas tipo pelet. En México, en Isla de Cedros, B.C., se cultivó atún aleta azul *T. thynnus* en jaulas flotantes de 33 m de diámetro por 12 m de fondo, instaladas en una zona de 22 m de profundidad. El cultivo inició con una siembra de 1.5 kg.m³ (aprox. 40 ton) y en un año se cosecharon aproximadamente 80 toneladas. Según Tucker (1998) esta especie puede alcanzar de 2 a 3.5 kg en el primer año, de 7 a 15 kg el segundo año, 15-45 kg el tercer año, 30-70 kg en el cuarto año y de 40 a 90 kg en 5 años.

4.8. BOTETE O PEZ GLOBO

Sphoeroides annulatus, son peces alargados sin escamas y muy poca espina. Alcanzan precios muy altos en el mercado nacional e internacional. Actualmente se realiza la reproducción y cría experimental de juveniles en el CIAD Mazatlán bajo la coordinación del Dr. Neil Duncan.

4.9. PECES DE ORNATO

En los arrecifes y fondos rocosos del Golfo de California se encuentra una gran diversidad de peces, muy apreciados como especies de ornato. Thomson *et al.* (1987) consideran un número de 271 especies agrupadas en 39 familias que habitan en esta región, de las cuales unos pocos están siendo estudiados por tesis de la Universidad Autónoma de Baja California Sur con el fin de conocer sus ciclos reproductivos y hábitos alimenticios.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Amador del Ángel, L.E., G.E. Gómez, F. Barrera y P. Cabrera. 1994. Cultivo experimental del robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1729) en estanques de concreto en la Isla del Carmen, Campeche, México. Memorias II Seminario sobre Peces Nativos con uso Potencial en Acuicultura. H. Cárdenas, Tabasco, Mex. 103-111.
2. Amador del Ángel L.E. y P. Cabrera Rodríguez. 1991. La ictiofauna de la Laguna de Términos con potencial en acuicultura. Mem. del XI congreso Nacional de Zoología. 26-30 de oct. Mérida Yuc., México.
3. Avilés-Quevedo, A. y M. Iizawa. 1993. Manual para la construcción, instalación y operación de jaulas flotantes para el cultivo de peces marinos. SEPESCA / INP / JICA (eds.). 29p.
4. Avilés-Quevedo, A., U. McGregor-Pardo, R. Rodríguez-Ramos, O. Hiraless-Cosío, M.A. Huerta-Bello y M. Iizawa. 1995. Biología y cultivo de la cabrilla arenosa *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868). Subsecretaría de Pesca / INP / JICA (eds.) 85p.
5. Avilés-Quevedo, A., R. Rodríguez-Ramos, F. Hester, R. Civera y F. Castelló. 2000. Resultados preliminares del cultivo de *Seriola lalandi* (Pisces:Carangidae) en Baja California Sur, México. V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 19-22 nov, Mérida, Yuc., México.
6. Benetti, D.D., A. Venizelos y C. Acosta. 1994. Finfish aquaculture development in Ecuador. World Aquaculture 25 (2):18-25.

7. Benetti, D.D., C. A. Acosta y J.C. Ayala. 1995. Cage and pond aquaculture of marine finfish in Ecuador. *World Aquaculture* (en revisión).
8. Bromage, N.R. 1995. Broodstock management and seed quality. General considerations. 1-25. En: N.R. Bromage y R.J. Roberts (eds.) *Broodstock management and egg and larval quality*. 423p.
9. Castello-Orvay, F. 1993. Acuicultura: historia, evolución y situación actual. 13-24. En: Castelló-Orvay, F. (coord). *Acuicultura Marina: Fundamentos Biológicos y tecnología de la producción*. Universidad de Barcelona, Barcelona, España. 739 p.
10. Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Vol III Vertebrados-Parte 2:1201-1404.
11. Guzmán-Arroyo, M. 1996. La acuicultura y su investigación en la educación superior en México. Conferencia sustentada en la II Reunión Nacional de la REDIMAR. 28-29 agosto de 1996, Veracruz, Ver., Mex. Dirección General de Investigación en Acuicultura. Instituto Nacional de la Pesca. (en prensa).
12. Ikenoue, H. y T. Kafuku (eds). 1992. *Modern methods of aquaculture in Japan*. 2nd. ed. *Developments in aquaculture and fisheries science*, vol. 24. Kodansha Ltd. Tokyo. 272p.
13. Juárez-Palacios, R.R. 1987. La acuicultura en México., importancia social y económica. En: *Desarrollo pesquero mexicano 1986-1987*. Secretaría de Pesca. México. III:219-232.
14. Matus-Nivon, E., R. Ramírez-Sevilla, R. Martínez-Pecero y J.L. Ortiz-Galindo. 1990. Potencial acuacultural de ocho especies de peces marinos del Pacífico Mexicano, con base en su biología temprana. 67-74. En: De La Lanza-Espino, G. y J.L. Arredondo-Figueroa (eds.) *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. UNAM.
15. Rocha-Olivares, A. 1991. Edad y crecimiento del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Perciformes: Lutjanidae) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes, B.C.S., México. Tesis profesional. UABCS. Depto. de Biología Marina. La Paz, B.C.S. 121 p.
16. Rodríguez de la Cruz, M.C., M.R. Palacios-Fest, R. Cruz-Santabalbina y C.I. Díaz-Pulido. 1994. *Atlas pesquero de México*. SEPESCA, INP, México. 234p.

17. SEPESCA. 1991. Anuario estadístico de pesca. 127p.
18. SEPESCA. 1992. Anuario estadístico de pesca. 119p.
19. SEPESCA. 1994. Anuario estadístico de pesca. 117p.
20. Sweetman-J., W. 1993. Perspectives and critical success factors in the present farming of fish. 26-28 En: Carrillo, M., L. Dahle, J. Morales, P. Sorgeloos, N. Svenneving y J. Wyban (eds.) From discovery to Commercialization. Special Publ. European Aquacult. Soc. No. 19. 288p.
21. Thomson, D.A., L.T. Findley y A.N. Kerstitch. 1987. Reef fishes of the Sea of Cortez. University of Arizona Press. U.S.A. 302 p.
22. Tucker, J.W. Jr. 1998. Marine fish culture. Kluwer Academic Publisher. USA. 750p.
23. Tucker, J.W. y D.E. Jory. 1991. Marine fish culture in the Caribbean región. World Aquaculture. 22(1): 11-27.
24. Watanabe, T. 1988. Fish nutrition and mariculture. JICA textbook: the general aquaculture course. Kanagawa International Fisheries Training Centre y Japan International Cooperation Agency (eds.). 233p.
25. Zanuy, S. y M. Carrillo. 1993. Técnicas de control de la reproducción en los teleósteos. 143-156. En: Castelló-Orvay F.(coord) Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Universidad de Barcelona, España. 739 p.

XVI. CAMARÓN

Dr. Porfirio Álvarez Torres¹, M. en C. Margarita Hernández Martínez¹, Biól. César Díaz Luna², B.P. Emilio Romero Beltrán³, M. en C. Lourdes Lyle Fritch³

¹ Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

² Subdirector del Centro Regional de Investigación Pesquera-Veracruz del Instituto Nacional de la Pesca

³ Centro Regional de Investigación Pesquera-Mazatlán del Instituto Nacional de la Pesca

RESUMEN

El cultivo de camarón ha sido la actividad que ha forzado el crecimiento sectorial y de las exportaciones de productos pesqueros en los últimos 6 años, haciendo que su valor alcance en 1999 (1,500 millones de pesos) convirtiéndose en el producto pesquero y acuícola de exportación más valioso e importante.

Sin embargo, en la actualidad se ha incrementado la atención a temas que relacionan al cultivo del camarón con los de carácter ambiental y social, lo cual junto con los fuertes impactos de las enfermedades, ha propiciado de manera considerable el mayor crecimiento del sector.

Una gran cantidad de organizaciones e individuos han juzgado al cultivo del camarón como una actividad insustentable, sin embargo, los procesos de desarrollo inherentes se han modificado a tal grado que la tendencia actual permite identificar a muchas granjas que operan bajo prácticas que no generan ningún impacto adverso ni conflictos ambientales o sociales.

De entre los múltiples retos que enfrenta la camaronicultura el presente documento identifica y aborda los siguientes temas:

- Explora el comportamiento de la camaronicultura durante los últimos 10 años permitiendo identificar y promover sistemas y prácticas de manejo de carácter sustentable.
- Propone mecanismos de participación para la planeación del sector y prácticas de cultivo que pueden contribuir al desarrollo de la gente en las áreas costeras.
- Destaca la necesidad de elaborar manuales y guías sobre buenas prácticas de manejo que hagan de la camaronicultura una actividad sustentable.
- Discute la necesidad de mejorar y refinar el marco institucional y legal de gobierno respecto a las prácticas actuales de cultivo.
- Orienta la forma en que se tendrá que potenciar las capacidades del sector público y privado para una mejor planeación y manejo del desarrollo del sector del cultivo de camarón a todos los niveles; nacional, local y de granja.

- Con el fin de generar un mejor consenso con los usuarios de los recursos acuícolas y propiciar su desarrollo responsable, este documento hace referencia al Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO (1995). Promoviendo con ello el conocimiento de las bases y principios normativos generales que los usuarios de los recursos deberán considerar para garantizar un proceso firme de desarrollo sectorial.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del camarón en México ha mantenido un ritmo de crecimiento positivo en su nivel de producción con 2,846 t en los primeros años de su desarrollo en 1989 alcanzando las 29,120 t en 1998 (Tabla 1).

**Tabla 1. Producción total de camarón cultivado (t)
para el período 1989-1999**

Año	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Volumen	2,846	4,371	5,111	8,326	11,846	13,138	15,867	13,315	17,570	23,749	29,120

En cuanto a su valor, el camarón ha alcanzado más de 1,500 millones de pesos con un equivalente del 64% del valor total de la producción acuícola, seguido del valor de la tilapia con un 22.4% en 1999 (Tabla 2).

**Tabla 2. Valor de la producción de las principales especies
cultivadas en el año 1999**

ESPECIE	VOLUMEN		VALOR	
	Toneladas	%	Miles de pesos	%
Bagre	2,440	1.47	30,816	1.31
Carpa	22,060	13.26	93,586	3.97
Camarón	29,120	17.51	1,501,359	63.69
Charal	894	0.54	3,626	0.15
Langostino	51	0.03	2,819	0.12
Lobina	674	0.41	10,895	0.46
Ostión	40,504	24.35	60,055	2.55
Tilapia	66,330	39.88	528,659	22.43
Trucha	2,363	1.42	93,246	3.96
Otras	1,900	1.14	32,237	1.37
TOTAL	166,336	100.0	2,357,298	100.0

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, (SEMARNAP, 1999).

El cultivo de camarón en México es una actividad que se inició en la década de los años 80's, y que a la fecha representa una importante fuente de recursos económicos y empleo en varios estados del país, principalmente en Sinaloa, Nayarit y Sonora. Las estadísticas oficiales para los primeros años de vida de esta actividad muestran un volumen de 43 t y 286 t para el año 1986 y 1987 respectivamente. Mientras que en 1996 se denota una superficie abierta al cultivo de 18,188 hectáreas y una producción de 13,315 t para que en 1999 las cifras más

recientes registren más de 30 mil hectáreas y 29,120 t (SEMARNAP, Anuario Estadístico de Pesca, 1999).

Aún cuando la producción de camarón de cultivo se ha incrementado año con año, excepto en 1996 y 1998 debido a los problemas de enfermedades vírales (Síndrome de Taura, y virus de la Mancha Blanca), la actividad no había logrado su consolidación debido a la dependencia que se tenía sobre insumos silvestres básicos para desarrollarla, esto es, las postlarvas para la engorda y adultos reproductores para la producción de postlarvas en laboratorios.

En el caso de las postlarvas silvestres solicitadas por las granjas de engorda, en 1997 y 1998 se alcanzó una cifra de aproximadamente cuatro mil millones de postlarvas, mientras que para 1999 se ha observado una drástica reducción en el consumo y uso de postlarvas de camarón silvestre, que llegó a los un mil millones de organismos.

Asimismo, la actividad camaronícola tiene una alta dependencia de los mercados externos en cuanto a insumos y equipos necesarios para el buen funcionamiento de las granjas, así como para la comercialización del producto.

Además, en cuanto a los aspectos ambientales de la actividad, estos han girado en torno a los terrenos sobre los cuales se han asentado las granjas de cultivo, el uso de agua y las descargas de las mismas, y también lo relativo al uso de postlarvas silvestres, aunque este último aspecto está siendo superado paulatinamente.

Derivado de lo anterior, se ha generado una controversia por el uso de zonas de manglar y marismas para el establecimiento de estanquería para el cultivo de camarón; tal situación ha sido fuertemente cuestionada por grupos ambientalistas que califican la actividad de nociva para el medio ambiente. Sin embargo, de ser el caso que toda la superficie ocupada por las granjas de cultivo de camarón estuviera asentada sobre zonas de manglar, la afectación sobre este ecosistema sería del orden del 3% con respecto al total de la superficie ocupada por manglar en el país.

Debido a las controversias originadas por la actividad, es prioritario contar con un diagnóstico actual del estado de salud de la camaronicultura, como una plataforma para la orientación de las actividades de desarrollo, planeación e investigación que brinden las respuestas para la resolución de los problemas existentes y que soporten los programas Institucionales de fomento de la actividad, realizando en primera instancia el uso óptimo de la superficie de cultivo y de los laboratorios actualmente establecidos.

Las capturas de camarón en los litorales mexicanos contribuyeron, en 1996, con el 51 % de las divisas totales generadas por el sector pesquero con un volumen de 78,879 toneladas, de las cuales la acuacultura aportó 13,315 toneladas (17 % del total). De esta forma, nuestro país se ubicó entre los diez primeros países productores a nivel mundial (SEMARNAP, Anuario Estadístico de Pesca, 1996).

En 1999 la producción total de camarón en el país fue de 95,611 t, siendo que la producción por captura en peso vivo en altamar, esteros y bahías fue de 78,234 t, y de 29,120 t por cultivo, es decir, la acuacultura contribuyó con el 30.46% del total nacional (SEMARNAP, Anuario Estadístico de Pesca, 1999).

Actualmente el camarón se reconoce como el más importante de los productos marinos que entran en los canales comerciales del mundo, registrándose en 1994, una producción mundial de 3.08 millones de toneladas (SEMARNAP, 1996. Anuario Estadístico de Pesca).

En el contexto internacional, el cultivo de camarón se desarrolla en un gran número de países alrededor del mundo, destacando entre ellos Ecuador, Tailandia, China e India.

México se considera como un país privilegiado para el desarrollo del cultivo de camarón, con las condiciones climáticas adecuadas que permiten el cultivo comercial de las especies *Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*, contando además con al menos otras 4 especies con potencial para su cultivo, de las cuales se desarrollan los ensayos necesarios para contar con la tecnología de cultivo. Además, por su cercanía con los Estados Unidos de América, principal mercado de consumo del producto a nivel mundial, nuestro país se ubica como uno de los países con gran potencial para el desarrollo de esta actividad.

Las perspectivas económicas que se tienen de esta actividad han provocado que muchos acuacultores cometan errores de aprendizaje, tratando de crecer antes de consolidar las técnicas de cultivo. Esto ha repercutido en el aspecto económico y financiero de los proyectos, además de la repercusión del impacto ambiental que sus prácticas de manejo puedan tener sobre la salud de los organismos en cultivo y los ecosistemas costeros.

De este modo, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca ha asumido el compromiso de realizar un seguimiento continuo sobre el desempeño actual de la industria de cultivo de camarón, que permita contar con bases confiables para el ordenamiento de la actividad. De este modo, antes de continuar apoyando la actividad camaronícola, con el mismo entusiasmo que en el inicio de su desarrollo en el país, se debe conocer y evaluar lo logrado, reorien-

tando en su caso las políticas de fomento al sector y la normatividad que regule la actividad de acuerdo con las condiciones actuales y futuras.

El presente documento muestra información actual proporcionada por los propios productores acuícolas mediante encuestas de campo, así como la derivada de las oficinas estatales y federales encargadas de las actividades de acuicultura. Presentando un análisis del estado actual de la camaronicultura en nuestro país, con énfasis en las técnicas de cultivo, la situación sanitaria, los resultados obtenidos y los principales problemas que enfrentan los productores, incluyendo aspectos que deberán ser considerados en los próximos 20 años sobre la perspectiva de desarrollo de la camaronicultura nacional basándose en las directrices internacionales emitidas y expresadas en diversos foros auspiciados por la FAO y otras organizaciones internacionales.

Sin embargo, el rápido desarrollo de esta actividad se ha visto acompañado de un constante llamado controversial con debates sobre los posibles impactos ambientales, sociales y económicos causados por el sector camaronícola. Con la inclusión de debates sobre la necesidad de mejorar y contar con políticas más apropiadas y respuestas de manejo, lo anterior, debido a la percepción de que el cultivo de camarón genera beneficios sustanciales en las regiones costeras y al nivel nacional.

La causa de un amplio crecimiento incluye el progreso tecnológico y la demanda en el mercado internacional de este producto, particularmente en los Estados Unidos como mercado natural y la cercanía geográfica con México. Por otro lado, la caída de la producción de camarón de capturas ha sido motivo para incrementar el producto derivado de la acuicultura.

Las altas tasas de crecimiento se han hecho realidad debido a las impresionantes expectativas e incentivos creados por las altas tasas de retorno económico. Mientras que en años anteriores se han llevado a cabo acciones de fomento y promoción para el crecimiento y expansión de las granjas de cultivo, la capacidad del gobierno para planear y regular la actividad son insuficientes y contrastan con las necesidades actuales del sector, lo cual se ve reflejado en la ineficiencia para asegurar el retorno de los beneficios económico y social derivado del cultivo del camarón.

En la actualidad los temas sobre la sustentabilidad del cultivo del camarón más citados y que cada vez son mejor entendidos por los acuacultores, así como otros temas de mayor importancia están:

- la imposibilidad de construir estanques de cultivo junto a áreas de manglar;
- la protección de la línea de costa y el entendimiento del valor de la función ecológica de los manglares;

- el impacto sobre las comunidades locales de sus usos tradicionales;
- la afectación de las poblaciones de camarón silvestre derivado de la colecta de postlarvas y otras especies capturadas no objetivo;
- los impactos socioeconómicos y culturales;
- el exceso de desechos y la capacidad de asimilación de las lagunas costeras y fuentes de agua cercanas a la costa;
- la sobreutilización de los mantos acuíferos dulceacuícolas; y
- la obstrucción al acceso a los recursos comunales por las comunidades costeras.

Desde la perspectiva de los cultivadores de camarón y la industria del camarón, un asunto de importancia básico es el referido a la pérdida de producción e ingreso asociado a la presencia de enfermedades y a la incapacidad para controlarlas.

2. ANTECEDENTES

El cultivo de camarón se inició en el Sudeste Asiático hace aproximadamente cinco siglos, aplicando métodos rudimentarios mediante los cuales las postlarvas eran atrapadas en campos de arroz, lechos salados y estuarios para ser cosechadas tres o cuatro meses después. En el año de 1959, Motosaki Fujinaga establece en Japón un criadero y granja piloto de camarón, logrando por primera vez la reproducción y crianza parcial en cautiverio del camarón Kuruma (*Penaeus japonicus*), siendo este hecho de gran trascendencia para alcanzar el dominio casi completo de la biotecnología de su cultivo y para su propagación a partir de los años 60's (Shigueno, 1975).

Aún cuando algunos autores señalan que el cultivo del camarón en México se inició desde épocas prehispánicas, con la construcción de encierros en las lagunas de Sinaloa y Nayarit, nuestro país no cuenta con una práctica tradicional en acuacultura.

Desde entonces, una etapa previa al cultivo de camarón ha sido el manejo de los ecosistemas que se inicia a mediados de los años 60's, con la aplicación de técnicas y métodos rudimentarios para mejorar las condiciones de las lagunas litorales de Huizache y Caimanero en Sinaloa, con la apertura de las bocas para conectar los ríos Presidio y Baluarte y la canalización de esteros.

A principios de los años 70's, la Universidad de Sonora inició las investigaciones sobre el cultivo de camarón en ambiente controlado, en sus instalaciones de Puerto Peñasco, Sonora. Inicialmente, se utilizó la especie *F. californiensis*, pero los resultados obtenidos los llevaron posteriormente a trabajar con *L. stylirostris*, debido esto a una mayor facilidad para conseguir reproductores, tener un crecimiento más acelerado, mejor resistencia al manejo y un mejor precio en el

mercado. Los resultados en el cultivo de camarón azul, con el sistema hiperintensivo en estanques de corriente rápida, fueron muy exitosos y reconocidos a nivel mundial (Martínez, 1993).

El modelo técnico de cultivo semiintensivo nació en 1972, debido a la concepción de un grupo de técnicos, ubicados en el Campamento de Camaronicultura de Villa Unión, Sinaloa, pertenecientes al Departamento de Propagación y Cultivos del Instituto Nacional de la Pesca. Este grupo diseñó y construyó con apoyo de la SARH los primeros estanques de cultivo en el Walamo, Villa Unión, Municipio de Mazatlán, Sin. estos estanques se concluyeron y operaron ocho años después.

Para 1985, aún cuando en Nayarit se tenían técnicos capacitados por la SEPESCA, se construye y opera el proyecto camaronícola "Las Grullas" en el estado de Sinaloa, a cargo de un técnico panameño quien capacitó a un buen número de técnicos mexicanos. Corresponde a la sociedad cooperativa "Acuacultores del Norte de Sinaloa" S.C.L. el mérito de instalar en 1984 la primera granja a nivel comercial con el uso de técnicas acuícolas, logrando obtener buenos resultados técnicos y económicos.

Actualmente, el cultivo de camarón en México se realiza principalmente con las especies *Litopenaeus vannamei* (camarón blanco del Pacífico), *L. stylirostris* (camarón azul) y *F. californiensis* (camarón café). De estas, la especie *L. vannamei* muestra una rápida tasa de crecimiento en estanques de cultivo, presentando incrementos de entre 10 y 20 gramos en 4 o 5 meses; es de características eurihalinas, esto es, soporta un amplio intervalo de salinidad, con un buen crecimiento en salinidades de 15 a 30 ‰; asimismo, los reproductores y postlarvas de la especie se obtienen en grandes cantidades en el medio silvestre.

El número de granjas y los volúmenes de producción se han incrementado, excepto en lo que respecta a la producción de 1996, de acuerdo con información de la Dirección General de Acuacultura y los Anuarios Estadísticos de Pesca de la SEMARNAP.

De la información disponible destaca lo siguiente:

- En 1996 existía un total de 278 granjas camaroneras que ocupan una superficie de 18,188 ha.
- Se utilizan los sistemas de cultivo extensivo, semintensivo e intensivo: el semintensivo se utiliza en un 68% de las granjas, el extensivo en un 27 % y el intensivo en un 5 %.
- Las granjas de tipo semintensiva ocupan una superficie de 14,165 ha, esto es, el 78 % de la superficie total, las extensivas 3,274 el 18 % y con 749 ha las intensivas suman el 4 %.

- El cultivo de camarón se ha desarrollado fundamentalmente en la zona costera de Sinaloa, donde se concentra el 77 % de la superficie total de granjas camaroneras (13,955 ha), sin tomar en cuenta el alto número de tapos o encierros que existen en las zona. En menor proporción, el sur de Sonora participa con el 11 % y el norte de Nayarit ocupa el 8 %.
- En Chiapas se localiza otro centro de desarrollo de la camaronicultura, contando a la fecha con 5 granjas que ocupan una superficie de 319 ha.
- En Tamaulipas se ubican 9 granjas que ocupan 365 ha en total.

La carencia de postlarvas para las granjas de engorda de Sinaloa permite suponer una etapa de consolidación de la camaronicultura en esta zona, por lo cual probablemente la actividad ya no crecerá sino hasta haberse solucionado la problemática existente.

En Tamaulipas, como en otros estados del Golfo de México, la camaronicultura depende del suministro de postlarvas de camarón blanco del Pacífico, por lo cual es necesario extremar la vigilancia sobre las condiciones sanitarias de los camarones en las granjas de cultivo, para evitar los peligros de traslado de enfermedades y epizootias de esta especie a las especies del Golfo.

Actualmente, en nuestro país existen 35 laboratorios de producción comercial de postlarvas de camarón, de los cuales 19 reportan una capacidad instalada para la producción de 4,218 millones de postlarvas.

2.1. MÉTODO DE MONITOREO Y CONFORMACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE LA ACTIVIDAD CAMARONÍCOLA NACIONAL

Con el fin de obtener información actualizada y directamente de los productores, la Dirección General de Investigación en Acuacultura del Instituto Nacional de la Pesca elaboró y aplicó una encuesta sobre aspectos de infraestructura, equipamiento, especies y sistemas de cultivo, producción, incidencia de enfermedades, etcétera, la cual se envió a los Centros Regionales de Investigación Pesquera de Mazatlán, Guaymas, Salina Cruz, Tampico y Lerma, para su aplicación en el universo de granjas de cultivo de los estados de Sinaloa, Nayarit, Sonora, Chiapas, Tamaulipas y Campeche.

De este modo, se aplicaron 142 cuestionarios, lo cual representa poco más del 50% del total de las granjas en operación a nivel nacional (Tabla 2A). Posteriormente en 1998 y 1999 se ha realizado un monitoreo continuo en las granjas del estado de Sinaloa, con la colaboración del CRIP-Mazatlán contando con una base de datos sobre 252 granjas de producción camaronícola en esa entidad.

Tabla 2A. Número de granjas camaroneras y superficie de cultivo por litoral, entidad y sistema de cultivo en México, en 1996.

LITORAL/ENTIDAD	TOTAL		EXTENSIVAS		SEMIINTENSIVAS		INTENSIVAS	
	NUMERO	ha	NUMERO	ha	NUMERO	ha	NUMERO	ha
TOTAL NACIONAL	278	18,188	76	3,274	190	14,165	12	749
LITORAL PACIFICO	268	17,821	76	3,274	180	13,798	12	749
Baja California Sur	2	15			1	3	1	12
Sonora	20	1,966			18	1,729	2	237
Sinaloa	162	13,955	35	3,035	122	10,576	5	344
Nayarit	78	1,517	40	190	36	1,274	2	53
Guerrero	1	50	1	50				
Chiapas	5	319			3	216	2	104
LITORAL GOLFO Y CARIBE	10	367			10	367		
Tamaulipas	9	365			9	365		
Tabasco	1	2			1	2		

A/ Adicionalmente, en el Estado de Colima operan 5 unidades en Policultivo que corresponden a 2 de Camarón-Langostino (10 ha + 230 m3) y 3 de camarón- tilapia (23 ha).

3. TENDENCIAS DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CAMARÓN

La producción de camarón cultivado del año de 1987 fue de 1,700 t y de 30,000 en 1999 (SEPESCA, 1988; SEMARNAP, 1999). Según Rosenberry en 1995 en México ya se habían construido y estaban operando 250 granjas de producción camaronícola, en tres modalidades de cultivo: 25% en extensivo, 65% en semiintensivo y un 10% intensivo, produciendo 12 mil toneladas en 14 mil hectáreas de superficie.

3.1. CAPACIDAD INSTALADA

La encuesta aplicada por el Instituto Nacional de la Pesca a 142 granjas de engorda de camarón en los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Chiapas y Tamaulipas arrojó los siguientes resultados:

Respecto a la superficie de cultivo, 139 granjas reportaron en su conjunto 12,690 ha, con una superficie promedio por granja de 91 ha. De esta superficie, el 17 % se encuentra en Sonora, 70 % en Sinaloa, 10 % en Nayarit, 1 % en Chiapas y 2 % en Tamaulipas (Figura 1). Asimismo, de esta superficie se tiene un 80% en operación, con un promedio de tamaño por granja de 79 ha (Figura 1) (INP, 1996).

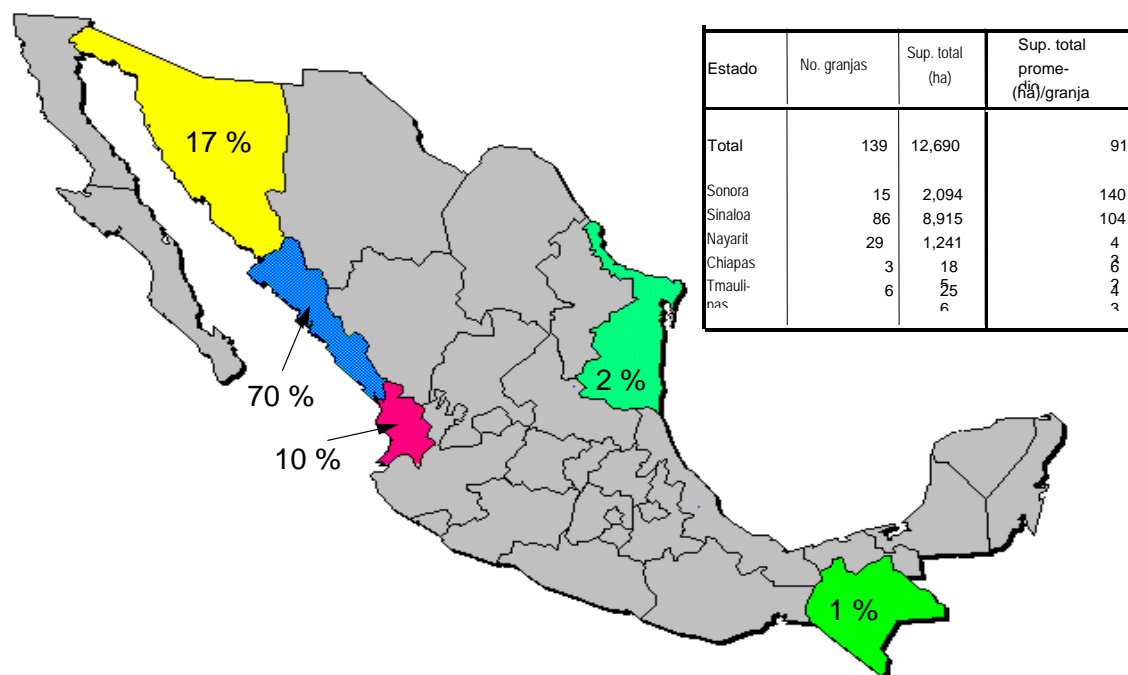


Figura 1. Superficie total de las granjas camaroneras de acuerdo a la encuesta del Instituto Nacional de la Pesca en 1997.

3.1.1. RENDIMIENTO PRODUCTIVO POR UNIDAD DE SUPERFICIE

El rendimiento promedio a nivel nacional es del orden de 1,244 kg/ha/ciclo, que corresponde al sistema semiintensivo; el sistema de cultivo extensivo presenta un rendimiento de 350 kg/ha/ciclo, mientras que el intensivo se tienen rendimientos de 7,800 kg/ha/ciclo en 1.27 ciclos/año y una duración de 154 días por ciclo (INP, 1997).

Considerando como base la encuestas de 139 granjas para el Estado de Sonora se obtuvo una moda de rendimiento de 1,605 ton/ha que corresponde al sistema de cultivo semiintensivo -para el resto de los sistemas de cultivo no se pudo obtener información.

Para el estado de Sinaloa, la estimación observada indica que el cultivo extensivo produce menos de 350 kg/ha, el semiintensivo rinde 890 kg/ha (moda) y el intensivo alcanza los 4,133 kg/ha (moda).

Para el estado de Nayarit: la estimación arroja una moda de 933 kg/ha, que corresponde al rendimiento del sistema de cultivo semiintensivo, el cultivo extensivo produce 300 kg/ha (moda).

Para el estado de Chiapas el cultivo semiintensivo produce 1,111 kg/ha y el intensivo 7,500 kg/ha, en Tamaulipas el cultivo semiintensivo rinde 489 kg/ha (INP,1997).

En el estado de Sinaloa: el 62% de la superficie total corresponde al sistema semiintensivo, 24% a combinaciones de extensivo, semiintensivo e intensivo, 14% al extensivo y 3% al intensivo; en Sonora el 100% corresponde al sistema semiintensivo; en Nayarit el 54% es semiintensivo y 46% es extensivo, en Tamaulipas el 100% es semiintensivo; en Chiapas 57% es semiintensivo, 30% combinación de semiintensivo e intensivo y 13% de intensivo (véase Figura 6, en el punto 3).

En la citada figura se muestra el registro de la producción de camarón de cultivo que abarca a 119 granjas camaroneras, las cuales hacen un total de 9,934 toneladas: Sonora participa con el 15%, Sinaloa con 69%, Nayarit con 3%, Chiapas con 10% y Tamaulipas con el 3%; por otra parte, el sistema de cultivo extensivo participa con el 17%, el semiintensivo con 49%, el intensivo con 10% y las combinaciones de intensivo, semiintensivo y extensivo (Otros *) con el 24%.

Mientras que en 1987 el rendimiento productivo era de 341 kg/ha/año y 500 kg/ha/año en 1988 en granjas de tipo semi-intensivo (FAO,1992), en 1995 dicho rendimiento fue de 857 kg/ha de peso vivo (Rosenberry, 1995), y en 1997 bajo el mismo sistema de cultivo semi-intensivo los rendimientos registrados fueron de 1,500 a 2,000 kg/ha por ciclo de cultivo (INP, 1997).

3.2. ESPECIES CULTIVADAS

Respecto a las especies cultivadas en los primeros años de desarrollo camaronícola del país fundamentalmente los cultivos se llevaron a cabo con el camarón blanco *L. vannamei*, sin embargo el uso del azul y café también ha destacado en la región Noroeste del país. El uso de dichas especies en 1995 reportó que el 90% operaba con *L. vannamei* (blanco), 6% de *L. stylirostris* (azul) y sólo un 2% de *L. californiensis* (café) (Rosenberry, 1995).

La aparición de enfermedades durante la historia del desarrollo camaronícola de México ha obligado y motivado a los usuarios de dichos recursos a reorientar sus prácticas de manejo acuícola superando su aprendizaje y adaptación de las técnicas de cultivo mediante un mejor manejo técnico sobre cada una de las especies.

Actualmente se registran granjas que utilizan al mismo tiempo una proporción de camarón blanco y otra de camarón azul, dando una mayor oportunidad de mejorar los resultados de la producción. Sin embargo, la disponibilidad de los insu-

mos (postlarvas) aunado a la presencia de enfermedades en los mismos, es otra razón por la cual se siembran ambas especies en diferentes proporciones.

3.3. ESTADOS PRODUCTORES DE CAMARÓN CULTIVADO

Conforme a las cifras oficiales de 1998 se tienen dos grupos, uno en el Noroeste (Sinaloa, Sonora y Nayarit) con 22,558 t (Figura 1A), destacando la elevada producción en Sinaloa con 13,484 t en una superficie estimada de 10,887 has, mientras que en un segundo grupo (Yucatán, Tamaulipas, Chiapas, Baja California Sur, Colima, Baja California y Campeche) el escenario es contrastante, destacando el avance tecnológico y productivo en la Península de Yucatán con producciones de 698 t en una superficie de apenas 6 ha. de superficie (Figura 2).

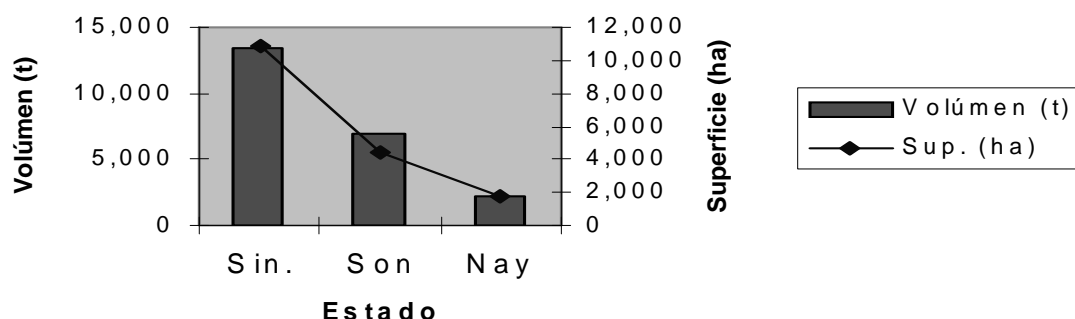


Figura 1A. Nivel de producción de camarón cultivado (t) en los tres principales estados productores en 1998.

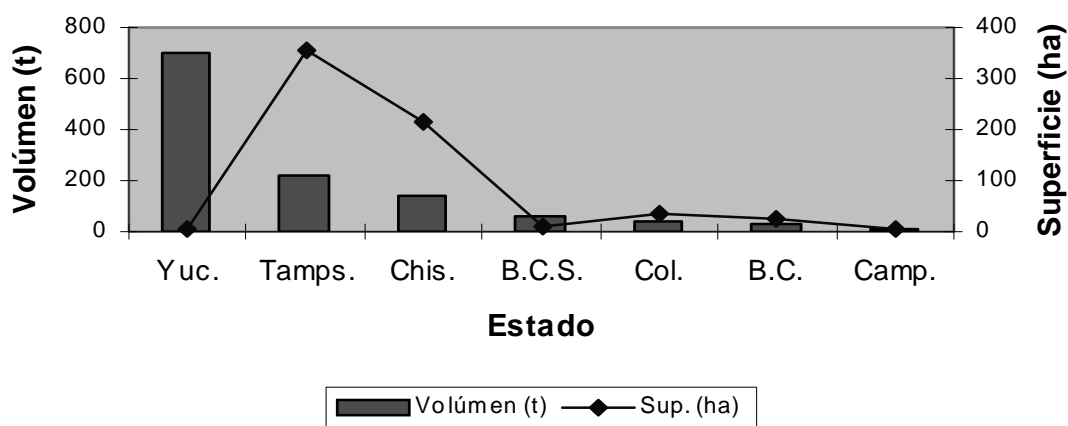


Figura 2. Nivel de producción de camarón cultivado (t) en siete estados productores en 1998.

La contribución del camarón de cultivo a la producción nacional es superior al 40% del total nacional. Cifras conservadoras indican que en este aspecto el camarón cultivado seguirá una vertiente de crecimiento superando a las capturas en la década que inicia.

Mientras que en el mundo se han estimado cifras sobre la cantidad de empleo indirecto generado por este sector cercano a un millón de personas, en México se estima que se continuará generando mas empleos indirectos derivados de la actividad camaronícola.

En la Figura 3 se aprecia el número de granjas registradas oficialmente en las Delegaciones de la SEMARNAP, las cuales indican que existen 194 granjas en Sinaloa, 103 en Sonora y 32 en Nayarit siendo los principales promotores del desarrollo camaronícola nacional (CNP,2000).

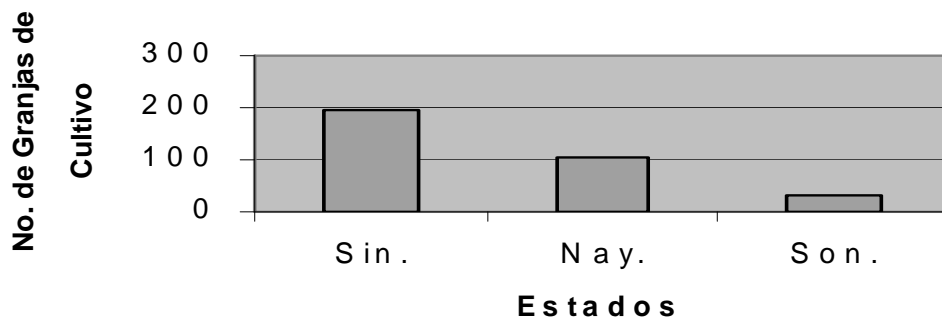


Figura 3. Número de granjas de cultivo establecidas en los principales estados productores de camarón de cultivo en la región noroeste en el Pacífico Mexicano, (CNP,2000)

Por otro lado, en la Figura 4 se observa un número reducido de granjas de cultivo en el resto de las entidades con registro de unidades de producción camaronícola en donde destaca Oaxaca con 11 unidades bajo la modalidad de producción para autoconsumo, y el estado de Tamaulipas también con 11 granjas en el Golfo de

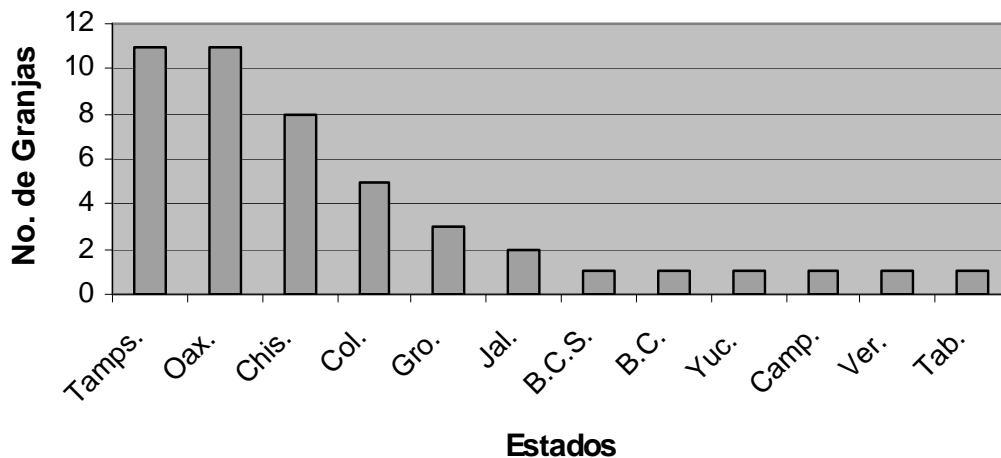


Figura 4. Granjas de cultivo establecidas en otras entidades en ambos litorales de México (CNP,2000).

México, siendo este último el principal promotor del crecimiento camaronícola en dicha vertiente del país (CNP,2000).

3.4. ABASTECIMIENTO DE LARVAS Y POSTLARVAS

Mientras que en 1987 sólo existían 6 laboratorios de producción de postlarvas en el Pacífico mexicano la demanda de las 87 unidades de producción en operación en ese año era de 467 millones de organismos.

Según datos reportados por la Delegación SEMARNAP en el estado de Sinaloa, en 1996 se autorizó la colecta de 3,184 millones de organismos (SEMARNAP, 1997) dicha solicitud fue para abastecer con 1,806 millones de organismos a las unidades del estado y 1,378 millones para venta a terceros.

En el mismo año de 1996 según lo reportado por la Delegación SEMARNAP en el estado de Chiapas, se solicitaron 1,029 millones de postlarvas de camarón, cuyo destino era en mayor proporción 754 millones de organismos (78%) para abastecer las granjas del Noroeste del país, 246 millones de organismos (25%) para las granjas de Chiapas y 28 millones para la repoblación de cuerpos de agua costeros en la misma entidad (Figura 4A).

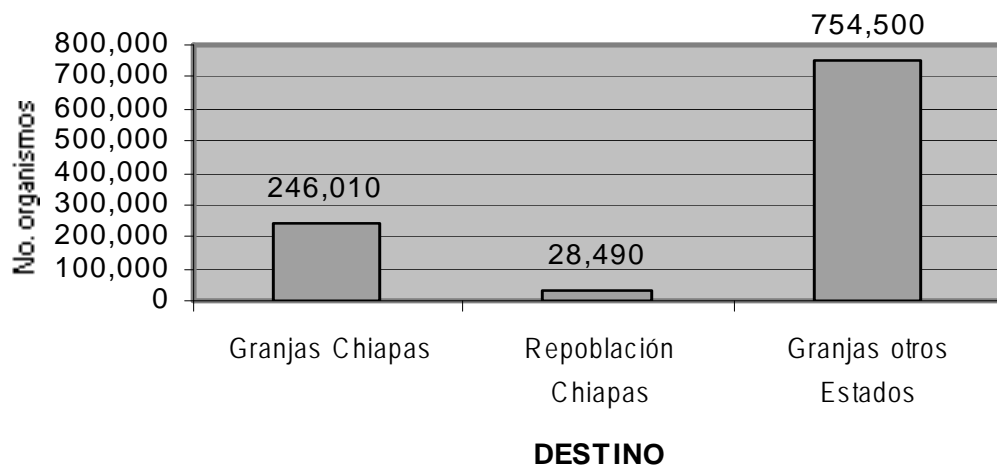


Figura 4A. Colecta y destino de larva silvestre en el estado de Chiapas en el año 1996 (Delegación SEMARNAP Chiapas, 1997)

No obstante las cifras de solicitud para abastecer las granjas de Chiapas, se registró una colecta del 44% respecto de la cantidad autorizada (245 millones), es decir, la colecta real fue de sólo 108.6 millones de organismos. En el caso de la colecta de postlarvas destinadas a los estados del noroeste se obtuvo 137.26 millones de organismos, es decir sólo el 18% del total autorizado. El total colectado en ese año fue de 274.34 millones de postlarvas es decir el 26.6% del total original autorizado por la Subsecretaría de Pesca. Las cifras antes citadas nue-

vamente demostraron la existencia de una demanda superior a las necesidades reales del sector, y por otro lado la imposibilidad técnica de capturar las cantidades solicitadas (Delegación SEMARNAP, Chiapas, 1997). Asimismo, en los últimos dos años de la actual gestión administrativa el abastecimiento de insumos para el cultivo de larvas y postlarvas se ha consolidado. La Figura 5 muestra el aumento en el número de laboratorios y las entidades en donde se ubican en ambos litorales del país, destacando el estado de Sonora que cuenta con una amplia infraestructura disponible para este propósito y que en su conjunto han

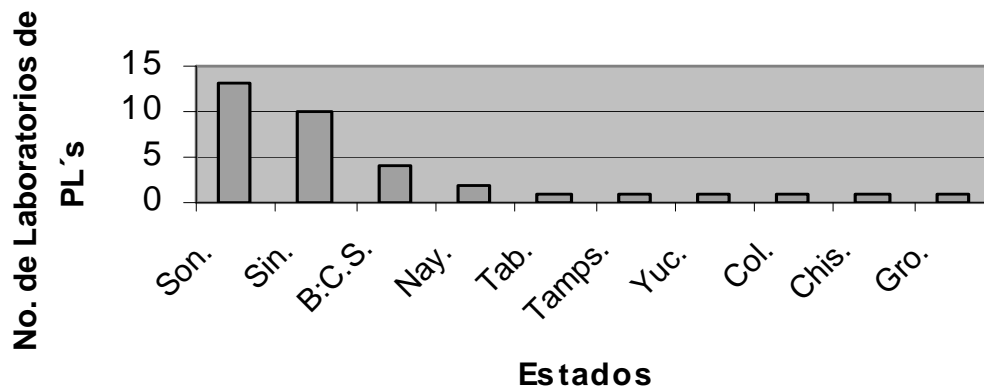


Figura 5. Laboratorios productores de larvas y postlarvas establecidos en ambos litorales (CNP,2000).

apoyado al sector camaronícola nacional y han contribuido a reducir la demanda y uso de larvas y postlarvas de origen silvestre (CNP,2000).

3.4.1. DEMANDA DE POSTLARVAS PARA CULTIVO SEGÚN ENCUESTAS DEL INP.

Con base en la densidad de siembra de postlarvas de camarón registrada, una mortalidad en el transporte del 20 % y la información recopilada en las solicitudes de postlarva de origen silvestre el año de 1997, se calculó la demanda anual de postlarva para su cultivo en las 142 granjas encuestadas por el Instituto Nacional de la Pesca el año de 1997.

El estado de Sonora demandó 220 millones de pl's, (14 % del total); Sinaloa, 1,179 millones de pl's (72 % del total); Nayarit, 124 millones de pl's (8 % del total); Chiapas, 59 millones de pl's (4 % del total) y el Estado de Tamaulipas 36 millones (2 %) de Postlarvas de camarón (Figura 5A).

En el mismo orden de ideas, en la Figura 5A se puede observar que la demanda de postlarvas de camarón para su cultivo se desglosa por su origen en: silvestre, 1,154 millones (71 % del total) y 464 millones de laboratorio (29 % del total).

Estado/Sistema de cultivo	Densidad siembra promedio	Demanda total de PL's		Demanda de PL's silvestres			Demanda PL's de laboratorio
				Total	para engorda	para preengorda	
	PL's/m ²	Millones	%	Millones	Millones	Millones	Millones
TOTAL	13	1,617	100	1,154	830	324	464
SONORA	15	220	14	59	58	1	161
Semiintensivo	15	220		59	58	1	161
SINALOA	12	1,179	72	931	615	317	248
Extensivo	5	65		51	34	17	14
Semiintensivo	12	647		511	337	174	136
Intensivo	39	146		115	76	39	31
Otros *	15	322		254	168	86	68
NAYARIT	13	124	8	105	99	6	19
Extensivo	7	39		39	37	2	-
Semiintensivo	18	85		66	62	4	19
Otros *	N/R	N/R		N/R	N/R	N/R	N/R
CHIAPAS	31	59	4	59	59	-	-
Semiintensivo	10	10		10	10	-	-
Intensivo	80	23		23	23	-	-
Otros *	40	26		26	26	-	-
TAMAULIPAS	14	36	2	-	-	-	36
Semiintensivo	14	36		-	-	-	36

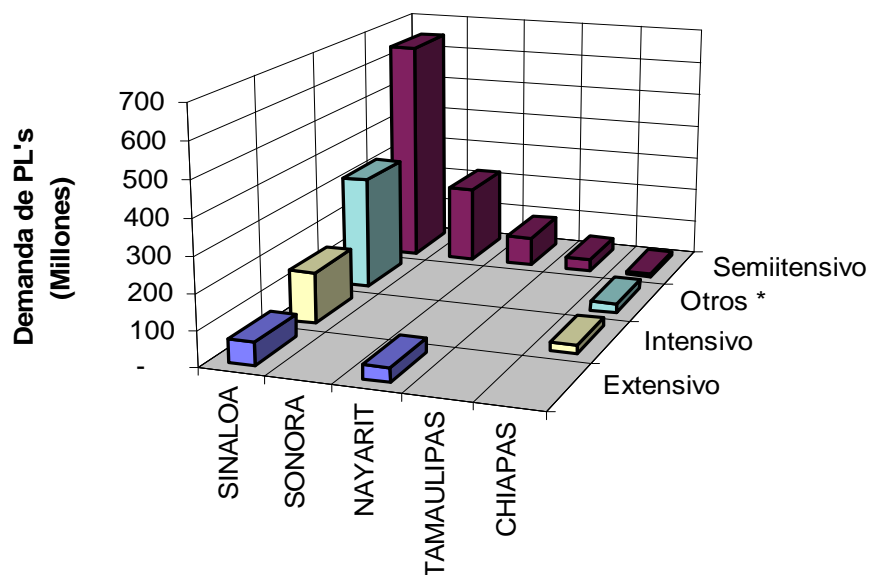


Figura 5A. Densidad de siembra, demanda y origen de la postlarva de camarón cultivada, por entidad federativa y sistema de cultivo de las 142 granjas encuestadas por el Instituto Nacional de la Pesca el año de 1997.

En la misma figura se muestra que la demanda de postlarvas de camarón se desglosa por sistema de cultivo de la siguiente manera: 104 millones (6%) para el extensivo, 996 millones (62%) para el semiintensivo, 169 millones (10%) para el intensivo y 348 millones (22) para las combinaciones de sistema de cultivo (INP,1997).

3.4.2. DEMANDA DE ALIMENTO BALANCEADO

Uno de los aspectos mas sobresalientes para lograr el desarrollo de la actividad camaronícola consiste en el abasto suficiente y de calidad de alimentos artificiales.

Con base en la producción de camarón entero cultivado (Registro de 119 granjas) y el Factor de Conversión Alimenticia (FCA), se estimó la demanda de alimento balanceado de las granjas encuestadas en 1997 por el Instituto Nacional de la Pesca; de esta manera se observó en el Estado de Sonora, que éste tenía en 1997 una demanda del 19% del alimento, el estado de Sinaloa el 58%, el estado de Nayarit el 2%, Chiapas el 17% y el Estado de Tamaulipas demanda el 4% del total.

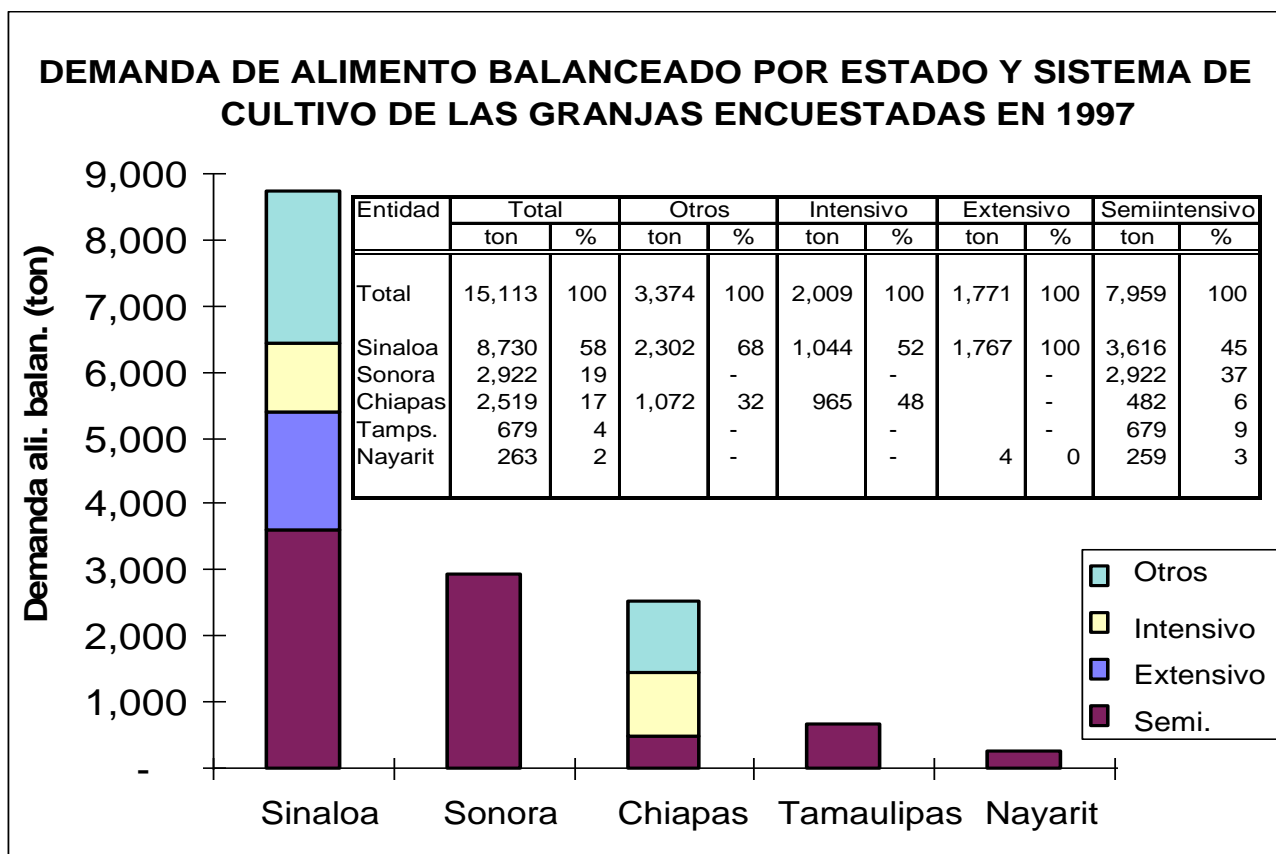


Figura 5B. Demanda de alimento balanceado por entidad federativa y sistema de cultivo de 119 granjas encuestadas por el Instituto Nacional de la Pesca en 1997.

En el mismo orden de ideas, las granjas con sistema de cultivo extensivo demandan el 12% del alimento, el sistema semiintensivo el 51%, el intensivo 13% y las combinaciones de los tres sistemas anteriores demandan el 24% de la cifra total (Figura 5B).

3.5. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CULTIVO DE CAMARÓN

El sector camaronícola muestra un alto grado de diversidad, el cual incluye el uso de por lo menos dos especies de mayor importancia, el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y el camarón azul *L. stylirostris*, los sistemas de producción y prácticas de manejo varían de una entidad a otra.

Existen diferencias significativas entre los estados del noroeste y del sur en la zona del Pacífico en virtud de las producciones alcanzadas y registradas, así como del tamaño y número de las granjas, aspecto que diferencia las regiones en donde se desarrolla la actividad camaronícola.

La actividad se ha venido auto-ajustando y adaptando sus propias técnicas de producción en cada una de las regiones en congruencia con la vocación acuícola, medio ambiente y capacidades inherentes a su desarrollo regional.

En la Figura 6 se muestra la tendencia de las granjas de cultivo de camarón y la distribución de los sistemas de tipo intensivo, extensivo y semiintensivo en la mayor parte de las entidades en donde se lleva a cabo esta actividad. Destacando el cultivo semi-intensivo como el más popular y el cual se ha ajustado a los costos y niveles de producción, permitiendo un retorno económico justo, aunque aún por debajo de los niveles de producción conocidos para otros países.

La clasificación de sistemas de cultivo en las granjas de camarón es conocido bajo el siguiente esquema:

- Tipo extensivo, el de aquellas con un bajo nivel de insumos y bajas densidades de organismos por unidad de superficie, con un nivel de aplicación de nutrientes externos muy bajo o inexistente, con llenado de estanquería mediante intercambio de mareas y con producciones menores a las 500 kg/ha/año;
- Tipo semi-intensivo, el de aquellas que realizan una combinación de alimento artificial y fertilización, con un nivel de densidad de siembra por unidad de superficie intermedio, sin embargo, en el último año se promueven densidades aún menores como una medida de prevención a la presencia de enfermedades, en este sistema se realiza el llenado mediante bombeo y sus producciones son entre 1 y 2 t/ha/año;

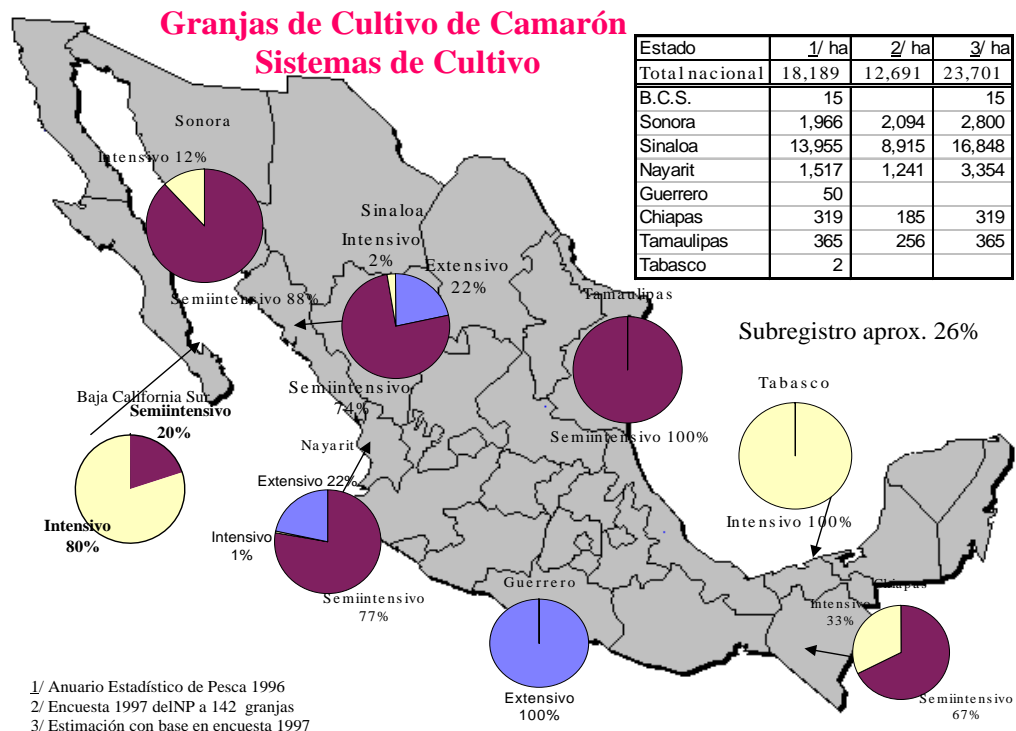


Figura 6. Diversidad de los sistemas de cultivo según encuesta realizada sobre 142 unidades de producción (INP, 1997).

- Tipo intensivo, con mayor uso de tecnología, con densidades superiores y producciones también por encima de las 2 t/ha/año.

Muchas granjas utilizan al mismo tiempo dos especies, o de manera alternada, principalmente considerando la ubicación de las granjas, las salinidades pre-valecientes y desde luego la disponibilidad de postlarvas de las especies objetivo deseadas. Asimismo, por lo general se llevan a cabo por lo menos dos ciclos de cultivo por año y en condiciones climáticas adversas sólo un ciclo y medio (ej. Estado de Sonora), aunque en ocasiones los granjeros se ven obligados a suspender los ciclos a causa de las enfermedades, dando mayor tiempo de descanso y rehabilitación de la infraestructura.

Aunque los tamaños de las granjas varían, es conocido que en casi todo el país se ha promovido la construcción de estanques de tamaño superior a las 5 has. Esta situación hoy en día se convierte en una dificultad al no poder manejar correctamente los estanques y controlar las eventualidades y presencia de enfermedades.

Las granjas de cultivo son operadas por personal con capacidades técnicas muy variadas, destacando además la existencia de una diversidad de empresas y empresarios de origen diverso. Los instrumentos de apoyo al sector, insumos,

apoyo técnico, fabricantes, abastecedores y prestadores de servicios en su conjunto forman parte de la cadena productiva de la camaronicultura, incluidos los procesos postcosecha, elementos que han sido considerados en el presente estudio.

Según datos reportados por la Cámara Nacional de la Industria Pesquera en 1996 en encuesta dirigida a 44 granjas representativas de todo el país (Sinaloa 31, Nayarit 3, Sonora 3, Chiapas 2, Tamaulipas 2, Baja California Sur 1, Guerrero 1, Tabasco 1) representando 4,995 hectáreas de superficie, en donde se destaca que el 76% operaba bajo el sistema tipo semi-intensivo, el 13% en extensivo y el 12% en sistema Intensivo.

El rendimiento en kg/ha por ciclo de cultivo se muestra en la Figura 7, con rendimientos promedio de 4,484 kg/ha en el intensivo, 1,450 kg/ha en semi-intensivo y 624 kg/ha en extensivo, cifras muy superiores a las registradas en 1995.

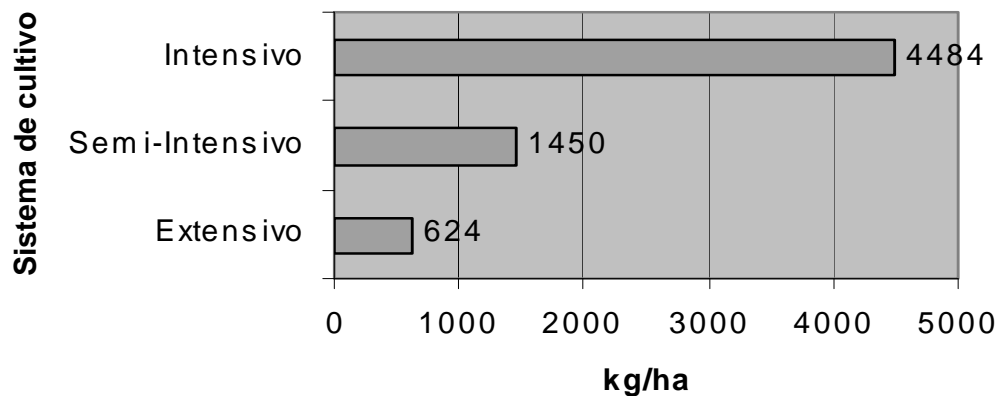


Figura 7. Rendimiento productivo en los sistemas de cultivo intensivo, semi-intensivo y extensivo (CANAIPES, 1996).

La sobrevivencia registrada en 1996 (Figura 8) en las granjas, antes y después de las enfermedades, es superior a 65%, sin embargo una vez afectadas por las enfermedades los sistemas intensivo y semi-intensivo registraron sobrevivencias menores al 30% y de 49% en las de tipo extensivo.

Asimismo, el rendimiento productivo (Figura 8A) por sistema de cultivo muestra rendimientos de apenas 427 kg/ha en las extensivas, 600 kg/ha en semi-intensivas y 2,302 kg/ha en las de tipo intensivo. Lo anterior muestra claramente los impactos de la aparición de las enfermedades en el país, mismas que han afectado de manera significativa la productividad general y el desarrollo camaronícola de México.

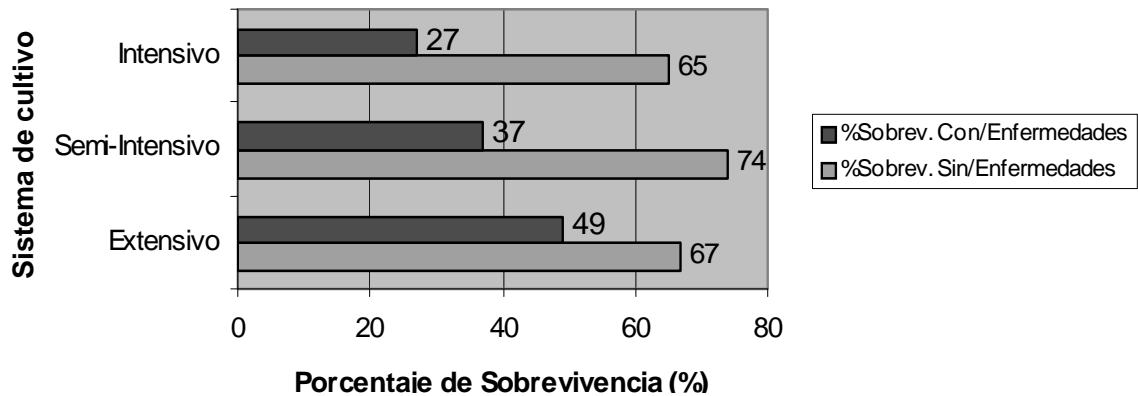


Figura 8. Comparación de la sobrevivencia por sistema de cultivo, antes y después de la aparición de enfermedades (CANAIPES, 1996).

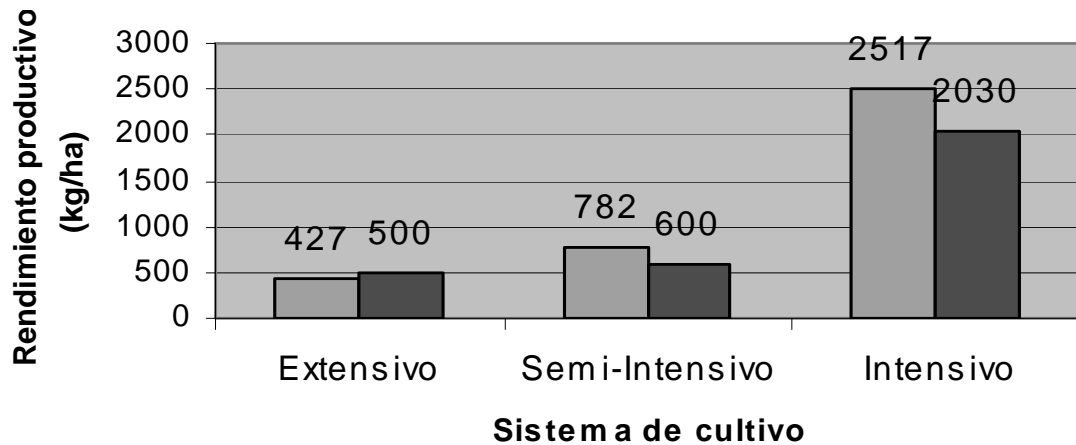


Figura 8A. Rendimiento productivo por sistema de cultivo, afectadas por enfermedades en dos ciclos de cultivo (CANAIPES, 1996).

4. EL CASO DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAMARONÍCOLA EN EL ESTADO DE SINALOA

Considerando que el estado de Sinaloa representa la región del país con la mayor capacidad instalada en granjas construidas y en operación para el cultivo de camarón, el Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán del Instituto Nacional de la Pesca, elaboró una Base de Datos sobre las granjas de cultivo de camarón en dicha entidad como parte de las labores y ejecución del programa operativo denominado Sistemas de Operación Acuícola de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto.

Este sistema de información contiene una gran cantidad de datos sobre las principales características de operación de las granjas en el estado, en donde destaca lo relativo a su ubicación geográfica, ubicación respecto a la división mu-

nicipal y por ecosistema lagunar. Esta base de datos podrá ser utilizada como plataforma de información para la planeación y el seguimiento de la evolución, desarrollo y crecimiento de esta actividad en el estado de Sinaloa.

La información sobre la operación de las granjas camaroneras fue obtenida mediante un cuestionario diseñado para obtener datos fidedignos actualizados y confiables de las principales variables y conceptos de dichas unidades, en forma planificada durante los meses de enero a diciembre de 1999, se visitó cada una de las granjas camaroneras en el estado capturando la información relevante en forma directa y se cubrió con esto la totalidad de la superficie camaronícola existente en Sinaloa siendo así enteramente representativo para los fines científicos y estadísticos programados.

Los resultados fueron analizados y clasificados en orden de importancia por superficie de espejo de agua, productividad y otros factores para correlacionarlos con los sistemas lagunares correspondientes.

Cada una de las unidades de producción camaronícola fue geoposicionada mediante un equipo GPS, marca EAGLE EXPLORER, con una precisión de 100 metros en horizontal el 95 % del tiempo. La posición geográfica en la mayoría de los casos se obtuvo en la estación de bombeo y donde no fue posible se obtuvo en el sitio más cercano a la estación de bombeo, pero en el interior de la granja.

4.1. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LAS GRANJAS CAMARONERAS EN SINALOA.

Los resultados que se muestran en las Tablas 3 a 7 nos muestran las principales características de operación de las granjas camaroneras, considerando el sistema lagunar donde se ubican, las granjas que se encuentran consideradas en la clasificación "Golfo de California", corresponden a granjas que se encuentran ubicadas en esteros conectados directamente al Golfo de California, distribuidos a lo largo de la costa sinaloense, es decir, no se encuentran en el área de influencia de las lagunas costeras.

La descripción de los resultados se realizará refiriéndose en general para el estado, los detalles por sistema lagunar se encuentran especificados en cada una de las Tablas.

En la Tabla 3 se observa que en el estado de Sinaloa existen 258 granjas camaronícolas construidas, lo cual comprende una superficie de 35,886 has de superficie total, mientras que la estanquería de engorda ocupa un total de 23,892 has.

Por diferentes motivos, tales como los de índole económico, social y de operación, 23 de las granjas construidas se encuentran actualmente sin operar, por esta razón, los resultados expresados en este documento muestran las características de las 235 granjas que se encontraban operando.

En la Tabla 3 también se muestra que con respecto al sector social, el 53.62% de las granjas camaroneras es manejada por la iniciativa privada, el 38.30% pertenece al sector ejidal y el resto 8.08% lo maneja el sector pesquero (Figura 9).

El tipo de cultivo se presenta de la siguiente manera: El 8.51 % de las granjas se dedican al cultivo en su modalidad de extensivo, el 89.36 % es semi-intensivo, el 1.70 % de las granjas son intensivas y el 0.43 % practica el cultivo semi-intensivo y extensivo a la vez (Figura 10).

Tabla 3. Características generales de las granjas camaroneras en operación del estado de Sinaloa, por sistema lagunar. 1999.

SISTEMA LAGUNAR	No. Granjas	SECTOR SOCIAL			TIPO DE CULTIVO				Superf. total (has)	Superficie operando (has)	Superf. Eregida (has)	Días de Cultivo		Ciclos de Cultivo		
		Privada	Ejidal	Pesquero	Extensivo	Semi-Int.	Intensivo	Semi-Int. y Extensivo				Promed	Máx	Promed	Máx	
AGUASAMPO - BACORREUB	2	2				2			365	82	82	165	210	120	1	1
R.D. FUERTE ANTONIO	5	5				4	1		1076	805.5	731	162	150	120	1.4	2
R.D. FUERTE NUEVO	5	4	1			5			694.5	639.5	625.2	132	150	120	2	2
EL COLORADO	1		1			1			630	50.8	50	120	120	120	2	2
SANTA MARIA	3	1		2		3			210	210	206	120	120	120	1	1
TOPOLOBAMPO	2	2				2			400	250	250	120	120	120	2	2
OHUERA	1	1				1			20	20	20	70	70	70	1	1
NAVACHETE - SAN IGNACIO	43	19	23	1	3	40			4700	3244.47	3039.87	140.1	210	90	1.7	2
R.D. SINALOA	3	1	1	1		3			281	251	251	123.3	130	120	2	2
SANTA MARIA - LA REFORMA	59	36	20	3	1	58			7895	5626.62	5400.12	128.2	210	90	1.8	2
ALTATA - ENSENADA DEL PABELLO	37	17	20		4	33			6350.9	4789.7	4520.7	142.3	220	100	1.5	2
R.D. SAN LORENZO	1		1			1			1200	1200	1200	120	120	120	2	2
BAHIA DE EBUTA	26	10	14	2	4	21	1		3839.8	2946	2896.4	135.4	180	90	1.8	2
MANITO FREYTES	1			1		1			40	29.3	25	130	150	120	2	2
BETERO TAZAJAL - BOCA MARINERO	1			1	1				110	110	110	60	60	60	1	1
BETERO DEURAS	3	2		1	1	2			296	208	198	165	180	150	1.5	2
RUIZACHE - CAMANERO	4	1	1	2		4			513	415	395	157.5	180	150	2	2
CHAMETLA - TEPACA PAN	18	12	5	1	5	10	3		1673	1076.5	1064	170	240	120	1.6	2
GOLFO DE CALIFORNIA	20	13	3	4	1	19			2506.5	1352.5	1226.5	141.1	270	120	1.6	2
TOTAL	235	126	90	19	20	210	4	1	33331	23317.89	22280.8	131.7	270	90	1.6	2

Tabla 4. Requerimiento de larvas de camarón por las granjas camaroneras en operación, en el estado de Sinaloa, por sistema lagunar, 1999.

SISTEMA LAGUNAR	No. Granjas	ORIGEN DE LARVA		REQUERIMIENTO DE POSTLARVAS POR CÉDULO (M ² DE OROGRANEROS)			DENSIDAD DE SEMBRAR				ESPECIE			
		Lab. Salud	Especie	TOTAL	PROMEDIO	MAXIMO	MINIMO	PROM	MAX	MIN	AZUL	AZUL BLANCO	BLANCO A-B-C	NO ESPEC FCA
AGUA BAIRO - BAGO REHUE	2	2		16500000	8250000	10500000	6000000	20	25	15		1		1
RD FUERTE AMTJAUO	5	5		2448000000	489600000	1.5E+08	50000000	26.4	60	12		3		2
RD FUERTE NUEVO	5	5		648000000	129600000	228000000	50000000	11.1	12.5	10	4	1		
EL COLO RADO	1	1		2000000	2000000	2000000	2000000	8	8	8		1		
SANTA MARIA	3	2	1	230000000	76666666.7	88000000	60000000	11.6	15	10		2		1
TOPOLO BAIRO	2		2	375000000	187500000	225000000	150000000	15	15	15				2
ORUERA	1	1		3000000	3000000	3000000	3000000	15	15	15		1		
NAVACONTE-SAN IGNACIO	43	35	2	294314233	6844517	290000000	50000000	10	15	4	19	9	5	1
RD SINALOA	3	2	1	290000000	96666666.7	180000000	15000000	12.6	15	9	1	1		1
SANTA MARIA - LA REFORMA	59	48	11	634343500	10751584	420000000	10000000	12.6	25	8	18	19	11	11
ALTATLA - ENSEÑADA DEL PABELLO M	37	24	10	508578000	14630800	1.1E+08	9600000	12.02	22	5	15	7	9	5
RD SAN LORENZO	1	1		1800000000	1800000000	1800000000	1800000000	15	15	15				1
BARRA DE CEUTA	25	12	11	286092793	11003968	300000000	10000000	14.3	45	4	3	8	8	7
MANITO FRENTICO	1	1		80000000	80000000	80000000	80000000	30	30	30	1			
ESTERO TAZAJAL - BOCA MARINOL	1	1	1	3300000	3300000	3300000	3300000							1
ESTERO DE URNAS	3	3		27200000	9066000	20000000	9000000	12.3	15	10	1	2		
HUEACONTE-CARNA NERO	4	4		490000000	122500000	260000000	70000000	13	17	10	4			
CHAMETLA - TENCAPAM	18	8	6	179780000	9987777	340000000	20000000	17.3	70	1.5	4	1	6	7
GO LFO DE CALIFORNIA	20	15	3	1384800000	6924500	2250000000	1500000	13.5	20	3.7		5		15
TOTAL	235	169	33	272968526	208556	1800000000	15000000	14.9	70	1.5	70	61	39	62

Tabla 5. Requerimientos de agua salobre de las granjas camaroneras en operación, en el estado de sinaloa, por sistema lagunar. 1999

SISTEMA LAGUNAR	No. GRANJAS	REQUERIMIENTO DE AGUA SALOBRE (MG)				RINCHINTAJERÍA AMBIO D'ARDO				VOLUMEN DE EMBALLO D'ARDO (MG)				TRATAMIENTO AGUA DEBARRADA		REQUERIMIENTO PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO AGUA		
		TOTAL	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	TOTAL	PROM	MAX	MIN	SI	NO	SI	NO	SI	NO
AGUAS AMPO - SACORRAL	2	820000	410000	420000	400000		15	10	20	124000	62000	84000	40000		2		2	
RIQUERTE AMPOLO	5	785000	157000	276000	250000		10	15	5	879000	175800	414000	25000	1	4		5	
RIQUERTE AMPO	5	500400	100080	160000	360000		112	20	8	478300	95660	128000	71000		5		4	1
ELCUCORADO	1	50000	50000	50000	50000		10	10	10	50000	50000	50000	50000		1		1	
SANTA MARIA	3	1778000	592666	688000	400000		7	8	5	130000	433000	550400	20000		3		3	
TOP DE AMPO	2	250000	125000	150000	100000		5	5	5	125000	62500	75000	50000		2		2	
CHURRA	1	20000	20000	20000	20000		5	5	5	10000	10000	10000	10000		1		1	
NA YACHETE - SAN IGNACIO	43	31151518	725334	353000	40000		73	20	2	2225826	517801	425852	8000		42	1	33	1
RIQUERTE AMPO	3	310000	103333	180000	110000		10	15	5	258000	86000	180000	16000		3		2	1
SANTA MARIA - LA BORDA	59	55564356	94279	470000	180000		9	50	2	4537929	788066	378000	18000		54	3	50	2
ALTA TA - RINCHINTAJERÍA DEL AGUILLO	37	45355000	12258226	1180000	100000		825	12	4	3537550	1010854	711800	7500		31	4	31	1
RIQUERTE AMPO	1	580000	580000	580000	580000		10	10	10	580000	580000	580000	580000		1			1
SAHA DE COLA	26	2719240	1045861	368000	100000		84	10	3	216784	833689	330000	10000	3	23	17	1	8
MANITO PRATEO	1	250000	250000	250000	250000		4	4	4	117200	117200	117200	117200		1		1	
ESTERO TAJAL - DE AMARILLO	1	580000	580000	580000	580000		0	0	0	0	0	0	0		1			1
ESTERO DE JALISCO	3	2080000	693333	1600000	780000		10	20	5	1168000	389333	300000	150000	1	2	2	1	
LA CAJA - CHAMARILLO	4	328000	82000	120000	48000		153	30	4	272400	68100	120000	24000	1	3	4		
CHAMARILLO - TACAPÁN	18	1103154	614212	218000	40000		114	25	5	132349	75571	320000	40000	1	17	9	9	
COLPADO CALPOTLÁN	20	1215458	607729	200000	275000		1205	30	4	101435	50718	100000	0	20		17		3
TOTAL	226	22001386	12616755	1180000	160000		825	50	0	1751779	653428	711800	0	11	216	8	184	17

Tabla 6.
Equipo de bombeo en granjas camaroneras operando en Sinaloa,
por sistema lagunar, 1999.

SISTEMA LAGUNAR	No. Granjas	TIPO DE BOMBAS				NUMERO DE BOMBAS				Diametro de las Bombas (PULGADAS)		
		Diesel	Electrica	Elec y Diesel	SIN Especificar	TOTAL	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN
AGIABAMPO - BACOREHUIS	2	2				3	1.5	2	1	36	36	30
RIO FUERTE ANTIGUO	5	5				20	4	7	1	36	36	36
RIO FUERTE NUEVO	5	5				14	2.8	4	2	36	36	30
EL COLORADO	1	1				2	2	2	2	33	36	30
SANTA MARIA	3	3				9	3	4	1	36	36	30
TOPOLOBAMPO	2	2				4	2	2	2	36	36	36
OHUIRA	1	1				1	1	1	1	24	24	24
NAVACHISTE - SAN IGNACIO	43	39		1	3	90	2.2	8	1	30	36	18
RIO SINALOA	3	2			1	4	2	3	1	32	30	20
SANTA MARIA - LA REFORMA	59	53	1	1	4	127	2.3	7	1	30	36	12
ALTATA - ENSENADA DEL PA	37	35	1	1		128	3.7	46	1	30	36	10
RIO SAN LORENZO	1				1							
BAHIA DE CEUTA	26	23	1	2		50	2.2	6	1	30	36	24
MANTO FREATICO	1	1				2	2	2	2	16	16	16
ESTERO TAZAJAL - BOCA MA	1											
ESTERO DE URIAS	3	2		1		5	2.5	3	2	32	32	8
HUIZACHE - CAIMANERO	4	4				14	3.5	4	3	30	30	20
CHAMETLA - TEACAPAN	18	4	4	1	9	20	2.2	4	1	30	30	10
GOLFO DE CALIFORNIA	20	19	1			35	1.8	4	1	30	36	20
TOTAL	235	201	8	7	18	528	2.3	46	1	31	36	8

* No utiliza bombas, los estanques se llenan por efecto de las mareas.

Tabla 7. Superficie y número de granjas operando en el estado de Sinaloa por municipio. 1999.

MUNICIPIO	Nº GRANJAS	SUPERFICIE TOTAL (HAS.)	SUPERFICIE EN OPERACION (HAS.)	ESTANQUERIA DE ENGORDA (HAS.)
AHOME	37	5698	3217.3	2986.7
ANGOSTURA	17	2298.66	1765.82	1678.82
CULIACAN	29	6489.8	4979	4833.4
ELOTA	9	1465	1030	1022
ESCUINAPA	15	1275	715.5	709
GUASAVE	61	6540.5	4684.97	4428.37
MAZATLAN	4	376	318	308
NAVOLATO	53	8032.71	5598	5335.5
ROSARIO	8	915	780	754
SAN IGNACIO	2	240	229.3	225
TOTAL	235	33330.67	23317.89	22280.79

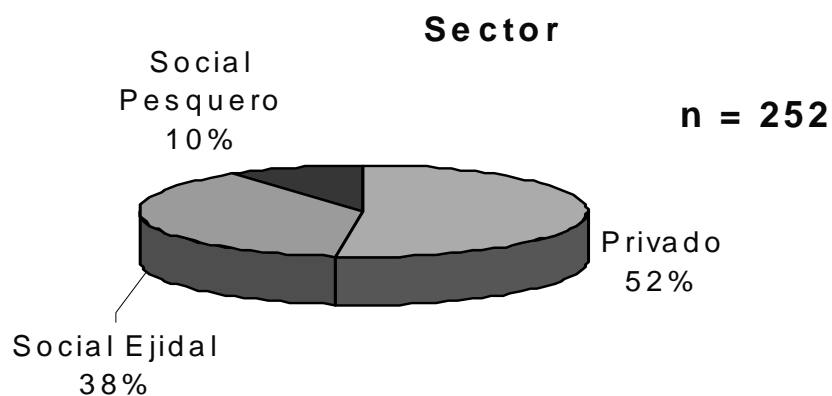


Figura 9. Distribución de las granjas de cultivo de camarón en el estado de Sinaloa respecto a los sectores ejidal, social pesquero y privado (INP, 2000).

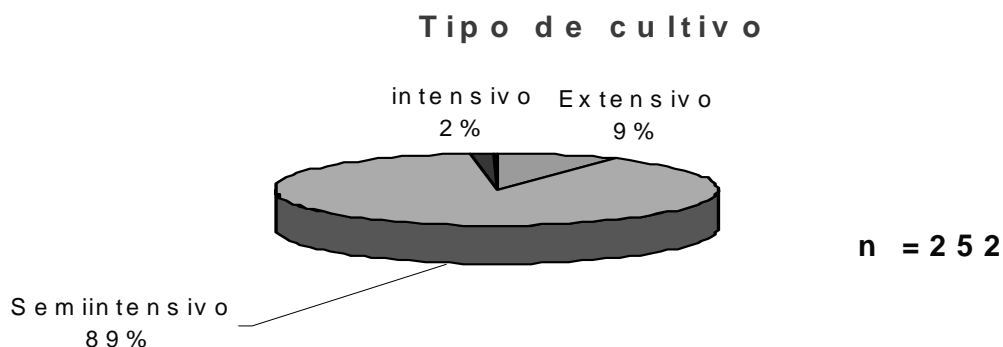


Figura 10. Tendencia del uso de los sistemas de cultivo en granjas del estado de Sinaloa (INP, 2000).

La superficie total de las granjas en operación es de 33,330 has, de las cuales se encuentran en operación (considerando canal de llamada, reservorios, estanquería, etc.) 23,317 has, y la superficie de estanquería de engorda en operación es de 22,280 has (Figura 11).

Asimismo, se identificó la distribución de la infraestructura acuícola del estado de Sinaloa, considerando la división política municipal, lo cual revela una amplia distribución de las granjas en los municipios de Guasave (67), Navolato (56) y Ahome (40) las cuales tienen una superficie promedio de 80, 120 y 110 has respectivamente. Destacando el caso de las granjas ubicadas en los municipios de

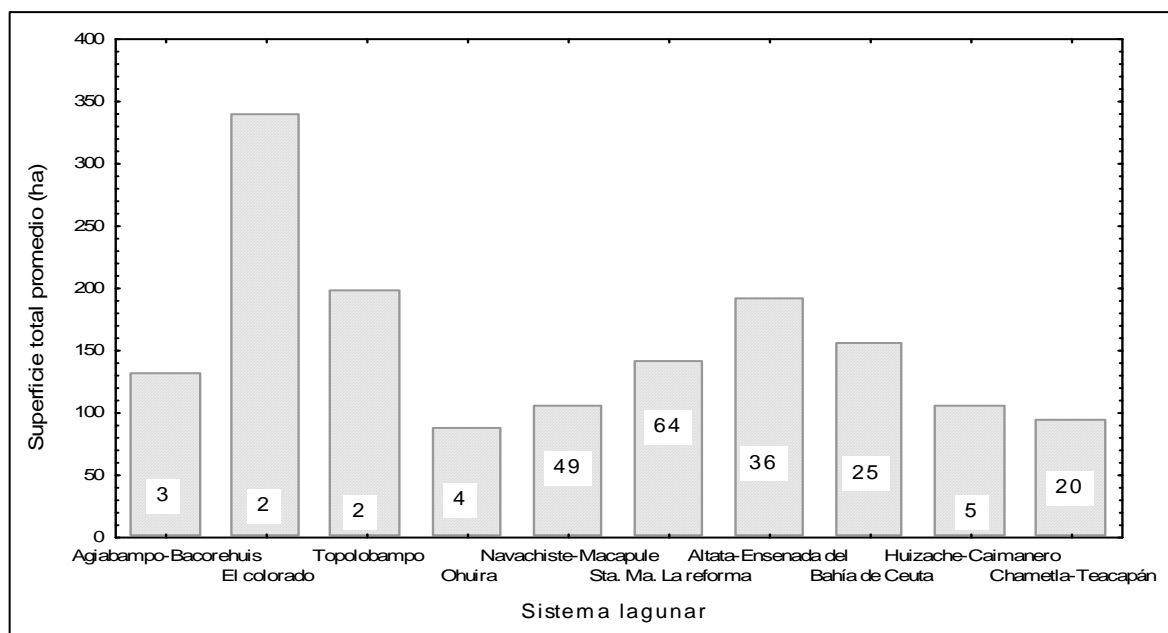


Figura 11. Distribución de las granjas de cultivo por sistema lagunar en el estado de Sinaloa (INP, 2000).

Elota (9), Mazatlán (5) y San Ignacio (2) que con menor número de granjas su superficie promedio es de 160 has. Finalmente las granjas localizadas en Culiacán (27) representadas con una superficie promedio de 240 has (Figura 11A).

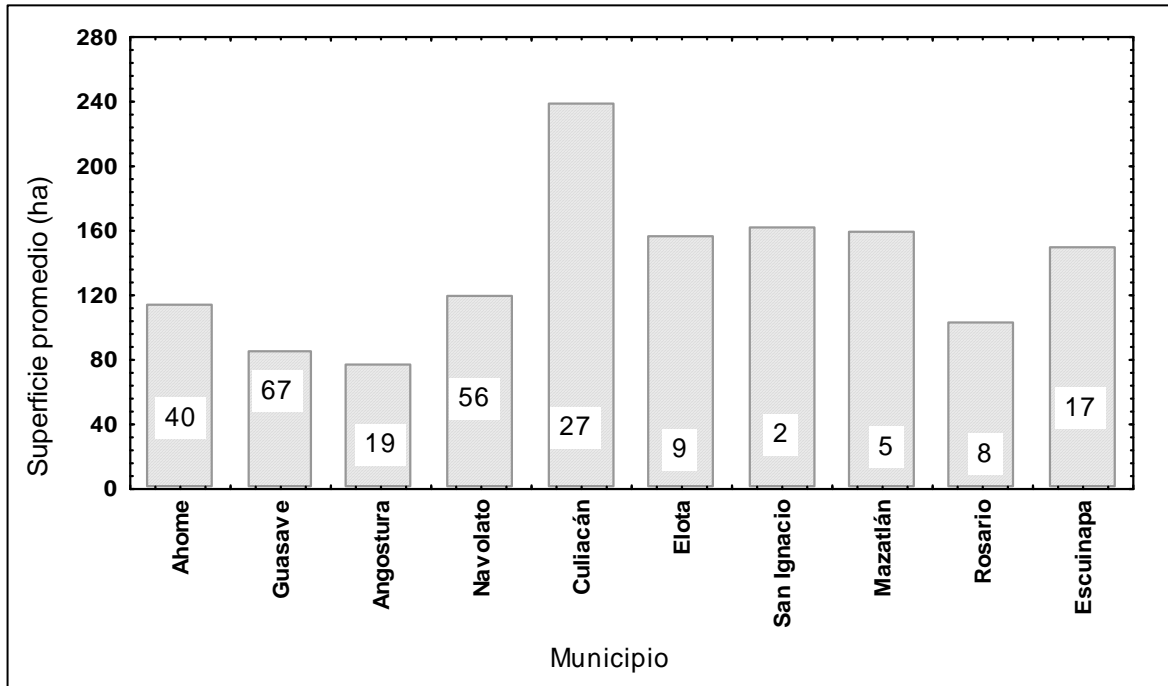


Figura 11A. Distribución de las granjas de cultivo por Municipio en el estado de Sinaloa (INP, 2000).

En promedio el periodo dedicado a la engorda de camarón es de 131.7 días, con un máximo de 270 y mínimo de 60 días por ciclo de cultivo. Se manejan en promedio 1.6 ciclos de cultivo, predominando las granjas que realizan 2 ciclos al año.

En la Tabla 4, mostrada anteriormente, se observa el requerimiento de larvas de camarón para el funcionamiento de las granjas camaroneras. En donde se detectó que en el 169 de las granjas visitadas (71.91%) se informó que trabajan con larva procedente de laboratorio, 33 unidades de producción (14.04%) utilizó larva de

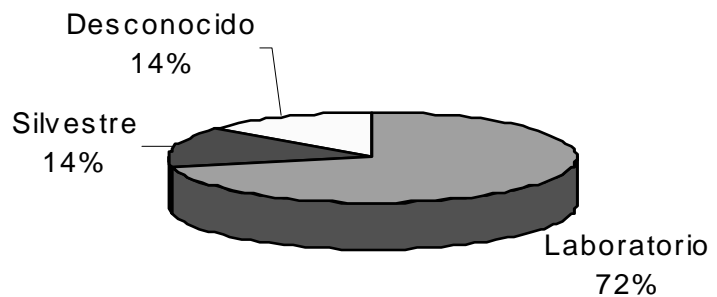


Figura 12. Origen de las postlarvas de camarón utilizada en las granjas de cultivo del estado de Sinaloa (n=235) (INP, 2000).

origen silvestre y otras 33 granjas (14.04%) no definió el origen de la larva (Figura 12).

La demanda de postlarvas para realizar el cultivo de camarón en Sinaloa, considerando las unidades en operación es de 2729' 698 526 organismos para cubrir las necesidades de las granjas, por lo que en promedio por sistema lagunar se necesitan 20' 205 899 organismos, la granja que más requiere en el estado necesita para su operación 180'000 000 organismos y la que menos necesita requiere 150 000 organismos.

Las densidades que se manejaron durante los dos ciclos de 1999, fueron en promedio 14.9 organismos por m², con un máximo de 70 y un mínimo de 1.5.

Con respecto a las especies utilizadas en el cultivo durante los ciclos de 1999, en 62 granjas (26.38 %) no especificaron la especie que trabajó, el 29.79 % de las granjas prefirió el camarón azul, el 25.96 % el camarón blanco, el 16.60 % sembró la combinación azul y blanco, y el 1.78 % las especies azul, blanco y café, lo anterior indica que aún se trabaja con organismos silvestres (Figura 13).

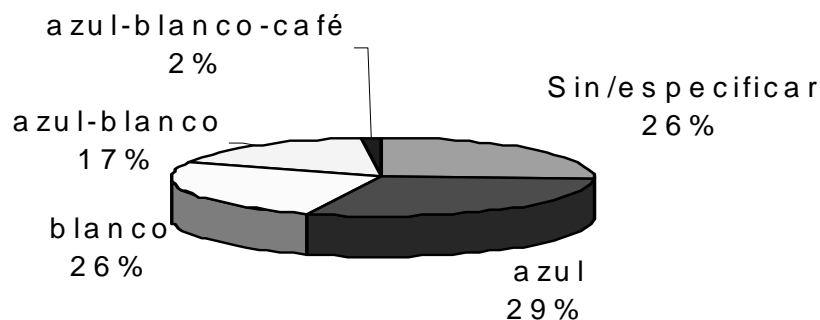


Figura 13. Preferencias de especies de camarón en el cultivo durante 1999 en las granjas de cultivo del estado de Sinaloa (INP, 2000).

Mediante encuesta aplicada a 129 unidades de producción que se abastecieron de 1,195 millones de postlarvas de laboratorio, se observó el número de postlarvas por granja y el laboratorio del cual se abastecen las granjas. En ese sentido la Figura 13A muestra la escala de producción de 7 laboratorios abastecedores de organismos al estado de Sinaloa, destacando la empresa "A" con un 44% de la producción, misma que tiene capacidad de alrededor de 300 millones de organismos por ciclo y lleva a cabo entre 9 y 11 ciclos al año, en forma consecutiva se presentan otros laboratorios con capacidades que oscilan entre los 38 a los 80 millones de capacidad por ciclo y en la categoría de otros los laboratorios que aportan el 6% de las postlarvas requeridas por el sector.

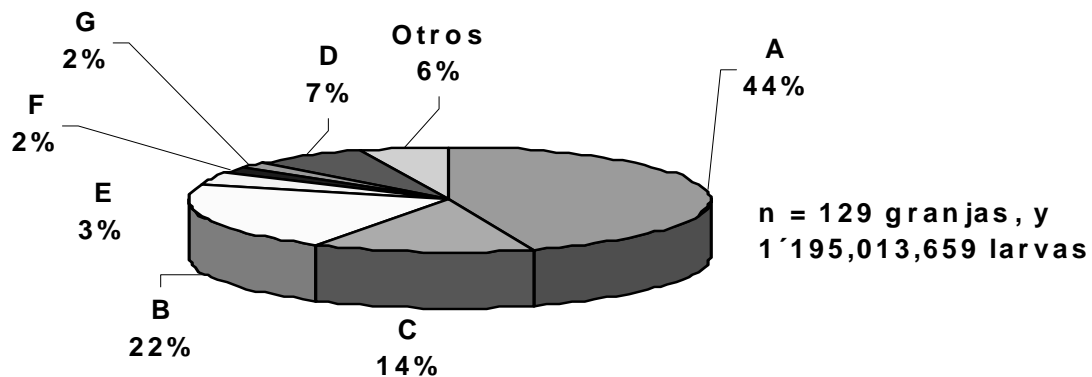


Figura 13A. Preferencias de especies de camarón en el cultivo durante 1999 en las granjas de cultivo del estado de Sinaloa (INP, 2000).

En la Tabla 5 se observó que existe una necesidad de 221'201,385 m³ de agua salobre para el funcionamiento (llenado de estanquería y reservorio) de las granjas camaroneras. En promedio se logró identificar que se requiere por sistema lagunar 1'251,575.5 m³ de agua, la granja camaronera que más volumen de agua necesita para llenado de estanquería requiere de 11'860,000 m³ y la que menos necesita requiere 16,000 m³.

Se recambia en promedio el 8.9 % diario del agua de los estanques, con un máximo del 50 % y un mínimo de 0.0 %. El volumen total de recambio diario de agua salobre por ciclo de producción es de 17'517,177.9 m³, en promedio se recambia por sistema lagunar 65,342.6 m³, la granja que más volumen de agua recambia al día lo realiza con 711,600 m³ y el menor volumen de recambio es de 0.0 m³.

Las aguas utilizadas en la operación de las granjas sólo en el 4.68% se regresa al sistema lagunar recibiendo previamente tratamiento que generalmente consiste en estanques de sedimentación, en el 91.91 % de las granjas las aguas residuales es devuelta a los sistemas lagunares sin recibir tratamiento alguno, el 3.40% restante no especifico si las aguas residuales recibían o no tratamiento (Figura 14).

En lo que a control de las variables hidrológicas durante el ciclo de cultivo de camarón se refiere, el 78.30 % de las granjas registran parámetros fisicoquímicos, principalmente oxígeno disuelto, temperatura, salinidad y transparencia. En el 7.23 % no se registran y el 14.47 % no especifico (Figura 15).

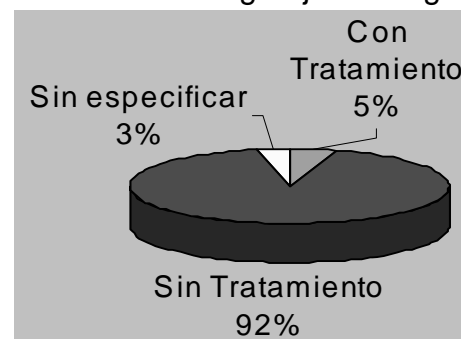


Figura 14. Tratamiento de las aguas residuales en las granjas de cultivo del estado de Sinaloa (INP, 2000).

En la Tabla 6 se pudo observar que el 85.53 % de las granjas en operación utilizan equipo de bombeo de agua salobre alimentadas con diesel, y solamente el 3.40 % utiliza la energía eléctrica para el funcionamiento de dicho equipo. Existen en total 528 bombas distribuidas en las granjas camaroneras, utilizando en promedio 2.3 bombas cada granja, con un máximo de 46 bombas y un mínimo de 1 bomba. Las granjas utilizan bombas con diámetro de 31 pulgadas en promedio, las más grandes son de 36 pulgadas y la de menor diámetro utilizada es de 8 pulgadas. La Tabla 7 nos muestra la distribución de las granjas camaroneras por municipio y la superficie de las granjas operando por cada municipio.

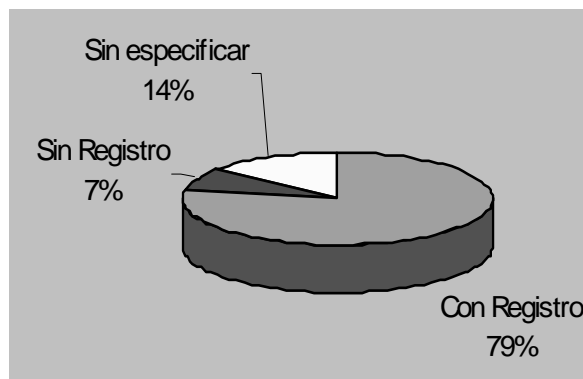


Figura 15. Registro de parámetros físico-químicos en granjas de cultivo de camarón del estado de Sinaloa (INP, 2000).

5. ASPECTOS SANITARIOS

La importancia de la Sanidad Acuícola trasciende económica y socialmente, ya que implica pérdidas inmediatas de forma directa como son: la mortalidad de los organismos acuáticos en cultivo, suspensión de la producción, y de manera indirecta: infertilidad, retardo del crecimiento, incremento de costos de producción por gastos de adquisición de fármacos, profilaxis, aumento del tiempo horas/hombre además de las subsecuentes pérdidas económicas, restricciones comerciales internas y falta de mercados extranjeros.

Los organismos en cultivo o silvestres en cualesquiera de sus etapas de desarrollo, son susceptibles de sufrir enfermedades cuya importancia puede circunscribirse a un solo individuo o puede ser de características infectocontagiosas y afectar a otros organismos de su mismo nivel taxonómico e incluso a otras especies alejadas filogenéticamente.

La producción por acuacultura en los últimos años en nuestro país se ha visto afectada de manera considerable, debido principalmente a la presencia de agentes patógenos de diferentes tipos, siendo quizás los virus los que más agresivos y difíciles de controlar.

Del total de 142 encuestas aplicadas se reportaron 101 casos de presencia de enfermedades durante el año de 1996, esto es un 71.13% de la población muestreada padeció durante ese año de problemas sanitarios. De manera particular se observó que el estado de Nayarit presentó un mayor número de casos de enfermedad con un 90% del total de las granjas encuestadas, por otra parte

los estados de Sonora y Sinaloa mostraron valores que se encontraron entre los rangos de 70.5 a 73%, mientras que en el estado de Tamaulipas solo una granja (16.7%) presentó problemas sanitarios y en el estado de Chiapas no se reportó ningún caso de enfermedad tanto para el año 1996 como para años anteriores.

Respecto a la presencia de enfermedades, se observó que en el año 1992 únicamente el 1.5% de las granjas se vieron afectadas, sin embargo para el 1996 se incremento hasta casi el 54%, siendo notable el impacto que las enfermedades han tenido sobre la producción de camarón por acuicultura en los últimos años, particularmente por la reciente aparición en 1999 del virus de la Mancha Blanca originario de las especies de camarones peneidos de Asia.

Con base a la información proporcionada se pudo advertir en forma histórica la presencia de enfermedades en los estados de país involucrados en el presente estudio, durante el periodo comprendido entre los años de 1992 a 1996 (Figura 16).

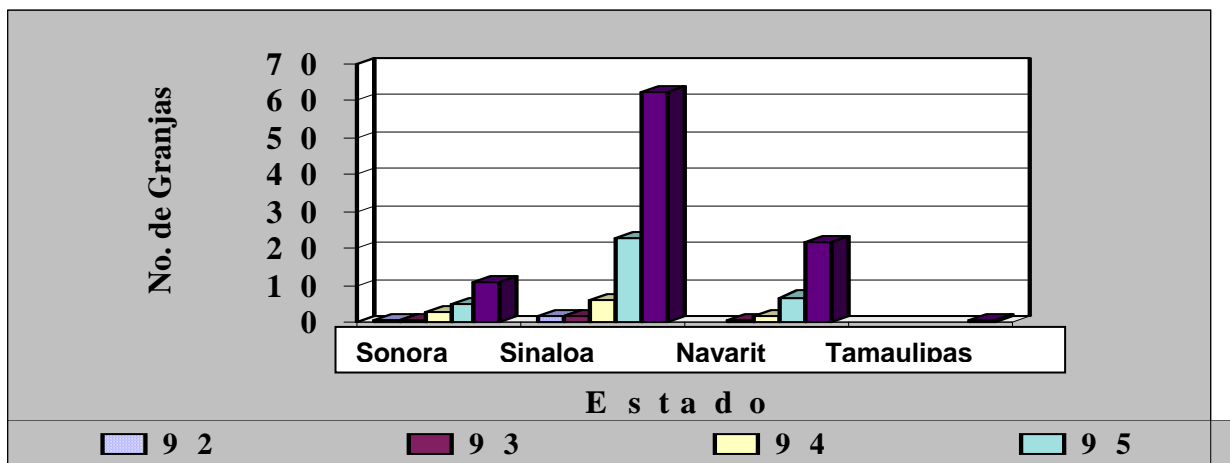


Figura 16. Presencia de problemas sanitarios en granjas de los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Tamaulipas en los últimos cinco años

A este respecto cabe señalar que tanto en el estado de Sonora como de Sinaloa se registraron 1 y 2 casos de enfermedad respectivamente durante 1992, incorporándose a esta lista para el año 1993 el estado de Nayarit con un solo reporte y para el año 1996 se incorpora a este grupo el estado de Tamaulipas con un caso reportado.

Por lo que se refiere a las etapas de desarrollo del camarón más comúnmente afectadas por enfermedades se observó que las primeras etapas de desarrollo (6-10gr) fueron las que registraron una mayor incidencia en el estado de Sinaloa, mientras que en los estados de Sonora y Nayarit la incidencia de enfermedades en la etapa juvenil fue más elevada con 23 casos reportados (Tabla 8). De acuerdo a esta misma tabla, las granjas muestreadas ubicadas en el litoral del

Pacífico reportaron 16 casos de enfermedad, las cuales afectaron todas las etapas de desarrollo dentro del ciclo de cultivo.

De acuerdo a la incidencia de enfermedades identificadas en las diferentes granjas se puede apreciar que durante el año 1992 se reportaron para Sonora y Sinaloa brotes de vibriosis y de la enfermedad Similar a Tau-

ra respectivamente, sin embargo a partir del año 1994 la presencia de esta última se incremento considerable, asimismo se reportó la presencia de un padecimiento causante del manchado de camarón, cuyo agente etiológico no fue definido. Es importante mencionar que para los años 1995 y 1996 existió un notable incremento en la presencia de enfermedades de tipo bacteriano y se reporta nuevamente al IHHN (Necrosis Hematopoyética Hipodérmica Infecciosa) entre las enfermedades presentes en los cultivos (Figura 17). Todo esto se reflejo en un incremento en la mortalidad incrementándose esta substancialmente en los últimos tres años variando desde un 30% hasta un 100% lo que significa perdidas totales de la producción (Tabla 9).

Con relación a la demanda de servicios especializados en patología para la resolución de los problemas sanitarios, se observó que el 66% (n=67) solicitaron asesoría especializada en sanidad y un 34% no lo solicitó.

Por otro lado, se observó que en general son dos los tratamientos utilizados comúnmente contra las enfermedades representados en su mayoría por la Cal aplicada en forma diluida en agua a diferentes concentraciones (n= 76), seguida por el alimento medicado (n= 28), el cual contenía el antibiótico Oxitetraciclina como ingrediente activo en su generalidad.

Con relación a los resultados obtenidos de acuerdo al tipo de tratamiento y su respuesta a enfermedades específicas se puede comentar que para la Enfermedad Similar a Taura, padecimiento de origen viral más común de las granjas visitadas, fue tratado con Cal observando resultados de bueno a malo, además del uso de la Oxitetraciclina resultando de regular a malo, y la utilización de vacunas con efectos de regular a malo. (Figura 18).

Tabla 8. Etapas de desarrollo del camarón más comúnmente afectadas por las enfermedades de acuerdo al número de granjas afectadas

Estado	Etapa de Desarrollo			
	6 - 10 gr	Juvenil	Adulto	Todo el ciclo
<u>Sonora</u>		9		1
Sinaloa	46	4	4	8
Nayarit	5	14		7
Tamaulipas		1		
Total	51	28	4	16

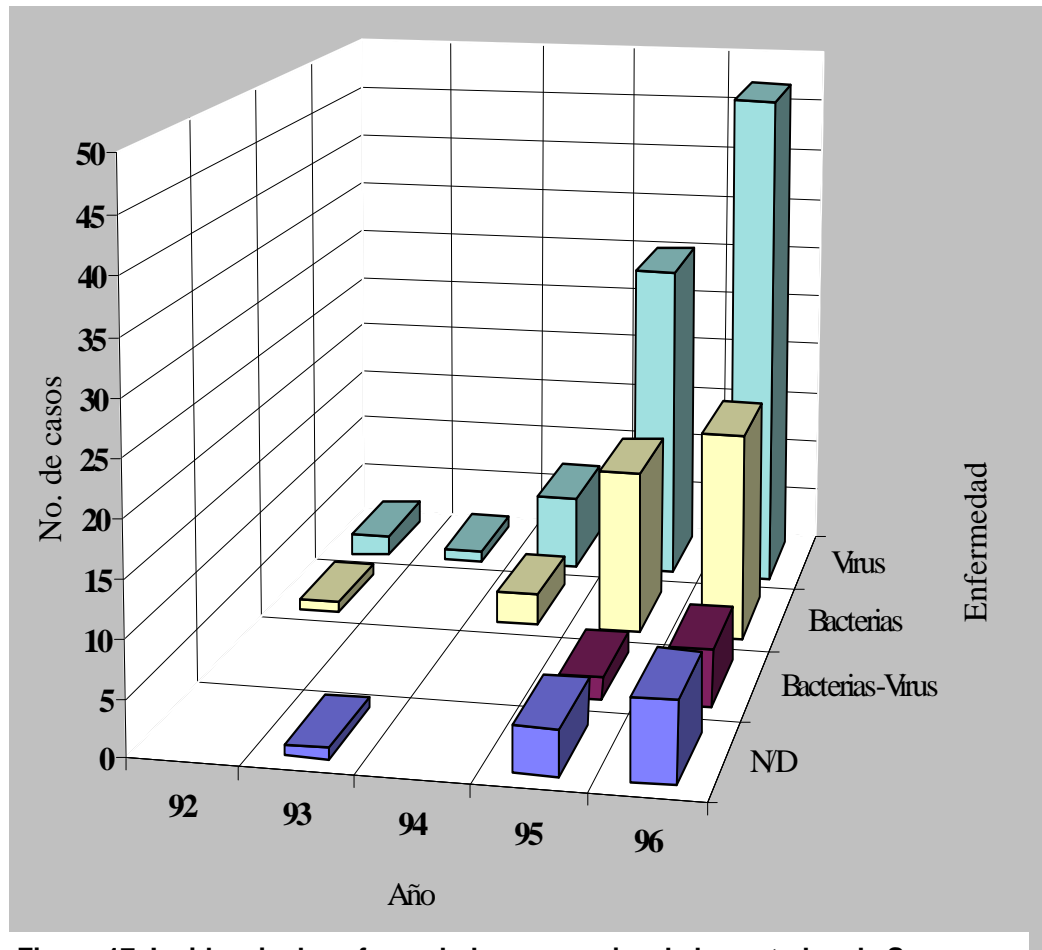


Figura 17. Incidencia de enfermedades en granjas de los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Chiapas y Tamaulipas, durante el periodo 1992 -1996.

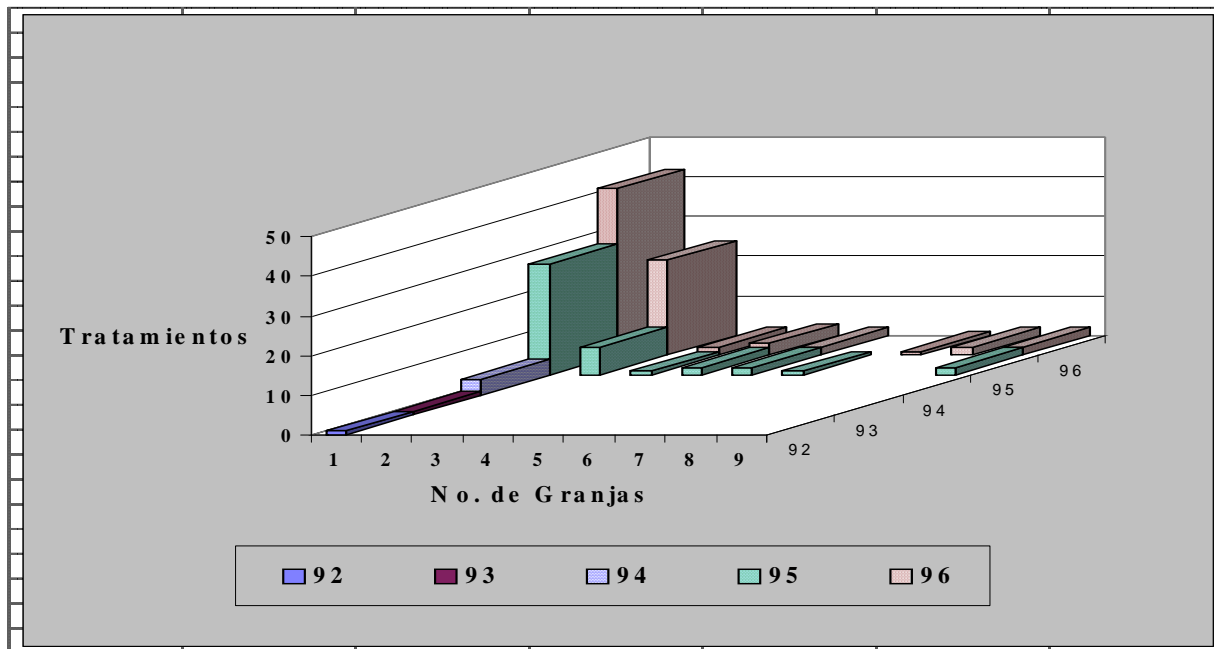
Asimismo se reportó un 16% (n=23) de granjas que aplican algún tratamiento profiláctico a sus organismos antes de la siembra, consistentes principalmente en la aplicación de la vacuna para peces que la SEMARNAP esta proporcionando a los acuacultores o baños con otro tipo de sustancias químicas que tradicionalmente se utilizan para tallas mayores de los organismos.

De acuerdo a la información proporcionada por el sector productivo se pudo realizar un análisis sobre la relación entre el origen de la postlarva utilizada para el cultivo de camarón y la incidencia de enfermedades, a este respecto se observó que para los años '95 y '96 el 50% las granjas que utili-

Tabla 9. Porcentajes de mortalidad de camarón originados por enfermedades

Año	Rango (%)
1992	40
1993	80
1994	30 - 80
1995	30 - 100
1996	36 - 100

zaron organismos silvestres como fuente de abasto de postlarvas fueron las más afectadas por las enfermedades (Figura 19).



1= Cal, 2= Alimento medicado, 3= Cloro, 4= Cal y Alimento medicado, 5= Cal y vacuna, 6= Alimento medicado y vacuna, 7= Cal, vacuna y Alimento medicado, 8= Vacunas, 9= Ninguno

Figura 18. Tratamientos comúnmente utilizados en granjas de camarón para el control de enfermedades de origen viral y bacteriano.

Por otra parte, de acuerdo al origen geográfico de extracción de postlarvas silvestres se observó que en los últimos tres años las zonas de Bahía de Ceuta, Baluarte, Teacapán, San Blas, Huatabampo y Chiapas son los principales sitios de colecta coincidentes con cultivos cuyos organismos estuvieron enfermos (Figura 20). La Bahía de Ceuta coincidió en un 54.44% para el año '95, debido esto posiblemente a que es uno de las principales zonas de colecta, al igual que San Blas y Teacapán. Al igual en que el caso de los laboratorios existieron reportes de granjas cuyos sitios de extracción fueron Bahía de Ceuta, San Blas, Teacapán y Chametla y que no presentaron problemas de enfermedad.

De acuerdo a la incidencia de enfermedades y su relación con el uso del suelo de las zonas aledañas a las granjas se observó que cuando estas se encuentran en áreas cercanas a los cultivos agrícolas la frecuencia de enfermedades de incrementa.

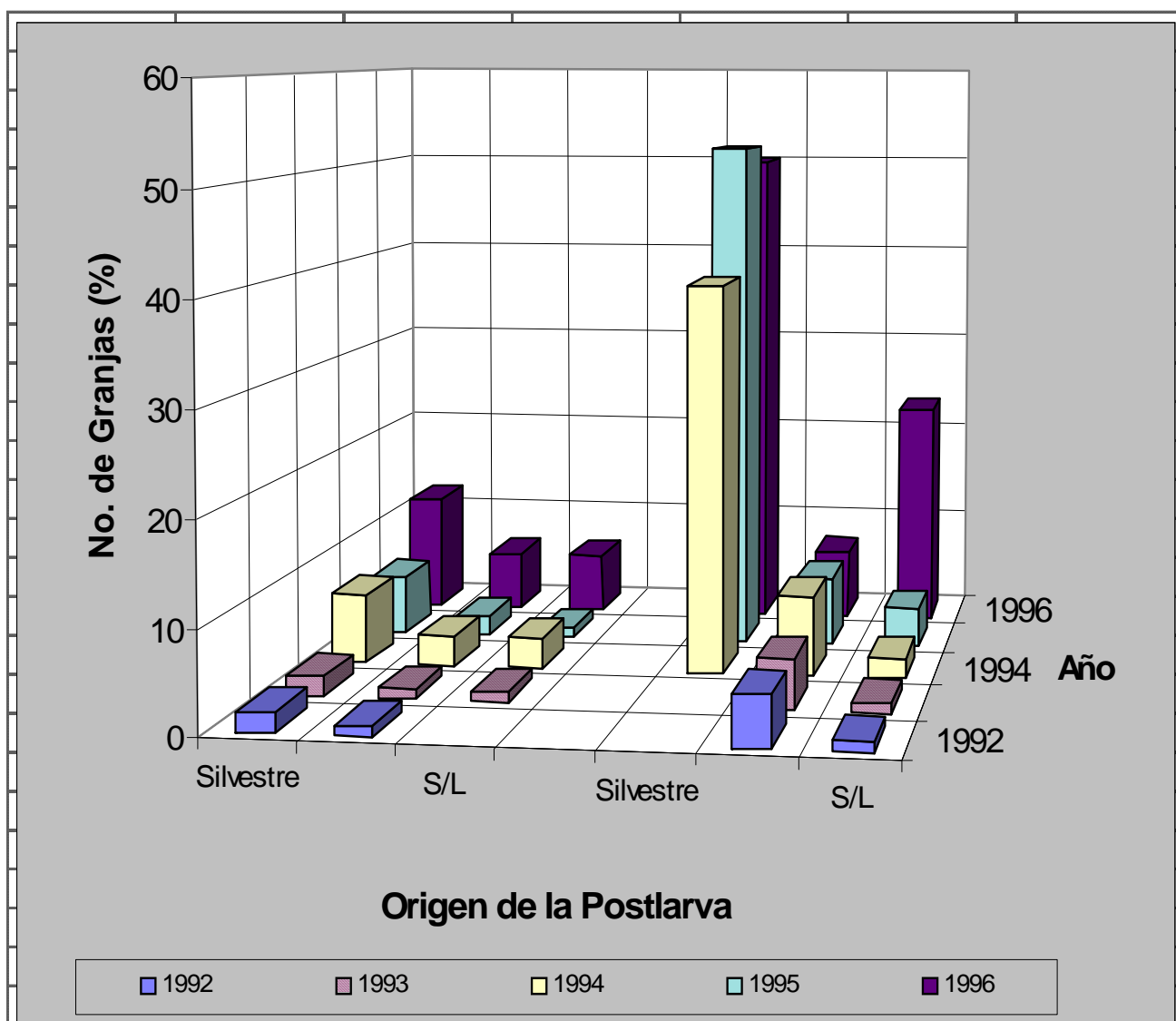


Figura 19. Relación entre el número de granjas que reportaron organismos sanos y enfermos en sus cultivos de acuerdo al origen de las postlarvas.

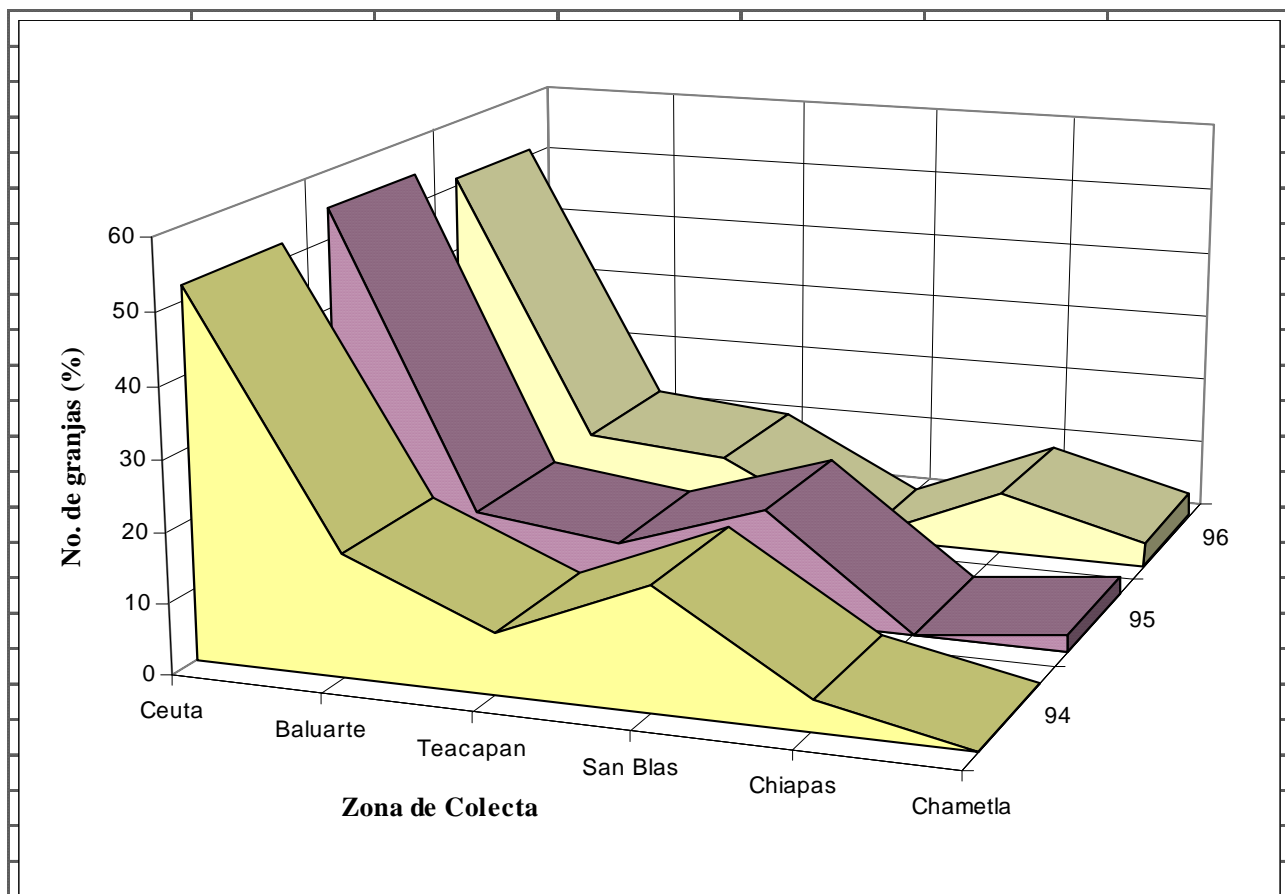


Figura 20. Relación entre el origen geográfico de postlarvas silvestres y la presencia de enfermedades en granjas de camarón.

La Tabla 10 muestra en valores porcentuales los diferentes usos de suelo en los cinco estados del país encuestados con relación a la presencia o no de enfermedades en las granjas, dentro de la categoría de otros incluye áreas tales como manglar, pastizales, desierto y marismas principalmente. Asimismo se calculó a nivel nacional esta misma relación observándose claramente una fuerte tendencia a las enfermedades en aquellas granjas que tienen cultivos agrícolas en sus alrededores (Figura 21), siendo los más comunes los de maíz, frijol, cártamo, sorgo, chile, tomate, jitomate, trigo, mango y coco.

Tabla 10. Relación entre la presencia de enfermedades y el uso del suelo aledaño a las granjas de camarón.

<i>Estado</i>	<i>n</i>	Agrícola	Acuícola	Ganadero	Otro
SONORA	9				
Sin enfermedad		33.4	11.1	11.1	22.2
Con enfermedad			11.1	11.1	
SINALOA	70				
Con enfermedad	61	60	13	4.3	10
Sin enfermedad	9	2.8	5.7	1.4	2.8
NAYARIT	23				
Con enfermedad	21	34.9	4.3	8.7	43.5
Sin enfermedad	2	4.3			4.3
CHIAPAS	3				
Con enfermedad	0				
Sin enfermedad	3			100	
TAMAULIPAS	5				
Con enfermedad	1	20			
Sin enfermedad	4			60	20

Finalmente, en la Figura 22 se aprecia claramente el impacto que las enfermedades han tenido en la producción de camarón por acuacultura, teniendo un crecimiento no proporcional al número de granjas que se han incrementado en los últimos dos años.

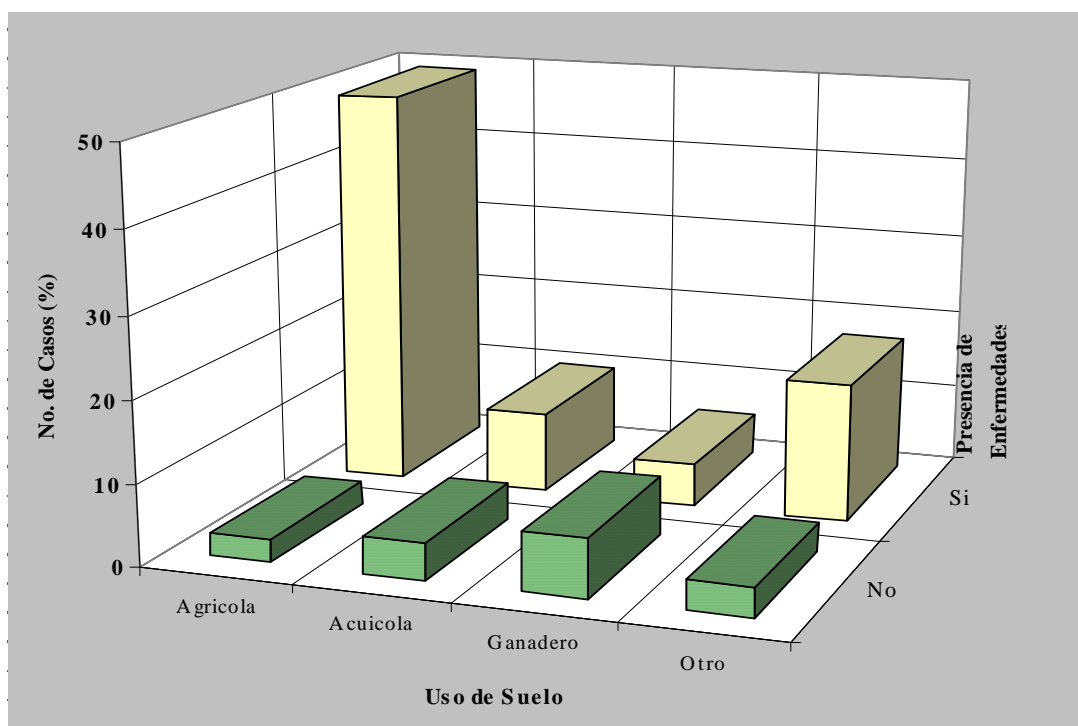


Figura 21. Relación entre la presencia de enfermedades y el uso del suelo aledaño a las granjas de camarón.

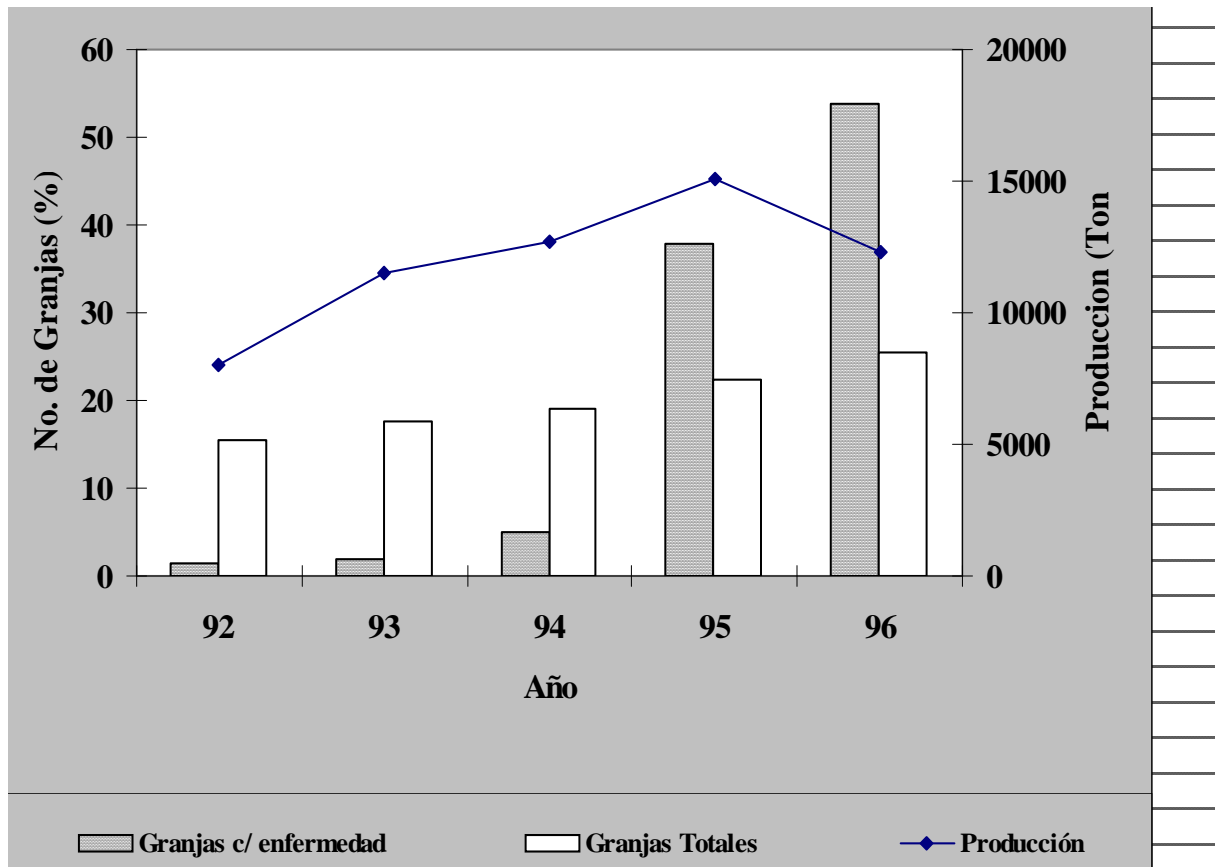


Figura 22. Evolución histórica de la presencia de enfermedades, No. de granjas y producción (ton), durante el periodo 1992-1996, en los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Tamaulipas.

5.1. APARICIÓN DE NUEVOS PATÓGENOS DE ORIGEN ASIÁTICO EN EL CAMARÓN

Las enfermedades causadas por virus nativos de América han golpeado fuertemente la producción acuícola de camarón en nuestro país, sin embargo, el daño que pueden causar los virus exóticos de origen asiático como son los causantes del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV) y del Síndrome de la Cabeza Amarilla (YHV) pueden ser graves, debido a que los mecanismos de defensa de las especies nativas de camarón no los reconocen.

5.1.1. ANTEDECENTES GENERALES SOBRE LA DISPERSIÓN DE ENFERMEDADES VIRALES DE CAMARÓN

Uno de los principales factores que favorecen la dispersión de enfermedades en la camaronicultura de México es la limitada producción de postlarvas de laboratorio, que genera en consecuencia una alta dependencia de postlarvas y reproductores silvestres o de la importación de postlarvas y reproductores desde otros países cuyo estado sanitario no está totalmente garantizado y que en particular Fegan et al. (1999) definen como la principal vía de introducción de agentes patógenos y enfermedades.

De acuerdo con la legislación mexicana, la importación de organismos para la acuacultura requiere de un certificado sanitario de origen, el cual en muchos casos se expide por laboratorios que adolecen de los equipos necesarios para un correcto diagnóstico de enfermedades certificables. Aunado a esto, la gran mayoría de las granjas del país no cuentan con unidades de cuarentena y con infraestructura que garantice la inocuidad de las aguas de desecho.

Un ejemplo patente que manifiesta la rápida dispersión de agentes patógenos a través de la actividad acuícola es el caso de la enfermedad del Síndrome de Taura, detectada por primera vez en Ecuador a mediados de 1992. Para el siguiente año, 1993, la enfermedad fue reportada en Perú y Colombia, y para 1994 ya estaba presente en Honduras, Guatemala, El Salvador, E.U.A (Hawaii y Florida) y Brasil, reportándose en las costas de México a principios de 1995.

Los registros de producción de camarón por acuacultura en el estado de Sinaloa muestran que en 1996, debido al impacto de la "Enfermedad Similar al Síndrome de Taura" la producción decreció en un 31.2% respecto a 1995, que alcanzó 10,471 ton.

Las evidencias científicas disponibles en el mundo muestran la existencia y detección de al menos seis variantes del virus de la Mancha Blanca (WSSV) procedentes de seis regiones geográficas; China, India, Tailandia, Texas, Carolina del Sur y una última detectada en un Zoológico de los Estados Unidos de Améri-

ca, con los cuales Qiong et al (1999) realizaron infecciones experimentales que determinan el grado de patogenicidad usando el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* y el camarón rosado del Golfo de México *Farfantepenaeus duorarum*, este estudio experimental registró mortalidades rápidas acumuladas en el camarón blanco *L. vannamei* del 100% y en el camarón rosado *F. duorarum* del 35-60%, encontrando que el virus de Mancha Blanca proveniente de Texas resultó ser el más virulento.

Asimismo, los virus de la mancha blanca y de la cabeza amarilla han sido reportados desde 1995 en las granjas de cultivo del estado de Texas causando altas mortalidades, lo cual ha sido confirmado mediante estudios de infectividad, microscopía de transmisión electrónica (TEM) y reacción en cadena de la polimerasa (PCR) realizados por Nunan et al (1998) lo cual mostró que otra posible vía de introducción de estas enfermedades virales a los Estados Unidos de América es a través de la importación de camarón congelado.

Durante la Reunión del Programa Nacional de Sanidad Acuícola organizado por la DGA, en octubre de 1998, Garza y colaboradores (Univ. Tamaulipas) reportaron la presencia del virus del Síndrome de Taura y del *Baculovirus penaei* en camarón blanco (*L. vannamei*) y camarón azul (*L. stylirostris*) del Pacífico en organismos que actualmente se cultivan en granjas del estado de Tamaulipas en el Golfo de México, así como en camarón blanco en las costas del Golfo de México.

Por otro lado, resultados del análisis efectuado en muestras de camarón colectadas desde diciembre de 1997 por el Instituto Nacional de la Pesca de la especie *L. vannamei* cultivado en granjas del Golfo de México, muestran la presencia de anormalidades y malformaciones debidas a agentes patógenos y alteraciones congénitas (INP, 1999). Asimismo, se observó la presencia del virus IHHNV procedente del litoral Pacífico en muestras de camarón blanco del Golfo de México (*L. setiferus*), camarón café (*F. aztecus*) y camarón rosado (*F. duorarum*) del Golfo de México (INP, 1999).

5.2. PRESENCIA DEL VIRUS DE LA MANCHA BLANCA (WSSV) EN MÉXICO.

No obstante que las enfermedades causadas por virus nativos de América han golpeado fuertemente la producción camaronícola en nuestro país, la presencia de los virus exóticos de origen asiático causantes de los Síndromes de la Mancha Blanca (WSBV) y de la Cabeza Amarilla (YHV) pueden llegar a tener un impacto devastador, debido a que los mecanismos de defensa de los camarones americanos no los reconocen.

El Síndrome de la Mancha Blanca fue reportado por primera vez en 1992 en Taiwan y el Noroeste de China. Durante 1994 y 1995 se extendió a Tailandia, In-

dia, Japón, Corea y posteriormente a Texas, USA. En los primeros meses de 1999 se reportó la presencia de esta enfermedad en países de Centroamérica como Honduras, Nicaragua y Guatemala, y para mediados del año ya se encontraba en Ecuador, motivo por el cual SEMARNAP publicó la NOM-EM-001-PESC-1999 para prevenir su introducción a México.

Por otro lado, el Departamento de Vida Silvestre y Recursos Naturales de Carolina del Sur, USA, ha clasificado al virus causante de la Enfermedad de la Mancha Blanca en la Categoría I, como un patógeno de riesgo potencial de re-infección o amplificación de prevalencia en poblaciones silvestres infectados a partir de brotes agudos en instalaciones camaronícolas, sin que hasta el momento existan tratamientos para su prevención y control.

Durante el Taller sobre Manejo de Virus en Camarón celebrado en Nueva Orleans, USA, en julio de 1998, el Dr. Paul Sandifer mencionó que en 1997 detectaron la presencia de las Enfermedades de la Cabeza Amarilla (YHV) y de la Mancha Blanca (WSSV) en granjas de Carolina del Sur e incluso, en 1998, se detectaron casos positivos de Mancha Blanca en cultivos de *L. vannamei*, así como en organismos silvestres de *L. setiferus*.

Más grave aún es el hecho de que el mismo Dr. Sandifer detectó el material genético del WSSV en muestras de otros crustáceos silvestres en la misma región, tales como en el camarón *Palaemonetes sp.* y algunos cangrejos como *Uca spp.*, *Callinectes sapidus* y *Menippe mercenaria*.

Los participantes del mencionado Taller determinaron como las posibles vías de transmisión y dispersión de agentes virales las siguientes:

- a) La introducción de postlarvas y/o reproductores.
- b) Fuga de organismos de las unidades de producción.
- c) Desbordamiento de los estanques por tormentas y huracanes .
- d) Efluentes contaminados con partículas virales vertidos a cuerpos de agua.
- e) Residuos sólidos de camarón contaminados en plantas procesadoras (maquiladoras).
- f) Deficiente métodos y técnicas de desinfección de estanques.
- g) Transporte de producto fresco-congelado para su procesamiento.
- h) Uso alternativo de camarón infectado para carnada.

Durante el Seminario sobre Patología y Bio-Seguridad, realizado en Mazatlán, Sinaloa, México, en junio de 1999, el Dr. Daniel Fegan, quien es un especialista que ha trabajado con cultivos de camarón contaminado con la Enfermedad de la Mancha Blanca en Asia, señaló como los factores más importantes detonantes de la enfermedad a: la temporada de lluvias, altas salinidades y postlar-

vas infectadas, efectos que pueden potenciarse con la presencia de huracanes y ciclones.

5.3. ACCIONES PARA CONTENER LA DISPERSIÓN DE ENFERMEDADES DE ORIGEN EXÓTICO EN LOS CULTIVOS DE LOS PAÍSES LATINOAMERICANOS.

Considerando los graves impactos que se han generado por la aparición de las enfermedades de la Mancha Blanca y posiblemente la de la cabeza amarilla de origen asiático en los cultivos de los países latinoamericanos, con el apoyo de la FAO se han realizado varias actividades tanto en países de Asia como de Latinoamérica.

Una de las acciones más recientes del Gobierno Mexicano a través de la SEMARNAP y el Instituto Nacional de la Pesca, fue la celebración del Taller Internacional “Movimiento Transfronterizo de Patógenos de Animales Acuáticos y Estándarización de Técnicas en Sanidad Acuícola”, Puerto Vallarta, Jalisco, del 24 al 28 de Julio de 2000. En esta reunión participaron 14 países americanos y representantes de 4 organismos internacionales: OIE; FAO; NACA y APEC.

Con el propósito de alcanzar los objetivos del taller, el trabajo se realizó mediante tres grupos de trabajo:

- Grupo 1. Diagnóstico de enfermedades y monitoreo de patógenos, en donde participaron 16 personas de 9 países diferentes.
- Grupo 2. El marco regulatorio, normas y legislaciones, en donde participaron 18 personas de 12 países diferentes.
- Grupo 3. Colaboración entre el gobierno y la industria privada, en donde participaron 18 personas de 6 países diferentes.

Con ello se logró identificar los mecanismos que han sido exitosos en la aplicación de los diferentes procedimientos en cada tema, se analizó la información que cada país proporcione y las recomendaciones de los anteriores talleres desarrollados en los temas; usando el conocimiento de los expertos y de la experiencia de los miembros del grupo para identificar y desarrollar las bases principales para programas nacionales y regionales; y por último, se identificaron los requerimientos de las áreas para su mejora, en términos de necesidades de infraestructura, investigación, capacidad instalada, entrenamiento etc, con lo cual se procedió a hacer las recomendaciones para incorporar un plan de acción sobre las posibles actividades para las estrategias e intervenciones que mejoren los procedimientos y protocolos a corto, mediano y largo plazo, de los diferentes temas.

Las recomendaciones para el plan de acción quedaron dirigidas de la siguiente forma:

- Las acciones requeridas a corto, mediano y largo plazo nivel nacional, regional interregional
- Recomendaciones a APEC en cooperación interregional
- Recomendaciones para la cooperación regional dentro del continente Americano
- Recomendaciones generales en acciones potenciales a seguir para ser implementadas por las organizaciones de FAO, NACA y OIE.

A continuación se presentan de manera general algunos de los aspectos más relevantes, conclusiones y recomendaciones de cada una de las mesas de trabajo del taller :

5.3.1. GRUPO DE TRABAJO NO. 1

DIAGNOSIS DE ENFERMEDADES Y MONITOREO DE PATÓGENOS

Capacidad de diagnóstico

- Existen diferentes niveles de capacidad en los diferentes países.
- La capacidad en algunos países es solo de nivel básico.
- El sector privado ha tenido actividad en la adopción de altos niveles de capacidad.

Técnicas moleculares

- Uso de PCR para analizar y certificar calidad de postlarvas.
- La capacidad de análisis de la técnica PCR algunas veces está disponible, pero se lleva a cabo en laboratorios que están en otros lugares.
- Hasta el momento están en uso 3 métodos de PCR diferentes.
- Algunos aspectos de PCR no son confiables debido a la falta de entrenamiento apropiado.
- Es necesario discutir la estandarización regional / armonización de pruebas de PCR, particularmente para la certificación de postlarvas para exportación o almacenaje.
- Sería de gran utilidad realizar un taller regional para discutir la estandarización / armonización de los métodos de prueba de PCR.

Histopatología

- La histopatología está en su mayor parte estandarizada para peces, camarones y moluscos.

- El manual del Dr. Donald Lightner es la referencia estándar para enfermedades en camarón.
- Están en uso algunas modificaciones de dicho manual y mejoras en otros centros de trabajo.
- Un boletín regional en forma regular, auxiliaría a la comunicación de mejora de protocolos.

Manejo

- Un efectivo manejo sanitario no puede ser llevado a cabo sólo con diagnósticos.
- Para ser efectivas, las capacidades de diagnóstico deben ser relacionadas con otros aspectos de manejo sanitario de animales acuáticos.
- Existe una carencia de literatura publicada y material de referencia en español.

Domesticación

- El estado de salud de los reproductores es más confiable.
- En la mayoría de los países, la domesticación de reproductores es poca o no existe.
- Es común el uso de postlarvas provenientes de reproductores domesticados para apoyar el esfuerzo de manejo de enfermedades.

5.3.2. GRUPO DE TRABAJO NO. 2 MARCO REGULATORIO, NORMAS Y LEGISLACIONES.

Política y legislación nacional

- La política y legislación nacional en relación con la acuicultura deben tomar en cuenta aspectos ambientales, salud acuática, salud pública y seguridad alimentaria.
- La legislación nacional debe dar lugar a un control en el uso de quimioterapéuticos y cualquier otra sustancia (antibióticos, pesticidas, productos naturales, etc.), usados en acuicultura, para evitar el uso indiscriminado que pueda perjudicar la salud o provocar riesgos ambientales.
- Los gobiernos deben revisar la efectividad de la legislación nacional para el control de la sanidad de organismos acuáticos, para garantizar la consulta completa entre todas las agencias con responsabilidad en el campo de la identificación y corrección de cualquier deficiencia o conflicto.
- Los gobiernos necesitan establecer estrategias nacionales para el manejo sanitario de organismos acuáticos que deben incluir aspectos como las líneas generales en las: FAO/NACA Pautas Técnicas Regionales de Asia

en el manejo sanitario para el movimiento responsable de organismos acuáticos vivos.

5.3.3. GRUPO DE TRABAJO NO. 3 COLABORACIÓN ENTRE EL GOBIERNO Y LA INDUSTRIA PRIVADA

Acciones identificadas

- Desarrollo de un sistema para el movimiento transfronterizo de organismos acuáticos.
- Establecimiento de una o más organizaciones regionales en América para mejorar la participación gobierno-sector privado.
- Incrementar el perfil de la acuicultura en organizaciones intergubernamentales existentes en las Américas.

Sistema para el movimiento transfronterizo seguro de organismos acuáticos

Acciones a corto plazo

- Construir conciencia del impacto e implicaciones de la carencia del sistema.
- Establecer contactos con las delegaciones nacionales de la OIE.
- Revisar el papel del sector privado en los sistemas existentes.
- Evaluar la capacidad actual e identificar necesidades futuras.
- Revisar los datos disponibles para apoyar en el desarrollo del sistema.
- Entrenamiento en los derechos y obligaciones en WTO, SPS y OIE.

Acciones a mediano plazo

- Establecer proyectos en componentes relevantes del sistema
- Plan de acción para desarrollar el sistema de reporte regional

Acciones a largo plazo

- Implementar y establecer un reporte regional armonizado y sistema de certificación.
- Programa de entrenamiento regional en problemas de sanidad de organismos acuáticos.
- Establecer laboratorios regionales de referencia o centros de excelencia para sanidad de organismos acuáticos.

Establecimiento de organizaciones regionales

Acciones a corto plazo

- Reunión en octubre para discutir participación (H.C.)
- Contactar a IICA, OIRSA y otros organismos para discutir la participación (Gobiernos nacionales).
- Obtener información sobre organizaciones existentes (p. ej. NACA) como un modelo.

Acciones a mediano plazo

- Identificar proyectos individuales de colaboración.
- Acercarse a fuentes de soporte técnico y financiamiento.

Acciones a largo plazo

- Creación de organizaciones.
- Establecimiento de reuniones regulares.
- Cooperación interregional y cooperación sur sur

6. FACTORES QUE INCIDEN EN LA CONDICIÓN SANITARIA DEL CULTIVO

6.1. ABASTECIMIENTO DE POSTLARVAS SILVESTRES PARA LAS GRANJAS DE CULTIVO

En la actualidad, el abastecimiento de insumos silvestres para la engorda de camarón se ha visto reducido de una manera drástica. Lo anterior producto de la aparición de enfermedades en camarón, algunas incluso de origen asiático, situación que provoca incertidumbre principalmente si se toma en cuenta la imposibilidad de verificar la calidad sanitaria de los insumos silvestres colectados. En ese sentido los productores acuícolas han tomado clara conciencia de que los mejores insumos para realizar la actividad debe basarse en la calidad de la postlarva y su condición sanitaria, lo cual es posible mediante la producción de postlarvas en laboratorios.

La industria camaronícola mexicana ha pasado de un abastecimiento de insumos silvestres en sus primeros años de instalación de infraestructura camaronícola a un abastecimiento amplio desde los laboratorios de producción en los últimos dos años.

Al inicio de la actividad se dotaba casi en su totalidad de insumos silvestres con consumos que llegaron a demandar más de 6 mil millones de postlarvas para

cubrir los requerimientos de las granjas. En la actualidad la evolución propia de esta actividad ha generado un abastecimiento garantizado desde los laboratorios de producción de postlarvas y a través de procesos intermedios con la engorda de nauplio de camarón.

Parte de la historia de aprovechamiento de insumos silvestres se tradujo en la necesidad de elaboración de una Norma Oficial Mexicana para regular su colecta y reducir los posibles conflictos entre los sectores pesqueros y acuícolas, ya que en esos años de colecta masiva llevó a propiciar disgustos entre pescadores y acuacultores.

La normatividad establecida contiene las disposiciones para la captura de postlarvas silvestres de camarón para el cultivo, destacando que ésta se debe de realizar entre la línea de playa y la zona de rompiente, a una distancia mínima de 2.5 Km de las bocas-barras de los estuarios y/o lagunas litorales. De esto se tienen algunas excepciones, como en el caso de la Bahía de Ceuta en el Estado de Sinaloa, en donde se permite la colecta en el interior de este cuerpo de agua costero, debido a la inviabilidad de desarrollo de las postlarvas que penetran a la bahía. En lo referente a la composición de especies en la colecta, ésta deberá contener un mínimo de 70% de camarón blanco del Pacífico, *L. vannamei*.

En la temporada de 1997 se autorizó una colecta total aproximada de tres mil millones de postlarvas, en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit, con base en la solicitud global estimada por la Dirección General de Acuacultura.

Producto de la tendencia citada se intensificaron las acciones de fomento y promoción para disminuir la dependencia de postlarvas y reproductores de camarón de origen silvestre mediante:

- a) La optimización de la infraestructura existente de laboratorios productores de postlarvas de camarón.
- b) El desarrollo de estrategias para cerrar el ciclo de cultivo, es decir, no depender de reproductores de origen silvestre. Fomentando la maduración en cautiverio de reproductores de camarón.
- c) Incentivando la construcción de más laboratorios de producción de postlarvas con la tecnología de punta existente en el mundo
- d) Fomentando a la instalación de instalaciones para la engorda de nauplio de camarón.
- e) Produciendo líneas de reproductores de camarón seleccionados genéticamente y resistentes a enfermedades.

- f) Promover las buenas prácticas de manejo sanitario en los laboratorios productores de larvas y postlarvas aplicando los sistemas HACCP para acuicultura, con lo cual se pueda reducir al máximo la colecta de postlarva silvestre.
- g) Evitar en lo posible la movilización de organismos provenientes del Océano Pacífico hacia el Golfo de México, incentivando la producción de larvas en laboratorio en la vertiente del Golfo y fomentando la certificación sanitaria de los productos vivos y buenas prácticas de manejo sanitario.

6.2. ESQUEMAS DE MANEJO EN EL CULTIVO

De acuerdo a la información proporcionada por los responsables de las granjas de camarón al Instituto Nacional de la Pesca durante los ejercicios de encuesta practicadas, se puede mencionar que la presencia de enfermedades se incrementó de manera notable en los últimos años afectando no solo la producción y la oferta del producto sino también la economía de toda la cadena productiva de este recurso.

Dentro de los tratamientos que se han aplicado para el control de enfermedades se encuentran desde los más tradicionales como es el uso del Hidróxido de Calcio, sin embargo, dado los pobres resultados y la incertidumbre de su uso, a partir del año '96 se incrementó el uso de antibióticos y se inicio a escala de producción el uso de inmunoestimulantes. Lo anterior ha significado generar impactos adversos a las propias empresas camaronícolas, si se considera que el uso inadecuado de antibióticos genera resistencias e ineffectividad de dichos medicamentos.

Asimismo, en materia de investigación sobre patología de camarón se ha ligado de una manera cada vez mas estrecha al interés del sector productivo por conservar la salud de sus organismos, motivando la generación y aplicación de recursos federales para la investigación, entre ellos los del Consejo nacional de Ciencia y Tecnología a través del Sistema Regional de Investigación para llevar a cabo diferentes líneas de investigación que orienten sus resultados a detener y minimizar el impacto de las enfermedades.

No obstante estos esfuerzos arriba señalados, la afectación derivada de los patógenos y enfermedades en el cultivo de camarón es una situación de carácter mundial, misma que ha ocasionado graves pérdidas económicas. Por ello, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación ha realizado diversos talleres de expertos y actividades encaminadas a promover mecanismos que disminuyan los riesgos de las enfermedades, evitando la introducción de especies foráneas, movilización de organismos, prevención y detección tem-

prana de las enfermedades, estandarización de técnicas de evaluación y diagnóstico sanitario entre otras.

En relación al uso de antibióticos, es importante mencionar que en nuestro país se han utilizando en forma indiscriminada diferentes tipos de estos medicamentos para el control de enfermedades, que en muchos casos no corresponden al tratamiento ni a las dosis más adecuadas para controlar la enfermedad, lo cual no sólo está generando resistencia y conductas atípicas por parte de los agentes patógenos, sino que de no utilizarse adecuadamente ponen en riesgo la salud del consumidor.

De lo anterior se desprende la detección de empleo de medicamentos no autorizados por la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos de América (FDA), que si bien esta no tiene una jurisdicción en México, es una herramienta que debemos de considerar debido a lo limitado de nuestra regulación nacional en esta línea, ya que de acuerdo a las investigaciones y estudios realizados por la FDA muchas de las drogas y medicamentos utilizados en la acuacultura de no usarse adecuadamente ponen el riesgo la salud de los organismos en cultivo, silvestres y la del propio ser humano.

Con respecto al cuidado de parte de los acuacultores para evitar la introducción de enfermedades a sus cultivos, se determinó que en general antes de iniciar los ciclos de cultivo éstos deben ser sujetos a un proceso de secado, encañando y rastreando los estanques como medida profiláctica.

El incremento en la presencia de enfermedades en las granjas de camarón desde un 1.5% hasta un 53% en los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Tamaulipas en los últimos cinco años, nos conduce a reflexionar sobre los factores y/o condiciones que contribuyen al desarrollo y dispersión de éstas, en las que participan en diferente grado el manejo de la postlarva, tipo y técnica de alimentación, drogas y medicamentos utilizados, calidad del agua y manejo del cultivo, entre otros, para lo cual se requiere realizar estudios más específicos para conocer la participación de las mismas para la presencia de enfermedades.

Un aspecto más que se puede considerar como fundamental para vislumbrar los factores que participan como activadores de las enfermedades de camarón son el conocer el uso del suelo de las áreas aledañas a las granjas de camarón. A este respecto, se observó una notable relación entre suelos de tipo agrícola y la presencia de enfermedades, esto en un elemento más para estudiar el tipo y dosis de agroquímicos que se están utilizando en estos cultivos pasando desde los fungicidas, insecticidas, herbicidas, fertilizantes, etc., ya que muchos de estos no son biodegradables y son altamente tóxicos, acumulándose directamente en el suelo y cuerpos de agua e indirectamente en los organismos que viven estos hábitats.

Cabe mencionar que es necesario establecer si existe alguna relación entre las granjas con incidencia de enfermedades y el origen de las postlarvas, de acuerdo a la relación granja-laboratorio, toda vez que mientras que en los laboratorios no se detectan signos de presencia de enfermedades, en algunas granjas se presentan problemas sanitarios que son producidos por un mal manejo y condiciones adversas a la salud de los organismos en cultivo.

Por ello es necesario realizar visitas de reconocimiento a los principales laboratorios productores de postlarvas, además de tomar muestras de organismos para su análisis sanitario y contar de esta manera con elementos sólidos para evaluar esta vía como posible vector de enfermedades.

Un aspecto fundamental que se tiene que considerar es el apoyar estudios que permitan tener un dominio de la tecnología de cultivo que permita a los laboratorios el manejar ciclos de cultivo cerrados para evitar la dependencia de reproductores silvestres que pueden actuar como portadores de enfermedades transmisibles a su descendencia.

En relación a las postlarvas silvestres, fue notable la incidencia de enfermedades en organismos provenientes de Bahía de Ceuta, Baluarte, Teacapán, San Blas, Huatabampo y Chiapas, sin embargo, al igual que los organismos de laboratorio se registraron casos en los cuales las fuentes de extracción fueron los sitios anteriormente señalados, pero no se presentaron problemas de enfermedad, lo que hace reflexionar en lo siguiente:

- los organismos al estar infectados de origen funcionan como portadores de la enfermedad, que al encontrarse en determinadas condiciones de cautiverio hacen que las enfermedades se manifiesten,
- pueden ser organismos saludables de origen que se infectan a través de aguas contaminadas por el patógeno o a través de otro vector biológico y/o
- la muestra colectada está libre de patógenos pero sin embargo éstos están presentes en el medio silvestre.

Para comprobar estos supuestos es necesaria la investigación sanitaria de los organismos silvestres tanto en su medio natural como en cautiverio en sus diferentes etapas de desarrollo, lo que permitiría discriminar o confirmar los supuestos antes señalados, y contar con los sustentos técnicos y científicos que permitan conocer el porqué en ciertas regiones existen o no enfermedades.

Dentro de este rubro cabe citar los comentarios y observaciones que investigadores en sanidad acuícola y representantes de la industria camaronera expresaron en el “Taller Binacional sobre Estandarización de Técnicas y Métodos de Diagnóstico de Enfermedades de Camarón” (celebrado los días 23 y 24 de agos-

to de 1998 en la Cd. de Mazatlán, Sin.), sobre la necesidad de realizar una revisión detallada de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) con el objeto de resaltar los aspectos importantes a normar, eliminando y/o actualizando los criterios de evaluación, a través de una coparticipación entre el sector académico, productivo y federal para la formulación y revisión de las mismas.

Asimismo, se comentó de que algunos procesos de la investigación no es conveniente normar como sucede con el caso de las técnicas y métodos de diagnóstico de enfermedades, que por estar en constante desarrollo limita en cierto grado su aplicación, siendo más conveniente tender hacia la certificación de técnicas, equipo, personal y de laboratorios, no siendo así para áreas como la de alimentos e insumos para la acuacultura en las que las NOM son una herramienta esencial.

Finalmente, cabe señalar que el proceso de revisión y formulación de NOM es una herramienta legal que permite regular la actividad. Entre las NOM en materia de sanidad acuícola vigentes se encuentran sólo las siguientes:

- NOM-010-PESC-1993. Que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos destinados a la acuacultura y ornato en el territorio nacional.
- NOM-011-PESC-1993. Para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura y ornato en los Estados Unidos Mexicanos.
- NOM-EM-003-PESC-2000, Que establece los requisitos para determinar la presencia de enfermedades virales de crustáceos acuáticos vivos, muertos, sus productos o subproductos en cualquier presentación y artemia (*Artemia spp*), para su introducción al territorio nacional y movilización en el mismo.

Asimismo, se encuentran en proceso de revisión desde los años 1993 y 1994 los siguientes proyectos:

- Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-020-PESC-1993, que acredita las técnicas para la identificación de agentes patógenos causales de enfermedades en los organismos acuáticos cultivados, silvestres y de ornato en México.
- Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-021-PESC-1994. Que regula los alimentos balanceados, los ingredientes para su elaboración y los productos alimenticios no convencionales, utilizados en la acuacultura y el ornato importados y nacionales, para su comercialización y consumo en la República Mexicana.

- Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-022-PESC-1994, que establece las regulaciones de higiene y su control, así como la aplicación del sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en las instalaciones y procesos de las granjas acuícolas.

Y se tiene programada la elaboración de los anteproyectos de NOM, también desde el año 1995:

- Regulación para aprobar y registrar las sustancias químicas, fármacos y otros compuestos, usos, dosis y modos de aplicación para el tratamiento de enfermedades que afectan a los organismos acuáticos cultivados y de ornato en el territorio nacional.
- Requisitos sanitarios para la operación de laboratorios e instalaciones acuícolas productoras de las primeras fases de desarrollo, incluidos los gametos de peces, moluscos y crustáceos destinados a la acuicultura y el ornato en el territorio nacional.
- Regulación de los aspectos genéticos en especies acuícolas, fundamentalmente lo referente a genes transgénicos, triploidías, mejoramiento genético, manejo y mantenimiento de estos lotes.

Otro proyecto de NOM relativo al uso, conservación y restauración de los Humedales costeros fue publicado el 6 de octubre del año 2000 por la Subsecretaría de Recursos Naturales de SEMARNAP, en donde se advierten las relaciones de uso del suelo y humedales costeros, lo cual podría coadyuvar a establecer un ordenamiento y planeación de crecimiento de las granjas de camarón.

7. ELEMENTOS DE ORIENTACIÓN Y FOMENTO PARA EL DESARROLLO DEL SECTOR CAMARONÍCOLA EN MÉXICO.

Considerando el incremento productivo desplegado por el cultivo de camarón en México, y en virtud de la baja productividad de las capturas pesqueras del mismo recurso, es necesario reflexionar sobre las necesidades mas apremiantes del sector camaronícola, con el fin de que su desarrollo en los próximos 20 años se realice de manera armoniosa y responsable.

El uso de los ecosistemas costeros, lagunas costeras, marismas y áreas alejadas son sin duda un patrimonio ecológico de gran valor, ya que en ellas se realizan procesos importantísimos para la reproducción, crianza y alimentación de un vasto número de especies de peces, crustáceos y moluscos de valor comercial y otros que aunque no son aprovechados juegan un papel muy importante en la cadena trófica de dichos ecosistemas. Por ello los mecanismos de ordenamiento territorial costero y la correcta planeación de crecimiento del sector deberá ser tomada en cuenta con sumo cuidado.

En los siguientes apartados se abordan dichas herramientas y requerimientos en los rubros de fomento y promoción, ordenamiento, investigación científica y desarrollo tecnológico, normas, regulaciones, control e información, disponibilidad de servicios, capacitación y apoyo técnico.

7.1. POLÍTICAS SECTORIALES

7.1.1. POLÍTICAS DE FOMENTO AL CRECIMIENTO DEL SECTOR

- Dirigir las políticas de crecimiento del sector en función de la disponibilidad de servicios e insumos.
- Determinación del universo de crecimiento de la actividad (territorial bajo criterios de carácter ecosistémico, geográfico, social y económico).
- Determinación de la capacidad de carga de los ecosistemas costeros y lagunarios adyacentes a las granjas instaladas, definiendo el máximo de infraestructura, tamaño, intensidad de cultivo y operación.
- Actualización permanente de la capacidad productiva instalada actual (con y sin registro oficial).
- Fomento a la operación productiva bajo esquemas de buenas prácticas de manejo y conducta responsable.
- Determinación del potencial de prestación de servicios y abasto de insumos clave (PL', Nauplios, Alimento, maquinaria y equipo, recursos humanos técnicos, servicios de diagnóstico sanitario, capacitación, extensión).
- Programa de fomento para operar los laboratorios de postlarva instalados al 100% de su capacidad y fomento a la construcción de laboratorios productores de postlarvas, para una disminución paulatina de la colecta

7.1.2. POLÍTICAS DE ORDENAMIENTO

- Solución definitiva a los conflictos intrasectoriales y disputas por el uso de postlarvas y reproductores (fomentando los laboratorios de ciclo cerrado).
- Definición del modelo de concesión y regulación apropiado a las necesidades de la actividad, reducción de tiempos de respuesta.
- Instalación limitada de granjas de acuerdo con la capacidad de carga de los ecosistemas costeros.
- Ordenamiento y uso de los recursos hídricos a nivel de cuenca hidrológica.
- Cumplimiento de la normatividad ambiental establecida.
- Implementar los sistemas de tratamiento de aguas de desecho a los ecosistemas lagunares adyacentes, evitando exceder la capacidad de carga de los mismos.
- Regulación de las descargas de las granjas camaronícolas y otros sectores productivos.
- Proponer programas de saneamiento ambiental en sitios selectos en la zona costera.

- Monitoreo continuo de la operación en forma global en la totalidad de las granjas.
- Regular de manera efectiva el uso de químicos y medicamentos.
- Regular la calidad de los alimentos artificiales, reduciendo aportaciones excesivas de residuos orgánicos al medio ambiente.

7.1.3. NORMATIVIDAD, CONTROL, INFORMACIÓN

- Reducción al máximo de uso de postlarvas silvestres, y mantener el control y observación de la calidad sanitaria de las poblaciones silvestres.
- Mejorar el sistema de aviso de cosecha y la generación de estadísticas confiables desde las granjas instaladas.
- Mejorar los sistemas de inspección y vigilancia en la zona costera, evitando la instalación ilegal de infraestructura acuícola.
- Aplicación de la normatividad sobre movilización y desplazamiento de especies a regiones geográficas distintas a las de su origen.
- Continuar con el conocimiento del impacto del desplazamiento y movilización geográfica de organismos entre ambas zonas litorales.
- Incrementar la información científica hacia los usuarios del sector de manera periódica sobre temas de desarrollo, crecimiento, selección, sanidad, genética, viabilidad y capacidad reproductiva, maduración, organismos resistentes entre otros.
- Elaborar un boletín periódico de información hacia el sector sobre las condiciones sanitarias de organismos silvestres y cultivados.
- Boletín informativo de la situación general y avances de la investigación sanitaria preventiva.
- Difusión de las publicaciones y resultados de investigación científica nacional e internacional, particularmente de los sistemas de cultivo y su manejo y de las condiciones sanitarias, prevención y control de las mismas.

7.2. DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS

7.2.1. TÉCNICOS

- Es necesario fomentar el involucramiento y el financiamiento a los centros de apoyo y desarrollo tecnológico en las regiones en donde se realiza la actividad de cultivo de camarón.
- Aumentar los centros de diagnóstico y laboratorios de análisis sanitario y calidad de agua en las regiones de mayor actividad sectorial.
- Incrementar los espacios para el fomento a la capacitación en manejo de postlarvas, reproductores y sistemas de cultivo.
- Aumentar la construcción de laboratorios de producción de postlarvas así como su eficiencia productiva, garantizando el abasto de insumos para el sector en tiempo real.

- Implementar de manera rutinaria y cotidiana la certificación sanitaria de postlarvas producidas en laboratorio.
- Fomentar la cultura de seguimiento y aplicación de normas de calidad durante el proceso productivo (norma HACCP).
- Mejorar la capacidad instalada de producción de alimentos de calidad.
- Determinar las regulaciones sobre el uso de antibióticos y medicamentos en los alimentos y otros productos destinados a la acuacultura.
- Mejorar los sistemas de transporte y manejo de postlarvas y reproductores asegurando mejores sobrevivencias.

7.2.2. FINANCIEROS

- Mejorar la información sobre la productividad del sector hacia las instituciones financieras, generando mayor certidumbre e imagen propositiva del mismo.
- Fomentar la seguridad financiera, y reducir la incertidumbre derivada de las enfermedades.
- Apoyar para reducir el costo de insumos en particular los de importación.
- Brindar asistencia técnica a los usuarios de manera apropiada para evitar los fracasos financieros y deterioro ambiental inherente por abandono.
- Fomentar al desarrollo tecnológico y reducción de la dependencia del tecnológica del extranjero.
- Mejorar los mecanismos de vinculación entre instituciones de investigación y con la cooperación de los acuacultores, fortaleciendo a los grupos locales de investigación.

7.3. PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

7.3.1. FINANCIAMIENTO

- Aumentar los fondos específicos para la investigación y desarrollo tecnológico del sector de la acuacultura, tanto de organizaciones nacionales del gobierno federal (CONACYT) como de las directamente involucradas en la promoción de la acuacultura de camarón, tanto estatales, civiles y financieras.
- Mejorar los mecanismos de participación del sector productivo hacia los programas de investigación requeridos.
- Ampliar el presupuesto destinado a investigación particularmente en dos áreas: sanidad y sistemas de reproducción y buenas practicas de cultivo y de manejo.
- Garantizar a los usuarios participantes y aportadores de recursos económicos de la aplicación de resultados de la investigación.

7.3.2. CAPACITACIÓN Y APOYO TÉCNICO

- Ampliar la capacitación sobre transporte, técnicas de manejo de postlarvas.
- Fomentar el apoyo técnico y la creación de centros de engorda de nauplios.
- Realización de talleres de actualización y capacitación a productores de camarón en los siguientes temas:
 - buenas practicas de manejo en estanquería de cultivo,
 - eficiencia de los sistemas de transporte de postlarvas,
 - aclimatación de postlarvas previa a la siembra,
 - métodos de alimentación y control en cultivo,
 - métodos de selección de reproductores,
 - análisis clínico para detección de enfermedades en cultivo y
 - métodos de análisis histopatológicos y moleculares.

8. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS

El análisis de la problemática arriba mencionada, permite sugerir una serie de medidas que podrían contribuir a lograr un desarrollo más eficiente de la camaronicultura en nuestro país, entre las que se encuentran:

- Capacitación y establecimiento de comisiones estatales con la participación de personal de los diferentes sectores gubernamentales encargados de normar la actividad para garantizar un esquema administrativo eficiente.
- Actualización del catastro de tenencia y regulación de la tierra en franjas costeras.
- Establecimiento de un programa de capacitación financiera que identifique indicadores económicos, que permitan dar seguimiento y evaluación a los proyectos en operación y financiamiento de las obras de construcción.
- Internalizar los costos ecológicos de las granjas camaroneras, que actualmente se consideran externalidades.
- Fomentar la creación de consultorías privadas y gubernamentales que den asesoría a los productores en todas las fases del proyecto, permitiéndoles que sean competitivos a nivel nacional e internacional.
- Establecimiento de centros demostrativos que realicen labores de capacitación y extensionismo en la construcción, manejo y operación de granjas y laboratorios.

- Coordinación de productores e investigadores para optimar los métodos de alimentación.
- Formulación de una norma que regule la calidad del alimento balanceado.
- Estímulos fiscales para el establecimiento de laboratorios productores de postlarvas de camarón.
- Establecimiento de un sistema de prevención por micro-regiones para el control de sanidad acuícola.
- Concretar el ordenamiento de la franja costera involucrando a los centros de investigación, productores, sector gubernamental y en general a los agentes económicos del sector, definiendo los espacios adecuados y evitando los problemas de impacto ambiental y conflictos de orden social.
- Realización de monitoreos permanentes que permitan controlar y cuantificar el impacto ambiental de la camaronicultura sobre los ecosistemas costeros.
- Fomento a la integración horizontal y vertical de los productores en el procesamiento postcosecha del camarón.
- Establecimiento de vías de divulgación en donde se conozca el estado de la actividad y se promueva el intercambio de información y experiencia dentro de la industria, tanto a nivel nacional como internacional.

8.1. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA CAMARONICULTURA SUSTENTABLE.

Se recomienda establecer los principios y elementos necesarios para la legislación relativa al cultivo de camarón. En donde el gobierno federal deberá establecer un marco legal adecuado, que de manera específica trate el tema de desarrollo camaronícola en la zona costera.

Para poder concretar lo anterior se deberá actuar mediante un proceso de participación con los usuarios y bajo los siguientes principios:

- La legislación para la acuacultura costera deberá contar con un marco legal relativo al manejo de las áreas costeras y deberá tener por resultado un proceso de consulta interdisciplinario con los usuarios;

- Fomentar que la legislación propuesta responda a las necesidades de corto plazo de la actividad y bajo un esquema de largo plazo que contribuya a mantener el equilibrio natural de los ecosistemas costeros;
- Asegurar que la legislación tienda a mejorar la calidad de vida de las comunidades locales y que el acceso a los recursos costeros no se vea afectado de manera negativa por el desarrollo de acuacultura en la zona costera;
- Actualizar y revisar las leyes existentes en materia de acuacultura costera incluyendo los mecanismos y tiempos de respuesta relativos a la emisión de permisos y restricciones, ya que la incertidumbre genera la instalación clandestina y uso de la zona costera, incluir los otros usos de la zona costera, humedales, manglares y agua, tal como infraestructura urbana, industrial y agrícola.
- De lo anterior se estima conveniente revisar lo relativo a los aspectos de control y protección de la acuacultura costera, en donde se deberá promover transparentar los procesos de autorización de proyectos de cultivo y ubicación de los sitios, zonas de protección y amortiguamiento, así como lo referente a los conceptos de contaminación derivada de las actividades acuaculturales y la definición específica para el control de efluentes de acuacultura.
- Finalmente considerar por un lado los mecanismos de incentivos para aquellos que realizan el cultivo de camarón mediante buenas prácticas de manejo y revisar los sistemas de compensación por daños causados o afectaciones derivadas de las actividades de acuacultura costera.

8.2. PLANEACIÓN DE LA CAMARONICULTURA SUSTENTABLE.

Considerando que el cultivo de camarón ha tenido una trayectoria de crecimiento positivo, es importante que el estado mexicano coloque a la acuacultura dentro de las acciones de desarrollo estratégicas, fomentando la participación plena de los usuarios en todos los procesos, procurando asegurar los derechos de los habitantes de la zona costera durante el proceso de desarrollo camaronícola, lo cual requiere reconocer al cultivo de camarón como legítimo usuario de la zona costera y basándose en el desarrollo y manejo integral de la costa.

- Promover el desarrollo de grupos de acuacultores mediante asociaciones de productores para alcanzar mayores beneficios colectivos.
- Incrementar las posibilidades de realizar investigación sobre la capacidad de carga de los ecosistemas costeros para el cultivo de camarón;

- Implementar medidas de seguimiento para establecer indicadores del desempeño del cultivo de camarón;
- Identificar los habitats de importancia en la zona costera como humedales y bosques de manglar asegurando su conservación y como parte integral del manejo y planeación de la zona costera.

La planeación de las zonas para el cultivo de camarón deberá ser responsable y adaptable a los cambios del entorno tomando en consideración:

- la capacidad de carga del ecosistema,
- la compatibilidad técnica y ambiental,
- los criterios sociales y económicos,
- el involucramiento de las comunidades locales y usuarios,
- el manejo de los efluentes y desechos, y
- proveer de infraestructura apropiada;

Finalmente, para garantizar la disminución de riesgos y efectos negativos asociados a la presencia de organismos patógenos y la dispersión de enfermedades se debe buscar que los usuarios colaboren con las autoridades federales en la implementación de manuales técnicos para el movimiento de organismos vivos.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. ADB/NACA, 1998. Aquaculture Sustainability and the Environment. Report on a Regional Study and Workshop on Aquaculture Sustainability and the Environment. Bangkok, Thailand: Asian Development Bank and Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific.
2. APEC/FAO/NACA/SEMARNAP.(in press). Trans-Boundary Aquatic Animal Pathogen Transfer and the Development of Harmonised Standards on Aquaculture Health Management. A Joint APEC/FAO/NACA/SEMARNAP Expert Workshop, Puerto Vallarta, Jalisco, México 24th-28th July 2000.
3. Álvarez, T.P., M. Hernández, & C. Díaz. 1996. Líneas de Investigación de las enfermedades en camarón cultivado en México. en: NOAA. 1996. Integrated assessment of shrimp pathogens: a Workshop. NOAA, NMFS, USDA, CSREES, EPA. New Orleans, Louisiana. GSMFC No. :57- C-14.
4. Álvarez, T.P. y M. Hernández. 1997. Importancia y necesidad de realizar investigación en patología de camarón. Memorias del taller sobre estandarización de técnicas y métodos de diagnóstico de enfermedades de camarón y buenas prácticas de manejo. Dirección General de Investigación en Acuacul-

- tura, Instituto Nacional de la Pesca. Mazatlán, Sinaloa, 15 y 16 de agosto de 1997.
5. CANAIPE, 1996. Resultados de la encuesta realizada para diagnosticar técnica y financieramente la situación nacional de las empresas productoras de camarón cultivado. Cámara Nacional de la Industria Pesquera, México. 18 Marzo 1996. Encuesta y resultados gráficos.
 6. Chávez, C., S. Abad, M. Hernández, E. Fajer y P. Alvarez (en preparación). Resultados del análisis histopatológico de los camarones de 19 localidades del Golfo de México colectados en el mes de mayo de 1999. (Documento final en preparación). Programa de Investigación "Determinación de la Distribución, prevalencia incidencia y severidad de enfermedades infecciosas y parasitarias en camarones peneidos silvestres y cultivados de México". Dirección General de Investigación en Acuicultura, Instituto Nacional de la Pesca, CIAD. A.C.- Unidad Mazatlán.
 7. Chávez, C., y L. Montoya. 1997. Reporte de las Enfermedades Detectadas en Camarones Silvestres y Cultivados en los Estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit, México. En: Memorias del taller sobre estandarización de técnicas y métodos de diagnóstico de enfermedades de camarón y buenas practicas de manejo. Dirección General de Investigación en Acuicultura, Instituto Nacional de la Pesca. Mazatlán, Sinaloa, 15 y 16 de agosto de 1997.
 8. CNP, 2000. Carta Nacional Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, México. Diario Oficial de la Federación 28 agosto de 2000.
 9. DOF. 1999. NOM-EM-001-PESC-1999, Que establece los requisitos y medidas para prevenir y controlar la introducción y dispersión de las enfermedades virales denominadas Mancha Blanca "White Spot Baculo Virus" (WSBV) y Cabeza Amarilla "Yellow Head Virus" (YHV). Diario Oficial de la Federación Gobierno Federal México, 19 de marzo de 1999.
 10. DOF. 2000. NOM-EM-003-PESC-2000, Que establece los requisitos para determinar la presencia de enfermedades virales de crustáceos acuáticos vivos, muertos, sus productos o subproductos en cualquier presentación y artemia (*Artemia spp*), para su introducción al territorio nacional y movilización en el mismo. Diario Oficial de la Federación Gobierno Federal México, 25 de abril del 2000.
 11. FAO, 1992. Estudio socioeconómico del cultivo de camarón realizado por sociedades cooperativas. Proyecto Aquila II, Doc. De Campo No. 3. GCP/RLA/102/ITA. Noviembre 1992. 78pp.

12. FAO 1997. Bangkok FAO Technical Consultation on Policies for Sustainable Shrimp Culture. Bangkok, Thailand, 8-11 December 1997. FAO Fisheries Report No. 572.
13. FAO 1998a. Issues of international trade, environment and sustainable fisheries development: report on sustainable shrimp aquaculture and trade. COFI:FT/VI/98/5. Committee on Fisheries / Sub-Committee on Fish Trade, Sixth Session, 3-6 June 1998, Bremen, Germany.
14. FAO 1998b. Report of the Bangkok FAO Technical Consultation on Policies for Sustainable Shrimp Culture. Bangkok, Thailand, 8-11 December 1997. Informe de la Consulta Técnica FAO/Bangkok sobre Políticas para el Cultivo Sostenible del Camarón. Bangkok, Tailandia, 8-11 de diciembre de 1997.
15. FAO 1998c. Report of the ad hoc Expert Meeting on Indicators and Criteria of Sustainable Shrimp Culture. Rome, Italy, 28-30 April 1998. Rapport de la Réunion ad hoc d'experts sur les indicateurs et critères relatifs à l'élevage durable des crevettes. Rome, Italie, 28-30 avril 1998. Informe de la Reunión Especial de Expertos Técnicos sobre Indicadores y Criterios para el Cultivo Sostenible del Camarón. Roma, Italia, 28-30 de abril de 1998. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches/FAO Informe de Pesca No. 582. Rome/Roma, FAO. 1998. 76 pp.
16. FAO 1998d. Responsible Fish Utilization. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 7. Rome, FAO. 33p.
17. FAO/RAPA. 1998. First Training Workshop of the FAO/NACA/OIE Regional Programme for the Development of Technical Guidelines on Quarantine and Health Certification, and Establishment of Information Systems for the Responsible Movement of Live Aquatic Animals in Asia. Bangkok, Thailand, 16-20 January, 1998. TCP/RAS/6714, Field Document No. 1. Bangkok, FAO. Regional Office for Asia and the Pacific. 142 pp.
18. FAO Fisheries Department/Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA), 1997. Survey and analysis of aquaculture development research priorities and capacities in Asia. FAO Fisheries Circular No. 930. Rome, FAO. 263 pp.
19. FAO, 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Rome, FAO. 48 p.
20. FAO, 2000. Aquaculture Development Beyond Year 2000: The Bangkok Declaration and Strategy. Conference on Aquaculture in the Third Millenium, 20-25 February 2000, Bangkok, Thailand.

21. Fegan, D.F. 1999. El impacto de la enfermedad Mancha Blanca, sobre la producción de camarón. En: Seminario Internacional sobre Patología y Bioseguridad en Camaronicultura. Mazatlán, México.
22. Fegan D.F., Flegel, T.W. and Kasornchandra, J. 1998. Limited Risk Introducing Exotic Shrimp Viral Infections from Southeast Asia to Australia. Draft Report. 14 pp.
23. Garza, S. et. al. 1998. En Reunión de Información y Evaluación del Programa Nacional de Sanidad Acuicola Sistema en Red de Diagnóstico y Prevención de Enfermedades de Organismos Acuáticos. Universidad Autónoma de Nuevo León.
24. Galavíz, L. y F. Jiménez. 1997. Principales Enfermedades en Camaron (*Penaeus spp.*) Silvestre Y Cultivado del Golfo de México. En: Memorias del taller sobre estandarización de técnicas y métodos de diagnóstico de enfermedades de camarón y buenas practicas de manejo. Dirección General de Investigación en Acuicultura, Instituto Nacional de la Pesca. Mazatlán, Sinaloa, 15 y 16 de agosto de 1997.
25. GESAMP (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). (In review/prep.). Planning for sustainable coastal aquaculture development. Guidelines for the integration of aquaculture into coastal management. Report/Study of GESAMP Working Group 31 on Environmental Impacts of Coastal Aquaculture. To be published in 1999.
26. Hasanai, K. 1998. Key Factors for Sustainable Shrimp Farming Systems. In: ADB/NACA, 1998. Aquaculture Sustainability and the Environment. Report on a Regional Study and Workshop on Aquaculture Sustainability and the Environment. Bangkok, Thailand: Asian Development Bank and Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. p. 191-197.
27. Hambrey, J. 1998. Resource Assessment: A freamework for the Promotion of Sustainable Aquaculture. In: ADB/NACA, 1998. Aquaculture Sustainability and the Environment. Report on a Regional Study and Workshop on Aquaculture Sustainability and the Environment. Bangkok, Thailand: Asian Development Bank and Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. p. 307-316.
28. Humphrey, J., Arthur, J.R., Subasinghe, R.P. & Phillips, M.J. 1997. Aquatic animal quarantine and health certification in Asia. Proceedings of the Regional Workshop on Health and Quarantine Guidelines for the Responsible Movement (Introduction and Transfer) of Aquatic Organisms. Bangkok, Thai-

- land, 28 January 1996. FAO Fisheries Technical Paper. No. 373. Rome, FAO. 1997. 153 pp.
29. Instituto Nacional de la Pesca. 1997. Memorias del taller sobre estandarización de técnicas y métodos de diagnóstico de enfermedades de camarón y buenas practicas de manejo. Dirección General de Investigación en Acuacultura, Instituto Nacional de la Pesca. Mazatlán, Sinaloa, 15 y 16 de agosto de 1997.
 30. Instituto Nacional de la Pesca. 1999. Reporte del Programa Sanidad Acuícola. Reunión Anual Mex-US Golfo. Dirección General de Investigación en Acuacultura, INP. Daytona Beach, Florida. USA.
 31. Instituto Nacional de la Pesca. 2000. Reporte del Programa Operación de Sistemas Acuícolas en el estado de Sinaloa. Centro Regional de Investigación Pesquera en Mazatlán Sinaloa. Dirección General de Investigación en Acuacultura, INP.
 32. JSA, 1997. "Evaluación de los Impactos Potenciales de los Virus de Camarón Sobre el Camarón Cultivado y las Poblaciones Silvestres de Camarón en Aguas del Golfo de México y de la Costa Atlántica de los Estados Unidos" Joint Subcommittee on Aquaculture (JSA): National Marine Fisheries Service, U.S. Department of Commerce; Animal and Plant Health Inspection Service, U.S. Department of Agriculture; National Center Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency; Fish and Wildlife Service, U.S. Department of Interior Brownsville, Texas, USA, 23 July 1997.
 33. Martinez, M. & Pedini, M. 1998. Status of aquaculture in Latin America and the Caribbean. The FAO Aquaculture Newsletter 18:20-24.
 34. Montoya, L., C. Chávez, y J.R. Bonami. 1997. Desarrollo y Aplicación de Sondas Moleculares como Herramienta para el Estudio y Diagnóstico de Infecciones Virales en Camarones Peneidos en México. En: Memorias del taller sobre estandarización de técnicas y métodos de diagnóstico de enfermedades de camarón y buenas practicas de manejo. Dirección General de Investigación en Acuacultura, Instituto Nacional de la Pesca. Mazatlán, Sinaloa, 15 y 16 de agosto de 1997.
 35. Muir, J.F., 1995. Aquaculture development trends: perspectives for food security. Contribution to the International Conference on Sustainable Contribution of Fisheries to Food Security, Kyoto, Japan, 4-9 December 1995, organized by the Government of Japan, in collaboration with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). KC/FI/95/TECH/4. 133 p.

36. New, M. 1998. Policy for Sustainable Aquaculture in Asia. In: ADB/NACA, 1998. Aquaculture Sustainability and the Environment. Report on a Regional Study and Workshop on Aquaculture Sustainability and the Environment. Bangkok, Thailand: Asian Development Bank and Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific. p. 294-306.
37. Nunan, L.M., et al. 1998. The detection of White Spot Syndrome Virus (WSSV) and Yellow Head Virus (YHV) in imported commodity shrimp. Aquaculture 160 (1998) 19-30.
38. NOAA. 1996. Integrated assessment of shrimp pathogens: a Workshop. NOAA, NMFS, USDA, CSREES, EPA. New Orleans, Louisiana. GSMFC No. :57.
39. Phillips, M.J., 1998. Tropical mariculture and coastal environmental integrity. In: S.S. De Silva (Ed) Tropical Mariculture. Academic Press. 17-69 pp.
40. Phillips, M.J., 1995b. Shrimp culture and the environment, pp. 37-62. In: Bagarinao, T.U. and E.E.C. Flores (eds.) Towards Sustainable Aquaculture in Southeast Asia and Japan. SEAFDEC Aquaculture Department, Iloilo, Philippines.
41. Qiong, W., et al. 1999. Per os challenge of *Litopenaeus vannamei* postlarvae and *Farfantepenaeus duorarum* juveniles with six geographic isolates of white spot syndrome virus. Aquaculture 170 (1999) 179-194.
42. Report on the Shrimp Virus Peer Review and Risk Assessment Workshop. 1998. Developing a qualitative ecological risk assessment. U. S. Environmental Protection Agency. 46 pp.
43. Report to the Aquatic Nuisance Species Task Force. 1996. Generic Nonindigenous Aquatic Organisms Risk Analysis Review Process. Aquatic Nuisance Prevention and control Act of 1990. 33 pp.
44. Rosenberry, Bob. 1995. Annual Report, World Shrimp Farming. Shrimp News International. San Diego CA. USA. 68 pp.
45. Rosenberry, Bob. 1996. Annual Report, World Shrimp Farming. Shrimp News International. San Diego CA. USA.
46. Sandifer, P. 1998. Shrimp Virus Risk Management. Development of South Carolina Department of Natural Resources Regulatory Policies. Shrimp Virus Management Workshop Proceedings. New Orleans, Louisiana, E.U.A.

47. SEMARNAP, 1996. Aprovechamiento de postlarvas de camarón del medio silvestre. Delegación Federal de SEMARNAP en el estado de Chiapas, Subdelegación de Pesca. Informe Técnico 10 febrero de 1996.
48. SEMARNAP, 1997. Reporte final del Aprovechamiento de postlarvas temporada 1996. Delegación Federal de SEMARNAP en el estado de Chiapas, Subdelegación de Pesca. Informe Técnico 20 enero de 1997.
49. SEMARNAP, 1997. Resultados obtenidos por las granjas camaroneras en el estado de Sinaloa durante 1996. Delegación Federal de SEMARNAP en el estado de Sinaloa, Subdelegación de Pesca. Informe Técnico. Culiacán, Sinaloa, Enero de 1997.
50. Subasinghe, R.P., Arthur, J.R. & Shariff, M., eds. 1996. Health management in Asian aquaculture. Proceedings of the Regional Expert Consultation on Aquaculture Health Management in Asia and the Pacific. Serdang, Malaysia, 22-24 May 1995. FAO Fisheries Technical Paper No. 360. Rome, FAO. 1996. 142 pp.
51. Subasinghe, R. & Arthur, J.R. 1997. Introducing AAPQIS: the FAO's Aquatic Animal Pathogen and Quarantine Information System. The FAO Aquaculture Newsletter 16:3-6.
52. Subasinghe, R., Arthur, J.R., Kumar, D., Phillips, M.J. & Bernoth, E-M. 1998. FAO's assistance for the responsible movement of live aquatic animals in Asia. The FAO Aquaculture Newsletter 19:19-22.
53. Willmann, R. 1998. Bangkok FAO Consultation recommends policies for sustainable shrimp culture. The FAO Aquaculture Newsletter 18:12-15.

XVII. LANGOSTINO

Biól. Rosa Ma. Lorán Núñez¹, Biól. Alma Rosa Colín Monrreal², M.V.Z. Álvaro Vázquez García², Hidrobiól. Felicitas Sosa Lima², M. en C. Luz Ma. Torres Rodríguez².

¹ Centro Regional de Investigación Pesquera-Veracruz, del Instituto Nacional de la Pesca

² Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

1. INTRODUCCIÓN

Los langostinos son crustáceos que han sido aprovechados por el hombre desde hace siglos, generalmente en forma asociada a la época de lluvias, los cuales se consumen localmente o bien tienen una distribución limitada.

En el ámbito mundial se conocen aproximadamente 125 especies de langostinos y acamayaz pertenecientes al género *Macrobrachium*. En nuestro país se han reportado 11 especies autóctonas y una exótica, que están distribuidas en los ríos que drenan en el Océano Pacífico y en el Golfo de México.

Cinco de éstas especies se distinguen por ser de importancia comercial, tres de ellas se localizan en las vertientes del Golfo de México (*M. acanthurus*, *M. carcinus* y *M. heterochirus*) y dos en las del Pacífico (*M. tenellum* y *M. americanum*), y una especie exótica, que fue introducida de Malasia y se encuentra en varias zonas de México: *M. rosenbergii*).

De dos especies en particular *M. acanthurus* y *M. tenellum*, los resultados de cultivo han mostrado un crecimiento adecuado y una elevada supervivencia, sin embargo no alcanzan tallas comerciales (New, 1982). Por ello se introdujo el langostino gigante de malasia, que es una especie que alcanza mayores tallas, es relativamente dócil al manejo, es adaptable, pues puede vivir en agua dulce y salobre e incluso puede vivir en ambientes marinos mostrando rápido crecimiento.

El hecho de que la especie introducida demuestre ser mejor en condiciones de cultivo que las especies nativas, no implica que sea la especie ideal e incluso muestra algunas desventajas. Una limitante sería es que requieren ser cultivadas en zonas donde la temperatura no debe ser inferior a los 16°C, presentan un crecimiento desigual ya que son polimórficos, y la producción de larvas requiere de aguas salobres.

Por otra parte, se ha propuesto como alternativa el cultivo de varias especies de peces con el Langostino gigante de Malasia en un sistema de policultivo, acorde con las condiciones climáticas, o bien en zonas donde no sea posible cul-

tivar esta última especie, buscar entre las especies nativas de langostino aquellas que mejor se adapte a las condiciones de cultivo.

Es importante la realización de un diagnóstico del Estado de la Salud de este recurso, ya que ayudará a obtener información actual, la cual sirva de apoyo para mejorar las técnicas de cultivo y así obtener mejores resultados de cultivo.

2. ANTECEDENTES

Se considera al Dr. Shaowen Ling como el padre del cultivo de langostino. Durante su desempeño en el Laboratorio de Investigaciones Pesqueras (Fisheries Research Laboratory), del Departamento de Pesca de la Federación Malaya (Fisheries Department of the Federation of Malaya), en Penang. Empezó a trabajar en año de 1959 con el Langostino *Macrobrachium rosenbergii* conocido localmente como "Udang Galah" y un par de años después publicó sus resultados, incluyendo la descripción de los diferentes estadios larvales.

Los métodos prácticos del cultivo de *M. rosenbergii*, desarrolladas en Penang, Malasia, para la cría de larvas hasta etapas juveniles y para el cultivo de juveniles de talla comercial determinada, han sido introducidas en muchos países y han sido utilizados como base de experimentos en Hawai, Corea, Japón, Taiwan, Filipinas, Indonesia, Singapur, Pakistán, India y Ceilán.

Los cultivos intensivos se iniciaron en 1965 cuando el Dr. Takuji Fujimura, en esa época Director del Departamento de Biología Acuática del Centro de Investigaciones Pesqueras Amienue, en Hawai, importó 36 langostinos malayos. A partir de entonces no sólo han mejorado los cultivos larvarios si no que se establecieron las bases para el cultivo comercial de langostino en condiciones controladas.

Además de Ling y Fujimura, el Dr. Spencer Malecha ha publicado numerosos trabajos sobre el cultivo comercial de langostinoj, y el Dr. Michael New es autor de muchas recopilaciones importantes, tanto de alimentación como de cultivo en general.

En México, entre los pioneros destaca el Dr. Alejandro Villalobos, que se dedicó principalmente a problemas taxonómicos, el Dr. Jorge Cabrera que ha trabajado en aspectos de cultivo y biología, la M.C. Ma. Concepción Rodríguez, que estudio la biología de los palemónidos de México e hizo mención de las posibilidades de cultivo del *Macrobrachium americanum*, el Biól. Fernando Arana, que estuvo experimentando con el cultivo del mismo langostino y el Dr. Choudhury, que cultivo y describió los estadios larvarios de varios langostinos mexicanos importantes.

Desde los años setentas en México se ha contemplado el cultivo de langostino como alternativa para la producción de alimentos, para ello se realizaron proyectos y en 1978, el entonces Departamento de Pesca, inicio la construcción de los Centros acuícolas “El Real”, en Veracruz, “El Carrizal”, en Coyuca de Benítez, Guerrero y “Chametla”, Sinaloa, cuyo objetivo general fue la producción de larvas de langostino asiático, mediante la técnica llamada de agua verde. Actualmente el único Centro que produce langostino es “El Carrizal”, en Guerrero, para la producción y los otros han sido acondicionados para la producción de otros organismos como la tilapia.

Entre la década de los 70's y 80's, se han realizado innumerables ensayos para la producción de langostino. Hernández y Marín en 1986 realizaron pruebas con fertilizante orgánico e inorgánico.

3. SITUACION ACTUAL

México se encuentra en una posición ideal para los cultivos de estos organismos, ya que cuenta con dos litorales muy extensos, muchos ríos, la temperatura ideal y en general las condiciones propicias para que esta actividad resulte exitosa.

Morales comenta que una de las causas de la no recuperación de la producción, se ha debido a que los tiempos sobre las necesidades de crías de las unidades de engorda con los centros de producción (crías), han estado desfasados, así cuando los centros productores de postlarvas de langostinos están en condiciones de surtir, las granjas de engorda tienen ocupadas sus estanques o no están en condiciones para recibir crías de langostinos.

El volumen de la producción de la acuicultura de langostino en los últimos años ha tenido una disminución, como se observa en la Figura 1.

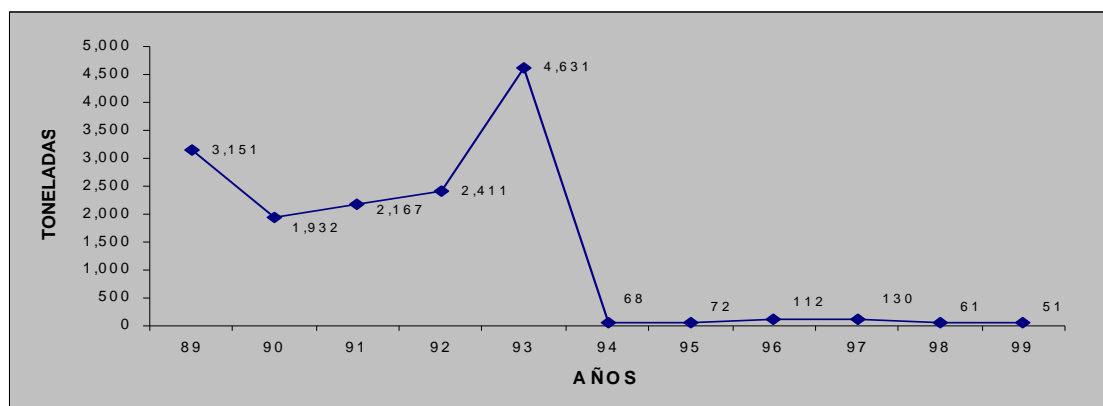


Figura 1. Volumen de la producción de la acuicultura en peso vivo. 1989-1999 (Toneladas).

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, 1999.

El langostino participa con el 1.22 % en la producción nacional con respecto a la producción en la acuicultura. Con una producción pesquera nacional de 4,193 toneladas y un volumen de producción por acuicultura en peso vivo, con 51 toneladas, correspondiendo 10 toneladas de la acuicultura en sistemas controlados y 40 toneladas a pesquerías acuaculturales. La Tabla 1 presenta la participación, la producción nacional y la producción de la acuicultura de las principales especies que se cultivan en México.

Tabla 1. Participación de la producción de la acuicultura en la producción pesquera anual, según volumen, 1999 (Toneladas)

Especie	Producción Nacional	Producción Acuicultura	Participación %
Total	1,286,107	166,336	12.93
Camarón	95,611	29,120	30.46
Mojarra	72,811	66,330	91.10
Ostión	41,757	40,504	97.00
Carpa	29,844	22,060	73.92
Bagre	4,902	2,440	49.79
Trucha	6,711	2,363	35.21
Langostino	4,193	51	1.22
Charal	1,610	894	55.55
Lobina	937	674	71.93
Otras	912,945	1,900	0.21
Sin registro	114,786	////	////

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1999.

Basándose en los datos de la tabla anterior, se observa que el langostino obtuvo en el año de 1999, una producción de 51 toneladas de acuicultura, lo que corresponde a 1.22% de la Producción nacional (Figura 2).

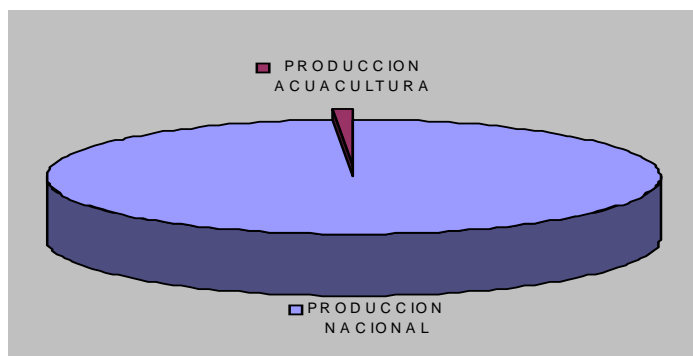


Figura 2. Participación de la acuicultura en la producción pesquera anual 1999 (Toneladas).

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1999.

En la actualidad se tienen pocos lugares en México donde se cultiva comercial o experimentalmente el langostino.

Para el año de 1999, del total de la producción de acuicultura (51 toneladas) el estado de Guerrero fue la principal entidad productora de langostino con un total de 14 toneladas, siguiendo el Estado de México con 10 y San Luis Potosí con 9 (Figura 3).

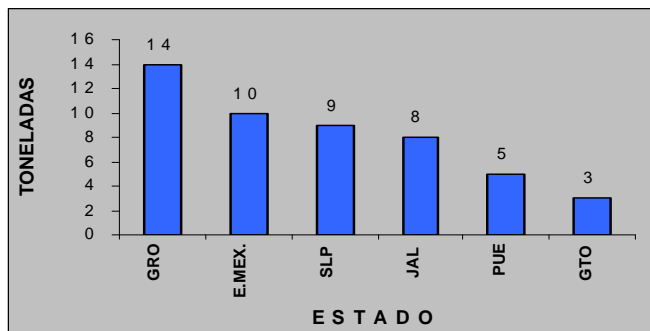


Figura 3. Principales entidades productoras de langostino en 1999.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1999.

Olmos y Tejeda (1990), mencionaron que en ese año la Dirección General de Acuacultura de la entonces Secretaría de Pesca, contaba con un inventario de 17 granjas de langostino, ubicadas principalmente en Veracruz y Colima, lo que indica que el número real de granjas dedicadas al cultivo de este crustáceo disminuyó drásticamente con relación al inventario realizado en 1986, significando que algunas fracasaron rotundamente y cerraron o bien cambiaron de giro y sólo sobreviven algunas. Es por eso que en la gráfica anterior el Estado de Veracruz ya no participa dentro de los Estados de Producción de Acuacultura.

Esta sensible baja se atribuye a distintas circunstancias, entre ellas la falta de un dominio tecnológico en la fase de engorda por los problemas que esto representa, aspecto que ha sido superado en algunas granjas donde actualmente se obtienen rendimientos superiores a 2 toneladas por hectárea al año, con una elevada rentabilidad, ya que esta especie alcanza valores altos en los mercados de lujo.

3.1. PROPAGACIÓN

Cuando el Dr. Shao-Wen Ling por los 70's dio a conocer los resultados de cultivo con el Langostino malayo (*M. rosenbergii*) y poco después el Dr. Tajuki Fujimura en Hawaii estableció las bases para el cultivo comercial, fue cuando se desató una fiebre a nivel mundial por el cultivo de estos organismos. México no fue la excepción, y varios investigadores empezaron a hacer pruebas de cultivo con las especies nativas más grandes: *M. americanum* y *M. carcinus* y en menos grado *M. acanthurus* y *M. tenellum*.

En pocos años se pudieron tener postlarvas cultivadas y en forma paralela se hicieron pruebas de engorda, usando para ello postlarvas cultivadas o colectadas del medio. Los primeros resultados fueron desalentadores y en general la sobrevivencia y el crecimiento eran bajos.

Para una producción comercial no sólo es importante el tamaño al cual puedan llegar los organismos, sino en cuanto tiempo (velocidad de crecimiento), ya que esto implica menor costo de mantenimiento y mayor eficiencia alimenticia. Desgraciadamente nuestras especies más grandes, *M. americanum* y *M. carcinus* muestran el desarrollo más lento y gran mortalidad debido a su alta agresividad. Las especies con mejores perspectivas son *M. acanthurus* y *M. tenellum*, que presentan un crecimiento adecuado y alta sobrevivencia, pero su talla es pequeña.

Cabrera *et al*, 1979, compara el crecimiento de *M. tenellum* y *M. americanum* con *M. rosenbergii*, y aunque sus resultados muestran que *M. tenellum* crece mejor que *M. americanum*, ambos presentan un crecimiento mucho menor que *M. rosenbergii*. En forma similar, Díaz en 1982, haciendo pruebas comparativas de

crecimiento con juveniles con *M. americanum* y *M. rosenbergii* llegó a las conclusiones que *M. rosenbergii* crece 5 veces más rápido y alcanza un tamaño 3 veces mayor que *M. americanum*, en las mismas condiciones de cultivo.

3.2. CULTIVO

	Crustácea
Clase	Malacostraca
Orden	Decápoda
Familia	Palaemonidae
Género	<i>Macrobrachium</i>

- Tamaño máximo: Hembra 100 g, macho 200 g
- Tamaño comercial: 70g
- Alimento en su hábitat: Son omnívoros (insectos acuáticos, pequeños crustáceos, plantas acuáticas).
- Fecundidad: 500,000-60,000 huevos (de una hembra de aprox. 16cm de longitud de cuerpo).
- Naturaleza del huevo: Figura ovalada (0.6 a 0.7 X 0.5mm) de color naranja, la hembra sostiene en el abdomen.
- Incubación: 18-23 Días a 28°C y una salinidad de 12-13‰

En la Tabla 2 se listan las especies del género *Macrobrachium* presentes en México. En general los crustáceos decápodos son muy agresivos y presentan una gran territorialidad, razón por la cual el cultivo de muchas especies es un problema ya que es difícil mantener altas densidades de organismos en espacios reducidos.

Tabla 2. Especies del género *Macrobrachium* presentes en México

Nombre común	Nombre científico	Área de distribución
Acamaya	<i>M. heterochirus</i> (Wiegmann, 1836)	Golfo de México
Acamaya	<i>M. olfersi</i> (Wiegmann, 1836)*	Golfo de México
Acamaya	<i>M. acherontium</i> (Holthuis, 1977)	Golfo de México
Acamaya	<i>M. acanthurus</i> (Wiegmann, 1836)*	Golfo de México
Langostino	<i>M. carcinus</i> (Linnaeus, 1758)*	Golfo de México
Langostino	<i>M. americanum</i> (Bate, 1868)	Pacífico
Chacal	<i>M. tenellum</i> (Smith, 1871)	Pacífico
Langostino	<i>M. occidentale</i> (Holthuis, 1950)	Pacífico
Chacal	<i>M. digueti</i> (Bouvier, 1985)	Pacífico
Chacal	<i>M. acanthochirus</i> (Villalobos, 1966)	Pacífico
Chacal	<i>M. villalobosi</i> (Hobbs, 1973)	Pacífico
Langostino **	<i>M. rosenbergii</i> (De Man, 1879)**	Ambos Litorales

Nota: *Especies que sostienen pesquerías importantes; **Especie introducida (Langostino gigante de Malasia)

Fuente: Guzmán, 1977.

Generalmente la dominancia implica cierta jerarquía donde los organismos más grandes tienen preferencia sobre el alimento, refugio y pareja sexual. Peebles (1979) experimentando con langostinos de diferentes tamaños y el efecto de resistencia previa, mostró que lo más importante en determinar la jerarquía es el tamaño y principalmente el de las segundas quelas.

El aspecto práctico más relevante de la territorialidad es que aunado a las interacciones sociales existe un efecto de inhibición del crecimiento, que se acentúa cuando la densidad de la población es mayor. Este efecto fue mencionado por Fujimura y Okamoto en 1970 y notaron que, organismos de la misma edad mostraban un crecimiento muy desigual, a esto le llamaron el “efecto toro”.

Cohen et al. (1981) menciona que la relación de machos y hembras dentro del cultivo de langostinos es de 1:1; las hembras muestran un tamaño intermedio muy uniforme, los machos se dividen en tres morfotipos diferentes: los de quelas grandes azules que son los de mayor tamaño, dominantes y muy territoriales; los de quelas naranjas de menor tamaño, agresivos y subdominantes y los machos enanos de quelas claras y pequeñas, activos y sumisos. La proporción en la que se presentan estos tres morfotipos es muy constante, aun en condiciones ambientales diversas y es de 1: 4:5 para los de quelas grandes azules, naranjas y claras respectivamente. Esta proporción se mantiene en un estado dinámico en donde los machos son capaces de transformarse siguiendo un orden irreversible de claras a naranjas y de naranjas a azules, siempre y cuando los machos grandes sean removidos de la población (Ra'anán y Sagi, 1985). Este efecto ya había sido notado por muchos acuacultores que veían un rápido crecimiento de los organismos chicos al cosechar los grandes (Malecha, 1977).

Un aspecto relacionado es que los tres morfotipos son capaces de reproducirse, aunque con estrategias diferentes. Los machos dominantes se aparean con las hembras y las protegen, los machos de quelas naranjas lo hacen si no hay machos dominantes y en ocasiones pueden dañar a la hembra. Los machos chicos pueden aparearse sin necesidad de voltear a la hembra y lo hacen rápidamente aun en el caso de que un macho dominante la esté protegiendo. Una de las ventajas de los machos con quelas azules, es que aseguran a sus hembras al desarrollar grandes quelas y defienden sus territorios. Sin embargo, el costo es alto ya que gastan mayor energía en su crecimiento, poseen una reducida habilidad para regenerar apéndices perdidos (debido a la baja frecuencia de mudas) y en general presentan una vida corta. Los machos enanos por otra parte, gastan menos energías en crecer y aunque son menos atractivos a las hembras y tienen menor probabilidad de fertilizarlas, poseen la ventaja de que se adaptan mejor al medio, elevando la probabilidad de llegar a ser organismos dominantes. Seguramente desde el punto de vista de la selección natural una cosa balancea a la otra (Ra'anán y Sagi, 1985).

El Langostino *Macrobrachium rosenbergii* es la especie idónea para el cultivo comercial, por ser una especie relativamente dócil, adaptable, de rápido crecimiento, alta supervivencia y llega fácilmente a un peso superior a los 40 g, tamaño adecuado desde el punto de vista del mercado. En la Tabla 3 se muestran los datos comparativos de crecimiento para diferentes especies.

Los parámetros fisicoquímicos del agua para el cultivo del langostino son de

Tabla 3. Datos comparativos de crecimiento para diferentes especies

Especie	Crecimiento (mm/día)	Densidad de siembra (org/m ²)	% de Supervivencia	Duración (días)	Longitud media (mm)	Fuente
<i>M. carcinus</i>	0.09	5.6	5.4	166	28	Dokin, 1973
	0.27	1		180	80	Kelley en H. y G. 1977
<i>M. acanthurus</i>	0.35	10.7	12.1	188	85.6	Dobkin, 1973
	0.42	8.3	15.4	177	94.3	
	0.23	49.5	88	133		Dugan, et al. 1975
	0.66	8		125	97.5	Dobkin, et al. 1974
<i>M. tenellum</i>	0.53			180	80-110	Maugle, 1974
<i>M. americanum</i>	0.10	8.4	0	160	34	Díaz, 1982
<i>M. rosenbergii</i>	0.20	6.6		420	117	Fujimura, 1970
	0.50	8.4	80	160	105	Díaz, 1982
	0.770	4.3	38	135	117	Holtzman, 1985
	0.59	4.3	92	150	108	Holtzman, 1985
	0.46	5.0	79	167	108	Willis, Berrigan, 1977
	0.48	5.0	88	170	95	Willis, Berrigan, 1977

extrema importancia y entre ellos se tiene a la temperatura del agua, oxígeno disuelto (OD), transparencia, alcalinidad, dureza, etc. Los valores óptimos para el cultivo de este género se presenta en la tabla 4.

Además de la calidad del agua, la cantidad disponible de ésta es de suma importancia, ya que en este cultivo se requiere aproximadamente 4 l/seg/ha (ésta puede ser una limitante para su cultivo).

La densidad de siembra para la producción de postlarvas va desde 10 a 30 larvas por litro. Para engorda la densidad de siembra depende del tamaño comercial que se desee obtener y a la demanda, por ejemplo si se desean organismos de 70 g deben sembrarse

Tabla 4. Parámetros óptimos y críticos para el cultivo de langostino

Parámetros	Valores óptimos	Valores críticos
Temperatura del agua (°C)	25-30	<16 y >32
Oxígeno Disuelto (mg/l)	>5	<3
pH	7.0-8.5	<4 y >11
Transparencia con disco de secchi (cm)	Total	<10
Salinidad ‰	0-6	>20
Dureza total (mg/l de CaCO ₃)	<100	>200

FUENTE: Cabrera, 1986.

50,000 postlarvas por hectárea. En los casos de cultivo continuo se recomienda sembrar de 160,000 a 200,000 postlarvas/ha al año.

3.2.1. SISTEMAS DE CULTIVO

Existen 3 diferentes tipos de cultivo (Tabla 5), que son:

- Sistema Extensivo
- Sistema Semi-intensivo
- Sistema Intensivo

En estos sistemas se pueden emplear el uso de:

- Sistema de agua verde
- Sistema de agua clara
- Sistemas abiertos
- Sistemas cerrados ó de recirculación

3.2.1.1. Sistema Extensivo

La práctica del sistema extensivo se ha venido realizando en nuestro país desde hace más de 20 años. Las primeras acciones se fincaron a partir del manejo de poblaciones de juveniles de *Macrobrachium spp.* silvestres, las cuales fueron colectadas y sembradas en sitios de cultivo.

Tabla 5. Tecnologías de cultivo presentes en México.

Tipo de tecnología	Características	Tipo de unidad de cultivo	Rendimiento (kg/ha)
Extensivo	Larvas silvestres Alimentación natural Densidades bajas (1org/m ²)	Lagos, presas y cuerpos de agua pequeños y medianos	40 a 250
Semi-intensivo	Larvas silvestres o de laboratorio Fertilización orgánica e inorgánica Alimento suplementario Control de calidad de agua Control sanitario Densidades medias (4 org/m ²) Uso de policultivos	Cuerpos de agua pequeños y medianos Estanques rústicos y semi-rústicos	500 a 1,000
Intensivo	Larvas de laboratorio Fertilización inorgánica (urea y superfosfato triple) Alimento balanceado (35% de proteína) Control de calidad de agua Control sanitario Densidades altas (16org//m ²) Uso de policultivos	Estanques rústicos, semi-rústicos y de concreto	2,000 a 4,000

Fuente: Lozano, 2000.

En 1979, el grupo de trabajo del laboratorio de Acuacultura del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), introdujo 31,000 juveniles de *M. tenellum* provenientes de la desembocadura del Río Balsas, en cuatro embalses de diferente temporalidad de inundación en el Estado de Morelos, observándose un buen crecimiento y alcanzando una talla comercial promedio de 12 cm entre los 6 y 7 meses (Ponce, 1988). Al respecto, Villalobos (1982), diseñó un sistema de captura, identificación y separación de postlarvas de juveniles para ser sembrados en cuerpos de agua en sistemas extensivos de cultivo.

Debido al éxito derivado de estas experiencias entre 1984 y 1986, en las unidades de producción del Estado de Morelos, se realizaron siembras de *M. tenellum*, bajo sistemas de monocultivo y policultivo utilizando en este último caso la tilapia *Oreochromis mossambicus* línea roja. *O. Urolepis hornorum* y el híbrido de estas dos especies, lo que propició un Interés por el cultivo del langostino. En 1984 se sembraron 600,000 juveniles de *M. tenellum*, capturados en las costas de Guerrero (Ponce, 1988).

Los métodos extensivos y la captura silvestre son una opción económica viable y atractiva, que permite entre otras ventajas incrementar la producción de las especies nativas ofertando un producto de buena calidad y precio en cualquier época del año. No obstante se requiere de un mayor apoyo para promover su cultivo, sobre todo en aquellas zonas donde se tienen ventajas comparativas. (Lozano-García, 2000).

3.2.1.2. Sistema Semi-intensivo

Sandifer en 1982, reportó que se obtuvieron buenos resultados cultivando langostino a escala semi-intensiva en tanques de concreto, utilizando sustratos artificiales para incrementar el área de cultivo. En los trabajos iniciales sembraron alrededor de 80 postlarvas/m² en tanques de 173 m² y obtuvieron una producción equivalente entre 3,800 a 4,700 kg./ha/año. Lo más relevante acerca de cultivos en tanque es la ausencia de fondo lodoso y una marcada reducción de alimento natural. Por otro lado, Boonyaratpalin y New (1982) reportaron producciones de 465 a 820 kg./ha en 119 días de cultivo en tanques de concreto de 50 m² sembrando 5 organismos/m², lo que significa una producción inferior a un cultivo en estanque y un costo bastante elevado.

Este tipo de cultivo depende de las larvas silvestres o de aquellas que se producen bajo condiciones controladas. El cultivo se realiza en dos etapas:

- a) Crecimiento de larva a juvenil (pre-cría) y
- b) Fase de engorda.

En la actualidad la primera etapa se realiza en viveros y se lleva hasta la etapa de pre-engorda para asegurar organismos más grandes (de edad y talla), con una mortalidad menor. Esta etapa no está bien definida, pero existen reportes donde se menciona que esta termina cuando los juveniles alcanzan tallas de 1.5 a 2.5 cm, aunque y otros señalan que hasta que se alcancen 8 cm.

La densidad debe manejarse en forma adecuada, por ejemplo al finalizar la etapa larvaria se tienen densidades de 50 a 60 postlarvas por litro de agua, en la etapa de pre-engorda se reduce de 20 a 30 por m² y en la etapa de engorda fluctúa de 5 a 10 organismos por m².

En la segunda fase (engorda) la densidad de carga de los estanques depende del tamaño comercial que se quiera cosechar, de la forma de manejo del estanque y de la técnica de cosecha. Si se aprovecha la productividad natural del estanque derivada de la fertilización orgánica e inorgánica sin alimentación suplementaria, la densidad de siembra es de 4 juveniles por m²; sin embargo si se opta por una explotación más extensiva, utilizando alimento suplementario, se pueden sembrar de 5 a 22 org/m² y dependiendo del comportamiento del cultivo se podrá aumentar o disminuir su densidad.

En el Centro Acuícola de Tlacotalpan, Ver. se obtuvo una producción semi-intensiva de *M. acanthurus*, donde se logró producir 500kg/ha de un sistema de ciclo completo, donde en los mismos estanques se produjeron las larvas y se realizó en forma directa la etapa de engorde (Cabrera, 1988).

La estructura de un estanque de preferencia debe tener una forma rectangular de aproximadamente de 2.5 x 1.0 ha, el tamaño adecuado es de 1.5 a 2.0 hectáreas, considerando una profundidad media de 0.75 m en la parte donde se tiene la puerta de entrada de agua y 1.2 en la salida de la misma. Cuando los bordos están recién contruidos pueden ser fertilizados con estiércol de vaca y sembrarse alrededor con plantas de la región para evitar la erosión. La distribución del agua debe ser por gravedad para disminuir costos (Cabrera, 1988).

Las ventajas de un policultivo es que genera a los productores un incremento en los rendimientos acuícolas y un ingreso adicional por la producción del langostino, aspecto que actualmente se practica de manera común en las unidades de producción.

3.2.1.3. Sistema Intensivo

El fin eventual de cualquier cultivo es maximizar la producción y reducir sus costos, para lo que se tiende a los cultivos intensivos.

Existen ciertos requerimientos básicos para cultivar un organismo en condiciones intensivas:

- Conocer los factores ambientales de la especie y
- Tener conocimiento sobre los requerimientos nutricionales,
- La densidad de población (factor relevante para el cultivo de esta especie).

El *M. rosenbergii* es un organismo de rápido crecimiento mostrando inhibición de crecimiento como una variable de densidad de población. Si la densidad de siembra es de 15 organismos/m² de sustrato, se espera una cosecha en este caso de 9 a 14 org/m².

La densidad óptima es inversamente proporcional al tamaño del organismo y para una mayor eficiencia del tanque hay que efectuar reducciones constantes en la población. Los métodos de separación o reducción se hacen a mano, ya que el puro manejo retarda el crecimiento.

Los sistemas intensivos producen mayor cantidad de organismos por litro, pero implica mayor manejo y costo. Dentro del sistema intensivo se encuentran los sistemas abiertos, donde se cambia parte o la totalidad del medio de cultivo en cierto tiempo, y los cerrados o de recirculación, en que la gran parte del agua se trata y se vuelve a emplear.

Actualmente en nuestro país este tipo de cultivo no se practica, ya que se requiere mayor inversión y las experiencias realizadas han sido de carácter experimental. El sistema implica la producción controlada de larvas en laboratorio, una fase de precría y engorda en altas densidades. Esta técnica considera el manejo de la calidad de agua, el control de las enfermedades y la aplicación de alimentos que cubran los requerimientos completos de la especie (Lozano-García, 2000).

Sistema de Agua clara:

Es de los más usados mundialmente por ser uno de los más sencillos de operar, requiere de menor infraestructura y consiste básicamente en cambiar el 50% del agua al día después de la eclosión y se continúa hasta la metamorfosis, aumentando la cantidad de recambio de agua hasta en un 90%.

Sistema de Agua verde:

Es un cultivo mixto de fitoplancton donde el agua usada para estos nunca debe de tener más de 3 días, mientras que los cambios de agua en los tanques de cultivo deben ser diarios, variando la cantidad de un 50% hasta un 100% del día.

Sistemas abiertos:

Este tipo de sistema es importado de Indonesia y Tahití, se usan tanques cilindro-cónicos de fibra de vidrio de hasta 2 m³ de capacidad pintados de verde oscuro, en donde se hacen cambios totales de agua clara todos los días. Se practica en las zonas aledañas a la costa, debido a la fácil disponibilidad de agua salobre.

Sistemas cerrados o de recirculación:

Este sistema se ha desarrollado para economizar agua y costo de energía en casos donde es necesario calentar el agua, ya que no es práctico estar calentando agua que se tira posteriormente. Los residuos por el alimento, excreción, heces fecales y organismos muertos, aparecen en el afluente como sólidos en suspensión, sustancias orgánicas en solución y amoníaco, los cuales deben ser removidos del sistema. Los sólidos en suspensión se eliminan por sedimentación, filtración o ambos, por medio de filtros mecánicos, mientras que los que están en solución se eliminan biológicamente por bacterias aeróbicas.

3.2.2. ALIMENTACIÓN

En la acuicultura uno de los principales problemas ha sido la alimentación en cultivos intensivos y extensivos de peces y crustáceos, por lo que gran parte de su interés está enfocado a la producción de organismos vivos que forman parte de la dieta alimenticia de diversas especies comestibles. Estos organismos poseen un alto valor nutricional debido a que son usados en su mayoría sin experimentar ningún proceso (secado, congelado, envasado, etc.) que haga disminuir su valor original. Hoy en día es común el cultivo de fitoplancton y zooplancton en estanques a fin de procurar alimento disponible para crías, juveniles y adultos. Muchos de estos organismos son cosmopolitas y poseen grupos representativos en aguas dulces de México. De los más importantes y que se cultivan con fines comerciales o están en procesos de investigación son: *Spirulina*, rotíferos (Pou-riot, 1980), *Daphnia pulex* (Heisingg, 1979), *Chironomus tentans* (McLarney, et al, 1974), *Artemia sp* (Castro, et al, 1975).

Alimentación Artificial

El desarrollo de un régimen de alimentación semi-intensivo o intensivo para peces y crustáceos requiere del entendimiento de la nutrición y requerimientos dietéticos de los organismos.

Los requerimientos nutricionales de todas las especies acuícolas pueden englobarse dentro de cinco grupos: proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas

y minerales (excluyendo el agua y la energía). La nutrición y alimentación en la acuicultura tiene como objetivo suministrar esos nutrientes en la dieta de los organismos; condición que se puede cumplir de una manera indirecta, al incrementar la producción de alimento vivo natural dentro del cuerpo de agua, o bien directamente al suministrarlos en forma de alimento balanceado “artificial” (Tacon, 1987). En la Tabla 6 se presenta un ejemplo de dieta para langostino.

Tabla 6. Dieta para langostino *

Ingredientes	Inclusión (%)
Harina de soya (47% de proteína)	21.0
Harina de pescado (57% de proteína)	20.3
Harina de camarón (45% de proteína)	20.0
Maíz molido	1.73
Harina de trigo con alto contenido de gluten (16% de proteína)	20.0
Sal yodatada	0.4
Mezcla de microingredientes	1.0
Total	100.0

* La dieta contiene 35% de proteína

Fuente: Balazs et al 1987

3.2.3. SANIDAD

Son raros los casos donde una enfermedad ocasiona mortalidad masiva en los cultivos de *Macrobrachium*. Siempre se observan algunos organismos enfermos o muertos, pero aparentemente estas enfermedades no son de carácter epidémico o solamente algunos langostinos son susceptibles.

En las etapas larvarias parece ser más grave la mortalidad debido a la mala calidad del agua o al mal manejo que las enfermedades en sí mismas, sin embargo se ha reconocido como una excepción la enfermedad del desarrollo larvario intermedio (Mid Cycle Disease) conocida como MCD, de etiología no determinada y que ocasiona grandes mortalidades.

En general se reconoce que un medio inadecuado (p. ej. estrés ambiental, exceso de población o dietas deficientes), predisponen a los organismos a enfermedades infecciosas (excepto a parásitos metazoarios). Todos los microorganismos que se han encontrado asociados con alguna enfermedad en langostinos se consideran oportunistas más que patógenos obligados y no se ha confirmado ningún caso que confirme que cualquiera de esos organismos sea el agente causal de la enfermedad.

Se recomienda que en el cultivo se mantenga una óptima calidad del agua para evitar enfermedades. También se debe tener la limpieza y manejo apropiados para evitar la proliferación de organismos patógenos.

Enfermedades y/o agentes asociados a estos:

- Enfermedad del Desarrollo Larvario Intermedio (MCD)
- Muerte larvaria al mudar
- Presencia de Ectocomensales: protozoarios como *Epistylis*, *Zoothamnium* y *Vorticella*
- Erosión de la Cutícula
- Necrosis
- Langostino blancuscos
- Tremátodos
- Turbelarios
- Nemátodos
- Isópodos
- Huevos de insecto

3.3 INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO.

En el ámbito de la investigación y con el fin de mejorar los cultivos, se recomienda realizar estudios y/o evaluaciones en los temas de:

- Técnicas de cultivo: técnicas de cultivo de especies endémicas
- Genética: estructura de poblaciones de langostino del género *Macrobrachium* a través de filogenia para langostinos de desarrollo directo y extendido, conocer la talla de primera madurez.
- Fisiología: controles ambientales durante el cultivo y desarrollo en laboratorio particularmente salinidad y temperatura.
- Reproducción: desarrollo larval en laboratorios respecto a controles ambientales y conocer las tallas de primera madurez. (Carta Nacional Pesquera. D.O.F. 28/08/2000)

3.4 IMPACTO AMBIENTAL

Para el cultivo de langostino deberá complementarse la instalación de unidades de filtración ya sean verticales u horizontales. Este tipo de unidades no son filtros propiamente dichos, sino un dispositivo para hacer que el mar o el lecho de un río sirvan como un filtro natural de arena.

Este lecho se convierte en un filtro biológico que destruye bacterias anaerobias y reduce los niveles de amoníaco, hierro, demanda bioquímica de oxígeno, etc. El cual también puede estar formado de grava o conchas (New y Singholka, 1984).

Con el fin de elegir el tipo de filtro más adecuado a ser instalado en un centro o unidad de reproducción, deberá consultarse con personal capacitado en hidráulica y acuacultura.

Un sistema sencillo de filtración que pudiera ser utilizado sobre todo en aquellos centros o unidades de producción que cuentan con estanques en serie sin posibilidad de contar con desagüe independiente, o que tengan problemas de abundante flora y fauna acuática introducida por la corriente, pueden instalar además de algún filtro o estanque de sedimentación, cribas fijas colocadas en los canales de distribución, entradas y salidas de agua, eligiendo el tamaño de la abertura de malla de acuerdo al tamaño de partícula que desea detener. Así también podrán ser utilizados para ayudar a detener desperdicios de alimento y heces, siempre y cuando se revisen constantemente, ya que pueden obstruirse y disminuir en gran proporción el flujo de agua. Las cribas son recomendadas principalmente para ser usadas en estanques de concreto.

Se debe de tomar en cuenta el uso de fertilizantes y medicamentos tanto en la producción de crías como de la engorda y el uso de cantidades grandes de agua en las dos modalidades, ya que se puede ocasionar impactos negativos al ambiente, los cuales pueden evitarse implantando tecnologías apropiadas, sin embargo los productores no se han preocupado por buscar y aplicar tecnologías para remediar estos impactos. Por otro lado existen productores que instalaron granjas de producción de postlarvas en lugares retirados del mar provocando de esta forma la salinización de suelo y agua del área aledaña al lugar de la instalación.

3.5 IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Desde la elaboración del proyecto para el cultivo de esta especie hasta su ejecución, se requiere personal, que va a tener un salario y como consecuencia será un beneficio económico para con sus familias, esto se considera como un impacto positivo, y si a esto se agrega que el productor utilice tecnologías limpias para el desarrollo del cultivo se puede tener éxito tanto del punto de vista ambiental como socioeconómico.

3.6 MARCO INSTITUCIONAL

Dada la preocupación de la SEMARNAP por el buen manejo de los recursos a través de un desarrollo sustentable, ha elaborado normas que se han publicado en la Ley Federal de Pesca y su reglamento en sus capítulos I, II y III, para el desempeño en la acuacultura comercial en donde se indican los tramites y requerimientos necesarios para las actividades de acuacultura y concesión.

Con objeto de regular la actividad acuícola de las especies con potencial de cultivo, se hace referencia a las siguientes normas:

***NOM-010-PESC-1993. D.O.F. 15-06-94**

Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993, que establece los requisitos sanitarios para importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en el territorio nacional. D.O.F. del 15 de junio de 1994.

***NOM-011-PESC-1993. D.O.F. 14-07-94**

Norma Oficial Mexicana NOM-011-PESC-1993, para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos. D.O.F. del 14 de julio de 1994.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

En nuestro país el langostino se encuentra en los Estados de Guerrero, Oaxaca, Morelos, Estado de México, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Colima, Jalisco y San Luis Potosí (Figura 4).

Los langostinos están distribuidos en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Se encuentran casi en todas las aguas dulces continentales como lagos, ríos, lagunas, áreas estuarinas, cuerpos de agua estancados; casi todas las especies requieren de agua salobre para su desarrollo larvario.

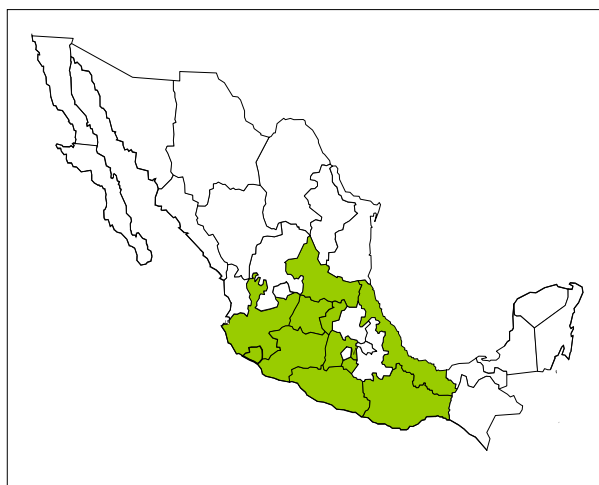


Figura 4. Distribución geográfica del langostino en México.

Hay especies que viven en aguas dulces transparentes con corriente rápida, otras prefieren aguas tranquilas y a veces turbias como es el caso de *M. rosenbergii*, el cual es nativo del Sur y Sudeste de Asia, del norte de Oceanía y de las Islas del Oeste del Pacífico, entre las que se encuentra Malasia, de donde se deriva el nombre común de langostino Malayo.

3.8. ANÁLISIS DE MERCADO

Es importante que los sistemas de inspección y control de los productos de la pesca se mejoren y apliquen para lograr que disminuyan las pérdidas de producto y que aumente la calidad en beneficio del consumidor.

La presentación del langostino en el mercado es en fresco o congelado y su precios promedio al mayoreo y menudeo de los productos pesqueros comercializados en el Distrito Federal para el año de 1999 fue de 131.11 y 151.25 respectivamente, según el anuario estadístico de Pesca, 1999 (Figura 5).

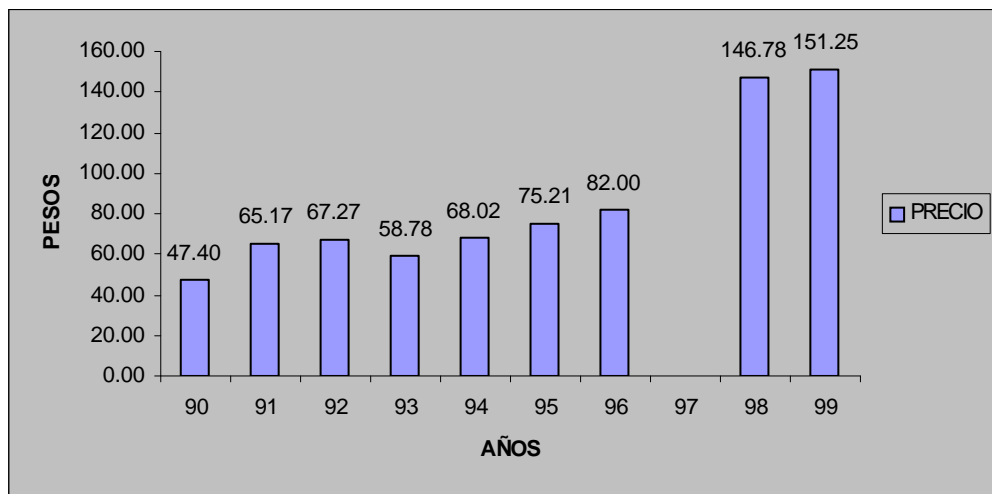


Figura 5. Precio promedio al menudeo del langostino comercializado en el Distrito Federal, 1999 (Pesos / kg).

4. PROBLEMÁTICA

El cultivo del langostino malayo en México es limitado por los siguientes factores importantes:

- Existe un solo centro de producción de postlarvas de langostino malayo ubicado en Guerrero, del cual se abastecen las unidades de engorda del resto del país.
- La mortalidad por falta de capacitación en el transporte de las postlarvas.
- Falta de sincronía entre la producción de larvas y los ciclos de engorda de los productores.

5. COMERCIALIZACIÓN

El producto se vende entero y fresco, proviene principalmente de los ejidos, aunque la venta se realiza sobre una base personal, y no por parte del ejido como entidad. Asimismo, los compradores fijan la talla o peso mínimo extraoficialmente.

Un grave problema de la comercialización del langostino es su rápida descomposición, si este no es refrigerado o consumido lo antes posible. Por lo ante-

rior las granjas que no cuentan con sistemas de refrigeración para preservar el producto han tenido considerables pérdidas económicas.

6. CONCLUSIONES

La actividad acuacultural sigue siendo incipiente para el recurso, aún cuando su potencial es alto pues las experiencias en otros países así lo demuestran. Sin embargo es necesario realizar cultivos experimentales a nivel piloto, donde las variables biológicas, tecnológicas y económicas puedan ser debidamente evaluadas (Guzmán, 1987).

El desarrollo acuícola del género *Macrobrachium* ha tenido un alto desarrollo, particularmente por el cultivo del langostino malayo *M. rosenbergii*, en sistemas de cultivo intensivo. La tecnología de cultivo del langostino *M. tenellum* es incipiente, aún cuando el potencial de la especie es alto, dada sus características biológicas y sus requerimientos ambientales. Desde un punto de vista económico es más rentable una granja productora de postlarvas que una granja de engorda, además de que la inversión es más elevada en la primera (Guzmán, 1987).

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Aquacop, 1977. *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) Culture in Poynesia: Progress in developing a mass intensive larval rearing technique in clear water. Proc. World +Maricul. Soc. 8: 311-326.
2. Castrejón, O.L. 1988. Memorias: Seminario Nacional de Cultivo y Comercialización de Langostino. Delegación del Estado de Pesca de Guerrero-Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero (FONDEPESCA) Acapulco, Gro.
3. Castro, T. y Gallardo, C. 1985. *Artemia* sp. Cuadernos CBS UAM-Xochimilco División de Ciencias Biológicas y de la Salud.
4. Craig-B. Kensler. 1974. El desarrollo y cultivo del Langostino de Río en Michoacán y Guerrero. Proyecto México-PNUD-FAO, México. Secretaría de Pesca 32 p.
5. FAO/UNDP. 1982. Technical report. Working Party on Small-scale Shrimp/Pawn hatcheries in Southeast Asia. Semarang, Central Java, Indonesia. 16-21 November 1981.
6. Fujimura, T. H. Okamoto, 1972. Notes on progress made in developing a mass culturing technique for *Macrobrachium rosenbergii* in Hawaii. En coastal

- aquaculture in the Indo-Pacific Region. T.V.R. Pilary. Weat byfleet, England Fishing News books Ltd., for IPFC/FAO. 313-27
7. Guerrero L.A. and R.D. Guerrero III. 1976. Culture of freshwater shrimps in fertilized ponds. FAO Technical Conference on Acuaqulture. Kyoto, Japan.
 8. Guzmán, A. M. (1987). Biología, Ecología y Pesca del Langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith 1871), en Lagunas Costeras del Estado de Guerrero, México. Tesis Doctoral, UNAM (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Colegio de Ciencias y Humanidades), México, D.F.
 9. Heising, G. 1979. Mass cultivation of *Daphnia pulex* in ponds: The effect of fertilization, aeration, and harvest on the population development. Ibid.
 10. Juárez, P., J. R. y G. G. Palomo M. (1985). Acuicultura. CECSA, México, D.F.
 11. Karl Heinz Hollschmit. M. 1988. Manual Técnico para el cultivo y Engorda del Langostino Malayo. Secretaría de Pesca.
 12. Karl Heinz Hollschmit. M. 1988. Especies de Langostinos cultivables en México, con Énfasis en *Macrobrachium rosenbergii*. Memorias Seminario Nacional de Cultivo y comercialización de Langostino Secretaría de Pesca. 23-57p
 13. Ling, S.W. and T.J. Costello. 1976. Review of culture of freshwater prawns. FAO Technical Conference on Acuaqulture. Kyoto, Japan.
 14. Lorán, N. R.M., I.Aguirre C., y C. Morales D. 1993. Ciclo anual de maduración y reproducción de *Macrobrachium carcinus* (L.) en diferentes localidades de Veracruz. XII Congreso Nacional de zoología. Univ. Nal. Auton. de Nuevo León. Resumen.
 15. Lorán-Núñez R. M., F. R. Martínez-Isunza, A. J. Valdez-Guzmán. 2000. Population biology of the freshwater prawn *Macrobrachium carcinus* (Linnaeus, 1758) and harvest in Veracruz, México. The Crustacean Society 2000. Summer Meeting. Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico. Abstrac. 31
 16. Lozano, G.S. 2000. El Marco teórico y Práctico de la Acuicultura Mexicana. Tesis para obtener el doctorado. UNAM. 219 p.
 17. Malecha, , S.R., 1977. Genetic and selective breeding of *Macrobrachium rosenbergii*. En: J.A. Hanson y H.L. Goodwin (ed.) Shrimp and prawn farming in the Western Hemisphere p. 328-355. Dowden, Hutchison & Ross, Inc. E.U.
 18. New, M.B. 1982. Giant prawn farming. Elsevier, Amsterdam.

19. New, M.B. and S. Singholka. 1982. Freshwater prawn farming. A manual for the culture of *Macrobrachium rosenbergii*. FAO Fisheries Technical Paper No. 225.
20. Peebles, J.B., 1979. The roles of prior residence and relative size in competition for shelter by the Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Fishery Bull. 76(4):905-911.
21. Pourriot, R. 1980. Workshop on culture techniques of rotifers. Hidrobiología. 73:33-35.
22. Ra'anán, Z. y A. Sagi., 1985. Alternative mating strategies in male morphotypes of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) Biol. Bull. 169:595-601.
23. Sánchez, A:A: 1974. Informe sobre la pesca continental y piscicultura en Colombia. FAO. Informes de pesca, No. 159. Vol. 3.
24. SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1998. 241pp.
25. SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca 1999. 271pp.
26. SEPESCA. Cultivo de Langostino 19p.
27. Tacon, A.G.J. 1987. The nutrition and Feeding of farmed fish and shrimp-A training manual 1.1 The essential nutrients. FAO/GCP/RLA/075/ITA. Brasilia, Brasil. 117p.
28. UNDP/FAO. 1982. Report of training course of the Seabass Spawning and larval Rearing. National Institute of Coastal Aquaculture. Songkhla. Thailand. 1-20 June, 1982.
29. Zendejas, H.J. 1988. Memorias: Seminario Nacional de Cultivo y Comercialización de Langostino. Delegación del Estado de Pesca de Guerrero-Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero (FONDEPESCA) Acapulco, Gro.

XVIII. LANGOSTA ESPINOSA

M. en C. Antonio Silva Loera

Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California

1. INTRODUCCIÓN

Las langostas en general pertenecen a la clase de los crustáceos. Están clasificadas en dos grandes grupos: las langostas con tenazas y langostas espinosas. Las primeras habitan en la cuenca del Atlántico en las costas de Norteamérica y Europa. En tanto que las espinosas tienen una distribución mas cosmopolita. En México únicamente se encuentran langostas espinosas.

En México la producción de langosta esta sustentada por la captura comercial, prácticamente se encuentra en todos lo litorales. Por su importancia se ubica en el segundo lugar después del camarón. Los litorales que destacan por su producción son los de la península de Baja California y las costas del Caribe Mexicano.

Las especies mas importantes son, en el Pacífico: *Panulirus interruptus* (langosta roja), *Panulirus gracilis* (langosta verde), *Panulirus inflatus* (langosta azul) y *Panulirus penicillatus*. En el Caribe: *Panulirus argus*, *Panulirus guttatus* y *Panulirus laeviscauda* (Chapa-Saldaña, 1964).

La demanda de este crustáceo ha llevado a establecer épocas de veda y talla mínima de captura. Aunque con estas medidas se busca la protección del recurso, en realidad no son las únicas medidas que inciden directamente en el aumento de la población pescable de langostas. Estas son mas bien medidas de control preventivas, mas no correctivas.

El desarrollo tecnológico para producir langosta espinosa cultivada a nivel mundial se encuentra en proceso. El aparente cuello de botella es el desarrollo larvario; en el cual el tiempo que tarda en alcanzar el estadio de juvenil, varia entre los 6-8 meses (Kittaka et al., 1997). Otro aspecto que se continúa investigando es la nutrición de larvas (Tong et al., 1997; Booth, 1996; Inoue, 1965).

Una alternativa para mejorar la pesquería de la langosta, es la acuacultura. Dentro del marco del estado de salud de la acuacultura en México, las acciones de acuacultura realizadas en apoyo a pesquerías no han alcanzado el nivel que se debiera. Existen varios países en donde las acciones de repoblamiento para

sostener o recuperar poblaciones pescables son tan importantes como la producción por acuacultura.

Baste mencionar los resultados que ha obtenido Japón en donde debido a programas de repoblamiento sus pesquerías se han recuperado en un 5%. Finalmente, hay que recordar que la pesquería de salmón en América del Norte se sostiene debido a programas de acuacultura.

La tecnología para la producción de huevos y larvas de langostas en laboratorio se conoce (Pollock, 1997; Igarachi et al., 1988; Kittaka, 1988). Y aunque el desarrollo larvario por ahora no tiene una tecnología completamente desarrollada, el uso de la larva para repoblamiento es una opción de la acuacultura conveniente, por los beneficios que puede llegar a implicar.

2. ANTECEDENTES

Con el conocimiento que se tiene en acuacultura sobre la producción de larva en laboratorio, en Baja California desde 1998 la producción de larva de langosta roja ha sido de varios millones por temporada (Figura 2).

La importancia y necesidad de avanzar en estudios y conocimiento sobre langosta espinosa, radica en la gran demanda nacional y extranjera que incide en su precio por ser un artículo de exportación. Los primeros intentos de cultivo de langosta en México se realizaron en la estación CRIP El Sauzal, Baja California, hace más de 30 años. La problemática en el cultivo de langosta en México no ha sido investigado suficientemente. Esta investigación radica principalmente en su pesquería, con el fin de tener la información necesaria para su manejo y controlar mejor su extracción. Estos estudios básicamente han estado a cargo de instituciones como el CRIP y CICIMAR en las penínsulas de Yucatán y de Baja California respectivamente.

Es necesario que colateralmente a la investigación descriptiva (cuanto hay y en donde, etc.) se desarrolle mayor investigación en acuacultura.

La importancia de considerar a la langosta como una especie cultivable, es con el objeto de generar más información, y favorecer el avance en la tecnología de su cultivo y brindar la oportunidad de aplicar lo que se conoce y se investiga para la sustentabilidad de las capturas comerciales, por ejemplo: mediante la siembra de larva cultivada.

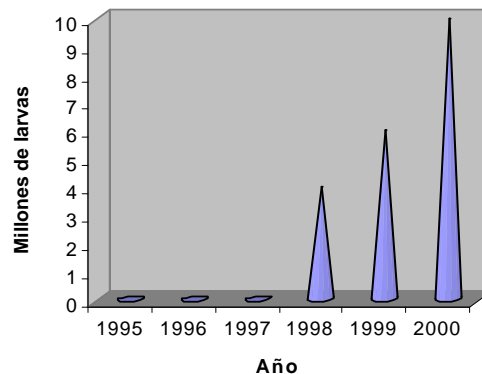


Figura 2. Producción de larva de langosta roja en laboratorio, destinada a repoblamiento.

El precio de la langosta se cotiza en moneda extranjera (dólares) sin embargo está a merced de una oferta-demanda globalizada. La langosta es un producto destinado a mercados selectos, no se trata de un producto al alcance de cualquier bolsillo. Regularmente el consumo nacional demanda un 25-30% de la producción nacional orientado a hoteles y restaurantes.

3. SITUACION ACTUAL

En la Universidad Autónoma de Baja California se vienen realizando investigaciones en el cultivo y manejo de langosta roja (Soto, 1993; Romero, 1996; Ortiz, 1996 Chanes, 1997) enfocado principalmente a la maduración y producción de larva, con el propósito de conocer mejor las condiciones adecuadas de producción y manejo de larva de calidad. La aplicación inmediata de la tecnología de manejo de adultos desde su inducción a la maduración y desove han tenido buenos resultados, lo que ha permitido utilizar la larva en repoblamiento, en tanto se continúa avanzando en los estudios de nutrición y manejo de larva en laboratorio.

Capturar langostas adultas para que se reproduzcan en laboratorio, no tiene sentido de sustentabilidad del recurso. La estrategia que hemos estado realizando y afinando tecnológicamente para no incidir en la afectación de reproductores extraídos en época de veda, es utilizar organismos capturados antes de la veda. A partir de langostas capturadas durante el ciclo de pesca abierta, se mantiene una población en recibas en el medio natural o en laboratorio para su inducción a la maduración y desove.

Con esta estrategia se produce larva a partir de adultos que están destinados a su comercialización. Se obtiene una camada de larva que hasta ahora no se cuenta con ella, la cual al ser colocada en el medio natural se sumará a las poblaciones naturales de larvas.

La langosta utilizada en la producción de larva, puesto que fueron capturadas durante la época regular de pesca, se pueden comercializar finalmente. Aunado a esto, se presenta la ventaja que su venta será en una temporada en que los precios se mejoran por la escasez natural en los mercados. Su comercialización viva es un atractivo en el momento en que por motivos de veda únicamente se tiene langosta congelada.

La situación actual del cultivo de la langosta en Baja California es la descrita, pues esto ya se ha llevado a cabo y continúan las investigaciones en un programa de vinculación entre la Universidad y una empresa dedicada a la comercialización de productos marinos.

3.1. PROPAGACIÓN

Los eventos de repoblamiento deben de conformarse en un plan de desarrollo con metas a mediano y largo plazo. Las acciones técnicas de siembra de larva, se deben de realizar en la misma zona en donde capturan los adultos. Es importante cuidar no provocar dispersión genética inducida antropogénicamente. Las unidades acuaculturales de producción de larva se deben ubicar en las principales zonas de pesca de langosta. Dado que su manejo es relativamente sencillo, cada unidad puede operar en la producción de 500 millones de larvas por temporada. Cultivar larva para repoblamiento es una opción viable, alterna a las medidas de veda y talla mínima para el manejo sustentable de la pesquería de la langosta. Es importante considerar la posibilidad de inclusión de manera formal en las medidas de regulación pesquera. Estas prácticas de repoblamiento de las especies sujetas a extracción, en los países en donde se ha implantado, ha dado resultados satisfactorios, como Japón y Australia. El establecimiento de programas regionales de repoblamiento con el funcionamiento de varias unidades de producción deben de ser manejadas en los centros pesqueros de mayor importancia.

3.2. CULTIVO

Para la producción de larva se requiere de adultos maduros. En condiciones de laboratorio, la inducción a la maduración que asegura buenos resultados es mediante el manejo adecuado en las instalaciones del laboratorio. La calidad del agua es sumamente importante, lo cual se logra con un cambio de volumen del 300% al día. Mantener en lo posible la temperatura sin variaciones, cuando mucho, en el rango de 2 grados por encima de la media, de la temperatura del medio natural. La alimentación debe ser a saciedad. Se puede utilizar alimento fresco o congelado. La langosta se adecua al alimento disponible. El uso de alimento fabricado en laboratorio (pellets, churros, etc.) puede presentar ciertas ventajas, aunque no es del todo comparable al alimento fresco. Las hembras ovígeras deben de separarse del resto, si esto no es posible es recomendable proveer de estructuras que brinden espacio similar a las madrigueras. Se debe de tener sumo cuidado con el manejo de las hembras ovígeras, si llega a ser necesario sacarlas del agua. Los huevos, aunque se encuentran adheridos a la hembra, no reciben oxígeno del plasma materno, respiran directamente del agua, al quedar expuestos al aire la falta de oxígeno y la deshidratación tiene efectos letales sobre los huevos. El huevo tarda en eclosionar aproximadamente 20 días, ésto en función directa de la temperatura, lo que a su vez, depende de la especie. El color del huevo recién fecundado es de color naranja brillante, antes de eclosionar llega a tener un color café translúcido. La eclosión de los huevos por lo regular es en horas de oscuridad. Aunque es común que la mayoría de las larvas eclosionen en una sola noche, el proceso puede durar 2-3 días. La colecta de las larvas es se-

mejante a la de otras especies de crustáceos, con la salvedad que estas no nadan hacia una fuente luminosa.

La mortalidad durante el proceso de maduración del huevo no es sencillo estimarla. Durante el tiempo que la hembra incuba los huevos fertilizados, si alguno pierde la viabilidad, la hembra lo desprende con lo que se evita la proliferación de hongos y bacterias. Debido a lo anterior, al momento de la eclosión no quedan en la hembra huevos infértiles o embriones muertos en los pleópodos. Se pueden presentar casos de mortalidad de huevos, debido a un manejo inadecuado de las hembras ovígeras o a una mala calidad del agua. En estos casos la hembra desprende los huevos de los pleópodos.

Los riesgos a enfermedades que se han encontrado en el cultivo de larvas de langosta están representados por protozoarios ectocomensales, protozoarios microsporidia, bacterias y hongos. Afortunadamente, estos patógenos se pueden evitar utilizando la infraestructura común en cualquier laboratorio de acuicultura para el manejo de agua de calidad.

En lo que respecta al proceso de manejo larvario en laboratorio hasta alcanzar el estadio juvenil, existen dos consideraciones que son el cuello de botella a nivel mundial para el cultivo y ciclo completo de langostas espinosas: en primer lugar el desarrollo larval tiene una duración, que aunque varía de especie a especie, en promedio puede llegar a los 8 meses; el otro problema sin una solución viable son los requerimientos nutricios durante estos meses. Se han probado diferentes dietas sin embargo los resultados no han sido completamente satisfactorios (Kitataka et al., 1997; Abrunhosa y Kittaka, 1997; McWilliams y Phillips, 1997; Tong et al., 1997).

No obstante la dificultad de cultivar suficiente larva hasta el estadio de juvenil, en Cuba y Florida mediante la captura de juveniles silvestres realizan cultivo de engorda hasta la talla comercial. Estos son los primeros pasos que se dan en este sentido. Tal vez utilizar juveniles silvestres para encierros de engorda merezca un poco de mayor investigación sobre que pasa con las poblaciones naturales de adultos. Solo a la luz de los resultados de evaluaciones del impacto de retirar juveniles del stock pescable potencial es como se deberá de establecer una política de uso de juveniles. Mientras tanto, es un hecho que la langosta se puede cultivar (engordar) desde juvenil hasta el tamaño comercial.

El conocimiento de la ecología de las poblaciones de langosta es fundamental para pensar en la engorda de juveniles (Alfonso y Frías, 1991; Cruz y de León, 1991; Cruz et al., 1991). La acuicultura de engorda a partir de larva o juveniles silvestres de cualquier especie requiere de amplio conocimiento y los estudios suficientes de la dinámica de poblaciones.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Las investigaciones en acuacultura sobre la producción de larva de langosta y su manejo, se iniciaron en la Universidad Autónoma de Baja California en 1997-98, en tanto que sobre fisiología de adultos desde 1994-95. Es importante considerar que los objetivos de estas investigaciones han sido orientados a dar respuestas a inquietudes del sector dedicado a la pesca de langosta.

La inquietud de repoblamiento que ha generado estas líneas de investigación nace del sector dedicado a su pesca. Entre las líneas de investigación en que se está trabajando y que merecen mayor atención están: nutrición en larvas, investigar las capacidades fisiológicas de la larva para su manejo adecuado en los procesos de repoblamiento, caracterización de larvas sanas adecuadas para el repoblamiento, enfermedades en larvas y el tratamiento para combatirlas.

Se trata de producir larva de langosta para apoyo a la pesquería del recurso. Lo cual se considera importante y válido, si al menos se toma como referencia el cultivo del salmón, por citar un solo ejemplo. La pesquería del salmón ha sido sostenida por acuacultura en apoyo a pesquerías. Las investigaciones iniciaron hace más de 40 años y continúan, sin embargo los resultados desde sus inicios han sido satisfactorios. El éxito de estos programas de investigación y la generación de la tecnología para su desarrollo ha sido gracias a la conjunción de intereses de varios sectores involucrados en ésta actividad.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

El repoblamiento de langosta a partir de reproductores obtenidos anualmente favorece que las características genéticas de las larvas sean renovadas anualmente, por no mantener un mismo grupo de reproductores por largo tiempo.

El cultivo de larva de langosta no implica la utilización de agentes químicos o de cualquier índole que si llegaran a ser vertidos en el medio natural pudieran causar algún desequilibrio en éste. Se trata de una actividad en la que el uso de agua de mar debe de contar con elevada calidad, la cual una vez que ha sido utilizada en el laboratorio regresa al mar aún con mejor calidad que de donde se tomó. Esta calidad es producto de un tratamiento por irradiación con luz ultravioleta, filtrado mecánico, con lo que se eliminan bacterias, protozoarios y materia orgánica suspendida y particulada.

Sin embargo, es conveniente dejar asentado que en el peor de los casos, si llegara a ser necesario algún tratamiento para combatir organismos patógenos, el riesgo es del mismo orden e implicaciones a los que se presentan en toda actividad acuacultural. Las enfermedades aunque son eventuales siempre están presentes en toda actividad acuacultural y el uso de sustancias para combatirlas es

inevitable. El impacto ambiental en este sentido sería mucho menor a cualquier actividad de laboratorio en donde se realiza acuacultura.

3.5. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Los resultados de un programa de cultivo de larva de langosta en apoyo a pesquerías se reflejarían en el mediano y largo plazos, de tres a cinco años. La incidencia de estas acciones es para incrementar la recuperación de las poblaciones naturales de langosta. El impacto debido a la acuacultura de la especie sería para mejorar de las fuentes ya establecidas. Es importante establecer que la producción de langosta hasta ahora es exclusivamente por la pesca, sin embargo, la acuacultura de larva de langosta es una opción que inicia para mejorar la producción de langosta. En esta actividad el marco de beneficio social regional y local está definido suficientemente.

3.6 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

Por ahora, la zona en que se está trabajando para implementar la tecnología que permita realizar acciones de repoblamiento es Baja California. En estas investigaciones se encuentran involucrados un representante del sector pesquero y la UABC.

3.7. ANÁLISIS DE MERCADO

En la vertiente del Pacífico se captura alrededor del 65% de la producción nacional total de langosta. El resto en el Golfo de México. La producción pesquera de exportación representa un valor promedio de 22 millones de dólares al año.

El consumo es nacional y de exportación. Las presentaciones son: cocida-congelada, cruda-congelada y viva, cada presentación tiene precio de venta distinto. La cocida-congelada varía entre 11-15 dólares/langosta de medida, en tanto el precio de langosta viva fluctúa entre 15-19 dólares. Independientemente de los anteriores, el costo de producción, es de 1.50 de dólar/langosta siendo más cara en la presentación de cocida-congelada.

4. PROBLEMÁTICA

Ante los datos estadísticos de las capturas de langosta en los últimos diez años, se han mantenido con una tendencia estable en las 2,000-2,200 toneladas promedio anual, pareciera ser que la pesquería no se encuentra en riesgo. Sin embargo el precio elevado es un indicativo que la oferta no satisface la demanda. Lo anterior puede tener una sola solución: aumentar la producción.

Sin embargo, la estabilidad de las capturas de langosta son un indicador de que la pesquería ha alcanzado su máximo sostenible, y esto constituye un problema latente. El pescador quiere pescar más y la realidad, si se busca la sustentabilidad del recurso, es que no se debe pescar más, no hay más. Y ha esta conclusión se ha llegado por el resultado de la investigación de la pesquería de la langosta para optimizar el manejo del recurso. Asimismo se ha sustentado la racionalización de la pesca de la langosta. Sin embargo es necesario investigar opciones que tengan un vector de incidencia mayor en el recurso, no solamente regulatorio. La acuacultura tiene mucho que ofrecer pero desafortunadamente no existen entidades académicas o proyectos de desarrollo suficientes orientados a fomentar acciones de éste tipo. Es por éso que no obstante que no se tenga una tecnología del ciclo completo para el cultivo de la langosta todo esfuerzo en este sentido debe continuar.

4.1. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Es primordial que la investigación continúe en los aspectos de reproducción y manejo de larvas. Realmente las instituciones que se ocupan de realizar investigación en acuacultura de langosta son escasas. Y esto ocasiona que las opciones de cultivar langosta no se diversifique en propuestas de desarrollo de líneas de investigación. No es sano ni conveniente esperar que avance la acuacultura de la langosta en otros países para copiar y empezar a aprender en México.

Las acciones que implica el cultivo de la langosta de repoblamiento son del orden académico y de fomento a la actividad por otras entidades y participaciones sectoriales. El cultivo de la langosta para apoyo a pesquerías, son acciones que en el mediano y largo plazo benefician a todos los participantes en estas acciones. Las razones son obvias. Lo que tal vez no sea tan obvio para algunos de los necesariamente involucrados es la medida de su participación. Sin embargo es urgente y necesario dar el primer paso, y como siempre sucede este primer paso lo da el sector académico.

5. CONCLUSIONES

5.1 PAPEL DE LA ESPECIE EN EL CONTEXTO NACIONAL

No obstante que aún no se desarrolla la actividad acuacultural de langosta en el país, es importante sentar los precedentes de como su cultivo puede impactar la producción en el área de la pesquería, mediante el repoblamiento de larvas cultivadas, en el esquema antes descrito. Hacer acuacultura de engorda de juveniles en encierros afectaría directamente en el mediano plazo la producción, ya que esos juveniles dejaran de ser potenciales adultos en la pesquería. Esta acuacultura no es la que aquí se plantea no obstante que pudiera ser un elemento en la estadística de la producción nacional.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETIVOS A CUBRIR POR LA ESPECIE DE CULTIVO.

Es necesario que exista claridad en el contexto de la importancia que representa un programa de repoblamiento de langosta. Su incidencia es directamente en beneficio de las poblaciones naturales y deberá de hacerse por los mismos productores, de tal manera que participen y se vayan interiorizando de la solución del problema. Siendo ellos los beneficiarios principales de la extracción de la langosta, ellos mismos deberán de sembrar lo que cosecharan más tarde. En tanto, por ahora es papel de las instituciones de investigación generar la tecnología para que las acciones que implica el repoblamiento sean fáciles y seguras de realizar por los mismos productores.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Abrunhosa, F.A. y J.Kittaka. 1997. Effects of starvation on the first larvae of *Homarus americanus* (Decapoda, Nephropidae) and phyllosomas of *Jasus verreauxi* and *J. edwardsii* (Decapoda: Palinuridae). *Buul. Mar. Sci.*, 6(11): 73-80.
2. Alfonso, I. Y M.P. Frías. 1991. Distribución y abundancia de larvas de la langosta (*Panulirus argus*) en aguas alrededor de Cuba. *Rev. de Inv. Mar.*, vol 12:5-18.
3. Booth, J.D. 1996. Phyllosoma reared to settlement. *The lobster Newsleter*. 8(2): 1.
4. Cruz, R., M.E. de León. 1991. Dinámica Reproductiva de la langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago Cubano. *Rev. de Inv. Mar.*, vol 12: 234-245.
5. Cruz, R., M.E. de León, E. Díaz, R. Brito y R. Puga. 1991. Reclutamiento de langosta (*Panulirus argus*) a la plataforma Cubana. *Rev. de Inv. Mar.*, vol 12: 66-75.
6. Chanes Miranda, L.B. 1997. Desarrollo de carnadas a partir de subproductos pesqueros para la captura de langosta *Panulirus interruptus* en la Península de Baja California. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México. 69pp.
7. Chapa Saldaña, H. 1964. Contribución al conocimiento de las langostas del Pacífico Mexicano. SEP.

8. Igarashi, M.A., M. Iwai y M. Yoshimura 1988. Culture of a hybrid of spiny lobster genus *Jasus* from egg stage to puerulus. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 54:413-417.
9. Inoue, M. 1965. On the relation of amount of food taken to the density and size of food and water temperature in rearing the phyllosoma of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus* (V. Siebold). *Nippon Suisan Gakkaishi*. 31:902-6.
10. Kittaka, J. 1988. Culture of the palinurid *Jasus lalandii* from egg stage to puerulus. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 54: 87-93.
11. Kittaka, J., K. Ono y J.D. Booth. 1997. Complete development of the green rock lobster *Jasus verreauxi* from egg to juvenile. *Bull. Mar. Sci.* 61(1): 57-71.
12. McWilliam, P.S. y B.F. Phillips. 1997. Metamorphosis of the final phyllosoma and secondary lecithotrophy in the puerulus of *Panulirus cygnus* George: a review. *Mar. Freshwater Res.*, 48: 783-790.
13. Ortiz Viveros, D. 1996. Adaptaciones fisiológicas de la langosta roja *Panulirus interruptus* para sobrevivir fuera del agua en relación al tiempo y temperatura de exposición aérea. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México. 51pp.
14. Pollock, D.E. 1997. Egg production and life-history strategies in some clawed and spiny lobster population. *Bulletin of Marine Science*. 61(1): 97-109.
15. Romero Parra, B. 1996. Utilización del consumo de oxígeno como estimador de límites térmicos en *Panulirus interruptus* (Randall, 1840). Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México. 48pp.
16. Soto Rodríguez, S.A. 1993. Efecto del carragenano en el sistema inmunológico de la langosta *Panulirus interruptus*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Marinas, UABC. Ensenada, B.C., México. 82pp.
17. Tong, L.J., G.A. Moss, M.M. Paewai y T.D. Pickering. 1997. Effect of brine-shrimp numbers on growth and survival of early-stages phyllosoma larvae of the rock lobster *Jasus edwardsii*. *Mar. Freshwater Res.*, 48:935-940.

XIX. CAMARÓN ROSADO DEL GOLFO

M. en C. Norma Angélica López Téllez

Investigadora del Centro Regional de Investigación Pesquera Lerma, Campeche, del Instituto Nacional de la Pesca

1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países productores de camarón más importante en el mundo, lo cual esta sustentado en la pesca de alta mar. Pero por factores aún desconocidos, en la Sonda de Campeche se ha observado una disminución de su captura en los últimos años y se ha vislumbrado la necesidad de implementar programas de acuacultura.

En el estado de Campeche recientemente se han interesado por hacer granjas de camarón, en el que proponen cultivar el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* dando como explicación que ya se conoce su biotecnología, sin importar que se incide en el esquema de transfaunación y que puede significar el alterar las relaciones de competencia, depredación, parasitismo y enfermedades vírales a largo plazo, haciendo a un lado la posibilidad del cultivo de especies nativas como el camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*, por el temor a arriesgar su patrimonio. Esta especie tiene un particular interés en el sector social y desde luego en el sector privado por la apariencia y sabor del crustáceo.

El Centro Regional de Investigación Pesquera de Lerma, Camp. (CRIP-L), desde 1992 a la fecha ha implementado estudios tendientes al cultivo del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*, principalmente en el estadio larval, para el que se ha elaborado ya la tabla básica de alimentación para el desarrollo larval.

Posteriormente en los trabajos efectuados desde 1995 y 1996, se ha propuesto el crecimiento de postlarvas en estanquería, y llevarse a talla pacotilla 60 a 70 over (3 meses) y camaroncito (2 meses), propuesta que la Secretaría de Pesca del Gobierno Estatal tomó y esta llevando acabo con el grupo PECIS, y en los últimos años en maduración de hembras en cautiverio, que en el laboratorio de acuicultura del CRIP-L ya hemos logrado entre el noveno y treceavo día después de la ablación ocular y con temperaturas mayores de 28° C.

Asimismo, instituciones de educación superior también se han interesado en el cultivo de especies locales, como ejemplo está el ITMAR de Campeche, que en 1998 inició estudios tendientes al cultivo del camarón rosado retomando los estudios ya hechos en el CRIP-Lerma.

2. ANTECEDENTES

El camarón rosado se encuentra en el Golfo de México en la Sonda de Campeche, su distribución abarca desde el sur de la bahía Chesapeake, Maryland, E.U. hasta Quintana Roo, México.

En México los estudios que se han realizado en el CRIP – Lerma datan desde 1986, donde Delgado produjo postlarvas y las confinó en un estanque, no se obtuvieron resultados por haberse presentado problemas técnicos. Pastor y Marcet (1990) produjeron postlarvas en laboratorio.

Corbalá (1990), observó el desarrollo larvario del camarón rosado *F. duorarum* bajo tres regímenes alimenticios y López en el mismo año trabajó con el desarrollo postlarvario bajo dos regímenes alimenticios.

En 1992 bajo el convenio entre el Instituto Nacional de la Pesca y la Universidad Autónoma de México se realizaron tres trabajos. El primero sobre el efecto del color de la luz en la maduración de hembras de camarón blanco *Litopenaeus setiferus* y camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* parcialmente oculotomizadas; El segundo trabajo “Algunos de los aspectos de la nutrición del camarón blanco *Litopenaeus setiferus* y el camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* del Golfo de México”.

Durruty (1992) determinó las densidades óptimas de alimento vivo fitoplancton en los estadios larvales del camarón rosado.

López et al. (1994), determinaron las densidades óptimas de alimento vivo (fitoplancton y zooplancton) en cada fase de desarrollo larval del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*.

Entre 1995 y 1997 el Fideicomiso para la Investigación PEMEX y la Secretaría de Pesca del Gobierno del estado facilitaron tres estanques rústicos de 2,500 m² y recursos financieros en la granja “Las Playitas”, Municipio de Tenabo. De aquí se obtuvieron datos preliminares de su crecimiento, proponiendo el cultivo a tallas de camaroncito (que es producto de una pesquería ribereña de poslarvas capturadas en esteros) y pacotilla 60 a 70 over, lográndolas entre 2 y 4 meses respectivamente.

En 1998 López determinó el esquema básico de alimentación larval para la producción de postlarvas de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*. Y en el 2000 López et al. iniciaron los trabajos referentes a maduración, logrando los trabajos: “Comparación de dos tipos de alimento para la maduración de hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* en cautiverio” y “La calidad del agua mediante flujo continuo y estático para acelerar el proceso de maduración en hembras de camarón rosado y hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* ablacionadas y no ablacionadas para alcanzar el estadio IV de madurez gonadal”.

3. SITUACIÓN ACTUAL

Por el momento, el cultivo del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* se encuentra en su fase experimental, acumulando las experiencias que permitirán en su oportunidad implementar un paquete biotecnológico para su producción a escala comercial.

Los resultados de los estudios que se han venido desarrollando en el CRIP – Lerma aún no son concluyentes, sin embargo son alentadores; es por eso que se continuo con ellos, con el objetivo de llenar los huecos de información que han dejado las experiencias anteriores.

En este momento los trabajos que se desarrollan están enfocados principalmente a madurar hembras en laboratorio para dejar de depender de reproductores silvestres para la obtención de poslarvas, asimismo, en la fase de crecimiento la empresa PECIS inició trabajos de crecimiento en su granja de Sisal, Yuc., produciendo camaroncito del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*.

Existe una granja nueva (1999) de camarón en el poblado de Boxol, aunque en este caso se cultiva camarón blanco del Golfo de México *Litopenaeus vannamei*. Existen en funcionamiento desde 1999 tres estanques de concreto en el ITMar de Champotón, en los cuales realizan estudios de crecimiento a nivel experimental del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*.

3.1. PROPAGACIÓN

Dado el poco interés de la iniciativa privada de cultivar una especie nativa, el Centro Regional de Investigación Pesquera desde 1992, por ser la única institución en interesarse por el camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* trabajo solo, es a partir de 1998 que el ITMar de Campeche inicia estudios con la misma especie se sigue trabajando aisladamente.

3.2. CULTIVO

En agosto de 1995 se sembraron a una densidad de 10 pl/m² postlarvas de camarón en edad PL 9 – 10 en 2,500 m², las tallas alcanzadas a 80 días fueron de 4.34 g y 8.29 cm de longitud total, se suspendió por problemas ambientales causados por el huracán Roxana (1995), que imperaron en ese momento sin poder cuantificar la sobrevivencia. En 1996 se sembraron tres estanques rústicos de un cuarto de hectárea. Las densidades fueron de 10, 20 y 40 pl/m², después de cuatro meses de cultivo se obtuvieron los siguientes pesos de los organismos: en el estanque de 10 pl/m², 22.3 g en 154 días; en el de 20 pl/m², 6.6 g en 112 días; y en el de 40 pl/m², 12 g en 119 días. Se determinó que esta talla es atractiva comercialmente para la localidad que tiene una alta preferencia al consumirse cócteles de camarón juvenil; producto de una pesquería ribereña de postlarvas capturadas en esteros.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

En la actualidad existen dos centros de investigación que se dedican a realizar estudios sobre el cultivo del camarón rosado, el CRIP Lerma y el ITMar de Campeche. El CRIP – L, ha realizado estudios con éxito referentes a la producción de postlarvas de camarón a partir de hembras grávidas, obteniendo la tabla básica de alimentación en el estadio larval, además de los rangos óptimos de temperatura y salinidad para la producción de larvas. Y por parte del ITMar que inició sus estudios a finales de 1998 desovando hembras grávidas y realizando trabajos de maduración y repoblamiento.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

Uno de los problemas ecológicos que existen hoy en día es la transfaunación, ya que se altera a las poblaciones naturales en sus relaciones de competencia, depredación, parasitismo y enfermedades, entre ellas las vírales a largo plazo, aspectos que traen cambios en la biodiversidad de las regiones.

Por otro lado, si los animales transfaunados presentan enfermedades o no cumplieron la cuarentena, cuando se realiza el recambio de agua en los estanques los patógenos no tienen fronteras saliendo así a mar abierto pudiendo afectar a las poblaciones silvestres.

3.5. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

En la actualidad el cultivo del camarón rosado no ha tenido el despegue que se esperaría, dado que la iniciativa privada, al no existir experiencias en el ámbito comercial consideran que es una inversión de alta incertidumbre. Sin embargo las experiencias de los trabajos realizados en la granja “Las Playitas” nos permite

pensar que la obtención del camarón juvenil vía acuacultura puede ser ampliamente provechosa desde el punto de vista económico. En Campeche existe la tradición de comer camarón juvenil para coctel que se obtiene con una pesca ilegal del camarón rosado desde el estero de Sabancuy hasta Isla Arena, que en estadios juveniles se les denomina camaroncito. El 90% de la captura son postlarvas de camarón rosado, las cuales tienen gran demanda en coctelerías de la región. Su tamaño promedio es de dos centímetros de longitud total y un peso de un gramo, esta práctica resulta altamente perjudicial para los procesos de reclutamiento y daña directamente a la pesca de altura, como alternativa del recurso se propone la acuacultura que permitiría la legal permanencia de la venta del camaroncito, no dañaría al reclutamiento pesquero y de reproducción y por lo tanto no perjudicaría la pesca de altura.

3.6. MARCO INSTITUCIONAL

En el caso del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* se hace uso del artículo 57 del reglamento de la ley de pesca, donde dice, “La Secretaría podrá otorgar las autorizaciones para recolectar del medio natural reproductores, larvas, postlarvas, crías, huevos, semilla, alevines o en cualquier otro estadio, para destinarlas al abasto de las actividades acuícolas exclusivamente”.

El Artículo 128 del Reglamento de la Ley de Pesca dice: “La Secretaría podrá autorizar la introducción a territorio nacional de especies vivas de la flora y fauna acuáticas, mediante la presentación de un certificado de sanidad expedido por las autoridades competentes del país de origen”. Sin embargo en el estado de Campeche con las especies de tilapia y camarón del Pacífico se han traído en varias ocasiones.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El camarón rosado del Golfo de México se encuentra distribuido desde el sur de la bahía Chesapeake, Maryland, E.U. hasta Quintana Roo, México, se localiza principalmente en la Sonda de Campeche.

Las unidades de producción en el estado de Campeche se observan en la Tabla 1.

3.8. ANÁLISIS DE MERCADO

La comercialización del camarón principalmente es para exportaciones a Europa o Estados Unidos, el camarón se clasifica por talla que van desde U10, U12, U15, 16/20, 21/25, 26/30, 31/35, 36/40, 41/50, 51/60, 61/70, 71/80 y 81/90 a los cuales según demanda son los precios que alcanzan en el mercado. Otra forma

Tabla 1. Unidades de producción en el estado de Campeche.

Unidad de producción	Municipio	Sist. de cultivo	Especie	¿Opera actualmente?	Vinculación
Las Playitas	Tenabo	Estanques Rústicos	Camarón	No	SEPESCA
Boxol	Campeche	Estanques Rústicos	Camarón blanco del Pacífico	Si	SEPESCA y Particular
Pocito	Tenabo	Estanques Rústicos	Camarón	No	SEPESCA

de clasificar es de acuerdo a su presentación la cual puede ser con cáscara, pelado, empanizado descabezado o sin clasificar (Ocean Garden, 2000).

Con respecto al camarón vía acuacultura, desde 1994 la compañía AGROASEMEX, inició la operación de seguro acuícola, protegiendo una granja de camarón, para 1999 se han protegido 60 granjas de Sinaloa, Nayarit, Tamaulipas y Yucatán, con cobertura para los animales por muerte o deficiente desarrollo a consecuencia de fenómenos meteorológicos, acarreo de sustancias tóxicas, temperaturas extremas, enfermedades bacterianas, parasitarias y fungosas, cubriendo así pérdidas (Ocean Garden, 2000).

Ante la paralización de la planta industrial de los puertos de Cd. del Carmen y Campeche en lo que va del año, los armadores campechanos están solicitando una apertura anticipada de la veda impuesta este año al camarón rosado.

4. PROBLEMÁTICA

4.1. PRODUCCIÓN DE CRÍAS

Con respecto a la producción de postlarvas de camarón rosado *F. duorarum*, se depende de adultos maduros capturados en alta mar, esta actividad se dificulta dado los altos costos de operación de un barco, aunado al comportamiento de la flota que durante la veda no capturan en el área de distribución del camarón rosado *F. duorarum*. Una vez las hembras en laboratorio, estas se colocaron individualmente a oscuridad total, esperando el desove durante la noche, haciendo la revisión periódicamente, en caso de que haya ocurrido el desove se retira la hembra esperando la eclosión del huevo y si no, se deja la hembra hasta otro chequeo.

Entre once y catorce horas después de la eclosión las larvas en estadio de nauplio I (NI) a nauplio IV (NIV), se recolectan aprovechando el fototropismo positivo que presentan, se verifica que el nado hacia la luz sea eficiente, activo y que las larvas se encuentren saludables, finalmente se cuantifican y son sembradas en los estanques, su alimento lo obtienen del vitelo, razón por la cual empiezan a

alimentarse artificialmente a partir de protozoa I (PI), y es a partir de aquí que el manejo debe ser sumamente cuidadoso siendo esta una etapa crítica de sobrevivencia y la otra es cuando pasan al estadio de mysis.

Las larvas requieren de más de una especie de fitoplancton ya que una sola no es suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales, las especies de microalgas que mejores resultados han dado en cuanto a crecimiento, índice de desarrollo y sobrevivencia de las larvas son con la diatomea *Chaetoceros ceratosporum* y el flagelado *Tetraselmis chuii*.

Conforme las larvas crecen aumentan su requerimiento energético, su tamaño y cantidad de alimento a ingerir, durante la fase de mysis I (MI a MIII), la alimentación se basa de partículas orgánicas o zooplancton entre ellos el rotífero y nauplios de *Artemia*, aunque en los últimos años se ha dado la tendencia a usar alimento microparticulado.

En cuanto los factores fisicoquímicos óptimos para el desarrollo larval, se han encontrado en temperatura a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, para salinidad $35 \pm 3\text{‰}$, concentración de oxígeno disuelto a 7 ± 3 ppm y para pH 7.5 ± 3 . Logrando sobrevivencias hasta un 75%.

4.1.1. MANEJO DE REPRODUCTORES

La obtención de los camarones adultos silvestres, ya sea para desovar o para madurarlos en laboratorio, se realiza capturándolos en alta mar a bordo de barcos camaroneros por medio de una red de arrastre, ya que aún no se cuenta con un tanque reservorio para mantener a los juveniles y poder cerrar el ciclo, los animales son transportados en bidones de 50 l de capacidad con aireación constante y la temperatura se baja a no menos de 15°C con bolsas de hielo. Una vez en los laboratorios del Centro Regional de Investigación pesquera de Lerma, Camp. (CRIP) los camarones son aclimatados agregando cada diez minutos un litro de agua de mar hasta igualar la temperatura ambiente y salinidad del agua del bidón con la del tanque de mantenimiento.

Los organismos en el laboratorio se mantienen realizando diariamente los recambios de agua hasta un 80% cada veinticuatro horas, retirando el alimento sobrante y las heces producidas así como las mudas de los organismos.

La alimentación esta basándose en alimento fresco principalmente calamar y se suministra ad libitum.

4.1.2. MANEJO GENÉTICO

Sobre manejo genético no se ha realizado ningún estudio de la especie hasta el momento.

4.1.3. MADURACIÓN / REPRODUCCIÓN

A partir de 1998 el CRIP ha enfocado sus esfuerzos a realizar estudios referentes a la maduración y reproducción en cautiverio en adultos de camarón rosado *F. duorarum*. Para acortar los tiempos de maduración en laboratorio generalmente se emplea como manipulación endocrina, la ablación del pedúnculo ocular de las hembras, ya que los crustáceos decápodos presentan en los pedúnculos oculares un complejo neurosecretor llamado órgano x – glándula sinusal y la ablación de este permite la remoción de la hormona inhibidora de la gónada lo cual acelera el desarrollo de los ovarios y consecuentemente la maduración ovárica.

Para esta especie se ha logrado entre el noveno y treceavo día después de la ablación la maduración y desove de las hembras en cautiverio bajos las siguientes características alimentación fresca principalmente calamar, flujo continuo de agua, temperaturas de 30 ± 2 °C y salinidad de 35 ± 2 ‰.

4.2. CULTIVOS

4.2.1. NIVELES DE PRODUCCIÓN

En cuanto a crecimiento de esta especie en estanquería, se han realizados estudios a nivel experimental, lo cual nos ha dado una visión general del comportamiento de esta especie obteniendo datos preliminares. Sin embargo es necesario realizar estudios a nivel piloto comercial.

En cuanto a nutrición, sólo se tienen estudios a nivel de larva en cuanto a la tabla básica de alimentación, en postlarva se tiene la dieta para preparar pellets de acuerdo a sus requerimientos nutricionales y en adultos para maduración que prefieren el alimento fresco al pelletizado.

Y referente a sanidad acuícola, en 1998 inició el estudio “Diagnostico de enfermedades vírales en camarones del Golfo de México” a cargo de la MC Margarita Hernández.

5. CONCLUSIÓN

Al cabo de este tiempo de estudio del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Se cuenta con la tabla básica de alimentación para el desarrollo larvario de *F. duorarum* y los rangos óptimos de temperatura y salinidad.

- Las poslarvas producidas en el laboratorio se consideran de buena calidad ya que resisten los cambios de laboratorio a estanquería con un 90% de sobrevivencia .
- Que a 57 días de cultivo y densidades de 10 pl/m² alcanzó tallas de 4.3 g y a densidades de 20 y 40 pl/m² con 40 días de cultivo el camarón alcanzó tallas similares al camarón que se comercializa en la región conocido como “camaroncito”.
- Que se ha logrado la maduración de hembras en cautiverio entre el noveno y treceavo día después de la ablación del pedúnculo ocular, con alimento en base a calamar fresco, flujo continuo de agua, temperaturas de 30 ± 2 °C y salinidad de 35 ± 2‰.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Corbalá J., 1991. Desarrollo larvario de *Penaeus duorarum* bajo tres regímenes alimenticios. X Congreso de Oceanografía. Mérida Yuc. 1991
2. Delgado R., 1986. Informe Técnico final de un cultivo experimental de camarón en estanques del relleno sanitario de Campeche. Informe interno del CRIP Lerma. Enero 1987.
3. Durruty C., 1992., Densidades optimas de fitoplancton para el desarrollo larval del camarón rosado *Penaeus duorarum*. Tesis de licenciatura ENEP Izta-cala, UNAM.
4. Gaxiola G., Rosas C., Sánchez A., Ramos L., Soto L., López N., García S., 1998. Algunos de los aspectos de la nutrición del camarón blanco *Litopenaeus setiferus* y el camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* del Golfo de México. Tercer simposium internacional de nutrición acuícola, 1998 Monterrey.
5. León T., Gaxiola G., Rosas C., Sánchez A., Ramos L., Soto L., Durruty C., López N., Ramírez L., 1992. Efecto del color de la luz sobre la maduración de hembras de camarón blanco *Penaeus setiferus* y camarón rosado *P. duorarum* parcialmente oclectomizadas. IX Congreso de Oceanografía Boca del Río, Ver.
6. López N, 1991. Desarrollo poslarvario del camarón rosado *Penaeus duorarum* bajo dos regímenes alimenticios Tesis de Licenciatura UAM - Xochimilco
7. López N, Sarabia D., Araos J., Ramírez, H., 1995. Estudio preeliminar del cultivo de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*. Memorias de la reunión técnica sobre cultivo de camarón en el Golfo de México y Mar Caribe. Dirección General de Investigación en acuicultura INP México, D.F.

8. López N., 1998. Densidades óptimas de alimento vivo para larvas de camarón rosado *Penaeus duorarum* Burkenroad, 1939, y su posible sustitución con alimento microencapsulado. Tesis de Maestro en Ciencias UNAM.
9. López N, Sarabia D., Araos J., 2000. Maduración de hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* comparando la calidad del agua mediante flujo continuo y estático. Informe de investigación interno del CRIP – Lerma.
10. López N, Sarabia D., Araos J., 2000. Tiempo que tardan las hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* ablacionadas y no ablacionadas para alcanzar el estadio IV de madurez gonadal. Informe de investigación interno del CRIP – Lerma.
11. López N, Sarabia D., Araos J., 2000. Tiempo de maduración entre hembras de camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* parchadas y no parchadas en condiciones de laboratorio. Informe de investigación interno del CRIP – Lerma.
12. Ocean Garden Products Inc., 2000. Comportamiento del Mercado del camarón. Mayo – junio de 2000. año 17 Núm 93.
13. Pastor G. Y Marcet G., 1990. Resultados preliminares para la producción de poslarvas de camarón rosado *Penaeus duorarum*. Instituto Nacional de la Pesca. N0. 31 Noviembre 14p
14. Reglamento de la Ley de Pesca 1999. Ley de Pesca y su reglamento, Primera edición, Impreso en México, 113p.

XX. LANGOSTA AUSTRALIANA DE AGUA DULCE

M. en C. Margarita Hernández Martínez

Investigadora de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, como consecuencia del cambio climático global y la sobrepesca, gran parte de los recursos marinos han visto mermadas sus poblaciones, lo que se refleja en un desabasto e incremento en el precio de estos productos. Por esta razón se ha visto a la acuicultura como una importante fuente de alimento accesible y de excelente valor nutricional, sin embargo, los productores han vuelto su atención al cultivo de especies exóticas como una oportunidad de grandes ganancias en corto tiempo, debido a su alto rendimiento económico y técnicamente adaptable a la acuicultura.

A nivel mundial, la introducción de especies exóticas ha estado asociada con prácticas acuaculturales, así como con propósitos recreativos (pesca deportiva), ornamentales, control biológico (fitoplancton, plantas, vectores de enfermedades, etc.) y liberaciones accidentales (Arthington y Blúhdorn, 1998). Entendiendo por “Especie Exótica”, a aquella que no es propia del país o continente, especies que no han evolucionado de origen en el lugar (Arthington y Blúhdorn, 1998).

Los problemas sanitarios en el cultivo de camarón y otras especies han motivado al sector acuícola a poner su atención en la necesidad de diversificar sus cultivos, mejorar las técnicas de manejo, establecer medidas profilácticas adecuadas y desarrollar un crecimiento ordenado de esta actividad.

Entre las especies que destacan por su interés para el cultivo se encuentra la langosta de agua dulce del género *Cherax*, introducida recientemente a nuestro país (1990), y cuya promoción alcanza sin lugar a dudas amplias expectativas económicas. En muchos casos, la introducción de la langosta australiana fue producto de la necesidad de revitalizar la golpeada industria del cultivo de camarón, a consecuencia de las epizootias que afectaron a miles de hectáreas de producción de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, particularmente por la presencia de enfermedades de origen viral (Medley et al. 1994, Romero 1997).

2. ANTECEDENTES

Existen tres especies de importancia económica de langosta de la Familia Parastacidae: *Cherax tenuimanus*, *C. destructor* y *C. quadricarinatus*, siendo exclusivas de Australia.

La Langosta marrón (*Cherax tenuimanus*), alcanza pesos máximos de 2.250 a 2.700 kg, a los 2 ó 3 años, y su edad reproductiva inicia al año de edad con una fecundidad de 100 a 400 huevos/hembra. La especie Yabby (*C. destructor*), alcanza pesos máximos de 200 a 280 g en menos de 1 año, su edad reproductiva tiene una duración entre 1 a 4 años, con fertilidades de 300 a 500 huevecillos/hembra. Mientras que la langosta de tenazas rojas (*C. quadricarinatus*), alcanza pesos máximos de 400 a 800 g en menos de 1 año, su edad reproductiva tiene una duración entre 1 a 5 años de edad y su fertilidad es de 300 a 500 huevecillos/hembra.

Brummett y Alon, 1994, han realizado estudios observando que *C. quadricarinatus* puede convivir con otras especies como la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*).

Existen diversos trabajos dirigidos al estudio del ciclo de vida la especie, sobre aspectos de maduración, fertilización (Jones, 1990; King, 1993, Yeh y Rouse, 1994, incubación, crecimiento (Jones, 1990) y alimentación en cautiverio (Jones, 1990; Medley et al. 1994; Loya-Javellana et al. 1993; Meade y Watts, 1993)

3. SITUACION ACTUAL

3.1 CULTIVO

Debido a que este crustáceo es una especie introducida, hay muy poca información sobre su comportamiento poblacional de este género, distribución por tallas y pesos, condiciones de cautiverio, particularmente en latitudes diferentes a su lugar de origen.

Actualmente, la especie *C. quadricarinatus* es la única introducida a nuestro país, esta requiere temperaturas para su cultivo de 24 a 32 °C, concentraciones de Oxígeno disuelto no menores a 5 ml/l, pH entre 7.5 a 8.0, Amonio total menor a 0.5 mg/l; Nitritos menores a 0.3 mg/l, Alcalinidad total mayor a 100 mg/l, dureza total mayor a 50 mg/l y una turbidez entre 40 a 60 cm. por disco de Secchi. De acuerdo a SEPESCA, 1994. (1994), se recomienda un cultivo semi-intensivo en donde se observan tasas de crecimiento de 49 al 100 g. en 6 a 24 meses con sobrevivencias del 49 al 94%.

Ensayos realizados con juveniles de *C. quadricarinatus* cultivados en tanques de fibra de vidrio demostraron un alto canibalismo y bajas sobrevivencias (Jones, 1995). Es importante resaltar que el canibalismo puede tener un severo impacto sobre las primeras etapas de vida de no existir suficiente alimento en cantidad y calidad en el medio de cultivo.

Debido a los hábitos ambulatorios de la especie es necesario que los estanques estén cercados y los bordes sean de un material firme que impida la fuga de los organismos.

En nuestro país, los cultivos existentes son generalmente monosexuales de machos y en sistemas semi-intensivo e intensivo, en estanquería rústica, de concreto o fibra de vidrio. Actualmente, en la Carta Nacional Pesquera 2000 se encuentran registradas 3 unidades comerciales de producción a nivel comercial en los estados de Baja California Sur, Morelos y Tamaulipas, además de 4 laboratorios de producción en Baja California Sur (1), Colima (2) y Tamaulipas (1) (SEMARNAP. 2000).

3.2. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

De acuerdo a la gran carencia en el conocimiento de esta especie en nuestro continente, es necesario profundizar en algunos aspectos que nos permita conocer en forma más clara y precisa el comportamiento de la especie y el impacto potencial que esta especie puede tener en los ecosistemas de nuestro país derivado de la misma actividad acuícola o en el caso de alguna liberación incidental. A este respecto, se recomienda enfocar la investigación hacia:

- Sanidad Acuícola. Iniciar un registro de organismos patógenos del *Cherax* spp., identificación de vías y vectores de enfermedades, desarrollo técnicas de diagnóstico de alta sensibilidad, desarrollo de tratamientos profilácticos y terapéuticos.
- Etología. Conducta o comportamiento de la especie bajo condiciones de cautiverio, que permitan determinar las medidas de seguridad mínimas necesarias a fin de evitar la fuga de los organismos hacia el ambiente natural.
- Ecología. Determinar las relaciones inter e intraespecíficas (depredación, competencia, canibalismo, etc.), a fin de tener un mejor manejo y rendimiento de la especie.
- Impacto Ambiental. Investigar sobre el riesgo potencial por la introducción de organismos exóticos a ambientes naturales ajenos.

3.2. Impacto ambiental

En muchos de los casos reportados de introducciones de organismos acuáticos, existen registros de escapes incidentales de dichos organismos, los cuales llegan a establecerse en las cuencas y aguas nacionales y cuyo impacto es aún desconocido.

Entre las principales consecuencias ecológicas potenciales que implica la introducción de una nueva especie se encuentran la alteración del ambiente hospedero, alteración de la comunidad receptora (competencia y depredación principalmente), degradación de la variabilidad genética, introducción de enfermedades y efecto socio-económico, entre otros (Horwitz, 1990; Thompson, 1990; Ackefors, 1994; Arthington, 1998; Edgerton B.F., 1999).

La Plaga de la Langosta, quizás es el ejemplo más conocido de los riesgos de la traslocación, ya que el hongo *Aphanomyces astaci* ha sido introducido a nuevas áreas geográficas a través de reproductores y/o larvas. Algunos de los daños detectados en Europa por la presencia de langosta infectadas fue la destrucción de sitios de reproducción, declinación de las especies nativas de *Astacus astacus*, depredación de vegetales tales como *Chara ssp* y *Elodea canadensis*, principalmente (Thompson, 1990).

Existen reportes científicos bien documentados sobre la presencia de diversas enfermedades y parásitos detectados en las poblaciones del género *Cherax spp.*, si bien algunos de estos no son exclusivos de este género o parecen no ocasionar problemas serios en su lugar de origen (Australia), esto no significa que suceda lo mismo en otras latitudes o que las especies nativas de otras áreas geográficas respondan de igual forma.

3.3 MARCO INSTITUCIONAL

En el caso particular de México, se han publicado las Normas Oficiales Mexicanas NOM-010-PESC-1993 y NOM-011-PESC-1993, las cuales, establecen los requisitos sanitarios y establecimientos de cuarentenas para determinar la introducción de organismos acuáticos vivos destinados a la acuacultura u ornato en el territorio nacional. En las listas de especies mencionadas en dichas normas, *C. quadricarinatus* y *C. tenuimanus*, se encuentran como autorizada para su introducción.

Asimismo, la Carta Nacional Pesquera (SEMARNAP, 2000), integra a esta especie, sin embargo hace la aclaración de que su tecnología de cultivo no se ha realizado en cuerpos de Jurisdicción Federal, por lo que se recomienda el aprovechamiento de la especie en cuerpos no catalogados de Jurisdicción Federal. Además, hace mención a la certificación sanitaria de los organismos introducidos

a fin de que no sean portadores de enfermedades que afectan a la fauna y flora acuática nacional.

3.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Se conocen más de cien especies de langostas de agua dulce australianas, pero sólo tres de éstas se cultivan actualmente. Estas son el “marrón”, *Cherax tenuimanus*, el “yabbie”, *Cherax destructor* y *Cherax quadricarinatus* el “red claw”, que son nativas de diferentes regiones de Australia y presentan diferentes historias naturales.

Se dice que la introducción del “yabbie” *Cherax destructor* ocurrió en el Oeste de Australia (Shipway, 1951, en: Huner, 1994) y en forma ilegal en Tasmania, pero con una subsecuente erradicación (Ritchie, 1978, en: Huner, 1994). Esta especie tiene la distribución geográfica más amplia de toda la fauna de langostas dulceacuícolas en Australia.

La langosta denominada “marrón” *Cherax tenuimanus* es nativa del sureste de Australia su intervalo original de distribución incluye todas las corrientes del Darling Ring extendiéndose entre los ríos Harvey y Kent.

La langosta de “tenaza roja”, *Cherax quadricarinatus*, es una especie que habita en la parte media y noroeste de Australia. Su distribución actual se ha ampliado con una reciente extensión debido al transplante hacia el sur de Queensland y New South Wales para propósitos acuícolas (Huner, 1994), pero al parecer la población no se ha establecido en las corrientes locales. Esta especie ha sido trasladada a 7 países de América Latina (México, Belice, Guatemala, Costa Rica, Jamaica, Cuba y Ecuador, entre otros), en 8 provincias de China, Taiwán, Sudáfrica, Zambia, Las Bahamas y los Estados Unidos (Medley et al. 1994; Jones, 1995).

3.5 ANÁLISIS DE MERCADO

De acuerdo a los reportes de FAO, las principales producciones por acuicultura reportadas corresponden a Australia y Sudáfrica (Figura 1), siendo la especie *C. destructor* la que más divisas generó, observándose un incremento en la producción a partir de

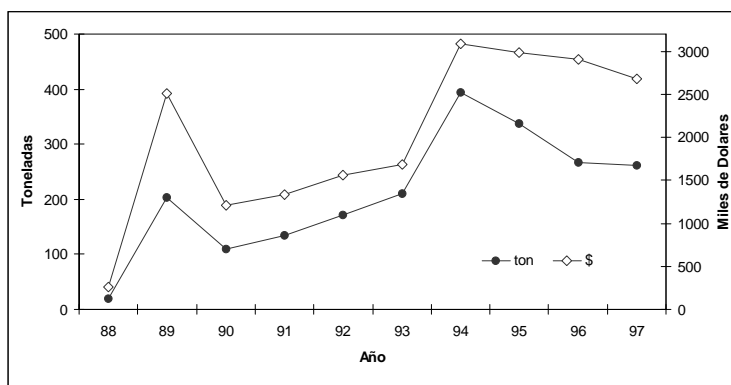


Fig. 1. Producción mundial (Ton) y valor (miles de dólares) obtenido por el cultivo de las especies *Cherax quadricarinatus*, *C. destructor* y *C. tenuimanus*, durante el periodo 1988 a 1997. (FAO, 1997).

1994 cercana a las 394 toneladas en peso vivo con un valor aproximado en el mercado de \$3,086,000 de dólares.

De acuerdo a Romero (1997), el precio que alcanza en el mercado ecuatoriano esta especie oscila entre US\$ 9.90 a US\$ 12.10 por kilogramo. De acuerdo a Jones (1995), en Australia durante el periodo de 1993 a 1994, se produjeron 80 toneladas, de las cuales el 30% se exportaron hacia Asia, Europa y los Estados Unidos

En nuestro país, en el estado de Morelos se han obtenido producciones de 690 hasta 1,270 Kg/Ha/año, mientras que en Tamaulipas los reportes arrojan producciones del orden de los 3,00 Kg/Ha/ciclo y para Baja California Sur son de 300 hasta 750 Kg/Ha. (SEMARNAP, 2000).

4. PROBLEMATICA

Como se mencionó anteriormente, existe poco conocimiento acerca del comportamiento del género *Cherax* en condiciones de cautiverio en regiones diferentes a las de su origen y aunado a su instinto de fuga que caracteriza a estos organismos, se debe de poner especial atención a las condiciones en las que se debe de introducir y mantener a estas langostas en nuestro país.

Los aspectos sanitarios son quizá los más delicados en cuestiones de introducción de especies exóticas, debido a que inadecuadas prácticas profilácticas (cuarentenas, baños, etc.) y un mal manejo de los organismos y del cultivo (aclimatación, recambios de agua, alimentación, etc.), pueden conllevar a diversos problemas como son la presencia de enfermedades

4.1. SANIDAD

La enfermedad denominada "Plaga de los langostinos", es un claro ejemplo de los riesgos que conlleva la introducción de especies fuera de su área de distribución biogeográfica natural. Esta enfermedad ingresó en 1860 de Estados Unidos a Gran Bretaña a través de importaciones de la langosta *Pacifasticus leniusculus*, infectada por el hongo *Aphanomyces astaci* y que afectó a especies nativas de plantas y animales. El punto de entrada fue Italia (1860), distribuyéndose rápidamente a través de los ríos locales hacia España, Francia, Alemania, Finlandia y Suiza (Thompson, 1990).

De acuerdo a lo anterior es recomendable establecer una estrategia que permita llevar a cabo la prevención no sólo de ésta, sino de otras enfermedades que pueden llegar a padecer las langostas durante el período de cultivo (Lee y Wickins, 1992 en SEPESCA, 1994).

Entre los principales elementos requeridos para llevar a cabo introducciones bajo un marco de prácticas de control sanitario, es necesario contar con unidades de cuarentena adecuadas, servicio de laboratorio para el diagnóstico de enfermedades sobre aspectos sobre virología, bacteriología, micología, parasitología y calidad de agua. Asimismo, se requiere contar con personal capacitado y especializado en la aplicación de técnicas y pruebas de diagnóstico de alta sensibilidad y de pronto resultados (Ej. Reacción en Cadena de la Polimerasa, Desarrollo de Líneas Celulares, Microscopía Electrónica de Transferencia, etc.) y con un conocimiento detallado y actualizado de los agentes patógenos potenciales.

Desafortunadamente, existen poca información sobre las enfermedades que afectan a las especies de langosta de agua dulce australiana, la cual ha sido generada principalmente en Australia, su país de origen.

En el caso de los virus existen reportes de *Cherax giardiavirus-like* (CGV) (Groff et al. 1993; Villarreal et al. 1986), *Cherax baculovirus* (CBV) (Edgerton et al.), *Cherax quadricarinatus bacilliforme* (CqBV) y del virus *Cherax giardiavirus-like* (CGV) (Edgerton y Owens (1997) y de *Cherax destructor* systemic parvo-like (CdSPV) (Edgerton et al. 1997).

Asimismo, existe información sobre la presencia de rickettsias (Ketterer et al. 1992), Bacterias tales como *Aerococcus viridans*, *Vibrio cholerae*, *Pseudomonas* sp., *Vibrio mimicus*, aeromonas, acinetobacter, micrococcus, estafilococos (Wong y Desmarchelier, 1995) y *Vibrio harveyi* (Owens et al. 1992).

Los protozoarios son quizá algunos de los más estudiados, informando sobre *Thelohania* sp. (Mills, 1983), *Variata parastacida* (Langdon, 1991) y *Tethrahymena pyriformis* (Edgerton B.F., 1999). Así como a los epibiontes *Zoothamnium* sp, *Epistylis* sp, *Vorticella* sp y *Lagenophrys* sp (Herbert, 1987; Brett 1987).

Entre los hongos más importantes encontramos a *Aphanomyces astaci*, (Herbert, 1987; Masser y Rousel, 1992), *Achlya* sp. y *Psorospermium* sp., *Pythium* sp. *Lagenidium* sp. y *Saprolegnia* sp. (Brett, 1987, Herbert, 1987).

Los helmintos observados corresponden al grupo de los nemátodos (Evans, 1986; en Huner, 1994; Herbert, 1987) y Temnocéfalos (Sammy, 1989 en Lester, 1991; Herbert, 1987; Romero, 1996; Jones y Lester, 1996).

5. CONCLUSIONES

Los organismos del género *Cherax* spp, en si representan una atractiva opción de cultivo, sin embargo, debemos de tomar en cuenta el establecimiento de una regulación que garantice la certificación sanitaria de los ejemplares a introducir y el adecuado establecimiento de unidades de producción con instalaciones

de bioseguridad que garanticen la no fuga de organismos y/o patógenos al ambiente exterior a la unidad, impactando el ambiente físico (suelo) y a las especies nativas.

Es importante mencionar que el riesgo potencial que representa la introducción de enfermedades exóticas por la importación de organismos vivos o productos acuáticos ha generado el desarrollo de lineamientos por parte de la Office International des Épizooties (OIE), para el Análisis de Riesgo de Importación (IRA) para su aplicación por países importadores.

Es importante recordar lo sugerido por Arthington y Blühdorn (1998), que para la elaboración de lineamientos normativos sobre introducciones de organismos exóticos, es importante considerar los posibles riesgos potenciales y beneficios, siempre apoyados en el conocimiento científico existente y nunca en supuestos. Además de adoptar políticas y códigos de prácticas con enfoque precautorio, puede ser un buen paso para la selección de nuevas especies para la acuacultura, lo cual represente un beneficio tanto para el país de origen como receptor.

6. LITERATURA CITADA

1. Ackefors, A., 1994. Recent progress in Australian crayfish culture. *World Aquaculture*. 25(4): 14-19
2. Arthington, A.H. & D.R. Blühdorn. 1998. The effects of species interactions resulting from Aquaculture Operations. *Asian Fisheries Science*, 11: 71-95.
3. Brett, H., 1987. Notes on Diseases and Epibionts of *Cherax quadricarinatus* and *C. tenuimanus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*, (64): 165-173.
4. Edgerton, B.F., L. Owens, A. Harris., A. Thomas y M. Wingfield, 1995. A health survey of farmed redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens), in tropical Australia. *Freshwater-Crayfish-Tenth-International-Symposium-of-Astacology*. Louisiana, U.S.A. 322-338
5. Edgerton B.F. y L. Owens, 1997. Age at first infection of *Cherax quadricarinatus* by *Cherax quadricarinatus* bacilliform virus and *Cherax giardiavirus* like virus, and production of putative virus-free crayfish. *Aquaculture* 152(1-4): 1-2
6. Edgerton B.F., R. Weeb, y M. Wingfield, 1997. A systemic parvo-like virus in the freshwater crayfish *Cherax destructor*. *Dis. Aquat. Org.* 29:73-78
7. Edgerton B.F., R. 1999. Diases of the red claw freshwater crayfish. *Aquaculture Magazine*. November/December. 26-38

8. Edgerton B.F. 1999. A review of freshwater crayfish virus. *Freshwater Crayfish*. 12:261-278
9. FAO Fisheries Circular, 1997. Aquaculture production statistics 1986-1995. No. 815, Rev. 9, Rome, FAO. 195 p.
10. Groff, J.M., T. McDowell, C.S. Friedman y R.P. Hedrick, 1993. Detection of *Nonoccluded baculovirus* in the Freshwater Crayfish *Cherax quadricarinatus* in North America. *Journal of Aquatic Animal Health*. (5):275-279.
11. Herbert, B., 1987. Notes on diseases and epibionts of *Cherax quadricarinatus* and *C. tenuimanus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*. 64(3): 165-173.
12. Horwitz, P., 1990. The translocations of freshwater crayfish in Australia: Potential impact, the need for control and global relevance. *Biol. Conserv.* 54(4): 291-305
13. Huner, J.V., 1994. Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe and Australia: Families Astacidae, Cambaridae and Parastacidae. Haworth Press Inc. 220-263 pp.
14. Jones, C.M., 1995. Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae). II. Juvenile nutrition and habitat. *Aquaculture* . (138): 239-245.
15. Jones, T.C. y R.G. Lester, 1996. Factors influencing populations of the ectosymbiont *Diceratocephala boschmai* (Platyhelminthes; Temnocephalida), on the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* maintained under laboratory conditions. *Aquaculture* 143(3-4): 233-243
16. Ketterer, P.J., D.J. Taylor y H.C. Prior, 1992. Systematic rickettsia-like infection in farmed freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus*. Diseases in Asian Aquaculture I. Proceeding of the First Symposium in Diseases in Asian Aquaculture. November 1990. Asian Fisheries Society pp. 173-179
17. King C.R. 1993. Potential fecundity of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* von Martens, in culture. *Aquaculture*, 109:275-280.
18. Langdon J.S., 1991. Description of *Variata parastacida* sp. nov. (Microspora: Pleistophoridae) from marron, *Cherax tenuimanus* (Smith) (Decapoda: Parastacidae). *Journal of Fish Diseases* 14(6): 619-627.
19. Lester, R.G., 1991. Temnocephalan symbionts of the crayfish *Cherax quadricarinatus* from northern Australia. *Hydrobiologia*. 227:341-347.

20. Loya-Javellana, G.N. Fielder, D.R. y Thorne, M.J. 1993. Food Choice by free-living stages of the tropical freshwater crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae: Decapoda). *Aquaculture*. 122:75-80.
21. Meade, M.E. y Watts, M.A. 1993. Optimization of growth in hatchling Australian crayfish, *Cherax quadricarinatus*: A comparison of commercial feeds. *Journal Alabama Academic Science*, 64(2):100.
22. Medley, P.B., C.M. Jones y J.W. Avault Jr, 1994. A global perspective of the culture of Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*: production, economics and marketing. *World Aquaculture* 25(4): 6-13.
23. Mills, B.J., 1983. A review of diseases of freshwater crayfish, with particular reference to the yabbie, *Cherax destructor*. *Fish Res. Pap. Dep. Fish.* 9:18
24. Owens, L., P. Muir, D. Sutton y M. Wingfieldy 1992. The pathology of microbial diseases in tropical Australian Crustacea. *Diseases in Asian Aquaculture I. Proceeding of the First Symposium in Diseases in Asian Aquaculture*. November 1990. Asian Fisheries Society pp. 165-172
25. Romero, M.X., 1997. Production of redclaw crayfish in Ecuador. *World Aquaculture* 28(2): 5 -10
26. Romero-Martínez, X., 1996. Patologías y enfermedades reportadas en red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*. *Ecuador Pesquero* 1(3): 34-37.
27. SEMARNAP. 2000. Anexo del Acuerdo por el que se aprueba la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*. DLXIII(20): 1-128
28. SEPESCA. 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico del Cultivo de la Langosta de Agua Dulce (*Cherax quadricarinatus*). *Convenio SEPESCA/UAM-I*. 63 - 66.
29. SEPESCA. 1994. NOM-010-PESC-1993, Que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura y ornato en el territorio nacional. *Diario Oficial de la Federación*. 16 de agosto. 46 – 53.
30. SEPESCA. 1994. NOM-011-PESC-1993, Para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura y ornato en los Estados Unidos Mexicanos. *Diario Oficial de la Federación*. 16 de agosto. 53 - 57 pp

31. Thompson, A.G, 1990. The danger of exotic species. World Aquaculture 21(3): 25-32
32. Villarreal H. y R.W. Hutchings, 1986. Presence of Ciliate Colonies on the Exoskeleton of the Freshwater Crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) (Decapoda:Parastacidae). Aquaculture. (58): 309-312.
33. Wong F.Y.K.. y P.M. Desmarchelier, 1995. Vibriosis due to *Vibrio mimicus* in Australian freshwater crayfish. Tropical Health Program. Department of Microbiology. Univ. QLD. St, Lucia. Brisbane, Australia Journal Aquatic Animal Health. 7(4): 284-291.
34. Yeh, H.S. y Rouse, D.B. 1994. Indoor spawning and egg development of the red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Journal of the World Aquaculture Society, 25(2):297-302.

XXI. OSTIÓN

*M. en C. Alejandro Pérez Velázquez, M. en C. Luz Ma. Torres Rodríguez,
Hidrobiól. Felicitas Sosa Lima, M. en C. Margarita Hernández Martínez
Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca*

1. INTRODUCCIÓN

La ostricultura es una de las tecnologías de acuicultura más antiguas que se conocen. Se practica desde las épocas de los Romanos, Chinos, Japoneses y Edad Media, pasando de un semicultivo, donde se capta las semillas de ostión en varas de mangle colocadas en áreas de poca profundidad, a un cultivo del tipo intensivo (hacia 1923), basado en las investigaciones realizadas por los japoneses Seno y Hari, quienes desarrollaron métodos de cultivo intensivo en suspensión, lo que revolucionó radicalmente los sistemas tradicionales de producción ostrícola (Palacios y García, 1988).

La tendencia del cultivo de ostras en el siglo XX, se debe principalmente al catastrófico impacto del hombre sobre la ecología estuarina, lo que ha conducido al desarrollo de varias técnicas de cultivo de organismos lejos del fondo, que ha incrementado la producción numerosas veces sobre los niveles normales (Bardach et. al. 1986).

En México existen aproximadamente 9 especies de ostiones entre nativas e introducidas (Reguero y Arriaga, 1985), las cuales son aprovechadas en diferentes regiones y localidades del país. Sin embargo, sólo tres de estas especies son las que aportan la mayor producción de ostión a nivel nacional y las de mayor interés económico relacionado al cultivo: *Crassostrea virginica*, *C. corteziensis* y *C. gigas*, esta última, introducida al país en la década de los '70 (Arriaga-Becerra y Rangel-Dávalos, 1988).

2. ANTECEDENTES

La maricultura mexicana de moluscos marinos tiene sus inicios históricos con el cultivo de la madre perla *Pinctada mazatlanica* en Baja California, a partir de 1880, según consta en los registros de permisos y concesiones para realizar la actividad. Pero es hasta 1930 cuando ya se dispone de los primeros trabajos realizados con rigor científico encaminados al estudio integrado de algunas especies de moluscos marinos entre ellos, el ostión americano *Crassostrea virginica*.

De acuerdo con los registros de FAO, en los últimos 20 años el ostión ha venido ocupando uno de los 10 primeros lugares en la producción anual pesquera a nivel mundial. Los principales países productores de ostión son: Corea, Japón, Estado Unidos, Francia y México, produciendo alrededor del 90% de la oferta anual.

En México la actividad ostrícola se desarrolla tanto en las costas del Pacífico como en las del Golfo de México, sin embargo las características del desarrollo y tipo de cultivo difieren de una costa a otra. Mientras que en el Golfo de México, los cultivos pueden considerarse del tipo semi-intensivo y extensivos, en el Pacífico los cultivos realizados son del tipo intensivo, donde la biotecnología y sus insumos están mayormente desarrollados.

Actualmente en la región del Golfo de México, el ostión (*Crassostrea virginica*) aporta el total de la explotación comercial, sin embargo, también existen otras especies que sólo tienen importancia económica local.

La actividad ostrícola exclusivamente como pesquería, se inicia a partir de la década de los años treinta como una actividad comercial. En los estados de Tabasco, Tamaulipas, Campeche y Veracruz las lagunas costeras son sitios de recolección de semilla, ya que en ellas se encuentran poblaciones naturales de ostiones, llamados bancos ostrícolas.

Hacia 1950 y finales de la década de los años '60, la Secretaría de Industria y Comercio, a través del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, diseñó un plan de trabajo con miras a estudiar la problemática del recurso ostrícola y cuyos resultados se encaminaron a obras de infraestructura y experimentos para el cultivo del ostión. De esos trabajos se identificaron los principales bancos naturales y su relación con la actividad petrolera. Por otra parte, las vedas de larga duración que se dieron en estos años originaron una sobreexplotación del recurso y ello motivó a que el Gobierno Federal decretara para 1972 en algunos estados del Golfo de México, los distritos de acuacultura y para 1974 ya se contaba de granjas dedicadas a la fijación de semilla ostrícola.

En la década de los años 70 se consolida la ostricultura a nivel de estudios piloto, y se dio inicio a los programas de extensionismo, siendo la meta de las autoridades federales de acuacultura, instalar granjas de fijación de semillas. Con estos trabajos se comenzaron las primeras siembras en los bancos que habían sido intensamente explotados. Para 1976, los extensionistas introdujeron algunas modificaciones en las técnicas de comercialización del producto, ofreciéndolo desconchado en bolsas de plástico con salmuera, si bien al principio generó rechazo por parte del público, hoy en día es el método de comercialización más utilizado. Este procedimiento ha permitido recuperar las conchas vacías para depositarlas en los bancos naturales.

En el litoral del Pacífico, los primeros intentos de establecer la ostricultura datan de 1958, con la especie *Crassostrea corteziensis* en Guaymas, Sonora. Debido a la fuerte demanda que tenía este recurso fue sometido a una fuerte sobreexplotación, ocupando en el periodo de 1940 a 1950 el tercer lugar de la producción nacional con rendimientos promedio de 400 t al año, mismas que se redujeron drásticamente a partir de 1952. Sumado a la disminución de los bancos naturales se añade el auge de la actividad agrícola en esas regiones y todos los cursos de agua dulce se desviaron para la construcción de grandes distritos agrícolas. De esa manera las condiciones naturales fueron alteradas, ya que esta especie requiere condiciones de agua salobre (mezcla de aguas saldas y dulces) para su reproducción.

Los intentos por cultivar ostión en el noroeste del país no tuvieron seguimiento sino hasta 1977 con mínimos resultados y por ende se abandonaron los cultivos. Estas condiciones dieron lugar a la introducción del ostión japonés (*Crassostrea gigas*). Esta especie fue introducida por primera vez en México en 1972, para llevar a cabo cultivos de nivel piloto en el estero Punta Banda, Ensenada y en la Bahía de San Quintín, ambos en Baja California. Posteriormente se llevaron a cabo numerosos estudios sobre las áreas idóneas para el cultivo, realizados por instituciones de investigación locales. Adicionalmente se comenzaron los trabajos de construcción de los primeros laboratorios productores de semilla para abastecer las necesidades de las unidades de producción.

3. SITUACIÓN ACTUAL

Los estados que actualmente realizan la actividad ostrícola son: B.C., B.C.S., Sonora, Nayarit y Jalisco representantes del litoral Pacífico y Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche en el litoral del Golfo de México.

La producción total por acuacultura para 1999 fue de 166,336 t, de las cuales el ostión participa con 40,504 t que representa el 24%, ocupando el segundo lugar del volumen de producción de las especies de importancia comercial el cual es superado por la tilapia. Sin embargo, en cuanto a valor económico, el ostión desciende varios peldaños hasta colocarse en el quinto lugar con 60,055 miles de pesos, representando el 2.5% del valor total de la producción de la acuacultura nacional.

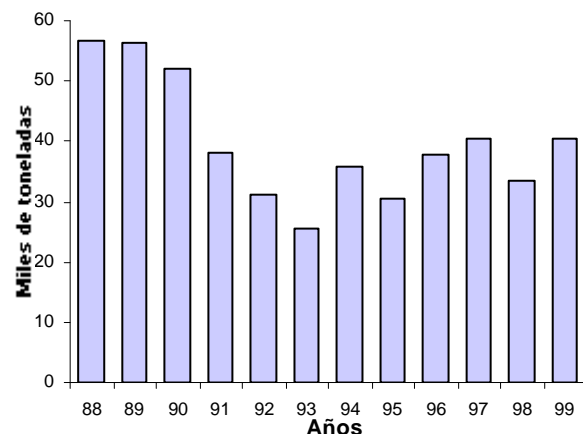


Figura 1. Serie histórica del valor del volumen de producción por acuacultura (1998 – 1999).

La serie histórica de producción de 1988 a 1999 (Figura 1), muestra que a partir de 1990, la producción tuvo un comportamiento descendente que predominó hasta 1993, pasando de las 52,013 t a las 25,663 t, lo que habla de una reducción en la producción del 27%. Sin embargo, para el año de 1994 la producción se incrementa casi en un 11 % respecto al '93 (35,870 t). A partir de este año se mantiene un promedio en la producción de 36,417 t. Las bajas producciones del ostión en los años de 1992 a 1993 se deben probablemente a los efectos del fenómeno de El Niño, el cual mermó a la producción de moluscos a nivel mundial.

La producción acuícola de ostión por estado se muestra en la Figura 2, donde se observa que el estado con mayor participación es el de Tabasco, seguido por el de Veracruz. Aun cuando el estado de Jalisco no se encuentra en esta figura se tienen reportes de que la ostricultura se practica en él.

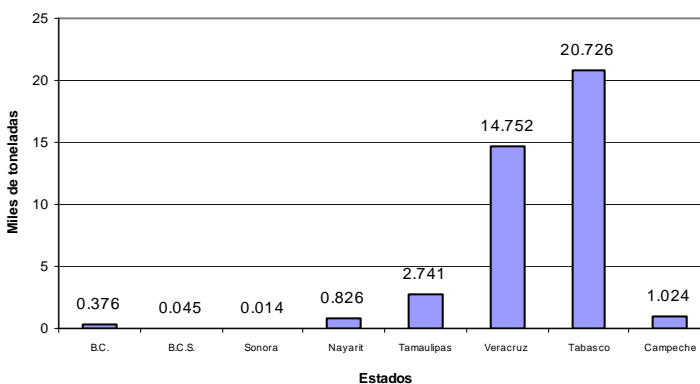


Fig. 2. Producción acuícola de ostión por estado

En general el litoral del Golfo de México es el que aporta la mayor producción con un 97 % a nivel nacional (Figura 3a), mientras que el Litoral del Pacífico aporta un 3 %. Sin embargo, en cuanto a valor económico del volumen de producción difiere en producción, ya que el litoral del Pacífico aporta el 24 % y el Golfo de México el 76% (Figura 3b).

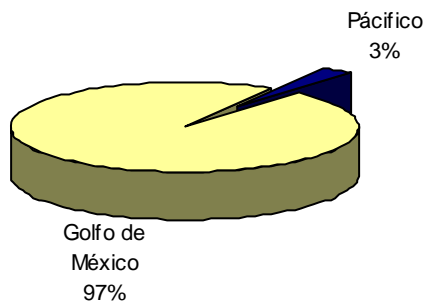


Figura 3a. Producción nacional de ostión

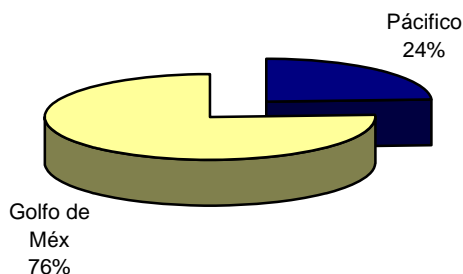


Figura 3b. Valor económico de la producción de ostión.

Pese a lo anterior, es en el Litoral del Pacífico donde se cuenta con un mayor número de granjas de tipo comercial, en donde se utiliza el sistema de cultivo semi-intensivo, contrastando con los estados del Golfo de México que utilizan mayormente el sistema extensivo o las llamadas pesquerías acuaculturales.

Por otra parte, la especie cultivada en el Pacífico es la *C. gigas*, mientras que en el Golfo de México la producida es la *C. virginica*.

De los estados de la costa del Pacífico, el que cuenta con el mayor número de granjas es Baja California con 27 unidades, seguida por Sonora con 26. En cuanto a la parte de la costa del Golfo de México, Tabasco cuenta con 5 unidades de producción acuícola, asimismo Veracruz cuenta con 13 pesquerías acuaculturales. (Tabla 1).

Tabla 1.
Número de centros Acuícolas por Estados

Estados	No. de UPA's Comerciales	No. de Pesquerías acuaculturales
B.C	27	-
B.C.S	10	-
Sonora	26	-
Nayarit	3	-
Jalisco	1	-
Tamaulipas	-	8
Veracruz	-	13
Tabasco	5	3
Campeche	-	1

3.1 PROPAGACIÓN

El cultivo del ostión no requiere grandes inversiones pero necesita un cuidado estricto en su cultivo, sobre todo del tipo sanitario, lo que en gran parte ha limitado esta actividad.

Aunque la actividad ostrícola se sigue desarrollando en el país, su empuje y fuerza que la caracterizaron en los años ochentas, ha disminuido. En los últimos diez años la producción de ostión por acuacultura presentó grandes fluctuaciones, con tendencias hacia la baja a partir del año de 1990, observándose una ligera mejora y estabilidad a partir del año 1994.

La acuacultura de moluscos en México es por sus volúmenes de producción de tipo casi mono - específica, en las estadísticas oficiales se registra generalmente el cultivo de ostión americano *Crassostrea virginica*, debido a que está sostiene el 90% de la producción ostrícola, esto se da pese a existir en el noroeste del país, diversos proyectos de cultivo de ostión japonés (*C. gigas*), los cuales se van incrementando año con año. Además se tienen reportes de que en esta zona del país se cuenta con bancos de ostión *C. corteziensis*, el cual fue sobre-explotado, por lo que en la actualidad se cuenta con pocos bancos de este organismo.

En México sólo 9 de los 17 estados que cuentan con litoral en México se dedican al cultivo del ostión. A nivel nacional se tienen registradas 94 unidades pro-

ductoras ostrícolas de las cuales el 76.6% son del tipo comercial y 23.4% del tipo denominado pesquerías acuaculturales. El litoral del Pacífico cuenta con una mayor tecnificación en su actividad, y en la zona noroeste se localizan los 5 laboratorios de producción de semilla del ostión (*C. gigas*).

Obtención de semilla: Las sociedades cooperativas que cultivan ostión en el litoral del Pacífico, obtienen la semilla del molusco de los laboratorios certificados y dedicados a su producción en la región noroeste del país. Las unidades de producción del litoral del Pacífico se encuentran ubicadas en los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Guerrero. Sin embargo, en los estados de Jalisco, Michoacán y Oaxaca existe producción de ostión basada en bancos naturales y las actividades de cultivo aún son incipientes.

Los estados del Golfo de México obtienen la semilla del medio natural, introduciendo colectores en las zonas de reproducción del ostión.

3.2. CULTIVO

3.2.1. GENERALIDADES SOBRE LA BIOLOGÍA DEL OSTIÓN.

Taxonomía

Phyllum:	Mollusca
Clase:	Bivalva
Subclase:	Pterio-morphia
Orden:	Pteriorda
Familia:	Ostreidae
Género:	Crassostrea
Especies:	Virginica
	Gigas
	Corteziensis
	Rhizophora
	Iridescens

Morfología

Se caracteriza porque son moluscos bivalvos, de simetría bilateral, provistos de una concha externa formada por dos piezas o valvas unidas por un ligamento. Las dos valvas se hallan articuladas en su parte anterior, la cual generalmente es conocida como el extremo umbonal.

La concha se compone de una capa interna delgada, dura y por lo general brillante, denominada “nacar”; y otra capa externa delgada, casi membranosa co-

nocida como periostraco. La concha está constituida por una matriz orgánica formada por proteína, mucopolisacaridos y cristales de carbonato de calcio.

Ciclo de vida

El ostión nativo de México se reproduce durante todo el año, pero presenta anualmente dos épocas de desove masivo sincronizados, la primera ocurre de marzo a mayo, dependiendo principalmente de las condiciones climáticas y ecológicas, mientras que la segunda se lleva a cabo entre noviembre y diciembre.

Las ostras presentan una gónada hermafrodita protándica, lo que hace fácil el cambio de un sexo a otro. Generalmente las ostras jóvenes inician su madurez sexual con la fase macho y posteriormente pasan a la fase de hembra.

Las ostras son ovíparas y pueden liberar hasta 500 millones de óvulos en cada temporada. La fertilización de los huevos es externa y se realiza al encontrarse el óvulo y el espermatozoide en el medio natural, después de haber sido expulsados por los progenitores.

Después de la fecundación, y siguiendo un proceso característico, el huevo se divide sucesivamente en numerosos blastómeros, hasta transformarse en una esfera cubierta de cilios que le permite nadar activamente y mantenerse en suspensión en el agua; 24 horas posteriores a la fecundación, la larva ya ha desarrollado su primera concha, durante este estadio y los siguientes, aumenta la capacidad de natación.

La etapa de vida libre o larval, se prolonga por espacio de 2 a 3 semanas, tiempo en el cual el organismo crece y modifica su forma y comportamiento.

El siguiente estadio se conoce como de larva pedivéliger o mancha, (cuando deja la fase libre nadadora), y se caracteriza por la reducción progresiva de los cilios. A partir de este momento la larva inicia la búsqueda de un sustrato firme, al cual se fijará por medio de una secreción cementante producida por una glándula especializada.

El crecimiento del estado larval del ostión presenta las 5 fases que se observan en la Tabla 2.

Cabe señalar que algunos autores (Yonge; Korringa, 1957) señalan que la época de desove esta relacionada con

Tabla 2. Fases del crecimiento del ostión.

Fase	Duración	Talla
Larva trocófora	0-24 hrs	55 micras
Larva de charnela recta	1-6 días	75-120 micras
Larva umbadas	7-14 días	130-200 micras
Larva pedivéliger o manchada	14-21 días	200-300 micras
Ostrilla	21 días	arriba de 4mm
Ostión adulto		35-100 mm

las mareas influenciadas por la presencia de la luna nueva y llena, encontrándose una estrecha relación entre estos factores.

Después del desove, los organismos entran en una fase de reposo fisiológico, reabsorbiendo los gametos no liberados y reorganizando el tejido gonadal. Durante el otoño e invierno el ostión acumula reservas en forma de glucógeno y se prepara para la producción de las células sexuales que liberará durante el próximo verano.

Cabe mencionar que el ostión *C. gigas*, al no ser nativo de México, es inducido a la reproducción en laboratorios, bajo condiciones controladas.

Hábitat

Los ostiones se agregan formando las colonias que dan lugar a los bancos ostrícolas, a lo que se le denomina hábitos gregarios. En su mayoría son habitantes típicos de esteros, desembocaduras de ríos, lagunas costeras, etc., son organismos bentónicos y sésiles que se distribuyen en zonas fango-arenosas pudiendo invadir además sustratos sólidos tales como rocas, incluso se desarrollan en raíces de vegetación circundante como el mangle. Se alimentan principalmente de plantas microscópicas conocidas como fitoplancton.

Cultivo

Debido a las condiciones en que se desarrollan las diferentes especies de ostión los sistemas de cultivo varían entre los dos litorales, como ya se mencionó anteriormente, prevaleciendo en el litoral noroeste del país los de tipo intensivo y semi-intensivo y en el Golfo de México son los de tipo semi-intensivos y extensivos.

Cultivo Intensivo

Los sistemas intensivos de cultivo son aquellos en los que el acuicultor tiene mayor control sobre los organismos, es decir, todos los factores ambientales necesarios para las fases de desarrollo de los organismos son controladas (reproducción, desarrollo larvario, engorda y el estadio de adultos), por lo que son los de mayor rendimiento. Estos sistemas se desarrollan primordialmente en laboratorios (etapas de reproducción y desarrollo larvario), artes de cultivo en suspensión (pre-engorda y engorda), las cuales se clasifican en: trineos, balsas y líneas largas con canastas fijadas a ellas.

Cultivo Semi-intensivo

Los sistemas semi-intensivos se caracterizan por sus rendimientos inferiores a los sistemas intensivos, dependen del suministro de semilla que puedan obtener del medio natural o artificial. Estas artes de cultivo incluyen tanto a las citadas anteriormente, así como a los estanques o empilotados y las camas de cultivo.

Cultivo Extensivo

Los sistemas extensivos son ampliamente utilizados en el Golfo de México y se caracterizan por abarcar amplias extensiones sobre las cuales se tiene un mínimo control teniendo como resultado rendimientos reducidos. Las artes que se utilizan para cada uno de los cultivos mencionados se describen a continuación.

Artes para el cultivo

Cultivo intensivo

- Balsas

Están formadas por un sistema de flotadores de poliuretano expandido y una parrilla de madera de tamaño variable y se encuentran fijas al fondo por medio de unos cabos amarrados a estructuras de concreto denominadas "muertos". En esta estructura se cuelgan sartas solas o en racimos entrelazados de 10 sartas cada uno o con bolsas con concha madre con semillas fijadas, cuyas tallas fluctúan entre los 6 y 8 mm. Este arte se le utiliza para la preengorda y se ubica en áreas profundas y protegidas.

- Línea larga (long-line).

El arte esta formado de una o dos líneas de longitud variable con flotadores en los extremos, los cuales se fijan al fondo con "muertos" de concreto. A estas líneas se sujetan unas canastas construidas de polipropileno rígido con dimensiones variables, su instalación se hace colocando una sobre otra formando módulos de 5 o más canastas, a los cuales se les fija un flotador en la parte superior y se colocan a una distancia de 20 a 50 cm entre cada módulo. La semilla que se utiliza es de tipo suelta, con una talla promedio de 3 a 7 mm. Este dispositivo se ubica frente a la línea de costa en áreas protegidas.

Aun cuando los métodos descritos anteriormente son los más utilizados, existen productores que combinan las metodologías establecidas, realizando in-

novaciones. Además de que en algunos casos el ingenio de algunos ostricultores ha resultado en la utilización de materiales con que se cuenta en la región o de algunos de tipo "reciclable" para modificar los establecidos.

Cultivo semi-intensivo

- Estantes o empilotados

Son los denominados "racks" como también se les conoce, los dispositivos más rudimentarios se construyen con varas de mangle u otate, de concreto o tubería PVC, con dimensiones variables. Parte de la estructura va enterrada verticalmente al fondo y con unos travesaños que sirven como soporte de las sartas, mismas que se elaboran de igual forma que en los sistemas intensivos. La profundidad en que sitúan estas artes es también variable.

- Camas.

La estructura está formada por estacas clavadas en el fondo, entre las cuales se mantiene estirada de forma horizontal una tela plástica tipo "vexar" de 1 cm de luz de malla con dimensiones de 1 y 2 m², sobre ésta y a manera de un saco, se colocan los ostiones para su cultivo. La ubicación de las camas se hace en áreas someras en la zona intermareal.

Artes para el cultivo extensivo

- Método de acondicionamiento del fondo

La técnica consiste en seleccionar un área adecuada para el desarrollo de los ostiones, cuyo fondo es acondicionado para el establecimiento del cultivo. En el acondicionamiento se emplean conchas vacías del molusco, que servirán de sustrato adecuado para la distribución y cultivo de las ostrillas. Se utilizan dos tipos de conchas; la verde, que es la de ostión recién desconchado y la seca, que tiene un período de varios días fuera del agua después del desconchado y que sirve sólo como sustrato para nuevas fijaciones en los bancos donde se deposita. Una vez sembradas las semillas, el área queda expuesta a todo tipo de predación, debido a ello los rendimientos son bajos comparados con los otros sistemas.

- Cosecha

Algunos productores de ostión cosechan después de que el ostión alcanza una talla de 10 cm (que es aproximadamente después de 7 meses de su fecundación).

▪ Densidades de cultivo

Los bancos donde se vayan a sembrar las “conchas” con semillas “madres”, deberán ser localizados para reconocer la mejor área de siembre o en su caso condicionar los fondos con conchas secas, sembrando aproximadamente 6 Kg/m². En caso de nuevos bancos en fondos fangosos arenosos, se deberán esparcir de 20 a 30 Kg/m², para lograr que la capa externa de la concha resista y evite que las conchas madres se hundan.

La siembra deberá efectuarse con la marea alta, para que las ostrillas queden hacia arriba. La densidad de siembra debe estar en función de la calidad y producción fitoplanctónica del área elegida, siendo la cantidad máxima recomendable de 3.5 millones/ha, equivalente a 350 semillas por m².

En el caso de cultivos controlados, el cultivo de larvas se realiza durante un periodo de 2 a 3 semanas, durante las cuales se mantienen a densidades decrecientes como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Densidades de cultivo

Fase	Densidad de cultivo
Larva	10/ml
Larva umbadas	5-10/ml
Larva Pedivéliger	2-5/ml
Ostrilla	1-2/ml

Alimentación

Los ostiones son organismos filtradores desde la etapa larvaria a la adulta. Se alimentan de microalgas y materiales orgánicos en suspensión, siempre y cuando las partículas tengan el tamaño adecuado para ser ingeridas, también intervienen en su alimentación organismos del zooplacton, como larvas de ostión, copepodos y detritus orgánico.

En la tabla 4 se muestra la cantidad de alimento (microalgas) requerido para cultivos controlados, el cual va en aumento conforme avanza el desarrollo larval.

**Tabla 4
Cantidad de alimento requerido**

Fase	Alimento
Semilla	No requiere
Larva	30 células/ml una vez al día
Larva umbadas	50 células/ml dos veces al día
Larva Pedivéliger	80 células/ml dos veces al día
Ostión	100 células/ml una vez al día

Enfermedades

Existen una serie de factores que determinan el sano desarrollo de los bancos ostrícolas, entre los que se encuentran; la temperatura, la salinidad, las condiciones del fondo, la dinámica de las aguas, el pH y la calidad del agua (Ramírez y Sevilla, 1965)

El ambiente en donde se desarrollan estos moluscos es muy importante, ya que si éste se encuentra alterado representa un factor de riesgo que propicia la presencia de enfermedades, siendo de éstas las más comunes las de origen viral y bacteriano.

Dentro de las enfermedades reportadas para el ostión (SEPESCA, 1988), se encuentran las mencionadas en la Tabla 5.

Tabla 5. Enfermedades reportadas para el ostión.

Enfermedad	Agente causal
Necrosis Bacilar	<i>Vibrio angillarum</i> <i>V. alginotyticus</i> <i>Aeromonas</i> <i>Pseudomonas</i>
Necrosis Focal del Ostión	Bacteria Gram (+). No identificada <i>Siroplidium zoophthorum</i>
Enfermedad Micótica del Ostión "Dermo"	<i>Labyrinthomyxa marina</i> (= <i>Dermocystidium marinum</i>)
Viral del Tipo Herpes del Ostión	Virus Tipo Herpes
Enfermedad de la Bahía de Delaware MSX	<i>Minchinia nelsoni</i>
Enfermedad del Ostión del Litoral SSO	<i>Minchinia costalis</i>
Enfermedad del Gusano Rojo	<i>Mytilicola orientalis</i>
Enfermedad de la Bahía de Malpeque	No identificado
Castración Parasitaria	<i>Bulcephalus cuculus</i>

Por otra parte, el Manual de Diagnóstico de Enfermedades de Organismos Acuáticos (OIE, 1997), reconoce como enfermedades notificables para el caso de los moluscos bivalvos a la: Bonamiosis, Haplosporidiosis, Marteiliosis, Mikrocystosis, Perkinsosis e Iridoviroses.

Además, se ha descrito la presencia de los protozoarios *Hexamita inflata* en el tracto digestivo de *C. virginica*, los cuales llegan a ocasionar necrosis tisular e incluso la muerte de los organismos afectados (Galtsoff, 1964).

Asimismo, existen reportes de la presencia de hongos de la especie *Dermocystidium marinum* afectando a *Crassostrea virginica* (Galtsoff, 1964) y de la esponja *Cliona virginica*, sin que hasta el momento se determinen los daños que ocasionan al ostión, ya que se le ha considerado desde comensal hasta ectoparásito perforador.

Uno de los patógenos más conocidos que afectan al ostión es el turbelario *Stylochus ellipticus*, el cual está presente en bancos ostrícolas tanto del estado

de Veracruz como de Tabasco. Las invasiones por *S. ellipticus*, causan en nuestro país desde daños al organismo hasta altas mortalidades (Gómez-Aguirre, 1981; Gómez-Aguirre y Camacho B., 1988).

El gobierno mexicano, con el fin de controlar la introducción y dispersión de enfermedades en moluscos, publica la Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993, que establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos destinados a la acuicultura y ornato, en donde se incluye a las especies de ostión: *Crassostrea gigas* (ostión japonés), *C. virginica* (ostión americano) y *Ostrea edulis* (Ostión europeo). Simultáneamente, se publicó la NOM-011-PESC-1993, que regula la aplicación de cuarentenas, la cual determina como periodo de cuarentena para especies destinadas a la acuicultura 30 días naturales y para organismos destinados al ornato 7 días naturales.

Ambas Normas Oficiales, citan para el caso del ostión como enfermedades certificables a: EVO. Enfermedad del Velo del Ostión (VVD) parecido al Iridovirus, Enfermedad Viral de Tipo Herpes del Ostión, Enfermedad Viral de Branquias por Iridovirus y a los Protozoarios Haplosporidios.

Asimismo, es importante resaltar que la contaminación urbana e industrial ha alterado severamente el hábitat marino, en donde también se desarrolla en forma natural y cultivado el ostión. Ramírez y Sevilla (1965), mencionan estudios realizados en Louisiana sobre los efectos de hidrocarburos (Salmuera y H_2S) sobre los ostiones, reportando mortalidades entre el 50% y 95%, produciendo la muerte de los organismos de 6 a 10 días. Por otro lado, Gold et al (1995), analizaron los efectos que el petróleo y los metales pesados tienen a nivel histológico sobre los ostiones provenientes del estado de Tabasco, observando que el 63% de los organismos analizados mostraron lesiones celulares relacionadas principalmente con las concentraciones de cadmio y salinidad.

Otro aspecto sanitario importante del cultivo del ostión, es lo referente a la salud pública, ya que las condiciones de cultivo de estos organismos cuando no es la adecuada puede ocasionar graves problemas de salud al consumidor (fiebre tifoidea, hepatitis infecciosa, etc.) lo que limita su comercialización.

Tratando de atender este problema, en 1979 se creó el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB), con la finalidad de tener un control adecuado de las áreas de explotación de estos moluscos. Los principales objetivos de este programa son:

- Incrementar la potencialidad de las aguas nacionales
- Evitar la contaminación derivada de la pesca
- Evitar los riesgos de salud, asociados a la ingesta de alimentos contaminados

- Mantener una vigilancia sanitaria extensiva a las plantas procesadoras
- Clasificar y monitorear la calidad bacteriológica de los cuerpos de agua en las zonas de cultivo y explotación
- Asegurar la apertura de un mercado de exportación.

De acuerdo al Manual de Operación del PSMB (1989), entre los agentes identificados como de alto riesgo para la salud pública se encuentran: *E. coli*, *Vibrio cholerae*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, *Ptychodiscus brevis* (*Gymnodinium breve*), DDT, Sr90, Aldrin/Dieldrin, Endrin, Heptacloro/Epóxico, Kepone, Mercurio y los Bifelinos policlorinados.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Como se mencionó anteriormente, la ostricultura es una de las tecnologías de acuacultura más antiguas que se conocen. Los primeros estudios sobre técnicas de cultivo datan del año de 1923.

Durante el gobierno de Lázaro Cárdenas (1940), quedó implementado en la costa del litoral del Golfo de México el método de cultivo de ostión, con la asesoría técnica del gobierno de Japón. Posteriormente, a principios de 1950 y finales de la década de los 60's, la Secretaría de Industria y Comercio, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, propuso obras e infraestructura y experimentos para su cultivo. En esta década se realizaron trabajos en la Laguna de Tamiahua, Veracruz y en la Laguna Machona, Tabasco, implementando técnicas de cultivo extensivo, con lo que se logró incrementar la producción ostrícola.

Hoy en día varios institutos de enseñanza media superior realizan estudios, tales como: "Cultivo de ostión en costales sobre estanques en la zona intermareal en la Bahía de La Paz, B.C.S.", "Cultivo piloto de ostión *Crassostrea gigas* (T.) en costales sobre estanques en la zona intermareal en la Bahía Magdalena, B.C.S.", "Crecimiento y mortalidad de *Crassostrea virginica* (Gmelin) en la Laguna de Tabasco y Campeche", "Ensayos sobre reproducción artificial de *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828)", "Procedimiento en la investigación pesquera de moluscos bivalvos y caracol en el Instituto Nacional de la Pesca", "Evaluación de los bancos ostrícolas en la zona norte de la Laguna Madre, Tamaulipas". Además ciertos trabajos son realizados y coordinados por algunos Centros Regionales de Investigación Pesquera

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

El cultivo del ostión, a diferencia de otros cultivos acuícolas como la camaricultura y la piscicultura, tiene la característica de fomentar la calidad del cuerpo de agua donde se realiza la actividad.

Grandes limitantes para el desarrollo de la ostricultura en México, son los factores ambientales y sanitarios, debido al gran aporte de agua y sedimentos transportados por los ríos que desembocan en los esteros y lagunas costeras donde se lleva a cabo esta actividad, así como por un suministro no controlado de contaminantes producidos de las zonas urbanas, industriales y agrícolas, afectando notablemente la salud y el desarrollo de los organismos.

Asimismo, las áreas susceptibles a ser utilizadas como bancos productivos, son cada día más restringidos debido a que estas zonas son empleadas para otras actividades “productivas” del país como lo son la petrolera y la turística, las cuales generan una gran cantidad de desechos contaminantes y la ocupación de espacios para el establecimiento de sus plantas generadoras.

Por otra parte, la certificación sanitaria para los cultivos de moluscos bivalvos como el ostión, es la más exigente en el ramo pesquero y acuícola, particularmente cuando el producto será canalizado a los mercados extranjeros. Esta norma guarda una estrecha relación entre los mecanismos de alimentación de estos organismos y la contaminación de las aguas donde se producen, debido a que el ostión es un organismo filtrador, que fija en sus tejidos metales pesados y en general sustancias inorgánicas.

Cuando los ostiones se cultivan en aguas contaminadas con metales pesados o sustancias tóxicas, en el proceso de alimentación concentran estos contaminantes, lo cual hace su consumo particularmente peligroso para la salud humana, de ahí la necesidad de certificar las zonas de cultivo.

Los impactos ambientales y la contaminación hidrológica han hecho prohibitivo y riesgoso el consumo de los ostiones producidos en casi todas las lagunas de Veracruz, en gran parte de los sistemas costeros de Tabasco y en buena parte de aquellos que se localizan en Tamaulipas, Campeche, Sinaloa, Sonora y Nayarit.

De acuerdo con estudios realizados por más de 20 años, distintos autores han concluido que algunas lagunas costeras y esteros del Golfo de México se encuentran en un estado lamentable por seguir cultivando ostión en ellas, algunos de ellos son los cuerpos lagunares de San Andrés Tamaulipas; Pueblo Viejo y Tapamachoco, Veracruz; Carmen-Manchona y Mecoaacán en Tabasco y la La-

guna de Términos en Campeche, donde además de la contaminación microbiana, se ha confirmado niveles altos de hidrocarburos y metales pesados.

Para la costa del Pacífico también se tiene contaminación, que primordialmente es generada por los desechos de la zona urbana, industria y turismo. Esta última ha sido el dolor de cabeza de muchos productores, ya que estos no pueden competir contra los intereses de capitales extranjeros en nuestro país, sin embargo se han realizado movimientos de los productores y de algunas instancias académicas para proteger zonas de cultivo certificadas, como es el caso del Megaproyecto hotelero "Cabo San Quintín en Ensenada B.C.", el cual pretendía establecerse en una zona certificada y protegida de esta localidad, donde se localiza la mayor comunidad de productores de ostión de B.C.

Otras zonas certificadas por la FDA en el noroeste del país son el Estero La Pinta, Bahía San Jorge y Santa Cruz, en el estado de Sonora.

3.5. IMPACTO SOCIOECONÓMICO

El impacto socioeconómico que ha tenido el cultivo de ostión sobre la economía del país se muestra en la Figura 4, donde las tendencias de la producción ostrícola por acuicultura fluctuaron de manera poco considerable durante el periodo de 1988 a 1999. Para estos años se obtuvo un

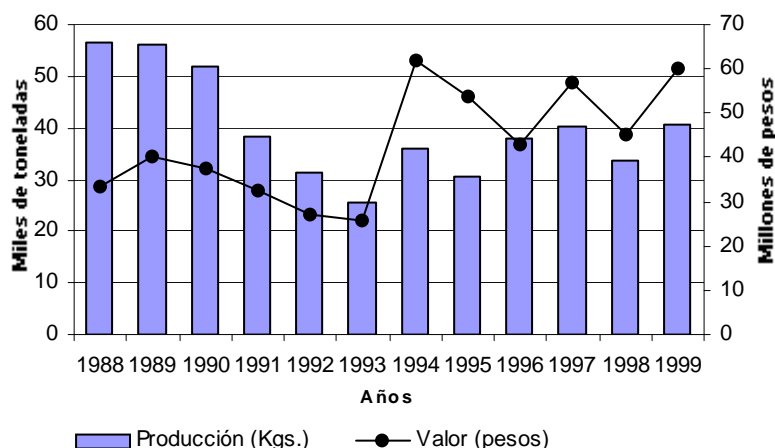


Fig. 4. Volumen y valor de la producción acuícola de ostión (1988-1999).

valor máximo promedio de producción de 56.39 (miles de toneladas), y el valor económico fue de 33.18 y 40.21 millones de pesos respectivamente. Posteriormente la producción descendió hasta 1993, registrando un valor de 25.602 miles de toneladas, con un valor económico de 25.66 millones de pesos.

La actividad ostrícola que tuvo un boom en la década de los 80's ha venido a la baja en los últimos años, debido entre otras cosas a las condiciones climáticas (fenómeno de El Niño), las cuales mermaron la producción de moluscos mundialmente en 1992 y desde entonces el recurso y la actividad no se han recuperado del todo. En nuestro país aun cuando sigue registrándose una actividad acuícola, ésta ha descendido drásticamente en los últimos años, ya que además

de la influencia del fenómeno de El Niño, las condiciones del mercado no han sido las ideales. Asimismo las restricciones sanitarias en cuerpos de agua que favorecerían la actividad, son constantemente ignoradas por otros sectores como el turismo, lo que ha provocado que muchas familias hayan abandonado la actividad, perdiendo esta fuente de ingreso. Cabe mencionar que el sector que en su mayoría se dedica a la ostricultura, lo componen familias de bajos recursos, pues esta actividad no requiere de gran capital para iniciar (no al menos si se compara con la camaronicultura), sin embargo esta actividad requiere dedicar tiempo y esfuerzo para que rinda frutos.

Situación del cultivo en las Unidades de Producción Acuícola de Moluscos (UPAM).

De acuerdo a la información recabada en las unidades de producción, es posible distinguir de acuerdo a los sistemas de producción utilizados a 2 tipos de cultivo: el extensivo, que se desarrolla en el Golfo de México y el semiintensivo que se realiza en los estados del litoral del Pacífico. En el caso del cultivo extensivo, los concesionarios hacen más bien un semicultivo a partir de la captación de semilla del medio natural y preparación de dispositivos sencillos para su crecimiento en áreas protegidas de las lagunas costeras, por otro lado, en el caso del cultivo semiintensivo, los concesionarios desarrollan un cultivo más completo con plena dependencia de la semilla adquirida en laboratorios certificados.

En cada localidad donde se realizaron las encuestas se utilizan diferentes implementos e infraestructuras para el desarrollo del cultivo de moluscos, destacándose la amplia variedad de dispositivos utilizados para el cultivo del ostión japonés en el litoral del Pacífico, cuyos productores preferentemente utilizan los "estantes o racks", contra el sistema de postes utilizado en las unidades dedicadas al cultivo del ostión americano en el estado de Tabasco. La utilización de estos sistemas obedece a la propia experiencia de los cultivadores, eficiencia y por la sencillez de su operación.

Los principales factores o variables que están sometidas a algún nivel de control en las unidades de producción, destacan las variables de densidad, mantenimiento, depredación y enfermedades. La depredación es el factor más difícil de controlar y entre los principales depredadores se encuentran los peces y crustáceos.

Respecto al tipo de organización social de las UPAM, destacan las entidades del sector privado de S.R.L. de C.V. con 31% y las Sociedades Anónimas con 21%. De acuerdo a las encuestas, para el litoral del Pacífico predominan las unidades de producción particulares, en cambio, para el Golfo de México los concesionarios son principalmente sociedades cooperativas.

La asistencia técnica y de un adecuado financiamiento son los problemas más relevantes enfrentados por los productores ostrícolas. Son varios los factores que inciden sobre la producción del ostión en cultivo, cabe señalar que la mayoría de ellos no especificó en que consistieron esas problemáticas, sin embargo algunos consideran que los eventos climáticos son un factor que pueden repercutir en los procesos de cultivo de estos moluscos y obtener bajos rendimientos.

3.6. MARCO INSTITUCIONAL

El aprovechamiento de los recursos acuáticos se regula por la Ley Federal de Pesca y su reglamento, actualizado el 29 de septiembre de 1999 (SEMARNAP, 1999), el cual viene a ser el instrumento rector de la actividad pesquera. La acuacultura se define e inscribe en esta ley en un marco específico y dispone en varios de sus artículos que el cultivo de organismos como el de los moluscos marinos es una actividad de beneficio socioeconómico, aparte en numerosos conceptos de esta ley se definen las áreas de competencia y se otorgan atribuciones a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca para planear, fomentar y regular la acuacultura.

Se han instituido normas ecológicas (Tabla 6), para regular las actividades del sector pesquero y acuacultura. Además, dentro del organigrama de la SEMARNAP, se ha constituido el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Pesca Responsable como la entidad responsable de expedir y supervisar las normas relacionadas al cultivo de moluscos.

Tabla 6 Normas Oficiales Mexicanas y reglamentos relacionados al cultivo de moluscos.

NOM	OBJETIVOS	FECHA DE PUBLICACION
009-PESC-1993	Norma Oficial Mexicana, que establece el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de diferentes especies de flora y fauna acuáticas en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.	Marzo 4, 1994
010-PESC-1993	Establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato en el territorio nacional.	Agosto 16, 1994
011-PESC-1993	regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato en los Estados Unidos Mexicanos.	Agosto 16, 1994
Aviso	Por el que se da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para las diferentes especies de la fauna acuática y complementa a la 009-PESC-1993.	Marzo 4, 1994
015-PESC-1994	Regula la extracción de las existencias naturales de ostión en los sistemas lagunarios estuarinos del estado de Tabasco.	Abril 24, 1995
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Sirve de marco regulatorio de toda autorización en materia de los impactos ambientales por la realización de obras o actividades (incluyendo la acuacultura), que generen o puedan generar efectos significativos sobre el ambiente o los recursos naturales.	Diciembre 13, 1996
Ley de Pesca y su Reglamento SEMARNAP	Es el marco regulatorio de la pesca y acuacultura nacional, se orienta hacia el desarrollo pleno y sostenido de la actividad pesquera y acuícola y da certidumbre a aquellos que participan a lo largo de toda la cadena productiva.	29 de septiembre de 1999

Adicionalmente a los aspectos sanitarios de los moluscos se encuentra instituido el Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos, mismo que se encarga de establecer y vigilar el cumplimiento de las normas técnicas sanitarias para el buen desarrollo y comercialización del ostión en el país, y asimismo deberán cumplirse determinados artículos y disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente (SEMARNAP, 1997).

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La distribución de las ostras está confinada a las zonas litorales de la República Mexicana (Figura 5), principalmente en las lagunas costeras de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco Campeche, B.C., Sonora, Nayarit y Jalisco.

Se explotan y se cultivan en México tres especies de ostiones.



Figura 5. Distribución del cultivo de ostión en la República Mexicana.

- En el Golfo de México y el Mar Caribe, el ostión americano *C. virginica* soporta una intensa explotación y operaciones de semicultivo en las lagunas costeras de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche.
- El ostión japonés (*C. gigas*), se encuentra entre las principales especies de interés económico mundialmente. Se cultiva en los estados del noroeste del país y su reproducción se realiza en laboratorios.
- *C. corteziensis*. Se localiza desde el Golfo de México a Panamá. Esta es una de las ostras comestibles de mayor valor comercial en el Pacífico Mexicano.

3.8. ANÁLISIS DE MERCADO

De acuerdo con los registros de FAO, en los últimos 20 años el ostión ha venido ocupando uno de los 10 primeros lugares en la producción anual a nivel mundial.

De acuerdo a las estadísticas mundiales de acuicultura de la FAO (FAO, 1999), unos cuantos países figuran como los más importantes productores de ostión (Tabla 7), entre ellos figura China como el principal productor con más de 2 millones de toneladas para 1997, comparativamente, México se encontró entre los países que actualmente producen menos de 3,000 toneladas anuales, dicha producción procede de las unidades de producción ubicadas en las entidades an-

tes mencionadas y se destina casi en su totalidad para el mercado de exportación.

Tabla 7. Principales países productores por acuacultura de *Crassostrea gigas* en toneladas 1988-1997 (Tomado de *Estadísticas de Producción de Acuicultura, FAO, 1999*).

País	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Australia	1516	1664	1690	2893	2593	2517	2772	4049	4926	5337
Canadá	3702	3672	4519	4482	4483	4738	5223	5276	5437	4664
Chile	139	206	144	371	123	435	1130	1313	1776	3203
China	451859	447545	503183	534148	751579	1029046	1915338	2279757	2284663	238568
Corea	285860	243108	219124	215418	235326	258212	172313	191156	185339	200913
Estados Unidos	37451	32971	34644	32707	31202	39053	36462	34798	28815	24796
Francia	132956	129000	142120	129414	132581	144000	146347	144328	149629	147150
Japón	270858	256313	248793	239217	244905	235531	223481	227319	222853	218056
México	0	0	2186	2282	1593	993	929	2507	2702	2831

En México, en el año de 1988 se produjeron cerca de 60,000 toneladas de ostión y se redujeron a menos de 34,000 una década después (Anuario Estadístico de Pesca, 1998). De esta producción la mayor parte pertenece a la región del Golfo de México y el Caribe con el 94%, el litoral del Pacífico aportó el 6% restante, estas condiciones se mantienen hasta estos últimos años. Esto significa que las producciones de ostión por acuacultura son aún bajas.

Asimismo, de acuerdo al Anuario Estadístico de Pesca (1999), el mayor valor de la producción pesquera por acuacultura en la República Mexicana (Figura 6), se presentó en el estado de Tabasco, con un valor de 20.956 miles de toneladas y con un valor económico de 24,670 miles de pesos, en tanto que en Sonora se presentó la menor producción de ostión (0.014 miles de toneladas) y con un menor valor económico (80 miles de pesos).

Es importante mencionar que la mayor parte de la producción de ostión es para consumo nacional, debido a que no cumple con las condiciones de higiene sanitaria para poder ser exportado a otros países, según las restricciones de la FAO.

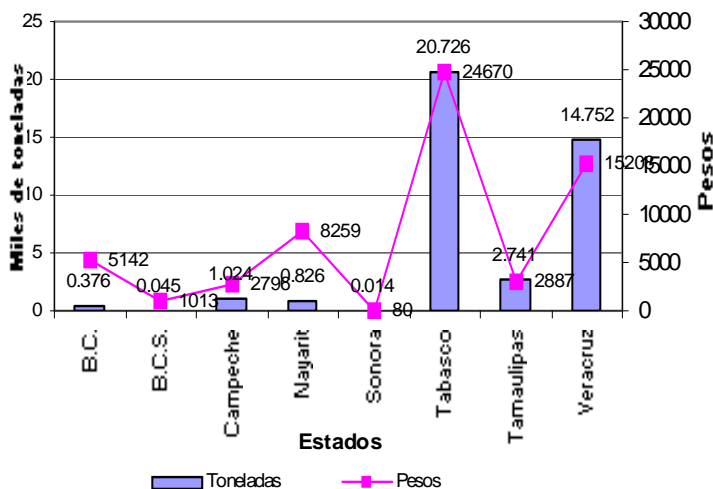


Fig. 11. Volumen y valor de la producción acuícola de ostión, por entidades federativas (1999)

En la comercialización del ostión destacan principalmente el mercado regional y local con 49% y 30% respectivamente, el resto es mercado de comercialización más restringido. Cabe señalar que los productores de ostión japonés entrevistados destinan casi enteramente su producción al mercado de exportación a los Estados Unidos.

4. PROBLEMAS Y LIMITACIONES.

4.1. PRODUCCIÓN DE CRÍAS

La principal problemática de la producción de crías, es la obtención de semillas de ostión, ya que en algunas partes del litoral de la república, la obtención de éstas se hace por medio natural, es decir, después de la época de reproducción de los organismos, las semillas generadas se recolectan y se siembran en las zonas de cultivo, aun cuando hay dos épocas de reproducción al año, sólo se obtiene una cosecha anual, aunado a esto, la captación de la semilla no se da a tiempo, por lo que al no ser insertadas en forma oportuna en las sartas para su cultivo, se reporten fijaciones inferiores a las necesidades de las unidades de producción. Otra forma de obtener las semillas, es por medio de laboratorios (la que es usada en el noroeste del país), sin embargo, existen pocos laboratorios que se dediquen a la producción de las semillas, por lo que tampoco es una opción muy viable en la producción de ostión.

4.2. CULTIVO

El cultivo de ostión se ve afectado en gran parte por las condiciones ambientales tan variables que se presentan en la naturaleza a lo largo del año, ya que modifican los parámetros óptimos ya mencionados en este documento. Como ejemplo, durante la época de lluvias, los ríos que desembocan en los esteros o áreas de cultivo traen consigo un mayor aporte de agua dulce y sedimentos, lo cual hace que las condiciones específicas se vean modificadas. Como consecuencia de esto la cosecha es poco abundante o casi nula. Además de que se cuenta, en algunos casos, con baja infraestructura en las granjas y poco apoyo financiero que conlleva a que los acuacultores dediquen mayor tiempo a otras actividades, tales como agricultura, pesca, comercio, etc. que los lleva finalmente a que abandonen gradualmente la ostricultura.

Por otra parte, otro de los problemas a que se enfrentan los productores durante el cultivo, son los depredadores, que incluye los peces, barrenadores acuáticos, cangrejos y estrellas de mar. El excesivo crecimiento de las algas es otro problema, ya que de alguna manera pueden asfixiar a las ostras o crear condiciones anóxicas que conduzcan a una mortandad en masa.

4.2.1. NIVELES DE PRODUCCIÓN.

Los aspectos organizativos técnicos que limitan el desarrollo de la actividad ostrícola, se refieren a la obtención de semilla en tiempo de las granjas de captación, en las cuales, al no ser instaladas en forma oportuna en las sartas para su captura, se reportan fijaciones inferiores a las necesidades de las unidades de producción. La organización administrativa, debido a decisiones parciales en cuanto a la distribución de trabajo y beneficio, favorece a unos pocos y perjudica a la unidad de producción limitando con ello su desarrollo. Asimismo la extracción indiscriminada de algunos bancos por parte de los pescadores libres, pone en serio riesgo el agotamiento de los mismos.

Otros factores que afectan la producción del cultivo de ostión son:

- Sobreexplotación de los bancos naturales que conllevan a una baja tasa de reproducción en las generaciones subsiguientes, y por ende una disminución de organismos.
- Presencia de cazadores furtivos, que extraen el producto antes de que los ostiones adquieran su talla normal para el consumo.
- Cambios ambientales en los ecosistemas y en las áreas de producción, ya que afectan directamente las tasas de fijación de la semilla ostrícola.
- Contaminación provocada por aguas residuales y derrames accidentales de hidrocarburos.
- Abandono gradual del trabajo de repoblación, ya que después de la sobreexplotación, no se da un periodo de repoblación de la especie.
- Falta de canales de comercialización, estables y acordes al tamaño de la población, pues en algunos casos no hay demanda de producto y este se pierde, ocasionando que los acuacultores abandonen gradualmente el cultivo.
- Desarrollo en la investigación de mejores tecnologías de cultivo de ostión, que permitan un mayor aprovechamiento.
- El 90% de la oferta nacional del molusco se sustenta en la explotación de bancos silvestres, y el resto en el cultivo, razón por la cual, la producción esta marcada por la extracción y observancia de las normas establecidas.

4.2.2. SANIDAD

Con respecto a la sanidad, la norma oficial NOM-011-PESC-1993 menciona que las enfermedades certificables para este molusco son cuatro: la denominada enfermedad del velo de ostión, enfermedad viral de branquias por iridovirus, enfermedad tipo herpes del ostión y Protozooarios Haplosporidios, los cuales se consideran altamente patógenos. Otro aspecto importante es el provocado por el mal manejo de los organismos, debido a que no se cuenta con la infraestructura

suficiente para el adecuado desconchamiento, manejo y transporte, lo que hace al producto, en algunos casos, insalubre para el consumo humano.

Por otro lado, las evaluaciones sanitarias sobre calidad del agua y del producto que lleva a cabo la Secretaría de Salud, a través del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos, no se efectúan en forma eficiente en algunas regiones del país, y por otra parte, la poca disposición de los productores para promover medidas de control sanitario (el producto se vende por volumen, no por calidad), han propiciado que las instalaciones para la depuración del ostión que existen en algunas regiones, no hayan podido ser puestas en operación.

4.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Desafortunadamente existen pocos trabajos relacionados con el cultivo del ostión que limitan el desarrollo de la actividad ostrícola, en lo que se refiere a la obtención de semilla. Sin embargo hay que recordar los trabajos realizados por diferentes instituciones, que contribuyen a la información de esta especie.

En el ámbito de la investigación y con el fin de mejorar los cultivos, se recomienda realizar estudios y/o evaluaciones en los temas de:

- Repoblación: anomalías climáticas y su asociación con la producción, contaminación asociada a producción, capacidad de carga de cuerpos de agua con cultivos
- Técnicas de cultivo: producción de semilla e ingeniería de cultivo, eficiencia de las técnicas de depuración
- Sanitarios: enfermedades protozoarias
- Nutrición: evaluación de dietas, toxinas producidas por alimentos
- Comercialización: canales de comercialización

4.4. ASPECTOS DEL MERCADO

La comercialización y presentación del ostión difiere de acuerdo a las condiciones específicas de producción de cada área o región de cultivo. Esto propicia que exista una amplia variedad de esquemas comerciales del recurso.

La presentación del ostión en el mercado es en su mayoría fresco, ya sea en concha o desconchado, y en algunas partes del país se comercializa ahumado. El ostión fresco en concha se ofrece en forma individual y en racimos. El ostión en concha individual procede generalmente de cultivos en canastas y de camas ostrícolas, siendo el caso del ostión japonés, y cuya producción se destina a la exportación. El ostión en racimo casi siempre procede de los cultivos en suspensión "sartas", así como del fondo, en donde los organismos se colectan en "racimos" de individuos de tallas variables.

El ostión de exportación se coloca en cajas de madera, etiquetadas para ser transportadas con la siguiente información: contenido, destinatario, nombre del productor y número del certificado sanitario. El ostión de consumo local o nacional, se empaca para su transporte y comercialización en costales de yute o plástico (arpillas) de 35 a 40 kg de peso.

El ostión fresco desconchado se obtiene de cultivos semi-intensivos y extensivos; debido a que la concha se ocupa como sustrato para el cultivo, sus tallas y condición de hacinamiento impiden su comercialización en concha individual. En cuanto al ostión procesado, su consumo es escaso, siendo generalmente ahumado como se comercializa en ciertas regiones del país como Veracruz y Tabasco.

4.5. IMPACTOS AMBIENTALES

Debido a los altos niveles de contaminación y al fuerte impacto ambiental que causan las industrias, desechos domésticos y turismo, han hecho riesgosa la actividad ostrícola, tanto en materia económica (bajos rendimientos), como de salud.

Según diversos autores, para hacer frente al problema de la contaminación de las aguas productoras de ostión, para asegurar la calidad del mismo y poder entrar a los mercados exteriores y estimular el consumo nacional, es necesario llevar a cabo dos acciones básicas:

- Implantar y difundir la tecnología de depuración, en aquellas áreas productoras donde la contaminación sea exclusivamente de orden microbiológico y moderada.
- Antes de instalar un depurador, llevar a cabo saneamientos de los cuerpos de agua, donde la contaminación no permita el uso inmediato de las depuradoras.

El proceso de depuración se ha utilizado históricamente para limpiar los ostiones producidos en aguas restringidas o moderadamente contaminadas con microorganismos (Richards, 1978).

Esta tecnología se emplea básicamente para certificar el grado de limpieza o calidad sanitaria de los ostiones y se sustenta en el principio de alimentación de los mismos, sumergiendo a los organismos vivos en aguas de calidad previamente certificada. En este medio y a través del proceso natural de filtración y circulación de agua limpia, los ostiones pueden purgar o limpiar su aparato digestivo, removiendo microorganismos, algunos de los cuales pueden ser dañinos para la salud humana (Camacho, et al, 1992).

A nivel mundial existen cuatro procedimientos tecnológicos para producir ostiones certificados o depurados:

- Depuración natural o trasplante. Los organismos son trasladados a un cuerpo de agua o agua de masa moderadamente contaminada o certificada sanitariamente y cosechados hasta que se hayan limpiado
- Depuración y certificación. Se hace uso del ozono como medio de esterilización de las aguas, donde se sumergirán a los organismos vivos que se quieran depurar.
- Depuración luz ultravioleta (U.V). Se hace uso de la luz U.V. para esterilizar el agua donde se depurarán a los organismos.
- Depuración con cloro. Se hace uso de la cloración de agua como medio de esterilización del agua. Esta tecnología ha decaído en los últimos tiempos, debido a que deja un sabor a cloro en los organismos, y a que el cloro ha adquirido fama de cancerígeno.

En México se ha empleado sólo de manera limitada la tecnología de la depuración con sistemas de luz U.V.

Cada uno de los países productores de ostión (a excepto de México) ha generado su tecnología de depuración; con base en éstas, han adoptado la normatividad que rige la calidad del ostión en cada país, de tal forma que cuando se trata de importaciones, exigen que el país proveedor depure los ostiones con técnicas aprobadas por sus leyes internas.

La calidad de los ostiones que se producen y consumen en México, va más allá de la tecnología de depuración, pues según la mayor contaminación del producto, ocurre durante el proceso de desconchado y envasado. Solo la integración de la cadena productiva con métodos sanitarios (HACCH) puede resolver este problema.

Si todas estas prácticas (depuración y métodos sanitarios en la cadena de producción), se aplican en las unidades productoras y se realiza una vigilancia y seguimiento de su práctica, posiblemente en los próximos 10 años el mercado del ostión mexicano pueda abrirse a los mercados internacionales sin dificultad. Sin embargo por ahora la demanda insatisfecha seguirá creciendo de manera continua y consistente, sobre todo en el vecino país del Norte.

5. CONCLUSIONES

El cultivo de moluscos en nuestro país esta centrado hacia la ostricultura, lo cual se aprecia en los volúmenes de producción observados en las estadísticas oficiales y en la información recolectada por la Dirección General de Investigación en Acuicultura.

Para el caso del Golfo de México, el presente análisis no descalifica los esfuerzos y el desarrollo de técnicas de cultivo extensivas sobre todo en lo relativo a las colectas de semillas de ostión en dicha zona. Por el contrario, es bueno aclarar que dicha práctica ha permitido la paulatina recuperación de la producción en esa región y con las mejoras tecnológicas en un futuro próximo se podrán alcanzar mayores niveles de producción.

Para el caso del ostión japonés cultivado en el Litoral del Pacífico (Baja California y Baja California Sur), su cultivo se ha intensificado desde la década de los años setenta, y la tecnología utilizada se encuentra a la vanguardia en esta región. Sin embargo, comparado con otros países, los volúmenes de producción todavía son bajos, aunque actualmente es el único ostión que se exporta en el país.

De acuerdo a la información obtenida en las encuestas realizadas en el estado de Tabasco, actualmente la producción ostrícola se encuentra determinada por una compleja problemática influida por dos grandes tipos de factores: el primero relacionado a factores que influyen en el aumento de la producción registrada y la comercialización y en segundo término a factores que han influido en el decremento de la producción y comercialización.

De acuerdo a la información obtenida en las encuestas realizadas en los estados del Litoral de Pacífico, actualmente la producción ostrícola se encuentra determinada por una problemática influida por los siguientes factores, el problema del suministro de semilla, certificación de aguas idóneas para el cultivo y financiamientos para los proyectos, siendo en menor grado el dominio de las diferentes biotecnias utilizadas, dichos factores en su conjunto representan todavía una limitante en algunas entidades de la región para el adecuado desarrollo de la actividad.

De tal forma que conviene hacer los siguientes cuestionamientos: ¿cuáles son los problemas que frenan su desarrollo y cuáles son los puntos de bloqueo?, si logramos identificarlos plenamente se podrían definir los programas de investigación necesarios para impulsar la ostricultura. En cuanto a las líneas de investigación o proyectos que se estén realizando, los productores ofrecieron escasa información o bien no mantienen relación con instituciones de investigación. Por otro lado, cabría preguntarse si el nivel de producción de los sistemas de cultivo utilizados para el ostión japonés en el litoral del Pacífico es el más adecuado. Además a la fecha no se conoce la capacidad de carga de los sistemas lagunares costeros en donde se practica la ostricultura, y ¿que hay de los grupos humanos que aprovechan estos recursos en el sentido de si los proyectos y los asentamientos humanos son compatibles y están planeados?.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Arriaga-Becerra, R. E. y Rangel-Dávalos, C. 1988. Diagnóstico de la situación actual y perspectivas del cultivo de ostión en México. Secretaría de Pesca. 95 p.p.
2. Bahr, L.M. y W.P. Lanier. 1981. The ecology of intertidal oyster reefs of the south Atlantic coast a community profile. U.S. Fish and Wildlife service report No. FWS/OBS-81/15. Washington, D. C.
3. Bardach, M. 1986. Acuacultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AT Editor, S.A. 741 P.
4. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-010-PESC-1993, que establece los requisitos sanitarios para importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura u ornato, en el territorio nacional. Agosto de 1994.
5. Diario Oficial de la Federación. Norma Oficial Mexicana NOM-011-PESC-1993, para regular la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuacultura y el ornato en los Estados Unidos Mexicanos. Agosto de 1994.
6. FAO, 1999. Estadísticas de la producción de acuicultura 1988-1997. FAO Fisheries Circular No. 815 Revisión 11, Roma. 203 p.
7. Galftsoff, P.S., 1964. The American Oyster: *Crassostrea virginica* (Gmelin). Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service. Vol. 64: 1-479
8. Galván-Utrera, J.R., 1996. Situación ostrícola en Tabasco. En: Memorias de Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigadores en Maricultura (REDIMAR) 1996, Instituto Nacional de la Pesca-SEMARNAP, México, 233 p.
9. Gold-Bouchot, G., R. Sima-Alvarez, O. Zapata-Pérez y J. Güemez-Ricalde. 1995. Histopathological effects of petroleum hydrocarbons and heavy metals on the american oyster (*Crassostrea virginica*) from Tabasco, Mexico. Marine Pollution Bulletin 31 (4-12):439-445.
10. Gómez-Aguirre, S. 1981. Frecuencia de *Stylocus ellipticus*, Girard 1850 (Turbellaria Polycladida), en *Crassostrea virginica* Gmelin, en Lagunas Costeras del Sur del Golfo de México (1977-79). An. Inst. Biol. Ser. Zool. UNAM. México.

11. Gómez-Aguirre, S. Y Camacho, B.E. 1988. Traumatismos observados en ostiones (*Crassostrea virginica*, Gmelin), invadidos por planarias (*Stylocus ellipticus*, Girard 1850). An. Inst. Biol. Ser. Zool. (1) UNAM. México.
12. Hoyl-Sotomayor, A. y E. Uribe-Tapia, 1990. Cultivo de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas*, en Chile (1977-1989). En: A. Hernández R. (Ed.) pp. 265-272. Cultivo de Moluscos en América Latina, Memorias Segunda Reunión Grupo de Trabajo Técnico, ANCUD (Isla Chiloé, Chile) Noviembre 7-11, 1989. 405 p.
13. Juárez-Palacios, J.R. y G.G. Palomo-Martínez. 1985. Acuicultura. Editorial CECSA, México, 95 p.
14. Office International des Epizooties (OIE). 1997. Diagnostic Manual for Aquatic Animal Diseases. Francia. 141-166.
15. Palacios, F.M. y S. García S. 1988. Manual técnico para la operación de Centros Acuícolas productores de ostión. Secretaría de Pesca. 324 p.
16. Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos. 1989. Manual de Operación. I. Control Sanitario de Areas de Producción de Moluscos Bivalvos. 80 pp.
17. Ramírez Granados, R. y M. L. Sevilla. 1965. Las Ostras de México. Publicación No. 7. Secretaría. de Industria y Comercio.
18. Rangel-Dávalos, C., 1990. El cultivo de moluscos en México. Cap. 7: 107-138. En De la Lanza, G y J.L. Arredondo-Figueroa (Eds.). La Acuicultura en México: de los conceptos a la producción. Instituto de Biología, U.N.A.M. 305 p.
19. Rodríguez, S.H. 1986. Bacterias coliformes en el procesamiento de ostiones (*Crassostrea virginica*) EN Tabasco, México. An. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México., 13(1):445-448
20. Rodríguez-Navarro, R. J.R. Elmer-Aguilar, M. Chávez-Aguilar. A.E. Contreras-Márquez, M.L. Reyes-Valdéz y J. Aguilera-Coronado. 1994. Cultivo de ostión Americano. Secretaría de Pesca. 38 p.
21. SEMARNAP, 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente: delitos ambientales. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, primera edición, México, 203 p.

22. SEMARNAP, 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1998. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, primera edición, México, 244 p.
23. SEMARNAP, 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1999. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, primera edición, México, 271 p.
24. SEMARNAP, 1999. Ley de Pesca y su Reglamento. (modificación del 29 de septiembre de 1999). Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México, 68 p.
25. SEPESCA. Lineamientos Normativos para Sanidad Acuícola y Nutrición Acuícola en México. Secretaría de Pesca. México. 532 pp
26. SEPESCA, 1988. Manual técnico para la operación de centros acuícolas productores de ostión. Secretaría de Pesca, México, 324 p.
27. SEPESCA, 1994. Normas Oficiales Mexicanas del Sector Pesca. Secretaría de Pesca, México, 91 p.
28. Vázquez, C. y R. Arriaga. 1988. Cultivo de Moluscos, Métodos de Cultivo. Serie Básica de Maricultura No. 2. Dirección General de Acuacultura. SEPESCA México.

XXII. ABULÓN

M. en C. Antonio Silva Loera¹, M. en C. Luz Ma. Torres Rodríguez², M. en C. Margarita Hernández Martínez²

¹ Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California

² Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca



1. INTRODUCCIÓN

La costa del Pacífico de Baja California, es una de las zonas con mayor importancia en la producción pesquera de México.

El abulón ha sido una de las especies con mayor valor comercial. Sin embargo, la intensa explotación a que ha sido sometido, ha provocado un declinamiento substancial en las poblaciones naturales, desde hace mas de una década. La disminuciones de abulón en el estado, constituye un serio problema con profundas implicaciones sociales y económicas para las cooperativas pesqueras de la región.



Figura 1. Distribución de cultivo.

Este fenómeno de sobre explotación del recurso es global; en California (E.U.A) el abulón chino (*Haliotis sorenseni*), ha sido declarado en peligro de extinción (Davis y Haaker. 1995; Davis et al 1996; Malakoff, 1997).

La demanda en aumento y la producción en disminución han elevado el precio del abulón. Esta condición, aunada al desarrollo de tecnología de cultivo, ha favorecido que la actividad de cultivar abulones sea rentable. No obstante la tasa de crecimiento del abulón es lenta, ya que se requieren alrededor de 5-6 años para alcanzar el tamaño comercial de las capturas en el ambiente natural. Sin las condiciones hoy existentes de acceso a la tecnología y costo de producción y precio de venta esto no hubiera sido posible hace 20 años.

Actualmente en países como Australia, China, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Chile y México, se ha utilizado la siembra con juveniles cultivados en laboratorio para aumentar los stocks naturales. En México los actuales productores de abulón han identificado plenamente la necesidad de garantizar la permanencia del recurso, para ello se han realizado esfuerzos orientados al desarrollo del cultivo y repoblación del abulón.

En México existen 5 especies de abulón con los cuales se comercializa, *Haliotis rufescens* (abulón rojo), *Haliotis fulgens* (abulón azul), *Haliotis corrugata* (abulón amarillo), *Haliotis cracherodi* (abulón chino) y *Haliotis sorenseni* (abulón negro). De éstos solo se cultivan el rojo, azul y amarillo. El destino final del producto es exclusivamente para consumo humano.

2.- ANTECEDENTES

Derivado del primer periodo registrado en la disminución de las capturas comerciales de abulón en 1969, se conforma el Fondo Abulonero, formado por cooperativas de B.C. Este fondo abulonero financió en los años de 1970 a 1976 lo que sería el Primer programa de Cultivo de Abulón con fines de producción de semilla para el repoblamiento de bancos naturales. Dicho programa fue ejecutado por investigadores del Instituto Nacional de la Pesca en la Estación de Biología Pesquera de El Sauzal, B.C., utilizando la especie *Haliotis rufescens* (abulón rojo).

Un segundo periodo de disminución en la captura sostenida de abulón, ocasiona un auge en la producción de la semilla de abulón, por lo que se construyen y entran en operación durante el periodo de 1979 a 1980 dos Centros Acuícolas Oficiales para el cultivo de abulón, localizados en el Ejido Eréndira, B.C. y Bahía Tortugas, B.C.S. En el periodo de 1983 a 1987 los Centros Acuícolas entran a un esquema de capacitación para el personal técnico y la transferencia de tecnología hacia las cooperativas del sector pesquero. En 1987 se emite un nuevo esquema de regulación, propuesto por la Dirección de Estudios y Normas de la Dirección General de Administración de Pesquerías – SEPESCA, donde se recomienda que la producción de semilla que produzcan los Centros Acuícolas Oficiales sean destinados al proceso de engorda y no a la repoblación de bancos naturales.

En 1993, Abulones Cultivados, S.R.L. empieza sus operaciones en el Ejido Eréndira, B.C. como la primera empresa o granja de producción comercial del abulón en el país. Una segunda granja ubicada en este mismo ejido, es B.C. Abalone, S.A. que empezó su operación en 1996.

Actualmente existe en San Quintín, B.C. otra empresa, la cual es reciente ya que sólo tiene un año operando, por lo cual todavía no cuentan con una primera producción de abulón. Además, existen laboratorios de producción de semilla de abulón, los que se ubican en Punta Eugenia, B.C.S., Isla de Cedros, B.C.S, Puerto Nuevo, B.C.S, La Bocana , B.C.S. y Bahía Tortugas B.C.S. Estos laboratorios que se dedican a la producción de semilla tienen el objetivo de apoyar a las pesquerías, mediante programas de repoblamiento de abulón.

La actividad del cultivo de abulón comprende dos etapas completamente diferentes, una es la producción de larva y la segunda es la etapa de engorda. La primera se realiza en un laboratorio tradicional, para lo cual se utiliza agua de mar filtrada, por filtros mecánicos y de luz UV, y un cultivo anexo de microalgas, con sistema abierto. La etapa de engorda se realiza en canastos o jaulas en mar abierto o en estanquería alargada de cemento llamados raceways.

El cultivo de abulón hasta ahora es por definición del tipo Intensivo, debido a que se busca aprovechar el menor espacio con el mayor número de organismos, así como de que en todos los casos se provee alimento a saciedad y el recambio de agua se realiza lo mas frecuentemente posible. Asimismo no se depende de estructuras específicas de cultivo, ya que los estanques pueden variar en tamaño, forma, posición, color, etc., en tanto sean funcionales. Todas las características anteriores son una ventaja para el cultivo del abulón, debido a que no depende de una sola y específica estructura de cultivo.

3. SITUACION ACTUAL

La capacidad instalada de producción de los laboratorios que se encuentran en el ejido Eréndira B.C. puede alcanzar los dos millones de semillas al año. Esta semilla, al cabo de tres años y medio a cuatro, permite alcanzar una producción de 750,000 a 800,000 piezas de abulón cultivado por año.

El mercado de mayor demanda es el oriental: China, Japón, Corea, así como el estadounidense. Los precios del abulón regularmente se mantienen estables y las variaciones son generalmente a la alza, sobre todo en las temporadas de mayor demanda, como en la navidad y año nuevo. El precio de venta actual en el mercado es de 32 a 33 dólares por kilo de abulón completo (vivo).

Generalmente el abulón se comercializa cuando 4 ó 5 ejemplares completos (con concha y vísceras) alcancen a pesar 1 libra. Cuando el producto se vende desconchado y desviscerado 12 a 14 piezas deben completar una lata. Rara vez se manejan tamaños de 6 abulones por libra o más de 10 piezas por lata.

El volumen (número de semilla) generado por las empresas para la etapa de engorda, así como la producción registrada en los años del 94 al 99 se registra en las figuras 2 y 3 respectivamente.

En lo que respecta a la producción de semilla de los laboratorios para apoyar a las pesquerías, se ha producido un promedio anual de alrededor de 500,000 semillas en los últimos años (Tabla 1).

Tabla 1. Producción de semilla de abulón destinada al apoyo a pesquerías

Año	Semilla de abulón
1995	100,000
1996	200,000
1997	400,000
1998	1'000,000
1999	1'000,000

3.1. PROPAGACIÓN

El realizar una actividad como lo es la acuacultura siempre es un riesgo, sin embargo en México existen cultivos como es el del camarón que ha tenido un auge impresionante.

Para el caso del abulón, hasta la fecha no se observa este auge, aun cuando el producto es sumamente apreciado en el mercado. Esto puede deberse a diversos factores, como lo son: el lugar donde tendrían que ser ubicadas las granjas, ya que ésta se limita exclusivamente a tres cuartas partes de la costa del Pacífico de la península de Baja California. Otro factor es la tasa de crecimiento promedio del abulón, la cual es lenta, aunado a que la recuperación de la inversión es de 3 a 5 años.

Sin embargo lo atractivo de esta actividad es que existe un mercado estable y con gran demanda del producto y su precio se paga en moneda dólar.

Es importante comentar que las empresas que operan actualmente en B.C, tienen asegurado la venta de su producto, ya que actualmente no existe competencia en el mercado.

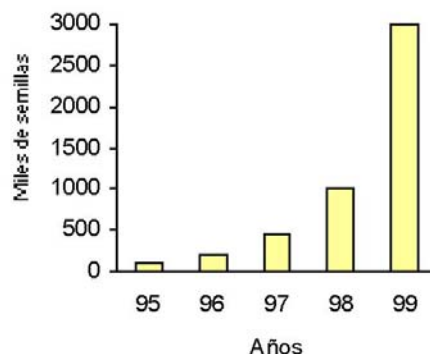


Figura 2. Producción de semilla de abulón en laboratorios 1995-1999.

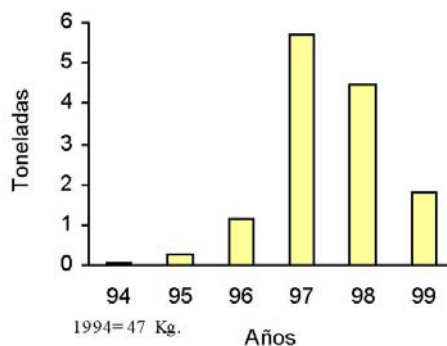


Figura 3. Volumen de la producción acuícola de abulón 1994-1999.

3.2. CULTIVO

Taxonomía

Phyllum	Mollusca
Clase	Gasterópoda
Orden	Archaeogasteropoda
Suborden	Zygobranchia
Superfamilia	Pleurotomareacea
Familia	Haliotidae Rafinesque, 1815

El abulón pertenece a la clase de los gasterópodos, es un molusco que está cubierto por una concha cóncava que presenta una serie de orificios en uno de sus costados, por los cuales realiza captación de oxígeno, excreción y expulsión de gametos. En su estado adulto se alimenta principalmente con macroalgas. La diferenciación de sexo se determina por el color de la gónada, la cual presenta un color verde si se trata de una hembra y crema si es macho. Las gónadas pueden ser observadas levantando el pie del abulón. En laboratorio, el abulón puede llegar a alcanzar su primera madurez sexual a los 1.5 años de edad y una 40 a 50 mm (Leighton, et al., 1981).

El desove en el medio natural sucede en el verano cuando se presentan cambios de temperatura superficial alrededor de los 19 – 21 °C . En laboratorio la inducción al desove se realiza por choques térmicos, agua de mar irradiada con luz U.V. y el peróxido de hidrógeno.

La fertilización se realiza en contenedores, donde se recomienda colocar una sola capa de óvulos (1,400 ovulos / cm²) la que será fertilizada con una mezcla de esperma proveniente de diferentes machos para asegurar mejores resultados. La concentración final de esperma en los contenedores deberá ser de aproximadamente 400,000 espermatozoides /ml. Después de la fertilización debe de realizarse un lavado de huevos para eliminar a los defectuosos y el exceso de esperma.

La eclosión del huevo se presenta en un tiempo aproximado de 12 a 18 hrs después de la fertilización. En esta etapa no se utiliza aireación ni flujo de agua en los contenedores, pero la temperatura debe de mantenerse controlada.

Las larvas recién eclosionadas nadan de manera activa en la superficie cuando están sanas. Después de la eclosión es necesario retirar las larvas sanas de las defectuosas, esto se puede hacer por decantación. La densidad de cultivo larvario recomendado es de entre 10,000 a 15,000 larvas por litro.

Cuando las larvas han desarrollado su concha pueden ser cultivadas de dos formas: en cultivo estático donde sólo se hacen de dos a tres recambios de agua y el cultivo de flujo continuo de agua, donde puede mantenerse altas densidad de organismos. En ambas formas de cultivo, la temperatura óptima de desarrollo deberá fluctuar entre los 16 a 18 °C.

A la postlarva no se le proporciona alimento durante los primeros siete días ya que obtiene la energía necesaria del saco vitelino. A partir del séptimo día el organismo busca el fondo para cambiar su modo de vida, pasando de la etapa planctónica a bentónica (proceso de asentamiento). Es en este momento cuando debe empezar a proporcionarse la alimentación, que consiste en una dieta compuesta por microalgas bentónicas, preferentemente diatomeas de 10 μ m o de menor tamaño. Las microalgas bentónicas se fijan a de forma natural a las superficies, por lo cual en el cultivo de abulón se utilizan placas, charolas o laminas (generalmente de fibra de vidrio) (Figura 4), las cuales se introducen en los estanques de cultivo de postlarvas y juveniles a las cuales los organismos se adhieren y en las cuales efectúan el pastoreo o proceso de alimentación (Figura 5).

Deben de transcurrir cuatro meses para que la larva alcance su estadio juvenil. Durante la etapa de crianza (de la etapa de postlarva a juvenil), la alimentación debe ser estrictamente vigilada, ya que los abulones pastorean vorazmente las laminas o placas con microalgas, por lo cual estas deberán ser reemplazadas continuamente.

Para el quinto mes los abulones ya cuentan con una talla de 5 mm en la cual son transportados a jaulas y/o a diferentes estanques hasta alcanzar la talla de 10 mm. A partir de los 5 mm, los organismos están aptos para alimentarse exclu-



Fig. 7. Abulones adultos en un estanque de cultivo.



Figura 5. Estanques para cultivo de postlarvas.



Figura 6. Macroalgas pardas utilizadas durante la pre-engorda.

sivamente con macroalgas pardas, por lo que se les alimenta con una dieta mixta de microalgas y macro algas para dar inicio al cambio de dieta (Figura 6). Esta etapa es denominada como pre-engorda.

La etapa de engorda empieza cuando los organismos se alimentan exclusivamente de macroalgas. Los organismos son mantenidos en esta etapa hasta alcanzar los 8-10 cm, para lo cual se necesita que transcurra un promedio de 4 años (Figura 7).

La mortalidad en la etapa larvaria es de alrededor de un 95% en promedio, y para engorda de un 10-15%. En ocasiones la merma de la producción se debe al escape o mal manejo de los organismos.

Con respecto a las enfermedades, a la fecha sólo se ha detectado la presencia de éstas cuando existe mala calidad del agua utilizada en el cultivo.

3.3. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Las primeras investigaciones en el cultivo de abulón en México se realizaron en los 70's con lo que sería el Primer Programa de Cultivo el cual fue financiado por el Fondo Abulonero establecido por las cooperativas de B.C, para obtener semilla de abulón con fines de repoblamiento.

Posteriormente en los 80's, el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de B.C. (UABC) empieza con las investigaciones que fueron básicas y necesarias para llevar a cabo los cultivos a nivel comercial. Algunos experimentos realizados fueron: inducción al asentamiento de larvas, establecer tasas de crecimiento del organismo, asimilación del alimento, valor nutricional en el alimento y dietas artificiales entre otros.

Recientemente, en los 90's se han realizado diferentes líneas de investigación por diferentes Instituciones académicas.

Debido a que a la fecha en México no existe un alimento artificial elaborado comercialmente para suministrar en los cultivos, y a que uno de los problemas que requiere especial atención a nivel comercial es el alimento tanto para los estadios larvales como para las etapas juvenil y adulta, la UABC realiza investigaciones en cuanto a la elaboración de alimento para organismos adultos como factor nutricional y energético. Esto se realiza con el fin de poder sustituir o complementar en algún momento, el alimento natural que se proporciona actualmente a los organismos adultos en los cultivos comerciales, ya que este puede variar su calidad debido a las condiciones imperantes en el medio ambiente; por ejemplo en épocas de impacto del fenómeno de "El Niño" la calidad de las macroalgas desmejora además de volverse escaso. Dentro de esta misma línea de alimen-

tación y nutrición pero enfocado a las etapas larvarias, el Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada, B.C. (CICESE), realiza diferentes experimentos con alimento natural, en los cuales se aíslan, seleccionar y cultivan diferentes especies de microalgas como alimento de alto valor nutricional y de asimilación para los etapas larvales del abulón.

Además es importante establecer que el alimento que da buenos resultados en una especie, no garantiza los mismos en otra, ya que cada especie de abulón tiene requerimientos nutricionales específicos. Por lo anterior no es recomendable utilizar alimentos, que se proporcionan en otros países, como por ejemplo en Sudáfrica (Com. Pers. Enrique Vázquez).

Al igual que la alimentación, la reproducción es otro factor importante dentro de los cultivos comerciales, por lo que otros investigadores enfocan sus esfuerzos, a conocer mas sobre la reproducción del abulón. Un ejemplo y quizá una alternativa en esta área, es el manejo de triploides, que actualmente se investiga en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) unidad La Paz, B.C.S.

Otro factor que se busca actualmente para mejorar la producción, radica en el como acelerar las tasas de crecimiento y mejorar la sobrevivencia, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo larvario, lo cual esta relacionado con algunas líneas de investigación genética.

Aun cuando existen diferentes investigadores realizando diversos estudios, es requerida la investigación en otras áreas, como el proceso de inducción a la maduración, pues hasta ahora se sigue dependiendo de organismos que maduran de forma natural.

Como se ha expuesto anteriormente, la investigación juega un papel de suma importancia en el desarrollo y crecimiento del cultivo del abulón, sin embargo, como sucede en otros casos, los apoyos económicos a la investigación no son los suficientes para abastecer la demanda que existe de esta por parte del sector.

3.4. IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental que genera el cultivo de abulón es relativamente escaso. Es una actividad que no utiliza sustancias químicas que eleven la eutroficación de los

Tabla 2. Lineamientos y estrategias del manejo del recurso

En el ámbito de la investigación y con el fin de mejorar los cultivos, se recomienda realizar estudios y/o evaluaciones en los temas de:
• Reproducción: repoblación de abulón, abundancia y distribución de poblaciones naturales.
• Técnicas de cultivo: reproducción, sobrevivencia de larvas.
• Genética: de poblaciones, manipulación genética y producción de líneas productivas.
• Salinidad: síndrome de deshidratación.
• Nutrición: alimento vivo y balanceado como sustitución de microalgas.
• Comercialización: calidad del producto.

cuerpos de agua receptores del agua de desecho.

Aunque se desconoce la carga de materia orgánica que se genera por esta actividad, si el cuerpo receptor de agua es de alta energía, se favorece el amortiguamiento de un posible impacto debido a la carga orgánica disuelta. Por lo anterior, se recomienda el establecer el laboratorio de producción de abulón en zonas de alta energía, ya que esto mitigará el impacto de las aguas de desecho.

Otro aspecto a considerar es el posible impacto causado a los mantos de macroalgas pardas que son utilizados como alimento en la etapa de engorda. Este aspecto debiera ser considerado y realizar una evaluación de los mantos de macroalgas .

3.5.- IMPACTO SOCIOECONÓMICO

Actualmente la demanda mundial de abulón excede las reservas del mismo, lo que da como resultado la sobre explotación del recurso. Además de todo esto, la degradación del medio ambiente ha mermado muchas de las poblaciones en las últimas dos décadas, por lo que las pesquerías más importantes de abulón se han visto seriamente afectadas (Werner et al. 1995).

En México, este recurso ha sido el tronco de las actividades pesqueras de todas las cooperativas de la Península de Baja California por mas de 50 años, brindando sustento y propiciando el desarrollo de las comunidades asentadas a lo largo de la costa (SEPESCA, 1994).

Las empresas Abulones Cultivados, S.R.L. y B.C. Abalone, S.A., generan de 80 a 100 fuentes de empleo directo en la zona donde estos son ubicados. Los empleos indirectos que generan se reparten entre los establecimientos de consumo del organismo, así como talleres de mantenimiento, y la diversificación de la actividad del pescador de la localidad a quien se les compra macroalgas, para ser utilizadas como alimento del abulón.

Sin embargo hacen falta incentivos de índole económica de fomento a la producción, tales como créditos blandos, disminución de tasas de aportación al fisco, y sincronía del pago de impuestos con las épocas buenas o malas de la actividad.

3.6.- MARCO INSTITUCIONAL

Desde años atrás se han tomado diversas iniciativas que en lo general han tendido a disminuir la presión de la pesca así como a proteger los períodos reproductivos de las diferentes especies que conforman el recurso. Sin embargo, pese a las medidas tomadas, la pesquería del abulón sigue declinando y no ha logrado superar el colapso en el cual cayó desde 1984.

La legislación original para la pesca de este molusco se aplicó desde 1956 hasta 1972, con tallas mínimas de captura, junto con periodos de dos meses de veda en invierno. En esta primera etapa la veda se aplicaba cuando la mayoría de las poblaciones ya había desovado. Sin embargo, en este caso el periodo reproductivo no quedaba protegido y sólo se lograba disminuir la presión de pesca por un período breve de 60 días (Tabla 3).

Tabla 3. Lineamientos y estrategias del manejo del recurso

Medidas de manejo.

Con objeto de regular la actividad acuícola de las especies con potencial de cultivo, se hace referencia a las siguientes normas:

- NOM-001-ECOL-1996.D.O.F. 16-12-96
- NOM-059-ECOL-1994.D.O.F. 26-12-96
- NOM-010-PESC-1993.D.O.F. 15-06-94
- NOM-011-PESC-1993.D.O.F. 14-07-94

Control de manejo.

- Se recomienda la promoción de ranchos marinos para la recuperación de abulón en el medio natural.

A partir de 1978 el INP inicio un programa de prospección y evaluación directa de la densidad y biomasa de los bancos abuloneros, lo que ha continuado hasta hoy en día, convirtiéndose en la fuente primaria de asignación de cuotas de captura.

La SEMARNAP ha elaborado un proyecto de aviso, para fijar una veda total y por tiempo indefinido para las especies de abulón rojo, negro y chino, aparte de la veda temporal que ha regido para las últimas temporadas. Esto se suma a una serie de acciones realizadas desde 1996, en las que han participado las autoridades del ramo en cuestión.

Por otra parte, a la fecha no se cuenta con una norma establecida exclusiva para el la actividad acuícola del abulón, con excepción de las mostradas en la Tabla 3, que aplican para la actividad acuícola en general.

3.7. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

Dentro del territorio mexicano, se localizan siete especies de abulones, de las cuales cinco tienen importancia comercial y sólo tres se cultivan. Estas especies se distribuyen a lo largo del litoral de la costa Pacífico de la Península de Baja

California, desde la Frontera con los Estado Unidos de América, hasta Bahía Magdalena en B.C.S.

Generalmente los abulones se localizan en zonas rocosas y expuestas a oleajes severos, asociados a mantos de macroalgas, de los géneros *Macrosystis*, *Eisenia*, *Sargasum*, *Gelidium*, etc.

Por otra parte, la localización de las dos empresas que manejan el cultivo de abulón se encuentran a 100 ó 120 kilómetros al sur de Ensenada Baja California en el ejido Erendira, así como un laboratorio de producción en San Quintín, B.C. que no ha iniciado sus actividades.

Asimismo, como ya se mencionó en Isla de Cedros B.C.S y Puerto Nuevo B.C.S, Punta Eugenia, B.C.S., la Bocana , B.C.S. y Bahía Tortugas B.C.S., existen otros laboratorios de producción de semilla para la repoblación en apoyo a las pesquerías.

3.8. ANÁLISIS DEL MERCADO

El abulón es un producto que hasta la fecha tiene una demanda superior a la oferta, lo cual permite que su precio no disminuya en todo el año. Se ha observado que la demanda del abulón se incrementa en fechas conmemorativas orientales, semana santa y año nuevo, elevando su precio.

Las presentaciones mas comunes del producto son el enlatado, vivo y fresco. El producto tiene diferentes mercados: el local que es la minoría, el regional y el internacional, el cual es generalmente el de Estados Unidos.

Actualmente no existe competencia entre las empresas que cultivan abulón a nivel nacional, sin embargo, la competencia se encuentra con los mercados extranjeros, pese a ello existe una gran demanda del producto.

4. PROBLEMAS Y LIMITACIONES

4.1. PRODUCCIÓN DE LARVAS

En el cultivo de abulón la tasa de producción de larvas representa niveles elevados de mortalidad, esto es un fenómeno sustantivo en el genero *Haliotis*. En la región de Baja California los niveles de mortalidad son alrededor del 95% y en ocasiones este llega a ser mayor, lo cual se atribuye principalmente a condiciones de la calidad del agua y al manejo en el cultivo. No obstante lo anterior, la rentabilidad es satisfactoria.

Para la reproducción se colocan los adultos maduros en tinas de 20 L, se oxigena el agua para elevar ligeramente el pH y algunos laboratorios añaden sustancias químicas. Por lo regular la hembra expulsa los óvulos primero, posteriormente el macho expulsa los espermatozoides y sucede la fecundación. Se debe tener cuidado con la poliespermia que es una de las causas de mortalidad en las larvas. Se mezcla la evacuación de varios machos, y solo un volumen preestablecido se aplica a los óvulos. Con esto se asegura que exista vigor genético en las larvas.

Posterior a la fertilización, 18 a 26 horas después aparece la larva. En este estadio no se le alimenta, ya que se trata de una larva vitelogénica, es decir cuenta con el recurso energético suficiente para el desarrollo larval. El ciclo de este primer estadio dura aproximadamente 7 días.

La temperatura es un factor muy importante, ya que acelera, o inhibe el ciclo larval. En la etapa larvaria se reconocen dos estadios: trocófora y veliger. En el estadio veliger avanzado, la larva busca un sustrato adecuado para el asentamiento. Esto regularmente sucede cuando el vitelo se ha agotado y si la larva no logra fijarse a un sustrato, muere por falta de alimento.

Se conocen varios sustratos que provocan el asentamiento de la larva, unos de ellos son: mucus de abulón, microalgas bentónicas y calcáreas, y también se ha utilizado una sustancia química GABA (Acido-4-amino-butinico). Al momento del asentamiento sucede la metamorfosis a un estadio juvenil temprano, en donde aparecen las características y la forma incipiente del abulón adulto.

Cuatro meses después es cuando se tiene la semilla o propiamente el juvenil (3-4 mm). Al quinto mes (5 mm) son transferidos a las tinas de pre-engorda, y de ahí a la etapa de engorda hasta que llegan a un tamaño de 10 mm. En estas etapas tempranas de desarrollo se les proporcionan como alimento microalgas bentónicas cultivadas en hojas de plástico o fibra de vidrio, las cuales se colocan en los tanques en donde se tiene a los abulones recién asentados. En el tamaño de juvenil (10 mm) se inicia la etapa de engorda. En México se utiliza exclusivamente alimento natural, macroalgas pardas. Regularmente se utiliza *Macrocystis pyrifera*, por ser abundante en las costas de Baja California.

4.1.1 Manejo de reproductores

Los reproductores de abulón obtenidos del medio silvestre se capturan en las temporadas en que los animales se encuentran maduros, una vez en el laboratorio se les alimenta a saciedad con macroalgas pardas. La inducción a la expulsión de gametos, regularmente se hace con variación térmica y algunas sustancias químicas, como el peróxido de hidrógeno.

4.1.2 Manejo genético

El riesgo de alterar el pool genético de poblaciones naturales no existe en el cultivo de abulón, ya que todo lo que se produce se orienta al mercado. En cambio los laboratorios de cultivo de abulón con apoyo a pesquerías (repoblación), requieren de una evaluación de la dinámica poblacional, flujo de genes y componentes genéticas de las poblaciones naturales.

Para lo anterior es conveniente identificar los componentes genéticos de las larvas juveniles que posteriormente se integran a poblaciones naturales, así como los componentes de las poblaciones naturales y la determinación de posibles subpoblaciones. Esto último en las zonas extremas de la distribución de las especies. Otro punto importante es dilucidar la potencial reproducción inter-específica que algunos investigadores han planteado como posible.

4.1.3 Reproducción

El proceso de reproducción depende de la obtención de reproductores silvestres, y en ocasiones de reproductores criados en laboratorio, que han mostrado alguna característica importante que se desea se repita en las progenies posteriores. Abulones criados en laboratorio con estas características se seleccionan para reproductores.

No se conoce una metodología clara y funcional para la inducción a la maduración, por lo que para obtener reproductores maduros es necesario a que el abulón madure naturalmente.

En esta región no se tiene resultados experimentales en este sentido que satisfagan las necesidades a las empresas cultivadoras de abulón.

4.2.1 Niveles de producción

La producción de cultivo de abulón en Baja California, es una actividad que a la fecha esta representada por 3 empresas, pero solo dos están operando, y la otra se encuentra iniciando sus operaciones. Todo parece indicar que esta actividad en México se encuentra en una etapa de despegue. La experiencia sobre el cultivo de abulón de otros países como Sudáfrica, Australia, Estados Unidos de Norteamérica y Japón, han sido satisfactorio en el sentido que se trata de una actividad en continuo avance dado la gran demanda del producto y a que los precios de compra aseguran el retorno de la inversión. La producción de abulón cultivado, estimada para los próximos cuatro años es de 40 toneladas/año.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Davis, G.E. y P. Haaker. 1995. A strategy for restoration of white abalone, *Haliotis sorenseni*. Triennial meeting of fish culture section of American Fisheries Society, World Aquaculture Society, National Shellfisheries Association. 14(1):263 p.
2. Faull, R. 1991. Abulone Farming. Fishing News Book. ISBN 0-85238 – 171-9.
3. Guzmán del Prío, S. A. 1997. Son las cuotas de captura la mejor opción para regular la pesquería del abulón. *Zoología Informa.* (36-37) 107-120.
4. Guzmán del Prío, S.A. Miller-Pagaza, R. Guadarrama-Granados, S, de la Campa, J. Carrillo-Laguna, A. Pereira-Corona, J. Belmar-pérez, M. Parra-Alcocer y a. Luque-Guerrero. 1991. La comunidad bentónica de los bancos de abulón (*Haliotis* spp) en Bahía tortugas, Baja, California, Sur. México. *An Esc Nac, Cienc. Biol. Méx*, 36,27-59.
5. Hone, P.W. 1997. Abulone hatchery manual for Australia. ISBN 1-876007-02-8,
6. Leighton, D.L., M.J. Byhower, J.C. Kelly, G.N. Hooker and D.E. Morse., 1981. Acceleration of development and growth in young green abalone (*Haliotis fulgens*) using warmed effluent seawater. *J World Maricult. Soc.* 12 (1): 170 – 180.
7. Cultivando Abulón en “raceways” en Eréndira, Baja California México”. 2000. *Panorama Acuícola.* Vol 5(5):10-12 .
8. SEPESCA. 1994. Secretaría de Pesca. Desarrollo Tecnológico y Científico del cultivo del abulón. Dirección General de Acuacultura. Convenio SEPESCA-CIBNOR. Pp 77.
9. Tanger, M., J y Butler, R.A. 1985. Drift-tube study of the dispersal potential of green abalone (*Haliotis fulgens*) larvae in the southern California bight: implications for recovery of depleted populations. *Marine Ecology progress Series* 26,73-84.
10. Vázquez, E. 2000. Comunicación Personal. Abulones Cultivados, S.R. L.
11. Werner, I., Flothmann, S. and Burnell, S. 1995. Behavior studies on the mobility of two species of abalone (*Haliotis tuberculata* y *H. Discus hannai*) on sand: implications for reseeding programmes. *Marine and Freshwater research.* 46(3), 681-8

XXIII. EL CULTIVO DE ESPECIES NATIVAS EN MÉXICO

Biól. Patricia Rojas Carrillo¹, Dr. Roberto Mendoza Alfaro²

¹ Investigadora de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del Instituto Nacional de la Pesca

² Investigador del Grupo Ecofisiología de la Universidad Autónoma de Nuevo León

1. INTRODUCCIÓN

México se encuentra entre los 12 países del mundo considerados como megadiversos. Esto se refleja en el hecho de que nuestro país cuenta con al menos 10% de la diversidad terrestre del planeta. Así, ocupa el primer lugar en el mundo en cuanto a riqueza de reptiles con 707 especies y el cuarto en anfibios con 290 especies. Es además sobresaliente por la cantidad de endemismos que presenta, principalmente en las aguas continentales. A este respecto la Conabio (1998). Señala que el Lago Chichankanab y la cuenca del río Lerma-Santiago presentan endemismos de peces del 85% y 66%, respectivamente. En lo que toca a peces marinos, de 1616 especies existentes en nuestros litorales, se estima en un 20% el endemismo en el Golfo de California y aproximadamente 15 % en el Caribe, Golfo de Tehuantepec y norte del Golfo de México. Por otra parte, de las 290 especies de anfibios registradas, el 60% son endémicas, mientras que en lo que concierne a los reptiles, el 52% de las 704 especies, son endémicas (Conabio, op. cit.). Esta gran diversidad es debida en parte a las condiciones biogeográficas del territorio nacional, ya que en él se presenta una zona de transición entre dos grandes regiones: la neotropical y la neártica, dando como resultado una rica mezcla de flora y fauna.

Dentro de este contexto, de acuerdo a la Carta Nacional Pesquera (D.O.F. 28/08/00) existen 484 especies de peces dulceacuícolas en nuestro país, de las cuales 434 especies son nativas. Sin embargo, la situación de las especies nativas, en algunos casos, ha llegado a ser crítica como consecuencia de diversos fenómenos de competencia y predación por parte de un gran número de especies exóticas introducidas en sus hábitats naturales, al grado que algunas de las especies nativas se sitúan actualmente en las categorías de riesgo, peligro, amenazadas e incluso extintas. Dentro de las 434 especies nativas reportadas, 56 están clasificadas en la categoría de amenazadas, 40 especies se consideran en

peligro de extinción, existen 18 especies raras, 25 especies ya están extintas y seis especies han sido extirpadas. La cuenca del Río Lerma es un ejemplo de lo anterior, ya que de acuerdo a Lyons et al, (1998) de 44 especies nativas de peces, tres se encuentran extintas y 23 especies han reducido sus rangos o abundancias. De la misma manera, en los Lagos de Chapala y Pátzcuaro, la captura de especies nativas ha declinado dramáticamente, en contraste con las especies exóticas, las cuales actualmente constituyen el grueso de la producción.

Un aspecto que vale la pena remarcar es que a pesar de la gran riqueza de especies con las que cuenta el país, el desarrollo acuacultural de México se ha basado en la importación de tecnologías diseñadas para especies exóticas, originando consiguientemente la introducción de numerosas especies, excepción hecha del cultivo de camarón, que como opción de inversión redituable ha sido la más exitosa, sin embargo es necesario mencionar que también ha causado, en no pocos casos, exterminio de las poblaciones de manglares, con la consecuente alteración en los ecosistemas lagunares.

En el caso particular de las especies dulceacuícolas introducidas, estas han realizado su expansión y desarrollo en aguas interiores tanto de manera extensiva, generando en algunos casos pesquerías como en artefactos de cultivo e instalaciones cerradas importantes (por ejemplo, la pesquería de tilapia en las presas de Temascal e Infiernillo). De estas, la trucha es la que mayor éxito ha alcanzado por la rentabilidad del cultivo, seguida del bagre. En los otros casos, aunque la tecnología de cultivo ha sido probada en otros países y en México mismo, no se han alcanzado tasas de rentabilidad tan atractivas como en los casos anteriores. Esto ha dado lugar a que la acuacultura en México esté fundamentada en cuatro especies introducidas, carpa, tilapia, bagre, trucha y solo una nativa: camarón. De lo anterior se deriva que la importación de tecnologías de cultivo crea dependencias por insumos que se requieren a lo largo del proceso de producción y que se tienen que importar. Tal es el caso de alimentos, medicamentos, equipos y materiales diversos.

Por otro lado, ahora es posible afirmar que las introducciones constituyen una amenaza real para los ecosistemas y en particular para la integridad de las comunidades naturales, con consecuencias ineludibles como la pérdida de diversidad. A este respecto, las alteraciones a la estructura de la comunidad, se presentan a través de competencia, predación, hibridización, daños en el hábitat, introducción de parásitos y enfermedades (Leach, 1994), aún y cuando las intenciones que propiciaron las introducciones hallan pretendido un mejoramiento como en el caso de introducciones para control de plagas, o bien para la protección de especies.

De acuerdo a Contreras (2000) los fines de las introducciones se han categorizado en:

- Acuaculturales
- Deportivas, en el caso de especies utilizadas como carnada, como presas o como forraje de especies mayores
- Comerciales, como alimento o para venta
- Ornamentales
- Para control de plagas
- Para protección de especies, con fines de prevenir extinciones en las áreas naturales
- Introducciones accidentales, frecuentemente como resultado de impactos de actividades antropogénicas
- Introducciones que no se reportan o que se desconocen.

Para 1984, las introducciones en nuestro país sumaban 55, y ya para 1997 se contaban 90, siendo muchas de ellas colonizadoras. Aunado a lo anterior, se ha observado que los cambios en el medio ambiente y los impactos por actividades humanas, generalmente favorecen las características invasivas de las especies introducidas (Contreras-Balderas, 2000). Así, se considera que la introducción de la langosta australiana de agua dulce *Cherax quadricarinatus* y *Cherax tenuimanus*, en los estados de BCS, Colima, Morelos y Tamaulipas, puede constituir un alto riesgo para las especies nativas, por lo que el control de su manejo indica que su aprovechamiento se realice en cuerpos de agua no catalogados de jurisdicción federal, además de otras disposiciones. (c.f. Carta Nacional Pesquera, 2000).

2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ESPECIES NATIVAS

La necesidad de desarrollar tecnologías de cultivo específicas para las especies nativas está motivada por la expectativa de diversificación de las opciones acuaculturales en nuestro país, de crear una industria acuacultural propia que responda a las preferencias regionales de mercados ya existentes y que se oriente hacia la sustentabilidad de los cultivos y de los recursos silvestres, ante el riesgo de la disminución de la diversidad por la introducción de especies exóticas, previniendo los efectos nocivos de esto y de los residuos generados por la actividad.

Por este motivo, el desarrollo de la acuacultura con especies nativas, requiere de encaminar los esfuerzos hacia una serie de acciones planeadas que comprendan tanto la conformación de un inventario de la riqueza en flora y fauna acuáticas de nuestro país, como la realización de investigaciones que estén orientadas a la selección de especies aptas para el cultivo. Finalmente, resulta imperativo plantear programas de investigación cuyo objetivo primordial sea el

desarrollo de la tecnología de cultivo de las especies seleccionadas, haciendo énfasis en la definición de la factibilidad técnica y económica del cultivo.

Las predicciones sobre el desarrollo de estas tecnologías son altamente positivas considerando los resultados obtenidos por varios investigadores en el país así como por el medio privilegiado en el que se desarrollan la mayor parte de las especies. En relación con esto se ha señalado que la alta diversidad de especies, la extensión de la línea costera y el régimen térmico de nuestras aguas, resulta propicio para la obtención de producciones incluso superiores a las obtenidas en países de mayor desarrollo tecnológico, si se superan las limitaciones de recursos materiales y humanos (Matus-Nivon et al., 1990)

Considerando estas premisas, el presente capítulo pretende presentar un panorama de los esfuerzos realizados por investigadores de diversas instituciones en el país, sobre el desarrollo de tecnología de cultivo de especies nativas.

3. EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE ESPECIES NATIVAS EN MÉXICO

El desarrollo acuícola de las diferentes especies nativas de México alcanza diversos grados de avance para un reducido número de especies, comparado con la riqueza biológica de México. La razón de esto es que tradicionalmente se ha dado mayor impulso a las especies exóticas que llegaron al país acompañadas de su paquete tecnológico. Sin embargo, se han hecho aportaciones importantes, ya sea porque se ha identificado su potencialidad dada la existencia de un mercado generado por el recurso silvestre o porque se ha temido por la desaparición de especies desplazadas por las introducidas.

Con el objeto de conocer y divulgar este desarrollo y atendiendo al interés manifestado en la reciente V Reunión de Redes Nacionales de Investigación en Acuicultura celebrada en Pachuca, Hidalgo y contando con el apoyo mismo de las Redes Nacionales de Investigación en Acuicultura -proyecto impulsado por la Dirección General de Investigación en Acuicultura (DGIA)-, se elaboró un listado preliminar de investigadores dedicados al estudio del cultivo de especies nativas.

Para este propósito, la DGIA en coordinación con el Dr. Roberto Mendoza del Laboratorio de Ecofisiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, diseñaron un cuestionario básico que incluye aspectos relacionados con la Obtención de crías, Manejo de reproductores, Cultivo de los diferentes estadíos (larvario, juveniles), Aspectos de Nutrición y Sanidad y aspectos generales sobre las relaciones interinstitucionales y factibilidad real del cultivo. El cuestionario se envió a investigadores de 30 instituciones de investigación.

La siguiente información se integró con las respuestas recibidas y con la obtenida por consulta bibliográfica realizada por esta Dirección General.

Enseguida del nombre de la especie se menciona el nombre del investigador que proporcionó la información y su institución de adscripción. La información está organizada por grupo: Peces, Moluscos, Crustáceos, Anfibios, Reptiles, Cultivos de Apoyo, Cultivos de Macrofitas y Especies Potenciales.

3.1. AVANCES EN EL CULTIVO DE PECES NATIVOS

3.1.1. PECES DULCEACUÍCOLAS

Acúmara (Algansea lacustris)

M. en C. Araceli Orbe M.
Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro.
Instituto Nacional de la Pesca.
<aorbe@inp.semarnap.gob.mx>

Distribución

Especie de distribución endémica en el Lago de Pátzcuaro.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo.

La obtención de crías se realiza tanto a partir de huevos colectados en el medio natural, como de la reproducción en cautiverio de reproductores capturados por estación.

La falta de personal y presupuesto ha dificultado el establecimiento de lotes de reproductores.

El control de la reproducción es ambiental con control de factores y la fecundación se realiza de manera artificial sin problemas.

La incubación de los huevos se realiza en dispositivos exprofeso. El cultivo larvario se efectúa en estanques bajo un régimen de alimentación natural complementado con alimento artificial comercial, en un sistema de cultivo intensivo. Se han registrado problemas relacionados con la alimentación natural.

Las crías producidas son liberadas en el medio natural para su repoblación y también son mantenidas en estanques, acuarios y tinas en sistema de cultivo intensivo. Estas son alimentadas con dietas artificiales comerciales y alimento natural producido en los estanques. En el cultivo de juveniles el manejo debe ser cuidadoso.

Nutrición

Se desconocen los requerimientos nutricionales para todos los estadios de desarrollo de la especie.

Sanidad

Se han encontrado 10 especies de parásitos helmintos: *Octomacrum mexicanum*, el tremátodo *Postodiplostomum minimum*, dos céstodos *Botrioccephalus acheilognathi* y uno del orden Caryophyllidae. Un acantocefalo *Arhythmorhynchus brevis*; cuatro nemátodos: larvas de *Spiroxis* sp., representantes de la familia *Philometridae*, *Capillaria patzcuarensis* y *Spinitectus carolini*; y un representante de los hirudíneos *Myzobdella patzcuarensis*. Igualmente, se han encontrado *Laernea* sp.

Estos problemas de sanidad no se han resuelto para los helmintos. Para el caso de las laerneasis se aplican baños de sal y azul de metileno.

Logros

Se ha logrado el cultivo controlado y crecimiento en jaulas.

Financiamiento

No ha contado con financiamiento. La investigación ha tenido una duración de tres años.

Perspectivas del cultivo

Se considera que hay posibilidades de cultivar la especie a nivel comercial, sin embargo los productores prefieren a las carpas introducidas. Por otro lado, aún hace falta avanzar en el conocimiento de esta especie.

Bagre del Balsas (*Ictalurus balsanus*)

Biól. Omar Domínguez Domínguez.
Universidad Michoacana de San Nicolás de H.
<omardd@cmail.starmedia.com>

Distribución

Es una especie endémica de la cuenca del Río Balsas, con distribución regional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo
No se ha logrado la obtención de crías en condiciones de cautiverio. Se obtienen los reproductores del medio natural (20 por estación). Una de las dificultades encontradas para el establecimiento de lotes de reproduc-

tores es la aceptación de alimento balanceado. Se ha mantenido un lote de 70 reproductores en cautiverio y se ha trabajado en su crecimiento y domesticación. Se reporta mantenimiento de los reproductores durante dos años con un crecimiento desde los 10 cm hasta talla de reproductor (500 g).

Nutrición

No se conocen los requerimientos nutricionales para ninguna etapa. El problema que enfrentan es que los reproductores no aceptan el alimento balanceado, aún así, les suministran alimento comercial.

Sanidad

Presentan parásitos del tipo Botriocephalus y Nemátodos, los cuales se han tratado con sal y medicamentos antihelmínticos.

Logros

Los logros más significativos son: adaptación de los reproductores a condiciones de cautiverio y la sobrevivencia de los mismos, aún con la dificultad para aceptar alimentos balanceados.

Financiamiento

Para la realización de estas experiencias no cuenta ni ha contado con financiamiento.

Perspectivas del cultivo

Se consideran aún lejanas las posibilidades de alcanzar el nivel comercial dado que es una especie poco estudiada, de crecimiento lento con relación al que se alcanza con el *I. punctatus*. Hay un desconocimiento casi total del ciclo reproductivo y del desarrollo de las crías.

Otras Instituciones que trabajan con la especie: Universidad Autónoma De Morelos.

Ver Díaz-Rojas, A. Y E. Díaz-Pardo, 1991. Biología reproductiva del bagre del Balsas *Istlarius balsanus* (PISCES:ICTALURIDAE), del río Amacuzac, Morelos. An. Esc. Nac. Cienc. Biol., Mex. 34: 173-189.

Charal de Chapala (*Chirostoma chapalae*, *Ch. Consocium*)

Dr. Manuel Guzmán Arroyo
Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara.
<guzchap@prodigy.net.mx>

Distribución

Ch. chapalae especie endémica y Ch. consocium especie nativa que ha sido introducida en zonas fuera de su ámbito de distribución natural (Carta Nacional Pesquera, 2000)

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo.

Las crías se obtienen del medio natural de una talla de 1 cm. La reproducción es de acuerdo al ciclo natural y la fecundación es natural y artificial.

La incubación de los huevos es natural en el medio silvestre y artificial en dispositivos especiales. Se suministra alimento natural y artificial a larvas cultivadas en acuarios, tanques y estanques.

El cultivo de juveniles se realiza en tanques y estanques suministrando alimento del medio natural y alimento artificial preparado.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles, adultos y reproductores.

Perspectivas del cultivo

Dado que son especies muy apreciadas de las aguas dulces mexicanas, es necesario el desarrollo de su tecnología de cultivo.

Pescado Blanco (*Chirostoma sphyraena*, *Ch. promelas*, *Ch. Lucius*)

Dr. Manuel Guzmán Arroyo
Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara.
<guzchap@prodigy.net.mx>

Distribución

Regional y nacional.

Chirostoma sphyraena especie nativa del Lago de Chapala, introducida en Chihuahua y Durango. *Ch. promelas* especie nativa del lago de Chapala y río Grande Santiago. *Ch. lucius* nativa del lago de Chapala y río Grande de Santiago, introducida en el lago de Pátzcuaro.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo.

Las crías se obtienen del medio natural a una talla de 5 cm, así como de la colecta de reproductores silvestres de 15 cm, por estación. La reproducción se lleva a cabo de acuerdo al ciclo natural y la fecundación es natural y artificial con modificación del hábitat.

La incubación de los huevos se realiza en dispositivos especiales. Las larvas se cultivan en acuarios y estanques con alimento natural producido en estanques y artificial preparado.

El cultivo de juveniles se realiza en jaulas, tanques y estanques, suministrando alimento obtenido del medio natural y alimento artificial preparado.

Una de las dificultades en la obtención de crías es que se está sujeto a las temporadas naturales de reproducción y se obtienen en bajas cantidades.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles, adultos y reproductores.

Financiamiento

No ha recibido financiamiento. Se tienen experiencias desde los años '40.

Perspectivas del cultivo

La falta de continuidad en la investigación sobre la reproducción, es uno de los factores limitantes para su cultivo comercial. Tiene dificultades pero son superables con un proyecto de investigación adecuado.

Pescado Blanco (*Chirostoma promelas*)

Felipe Villicaña

Centro Acuícola "Tizapán El Alto", Jal. SEMARNAP, Delegación Jalisco.

<semajal@prodigy.net.mx>

Distribución

Especie endémica del Lago de Chapala.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Los reproductores se obtienen por captura en el medio natural. Se realiza desove manual y fertilización artificial. Se sigue dependiendo de la captura silvestre de reproductores.

La incubación se realiza en estanques de crianza de 0.25 ha. La alimentación de las larvas se efectúa con alimento natural cultivado en el mismo estanque de crianza, aportando vacaza a razón de una tonelada / ha y dipterex a una p.p.m. y de colectas de zooplancton efectuadas en la estanquería del centro. La incubación efectuada a 23 °C tarda 164 horas. En 75 días, es posible producir 10,000 crías de 3 y 6 cm de longitud total. En la etapa larvaria se tiene una sobrevivencia del 10 %. Se proporciona

además para alevines y juveniles, alimento artificial comercial para trucha, ya que no existe uno específico en el mercado.

Las crías producidas son liberadas en el medio natural para repoblación y también son transferidas a sistemas de cultivo para su engorda. El crecimiento obtenido a partir de los juveniles en estanquería, logra 15.5 cm de longitud total con un peso de 26.3 g. La sobrevivencia aumenta después de alcanzados los 5 cm, talla después de la cual son más resistentes al manejo. Uno de los problemas encontrados durante el cultivo de juveniles, en el esquema de cultivo descrito, es la variabilidad de edades y tallas.

Nutrición

No existen alimentos comerciales para el pescado blanco.

Financiamiento

Proyecto con financiamiento institucional de SEMARNAP.

Pescado Blanco (*Chirostoma estor estor*)

Biól. Patricia M. Rojas C.

Dirección General de Investigación en Acuacultura. Instituto Nacional de la Pesca. <projas@inp.semarnap.gob.mx>

Biól. L. Georgina Mares B.

Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro. Instituto Nacional de la Pesca. <cripatz@yleri.crefal.educ.mx>

Distribución

Es una especie endémica del Lago de Pátzcuaro.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

La obtención de crías se realiza a partir de dos fuentes: en laboratorio a partir de reproductores en cautiverio, se cuenta con un lote de reproductores continuo. La otra fuente de obtención de crías es a partir de la captura de reproductores en el medio natural. El principal problema para el establecimiento del lote de reproductores es la escasez de organismos en el medio silvestre; en los reproductores en cautiverio el principal problema es la alimentación. El establecimiento de lotes de reproductores a partir de organismos adultos obtenidos del medio natural presenta altas tasas de mortalidad.

El control de la reproducción sigue dos posibles vías de acuerdo al origen de los reproductores. En laboratorio la reproducción se presenta de acuerdo al ciclo natural, controlando factores. La fecundación es natural. Realizando captura de reproductores en época reproductiva, se realiza desove manual y fecundación artificial. Se han realizado experiencias de transporte de reproductores e introducción en estanquería rústica, en la que la reproducción se presenta de acuerdo al ciclo natural, con fecundación natural.

La incubación de los huevos se realiza en dispositivos de incubación, controlando factores. El cultivo larvario se encuentra en nivel experimental, se suministra alimento natural obtenido de cultivos en el laboratorio y alimento artificial elaborado para la especie. El sistema de cultivo es extensivo. El principal problema en esta etapa es el nutricional.

El cultivo de juveniles se encuentra en nivel experimental. Las crías obtenidas se introducen en estanques de concreto en donde son alimentadas con alimento natural producido en el estanque y artificial, siendo el nutricional el principal problema. El cultivo se realiza en estanquería rústica, con alimentación natural producida en el estanque por fertilización orgánica con ensilado de estiércol de vaca y alimentación artificial comercial, uno de los problemas importantes para la producción de larvas y crías fue el manejo y la presencia de adultos en el mismo estanque, generando mortalidad por canibalismo.

Nutrición

Se desconocen los requerimientos nutricionales de larvas y juveniles. La especie acepta alimento artificial. El principal problema es obtener un alimento artificial adecuado para cada etapa de desarrollo de la especie.

Sanidad

Se presentan parásitos tremátodos y céstodos en los organismos silvestres, no así en los organismos bajo cultivo. Se ha presentado la enfermedad de "la burbuja" en reproductores en estanquería rústica y ataques de hongos en todas las etapas de desarrollo debidos a heridas. Los huevos en incubación presentan invasiones del hongo *Saprolegnia* sp. Las infecciones por hongos se ha tratado con formaldehído, azul de metileno y verde de malaquita. Durante la incubación, conviene como medida preventiva, que los huevos estén bien aereados.

Como problema general del cultivo de esta especie se puede mencionar de manera importante que el manejo provoca altas mortalidades en todas las etapas.

Otro asunto importante es la dificultad para la identificación de la especie en el campo en organismos menores de 20 cm de longitud total así como la falta de certidumbre en su identificación taxonómica.

Logros

Se conocen sus hábitos alimenticios, el ciclo de madurez gonádica. El crecimiento en condiciones naturales. Se ha obtenido un 80 % de sobrevivencia en incubación, 40 % de sobrevivencia en etapa larvaria. Se ha obtenido un lote de reproductores y se ha mantenido desde su nacimiento, en cautiverio. Se realiza desove manual y fecundación artificial. Se obtiene reproducción natural en cautiverio, tanto en laboratorio como en estanquería rústica. Se conoce el desarrollo larvario de la especie, el crecimiento larvario y la sobrevivencia larvaria con tres fuentes protéicas.

Financiamiento

Se ha contado con financiamiento del Gobierno del Estado de Michoacán (1990-1991), de CONACyT (1996-1997) y de la propia institución (Instituto Nacional de la Pesca).

Perspectivas del cultivo

El cultivo de esta especie es factible si se dedica un grupo especializado a su investigación y se cuenta con recursos. Quizá en un principio, el pescado blanco deba ser cultivado con un soporte financiero de otro cultivo que sea redituable, ya probado, que lo sustente hasta la obtención de la primera cosecha, ya que es una especie de crecimiento lento, pero de alto precio en el mercado, con una demanda insatisfecha.

Pejelagarto (*Atractosteus tropicus*)

M. en C. Gabriel Márquez Couturier
División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <GMARQUEZ@cicea.ujat.mx>

Biól. Armando Morales Díaz
Asesor en Acuacultura. Tels.: (D.F.) (5) 5-88-37-38; (Cuernavaca, Mor.) (73) 22-35-60.

Distribución

Especie de distribución internacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de reproductores en cautiverio. Los problemas que se han tenido para el establecimiento de lotes de reproductores han sido en primer término, que la diferenciación sexual de ejemplares silvestres

es notable sólo en la época reproductiva. La hembra es notoriamente más grande que el macho. En ejemplares de primera madurez sexual es difícil diferenciar el sexo. En ejemplares domesticados con más de un año de cautiverio, la confusión puede ser aún mayor porque los machos tienden a ser más grandes que las hembras y una determinación errada del sexo puede ser la diferencia en la fertilización de huevos y en la garantía de variabilidad genética.

La reproducción es ambiental, de acuerdo al ciclo natural y también mediante inducción hormonal de la ovulación durante el periodo de reproducción natural. La fecundación es natural. Entre las dificultades en el control de la reproducción, se tiene que para el desove artificial, la canulación para la extracción de ovocitos no ha sido posible sin causar daños a los conductos. Los machos presentan los testículos en forma arriñonada y ubicados en distinta posición en la cavidad del cuerpo, lo cual dificulta la manipulación para la fecundación artificial.

Los huevos son incubados en estanques o en dispositivos de incubación. Las larvas se alimentan con alimento natural y artificial. El alimento natural es producido en los estanques o en cultivos; el alimento artificial es comercial. Se efectúa en sistema de cultivo intensivo.

Los principales problemas en el cultivo larvario se refieren a la disponibilidad y adquisición de quistes de *Artemia* para la alimentación de las larvas. El canibalismo y la agresión son consecuencia de la insuficiencia en el suministro de alimentos vivos. La nula disponibilidad de alimentos artificiales con alto valor nutricional para esta etapa de vida de los pejelagartos.

Las crías producidas son liberadas al medio natural para su repoblación, así como transferidas a sistemas de cultivo hasta la talla comercial. Se utiliza para su alimentación, alimento natural producido en estanques y alimento artificial comercial. El sistema de cultivo es extensivo en estanques, jaulas, en jagüeyes y bordos.

Los principales problemas que se presentan en el cultivo de los juveniles es la baja disponibilidad de alevines producto de acuicultura, la falta de capacitación de los productores, la falta de promoción y fomento del cultivo de especies nativas. La baja disponibilidad de alimentos artificiales comerciales y sus costos. La industria de alimentos para acuicultura, en el sur de México, no existe y los costos por transporte son pagados por los acuacultores.

Nutrición

No se conocen los requerimientos nutricionales de larvas, juveniles y reproductores, pero se conocen los esquemas de alimentación de los tres estadíos.

A pesar de que los pejelagartos adultos y juveniles domesticados consumen cualquier tipo de alimento, (vivo, fresco entero, fresco picado, pescado descongelado, vísceras y restos de peces y aves, dietas artificiales comerciales para tilapia, bagre, trucha, carpa), para larvas se requiere de alimentos artificiales de distintos tamaños de partícula, flotantes de preferencia y con alto valor nutricional debido a que es una especie carnívora. Por otro lado, se requiere experimentar sobre el uso de atractantes para mejorar la aceptación de las dietas secas.

Sanidad

Se han encontrado cuatro tipos de parásitos: un ectoparásito *Argulus mehani* y tres endoparásitos pertenecientes al grupo de los copépodos, céstodos y nemátodos. Para el caso de los *Argulus*, se procede a la desparasitación manual y los ejemplares son mantenidos en aguas claras permanentemente para romper el ciclo biológico del parásito. Otro procedimiento que se emplea es la disminución de densidades.

Por otro lado, se han observado anomalías en las larvas, como lordosis, cabeza virada a izquierda o derecha, aletas no desarrolladas, mandíbula no desarrollada, ausencia de alguno de los ojos, carencia o mal desarrollo del opérculo. El porcentaje de anomalías no alcanza el tres por ciento del total del desove. Se piensa que las anomalías pueden deberse a patologías nutricionales aunque se desconoce si se presentan también en el medio natural.

Logros

Se ha obtenido la domesticación de ejemplares silvestres y la cría selectiva para la integración de lotes de progenitores 100 % desarrollados en laboratorio. Aunque el pejelagarto es un desovador anual, se ha logrado con éxito la reproducción natural por simulación del hábitat y la inducción al desove mediante el uso de hormonas. La disponibilidad de huevos fecundados ha permitido elaborar un esquema de alimentación con variantes según la disponibilidad de alimentos para la larvicultura intensiva. En todas las etapas se ha logrado la aceptación de dietas artificiales y se ha evaluado la densidad de carga para la engorda en jaulas flotantes.

Financiamiento

Se ha contado con financiamiento de CONACyT 1988 y 1989, SEP 1988 y 1989, UJAT 1990-1992, Santo Thomas, A.C. 1995, Fundación Produce,

A. C. 1996, CIMADES (Com. Interinst. para el Mejoramiento Ambiental y el Desarrollo Social), 1998-2000, SEDESPA (Sría. De Desarrollo y Protección Ambiental, Gobierno de Tabasco), 1999 y PNUD (Fondo Mundial para el Medio Ambiente) 2000-2001.

El proyecto Pejelagarto se inició en 1987 y se puede resumir que se tiene una experiencia de 10 años.

Perspectivas del cultivo

En términos económicos es un pez de alto valor por lopreciado de su carne y para fines de ornato, ya que un ejemplar de 25-30 cm alcanza un precio de \$162.00 y de \$ 265.00 para ejemplares de 35-40 cm. Existe interés por parte de Japón en importar crías y juveniles a precios similares. Requiere de investigación tecnológica para el procesado y obtención de diferentes presentaciones para el consumo de su carne. Su piel es aprovechable pero faltan pruebas de curtiduría para incorporarlo a la industria del calzado o del vestido.

En el aspecto de acuicultura, aunque una parte del cultivo está avanzada, se requiere conocer los requerimientos nutricionales en sus distintas etapas de vida, para formular y elaborar un alimento artificial que reduzca los costos y presente mejores beneficios en la engorda.

Por otra parte, no se cuenta con infraestructura a escala piloto o comercial en la producción de crías. Existe una falta de credibilidad hacia las especies nativas en las instituciones del sector, que influyen en la decisión de incorporarlas en los planes de producción anual y en los programas operativos anuales. Los recursos económicos para la investigación científica son limitados o están dirigidos a las especies exóticas.

Aún y cuando existen pocos investigadores realizando trabajos sobre catán y pejelagarto, en México se cuenta con especialistas de amplio prestigio, los cuales sería deseable incorporar en un programa nacional sobre lepisosteidos de México de interés comercial.

3.1.2. PECES MARINOS

Curricata, Cabrilla arenera, Cabrilla sargacera (*Paralabrax maculatofasciatus*)

M. en C. Araceli Avilés Quevedo
Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz, B.C.S.
<lglopezl@inp.semarnap.gob.mx>

Distribución

Especie de distribución internacional

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de Cultivo

La obtención de crías se realiza tanto del medio natural como a través de reproductores en cautiverio, de lotes de reproductores continuo y de reproductores capturados por estación. Para el establecimiento de lotes de reproductores no es posible encontrar reproductores maduros de agosto a octubre.

El control de la reproducción se efectúa de acuerdo al ciclo natural; con control de factores como temperatura, fotoperiodo, etc; mediante inducción hormonal de la maduración en periodos diferentes al natural y con fecundación natural y artificial.

La incubación de huevos se realiza tanto en estanques como en dispositivos de incubación. En la alimentación de las larvas se utiliza alimento natural y artificial. El alimento natural cultivado y el alimento artificial tanto del tipo comercial como elaborado. El sistema de cultivo larvario es intensivo, siendo el principal problema el control de calidad del agua.

Las crías obtenidas son transferidas a sistemas de cultivo hasta la talla comercial. Se suministra alimento natural y artificial. El alimento artificial de tipo comercial y también elaborado. El sistema de cultivo es intensivo en jaulas. Se identifican problemas técnicos para la selección por tallas, en el primer mes.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles y reproductores. El principal problema es que en México no existen compañías fabricantes de alimentos para peces marinos.

Sanidad

Se han encontrado parásitos y enfermedades en la especie los que se han solucionado eliminando a los peces enfermos.

En general la especie presenta altas mortalidades durante el verano. La talla comercial se alcanza aproximadamente en un año.

Logros

Se ha logrado cerrar el ciclo de cultivo con la producción de crías en laboratorio. Las crías cultivadas se seleccionan para utilizarse como reproductores.

Perspectivas del cultivo

Dado que los aspectos tecnológicos están avanzados -los resultados son producto de 10 años de investigación- se requiere de estudios de mercado.

Cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*)

Grupo de cultivo de peces marinos
CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S.

Distribución

Especie de distribución internacional

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de la reproducción en cautiverio y de lotes de reproductores continuo. Como problemas para el establecimiento de lotes de reproductores se menciona que hasta la fecha se sigue dependiendo de la captura de los reproductores silvestres, por lo que lo más deseable es que se haga una selección de reproductores de los organismos obtenidos en laboratorio.

La reproducción es de acuerdo a las condiciones ambientales controlando factores. La fecundación es natural. Una dificultad identificada en el control de la reproducción es que no se ha logrado acoplar el ciclo reproductivo de la especie al ciclo de producción de alimento vivo, por lo que se requiere experimentar con inducción al desove por medio de hormonas.

La incubación se efectúa en dispositivos de incubación. Las larvas son alimentadas con alimento natural y artificial. El alimento natural es cultivado y el artificial es elaborado. El sistema de cultivo es intensivo. El principal problema en el cultivo larvario de esta especie es la sobrevivencia, ya que se ha alcanzado un 11.5 % a los dos meses de edad. Sería recomendable llegar a un 25 % de sobrevivencia, lo que se puede lograr con el uso de sistemas de circulación cerrada, donde se tenga un mejor control de las condiciones fisicoquímicas y se apliquen prácticas profilácticas durante esta etapa de producción.

Las crías obtenidas son transferidas a sistemas de cultivo hasta la talla comercial, las cuales son alimentadas sólo con alimento artificial elaborado. El sistema de cultivo de juveniles es intensivo en jaulas, aunque en preengorda el cultivo se realiza en sistemas cerrados. A pesar de que los resultados durante esta etapa son muy satisfactorios (con la densidad de siembra adecuada y en sistema de circulación cerrada, a partir de juveni-

les de 9.1 g promedio, en un tiempo de 93 días, se obtienen 45.8 g de peso promedio, utilizando una dieta semihúmeda con un porcentaje del 45 % de proteína (Alvarez-González et al., 2000). A partir de esta talla se llevan a jaulas flotantes en exteriores para su engorda a talla comercial de 250-300 g) uno de los problemas detectados en esta etapa de producción es la maduración precoz (17 cm LP), por lo que se puede esperar un crecimiento mayor con individuos esterilizados por medio de la triploidia.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de los juveniles. Aún faltan estudios para conocer los requerimientos de micronutrientes y minerales, ya que la parte de proteína ha sido abordada con dietas prácticas (Alvarez-González et al., 2000) y con dietas semipurificadas (Anguas.Vélez et al., 2000).

Sanidad

Se ha encontrado el parásito *Cryptocaryon irritans* el cual es muy difícil de controlar. Se ha intentado con varios productos entre los que la hidroclo-roquinacrina (Marca Aralen) ha sido el más exitoso. Entre las enfermedades encontradas está la exoftalmia y la septicemia hemorrágica.

Logros

Se cuenta con la tecnología para la producción de semilla y para la engorda en jaulas de cultivo hasta la talla comercial. Existen otros investigadores trabajando con la especie; la interacción con el grupo de nutrición del CIBNOR ha tenido excelentes resultados.

Financiamiento

Se ha contado con financiamiento de CONACyT 1702P-B enero '96 / diciembre '97; CONACyT 31666-B enero 2000 / diciembre 2002; Proyectos institucionales, DEPI 931390, CGPI 980054. Se ha trabajado con la especie desde 1994.

Perspectivas del cultivo

Existen buenas posibilidades; se debe escalar la producción a un nivel piloto comercial y hacer los estudios de factibilidad económica que permitan interesar a los inversionistas. Es necesario continuar trabajando con la producción de triploides que permitan bajar los costos de producción al obtener la talla comercial en menor tiempo.

Huachinango (*Lutjanus peru*)

Grupo de cultivo de peces marinos
CICIMAR-IPN. La Paz, B. C. S.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de la reproducción en cautiverio y de lotes de reproductores continuo. El establecimiento del lote de reproductores ha sido problemático porque el lugar de pesca para la captura de reproductores está muy retirado del centro de trabajo y no se cuenta con las embarcaciones adecuadas.

La reproducción es de acuerdo a las condiciones ambientales controlando factores. Se realiza inducción hormonal de la ovulación durante el período de reproducción natural y la fecundación es artificial. Las dificultades que se han tenido están en relación a que el huachinango es una especie de profundidad. Durante dos años no se observaron gametos maduros bajo las condiciones de temperatura que prevalecen en la Unidad d Piloto de Maricultivo. Por lo anterior, se compraron equipos especializados para enfriar el agua, con lo que se lograron condiciones de temperatura más adecuadas además de simular cambios estacionales.

La incubación de los huevos se realiza en dispositivos de incubación. Las larvas son alimentadas con alimento natural y artificial; el alimento natural cultivado y el artificial elaborado. El sistema de cultivo larvario es intensivo. Dentro de los problemas del cultivo larvario se requiere un alimento vivo más pequeño que el que se utiliza comúnmente en el cultivo de peces marinos ya que la boca de la larva de esta especie es muy chica y al no poder alimentarse porque la partícula del alimento no fue lo suficientemente chica, después de siete días, las larvas murieron por inanición. Para resolver este problema se está desarrollando el cultivo de una presa más chica: (Copépoda: harpacticoide). Otra alternativa será utilizar larvas trocóforas de moluscos.

En relación al cultivo de juveniles, aún no se ha logrado su producción en laboratorio. Se tiene la experiencia de llevar organismos de 600 g hasta los 3-4 Kg en tres años. Se ha trabajado en sistema intensivo, en jaulas y en sistema cerrado.

Nutrición

No se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles ni reproductores. Los problemas que se han presentado en la alimentación de esta especie es la baja aceptación de juveniles y reproductores a una dieta preparada en laboratorio así como a una dieta comercial de trucha, por lo que aún se depende de la captura de peces para alimentar a los reproductores.

Sanidad

Se ha encontrado el parásito *Neobenedenia* spp, el cual es tratado con baños de agua dulce. Entre las enfermedades se presenta la exoftalmia, la cual es tratada con inyección de antibióticos. También se ha utilizado el factor de transferencia, compuesto obtenido por el grupo del Dr. Estrada del Departamento de Inmunología de la ENCB-IPN, quien lo recomendó como de uso terapéutico para infecciones.

Logros

El logro más significativo en el cultivo de esta especie ha sido la inducción a la maduración gonádica en cautiverio y la obtención de un desove. Por lo general, se reportan desoves de peces maduros capturados en el medio ambiente, sin embargo, en un ámbito de producción, se necesita contar con un aporte seguro de semilla lo que no se puede lograr con los reproductores silvestres.

Financiamiento

Se ha contado con apoyos institucionales a través de los proyectos CEGEPI-980054 y DEPI-931390. La investigación sobre esta especie se ha desarrollado a partir de 1996 hasta la fecha.

Perspectivas del cultivo

Existen grandes posibilidades de que esta especie sea aprovechada comercialmente ya que tiene un muy buen mercado nacional e internacional. Siendo la meta cerrar el ciclo de vida teniendo controlada la reproducción en cautiverio y obteniendo larvas para la siembra o juveniles para la venta a los productores, la limitante para su incorporación al escenario productivo, es que no se tiene desarrollado aún el cultivo larvario.

Es importante hacer notar que actualmente en México, no existen otros investigadores trabajando en acuacultura con esta especie.

Pámpano (*Trachinotus carolinus*)

Palometa (*Trachinotus falcatus*)

Biól. Miguel Medina García.
Pesca Sustentable S. De R. L. M. I.
<mimedina@etzna.uacam.mx>

Distribución

Especie de distribución internacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

La fuente de obtención de crías es el medio natural. Se capturan de tallas de 4 a 10 cm. El lote de reproductores se obtuvo del crecimiento de crías de 4 cm.

Se ha practicado la inducción hormonal de la ovulación durante el período de reproducción natural.

Las crías obtenidas del medio natural son transferidas a sistemas de cultivo hasta la talla comercial. Se alimentan con alimento natural y artificial. El sistema de cultivo es intensivo en jaulas.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de juveniles y reproductores.

Financiamiento

El proyecto ha contado con financiamiento de parte del Gobierno del Estado de Campeche, de PAIDEC-CONACyT y de iniciativa privada. La investigación tiene dos años desarrollándose.

Perspectivas del cultivo

El cultivo de pámpano no tiene problemas comerciales, el factor limitante es la disponibilidad de crías.

La palometa tiene problemas comerciales, ya que poca gente consume la especie regularmente, sin embargo, como resultado de la campaña comercial realizada, el consumidor gustacada vez más de la especie, inclusive pagando precios altos.

Boquinete (*Lachnolaimus maximus*)

Biól. Miguel Medina García
Pesca Sustentable. S. De R. L. M. I.
<mimedina@etzna.uacam.mx>

Distribución

Especie de distribución internacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de reproductores capturados por estación. Se debe tener un cuidado estricto en el manejo de los reproductores ya que se pueden dañar muy fácilmente.

El control de la reproducción se efectúa mediante inducción hormonal de la ovulación durante el período de reproducción natural.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de juveniles y adultos.

Logros

Se ha logrado mantener juveniles y adultos y desarrollarlos hasta talla de reproducción. Se ha logrado la producción de huevos y larvas.

Financiamiento

Se ha tenido financiamiento de Gobierno del Estado de Campeche, de PAIDEC-CONACyT y de iniciativa privada. La investigación lleva dos años.

Perspectivas del cultivo

No tiene problemas comerciales, el factor limitante es la disponibilidad de crías.

Botete (*Sphoeroides annulatus*)

Dra. Ma. Cristina Chávez Sánchez
Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental del CIAD, A.C.
<criscar4@prodigy.net.mx>

Distribución

Especie de distribución internacional, de San Diego, E.U. a Perú.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de reproducción en cautiverio, con reproductores capturados por estación (hembras con peso de 400 g y machos de 800 g).

La primera vez que se obtuvieron huevos, larvas y crías fue mediante fecundación artificial. En esta etapa hay que cuidar mucho el que los reproductores no transmitan parásitos o enfermedades a través de su manipulación durante la fecundación. La incubación de los huevos se realiza en dispositivos para este propósito, suministrando a las larvas alimento natural cultivado y artificial elaborado. El cultivo larvario es intensivo. Un aspecto básico en la etapa larvaria es el tamaño del alimento, ya que de no ser adecuado al tamaño de la boca surge invariablemente la muerte por inanición de las larvas.

Los juveniles producidos son transferidos a sistemas de cultivo hasta la talla comercial. Se les suministra sólo alimento artificial allí elaborado.

Nutrición

No se conocen los requerimientos nutricionales de larvas, juveniles y reproductores. Se identifica como problema en la alimentación, el no contar con un alimento apropiado para las crías, se requiere de alimento natural y artificial solamente al principio, posteriormente aceptan sin problema el alimento artificial.

Sanidad

Se presentan problemas con los reproductores que portan muchos parásitos (protozoarios y crustáceos), los cuales si no son tratados y sometidos a cuarentena, mueren debido a la multiplicación considerablemente de los parásitos. El problema se resuelve con baños de agua dulce para eliminar los parásitos externos y con diferentes tratamientos dependiendo del tipo de parásito, antes de pasarlos a los estanques de mantenimiento.

Logros

Se ha logrado reproducir la especie en cautiverio, crecimiento hasta talla de juvenil. Aceptación de alimento artificial en ciertas etapas. En términos de sanidad se ha logrado eliminar gran cantidad de parásitos que presentan en el medio ambiente natural.

Coordinación interinstitucional

Se plantea el trabajo conjunto con un investigador del CIBNOR interesado en la tetradontoxina (veneno en vísceras y músculo del pez) para determinar que sucede con el veneno que se localiza en el músculo, que es el que representa riesgo para el consumidor.

Financiamiento

El proyecto ha tenido financiamiento de CONACyT. Los trabajos se iniciaron en 1997.

Perspectivas del cultivo

No se identifica ningún impedimento para que el cultivo de la especie se lleve a nivel comercial. Sin embargo, se requieren más estudios para determinar algunos aspectos como la tasa de crecimiento bajo diferentes condiciones ambientales y de cultivo. Se requiere optimizar el crecimiento a través del estudio de sus requerimientos nutricionales.

Rubia (*Lutjanus synagris*)

Biól Miguel Medina García
Pesca Sustentable, S. De R. L. M. I.
<mimedina@etzna.uacam.mx>

Distribución

Especie de distribución internacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen a partir de un lote de reproductores continuo, así como de un lote de reproductores capturados por estación.

Para el control de la reproducción se induce hormonalmente la ovulación durante el período de reproducción natural. El principal problema es la obtención de reproductores en buen estado.

La incubación se realiza en dispositivos para este propósito. Se ha experimentado con juveniles silvestres en sistemas de cultivo intensivo en jaulas.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles y reproductores.

Logros

Se ha logrado la madurez sexual y la producción de las primeras crías.

Financiamiento

Se ha tenido financiamiento de Gobierno del Estado de Campeche, de PAIDEC-CONACyT y de iniciativa privada. La investigación lleva dos años.

Perspectivas del cultivo

No tiene problemas comerciales, el factor limitante es la disponibilidad de crías.

Lenguado, California Halibut (*Paralichthys californicus*)

Dr. Luis Fernando Bückle R., Dr. Benjamín Barón.
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) <fbuckle@cicese.mx>

Distribución

Especie de distribución regional e internacional.

Logros

Actualmente se está iniciando la investigación para el cultivo de esta especie con dos tesis de Licenciatura.

Recientemente el CICESE importó un lote de juveniles donados por el Hubbs Seaworld Research Institute (con el permiso de SEMARNAP).

Financiamiento

Cuenta con financiamiento de la institución.

Perspectivas del cultivo

Los rendimientos pesqueros han declinado significativamente y el déficit que deja la pesca de altamar, puede significar el éxito del cultivo de esta especie. En Estados Unidos se está realizando un importante esfuerzo de investigación en este recurso y en México no se ha hecho nada. Para la acuicultura comercial es necesario estudiar la biología de la especie y después transferir la tecnología al ámbito comercial. Basta analizar el enorme éxito que han tenido otros países como Chile que actualmente exporta el producto del cultivo a Europa (Bückle y Barón, 2000. com. per.).

3.2. AVANCE EN EL CULTIVO DE CRUSTÁCEOS

3.2.1. CRUSTÁCEOS DE AGUA DULCE

Acocil (*Procambarus spp*)

Biól. Gabino A. Rodríguez Almaraz
Universidad Autónoma de Nuevo León.
<grodrigu@ccr.dsi.uanl.mx>

Distribución

Especie de distribución nacional e internacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

La fuente de obtención de crías es a partir de reproductores capturados en el medio natural por estación. Carece de infraestructura (laboratorio específico) para el establecimiento de lotes de reproductores.

La reproducción se efectúa con control de factores ambientales. La fecundación es natural, se carece de un área específica para inducir la có-

pula. La incubación de huevos se realiza en estanques. En el cultivo larvario la alimentación se realiza con alimento natural y artificial comercial o con alimento elaborado en ocasiones por ellos mismos.

El cultivo larvario es extensivo. Los principales problemas que han enfrentado en esta etapa son las altas mortalidades debidas al canibalismo e infecciones producidas por hongos durante la fase de huevo.

Las crías producidas son liberadas al medio natural para repoblación y para su cultivo en estanques y jaulas, utilizando alimento natural y artificial comercial. Los principales problemas en el cultivo de juveniles es el canibalismo.

Nutrición

En lo que toca a la nutrición, se conocen los requerimientos alimenticios de los juveniles y reproductores. Como problema en la alimentación, se detecta que el suministro de alimento artificial provoca que los animales no tengan la coloración natural, y por otro lado, el alimento natural y los detritos pueden no ser adecuados debido a la ausencia de microinvertebrados asociados a este, fuente nutricional de significancia.

Sanidad

Se han encontrado parásitos tremátodos digeneos del género *Paragonimus*, así como enfermedades de origen bacteriano que afectan la cutícula. No se ha dado solución a estos problemas.

Como problemática general del cultivo se menciona la falta de recursos económicos

Logros

Los logros más significativos han sido el desarrollo de técnicas de incubación, de crías y la inducción de la maduración. La investigación lleva 10 años.

Financiamiento

Ha contado con financiamiento de la UANL y de la SEP.

Perspectivas del cultivo

Se considera que hay muchas posibilidades para que esta especie sea aprovechada comercialmente debido a la nobleza de su cultivo, comparándolo con los requerimientos que presentan otros decápodos como camarón y langostinos.

En todo caso, se requieren estudios de mercado para fomentar el consumo de este crustáceo.

Acocil del Duero (*Procambarus digueti*)

Dr. Manuel Guzmán Arroyo
Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara.
<guzchap@prodigy.net.mx>

Distribución

Presenta distribución regional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de poblaciones silvestres. La reproducción se realiza de acuerdo al ciclo natural sin modificaciones, así como controlando el ambiente. La fecundación es natural. Entre las dificultades que se presentan destacan el reducido número de crías que se obtienen y la dependencia de las temporadas naturales de reproducción.

Los huevos se incuban en dispositivos especiales. Las larvas se alimentan con alimento natural y artificial preparado y comercial. El cultivo se realiza en acuarios.

Los juveniles se cultivan en las mismas condiciones mencionadas anteriormente.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles, adultos y reproductores en el medio natural y en sistemas de cultivo. Observándose que son organismos omnívoros que aceptan una gama muy amplia de alimentos naturales y artificiales.

Sanidad

Presentan enfermedades comunes a los crustáceos.

Financiamiento

No cuenta con financiamiento. Se han realizado experiencias aisladas por más de cinco años.

Perspectivas del cultivo

Entre los problemas a resolver destaca la agresividad de los machos y su territorialidad. Por otro lado, la muda representa un serio problema en poblaciones mantenidas en altas densidades en estanques o acuarios,

sin embargo, existe un gran potencial y un mercado internacional muy atractivo en Estados Unidos y Europa.

3.2.2. CRUSTÁCEOS MARINOS

Langosta roja (*Panulirus interruptus*)

Dr. Antonio Silva Loera

Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California.

<asilva@faro.ens.uabc.mx>

Distribución

Especie de distribución regional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

La fuente de obtención de crías es la reproducción en cautiverio de reproductores capturados por estación. Los lotes de reproductores los aporta el sector pesquero. Es altamente recomendable que los reproductores sean aportados por el pescador, lo que adicionalmente sirve para identificar las zonas de captura y reproducción.

El control de la reproducción es ambiental de acuerdo al ciclo natural. Se realiza ablación peduncular para propiciar la maduración en periodos diferentes al natural, sin embargo, aún quedan varios aspectos por investigar en cuanto a la reproducción de la especie. La fecundación es natural lo cual es lo más recomendable en crustáceos marinos.

La incubación de los huevos la realiza la hembra hasta su eclosión. Es recomendable el uso de alimento natural. El alimento artificial es aceptable en la etapa larvaria. El alimento natural (Artemia, larvas de moluscos y crustáceos) se obtiene de cultivos. Falta experimentar la elaboración de alimento artificial para esta etapa. La etapa larvaria tiene una duración de 7 a 8 meses.

Es altamente recomendable que los juveniles sean destinados al repoblamiento durante el estadio de larva filosoma (durante los primeros tres días después de la eclosión). Los juveniles se someten a cultivo extensivo en jaulas con alimentación natural y artificial, aunque de este último no se conoce una formulación exitosa.

Nutrición

El principal problema del cultivo larvario es el desconocimiento de los requerimientos nutricionales.

Sanidad

Se desconocen las enfermedades a las que pueden ser susceptibles.

Logros

Aunque se cuenta con algunos avances, se requiere de más investigación en las áreas de cultivo larvario y reproducción. El proyecto se ha desarrollado desde 1995.

Financiamiento

Se ha recibido soporte logístico de dos empresas dedicadas al comercio de la langosta viva.

Perspectivas del cultivo

Se visualiza como factible el repoblamiento a partir de la producción de larvas. El cultivo de larvas es una meta a mediano y largo plazo. Metodológicamente se plantea el aprovechamiento de las hembras en maduración capturadas para su comercialización fuera de la época de veda, para inducir las a la reproducción en laboratorio y realizar la obtención de larvas que de otra manera se perderían.

3.3. AVANCE EN EL CULTIVO DE MOLUSCOS

3.3.1. MOLUSCOS MARINOS

Abulón azul, abulón rojo, abulón amarillo (*Haliotis fulgens*, *H. rufescens*, *H. corrugata*)

Dr. Alfredo Salas Garza

Instituto de Investigaciones Oceanológicas. UABC. B. C.

<asalas@faro.ens.uabc.mx> <asalas@bahia.ens.uabc.mx>

Distribución

Especies de distribución internacional

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de la reproducción en cautiverio y de reproductores capturados por estación. Ha sido problemático el establecimiento de lotes de reproductores de abulón.

El control de la reproducción es ambiental, de acuerdo al ciclo natural. La fecundación es natural. No se tiene ningún control sobre la producción de gametos de ninguna de las tres especies.

La incubación de los huevos se realiza en estanques. Las larvas de abulón son lecitotróficas y no se alimentan. Los principales problemas del cultivo larvario son las bacterias y la calidad del agua.

En ocasiones las crías producidas son liberadas al medio natural para repoblación, o bien son transferidas a sistemas de cultivo hasta la talla comercial. Los juveniles son alimentados con alimento natural y artificial. Los principales problemas en el cultivo de juveniles es que en los primeros estadíos la mortalidad es alta debido a la calidad del medio, el alimento y el manejo.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles y reproductores.

Logros

Se ha logrado producir juveniles de abulón de diferentes especies.

Financiamiento

Se ha contado con financiamiento de CONACyT, SIMAC, la Universidad Autónoma de Baja California y el sector productivo. Se tiene 12 años desarrollando la investigación para abulón.

Caracol púrpura o de tinte (*Plicopurpura pansa*)

Ing. Pesq. Delia Domínguez Ojeda
Facultad de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.
Tel: (328) 5 01 85

Distribución

Especie con distribución internacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

La fuente de obtención de crías se realiza a partir de la reproducción en cautiverio, con lotes continuos de reproductores. No se han presentado problemas con la reproducción, el comportamiento es muy similar al de condiciones naturales aunque está un poco desfasado en tiempo.

El control de la reproducción es ambiental de acuerdo al ciclo natural, con fecundación natural.

Durante el cultivo larvario se alimentan con alimento natural (algas microscópicas cultivadas en laboratorio y algas microscópicas comerciales deshidratadas). El cultivo larvario se efectúa en acuarios y es intensivo.

Los principales problemas del cultivo larvario es el desconocimiento de los requerimientos alimenticios, así como diferentes aspectos relacionados con la etapa larvaria, particularmente en el medio natural

En lo que respecta al cultivo de juveniles, este o se ha desarrollado por que no se que las larvas sólo llegan a sobrevivir un mes en el laboratorio.

Nutrición

Se conoce la alimentación de los reproductores pero el de larvas y juveniles aún no.

Los problemas que se han presentado en la alimentación de las larvas es su adecuación al tamaño de la dieta, debido a que requieren presas de tamaño muy pequeño, principalmente de microalgas las cuales deben suministrarse vivas y de manera continua, para lo cual se carece de infraestructura. Otro problema es la contaminación de los cultivos de microalgas, ya que crea problemas de salud en las larvas y no hay alimentos alternativos, ya que las algas deshidratadas no las consumen.

Sanidad

Se ha presentado problemas relacionados con la proliferación de organismos oportunistas, lo cual se acentúa cuando baja ligeramente la calidad del agua, y es necesario suministrar alimento en exceso o cuando las larvas empiezan a morir por alguna razón.

El problema se logra controlar inicialmente con recambios de agua, pero una vez que aparece alguno de estos organismos oportunistas es difícil su erradicación y acaban con las larvas.

Logros

Se conoce tanto la época como conducta reproductiva de los caracoles, por lo que se ha logrado mantenerlos en cautiverio sin problema. Se ha descrito el desarrollo embrionario, casi se ha completado el ciclo reproductivo y se han logrado mantener larvas por más de un mes en acuarios con aereación constante.

La investigación lleva un año y seis meses.

Financiamiento

El proyecto de investigación está financiado por el Fondo Mexicano de Conservación de la Naturaleza, administrado por la Asociación Mexicana de Arte y Cultura Popular, A.C.

Perspectivas del cultivo

La importancia de la especie estriba en que su tinte es aprovechado para teñir hilos de algodón que se utilizan para confeccionar prendas de vestir que de hecho se comercializan, pero el uso del recurso es exclusivo de los grupos indígenas de la región.

Otros investigadores que trabajan con la especie: DR. Ludwig Naegel, CICIMAR-IPN, La Paz, BCS.

Almeja catarina, callo de hacha, almeja mano de león (*Argopecten ventricosus*, *Atrina maura*, *Lyropecten subnodosus*)

Dra. María Eugenia Valdéz-Ramírez
Acuicultura y Biotecnología Marina. CIBNOR-Apdo.128. 23000 La Paz,
B. C. S. Tel.: (112) 536 33 ext 146. Fax (112) 5 47 10
gvaldez@cibnor.mx

Distribución

Especies de distribución regional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

La obtención de crías de estas especies se realiza a partir de la reproducción en cautiverio, de reproductores capturados por estación. Los principales problemas para el establecimiento de lotes de reproductores es el control de la gametogénesis y la ausencia de conocimientos, así como la carencia de infraestructura para el establecimiento de las condiciones de maduración en laboratorio.

La reproducción se realiza en base al control ambiental de acuerdo con el ciclo natural; se efectúa inducción hormonal de la ovulación durante el período de reproducción natural. La fecundación es natural y artificial. Las dificultades encontradas para el control de la reproducción son: 1) transporte de los reproductores maduros del medio natural al laboratorio; 2) identificación de los caracteres de maduración; 3) estimulación al desove; 4) falta de concientización por parte de los acuicultores para la toma de datos.

La incubación de los huevos se realiza en estanques y en el cultivo larvario se suministra alimento natural. Los principales problemas del cultivo larvario son: 1) ausencia de criterios para la evaluación de la calidad (viabilidad) de los gametos (masculinos y femeninos), de los embriones y de las larvas D; 2) baja producción de larvas; 3) mortalidad no controlada de larvas; 4) falta de rigor en la producción.

Las crías producidas son liberadas al medio natural para repoblación así como transferidas a sistemas de cultivo hasta la talla comercial. Los problemas para la producción de juveniles se refieren a los mismos tópicos que para el cultivo larvario, agregando que también se presentan problemas patológicos.

Nutrición

Se conoce muy poco sobre los requerimientos alimenticios de los estadios de estas especies. La problemática en relación a la nutrición es que ningún punto referente a ello está claramente establecido y lo poco que se ha estudiado no se aplica realmente. Por otro lado, hay gran variabilidad de la calidad en la producción de microalgas.

Logros

Argopecten ventricosus es la especie mayormente estudiada en la región y por consiguiente se han descrito varios aspectos en la literatura acerca de los métodos de optimización de su cultivo (policultivo, cultivo en laboratorio). Sin embargo, en la práctica, estos métodos no son realmente aplicados. Para las otras dos especies se ha estudiado muy poco.

Financiamiento

El proyecto ha contado con recursos fiscales (proyectos internos de la institución). La investigación tiene un año desarrollándose.

Perspectivas del cultivo

Las tres especies tienen importancia considerable en el mercado, pero incluso *Argopecten ventricosus* que es la más “fácil” de producir y la más estudiada, tiene una producción real muy por debajo de la producción potencial.

Por otro lado, aún existen problemas que hay que superar como la falta de infraestructura, la falta de capacitación y concientización científica de los acuacultores y falta de colaboración interinstitucional.

3.4. AVANCES EN EL CULTIVO DE EQUINODERMOS

Erizo Rojo, erizo morado (*Strongylocentrotus franciscanus*, *S. purpuratus*)

Dr. Alfredo Salas Garza
Instituto de Investigaciones Oceanológicas. UABC.
<asalas@faro.ens.uabc.mx>

Distribución

Especies de distribución internacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

Las crías se obtienen de la reproducción en cautiverio, de lote de reproductores continuo. No hay problema para el establecimiento de lotes de reproductores.

El control de la reproducción es ambiental, de acuerdo al ciclo natural. La fecundación es natural. No se tiene control de la maduración de los gametos.

La incubación se efectúa en estanques. Las larvas se alimentan con alimento natural producido en el laboratorio. Se presentan diferentes problemas en el cultivo larvario de erizos y en los sistemas de cultivo y alimentación.

Los juveniles producidos son liberados, en ocasiones, para repoblamiento, también son transferidas a sistemas de cultivo hasta la talla comercial. El cultivo de juveniles se realiza alimentando con alimento natural y artificial. El principal problema del cultivo de juveniles es el alimento.

El problema del cultivo de erizos es la sobrevivencia larval.

Nutrición

No se conoce el alimento óptimo para larvas de erizo.

Logros

Se ha logrado producir juveniles de erizo rojo y morado. Se realizó el primer cultivo experimental de erizo en cautiverio, en el mar, con muy buenos resultados y con rendimientos de la gónada 100 % superiores a los silvestres, lo que hace interesante la posibilidad de cultivo.

Financiamiento

Se ha contado con financiamiento de CONACyT, SIMAC, Universidad Autónoma de Baja California y del Sector productivo. La investigación de erizo lleva cinco años.

Perspectivas del cultivo

Los logros alcanzados indican buenas posibilidades para el cultivo de ambas especies.

3.5. AVANCES EN EL CULTIVO DE ANFIBIOS

Rana (*Rana megapoda*, *Rana montezumae*, *Rana pipiens*)

Dr. Manuel Guzmán Arroyo
Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara.
<guzchap@prodigy.ner.mx>

Distribución

Rana megapoda se restringe al Lago de Chapala y sus efluentes y afluentes, por su parte *Rana montezumae* se distribuye en los estados del centro del país. (SEPESCA, 1987). *Rana pipiens* presenta distribución nacional.

Obtención de reproductores, larvas y juveniles. Sistemas de cultivo

La obtención de renacuajos se realiza a partir de poblaciones silvestres por estación, de poblaciones cultivadas y de reproductores en cautiverio continuo. La reproducción se efectúa de acuerdo al ciclo natural sin modificaciones, con control del ambiente en el ciclo natural y con modificación del hábitat. La fecundación es natural. Se observa como una dificultad en el control de la reproducción, la territorialidad.

La incubación de los huevos es artificial en dispositivos especiales. En el cultivo larvario se suministra alimento natural. El sistema de cultivo es intensivo en acuarios y tanques.

El cultivo de juveniles es intensivo en jaulas y tanques suministrando alimento natural.

Los juveniles son destinados a la repoblación de pequeños embalses y al cultivo intensivo en estanques hasta talla comercial.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de larvas, juveniles, adultos y reproductores. Una dificultad es que requieren de alimento vivo.

Sanidad

No se han presentado problemas sanitarios dado que las experiencias se han dado bajo condiciones de baja densidad.

Logros

Se ha logrado completar el ciclo en condiciones de cautiverio y se han realizado experiencias de repoblación en la zona centro del estado de Jalisco.

Financiamiento

Se ha contado con financiamientos ocasionales de la Secretaría de Pesca y de la Universidad de Guadalajara. Se han realizado experiencias aisladas desde los años '60.

Perspectivas del cultivo

Existe mucho interés para el desarrollo de las granjas de rana, pero no hay existencia calificada ni seria por parte de las autoridades, así como falta de financiamiento para este tipo de negocios con riesgos.

3.6. AVANCES EN EL CULTIVO DE REPTILES**Cocodrilo (*Crocodylus acutus*, *C. moreletii*)**

Dr. Manuel Guzmán Arroyo
Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara
<guzchap@prodigy.net.mx>

Distribución

Presentan distribución local, regional.

Obtención de reproductores, crías y juveniles. Sistemas de cultivo

La obtención de crías (de 50 cm) se realiza a partir de reproductores de 2.5 m en cautiverio continuo, y a partir de poblaciones silvestres. La dificultad en la obtención de crías es la dependencia a las temporadas naturales de reproducción. Las granjas comerciales no venden crías en México, al menos no las suficientes.

La incubación de los huevos es artificial en dispositivos especiales. Las crías se cultivan intensivamente en tanques y se les suministra alimento natural preparado.

Los juveniles se destinan al cultivo intensivo en tanques hasta la talla comercial, se suministra alimento natural y artificial preparado.

Nutrición

Se conocen los requerimientos alimenticios de crías, juveniles, adultos y reproductores.

Logros

Prácticamente se puede desarrollar el ciclo completo.

Financiamiento

Ocasionalmente se ha tenido financiamiento de la Secretaría de Pesca.

Perspectivas del cultivo

Ya es aprovechada comercialmente aún y cuando hay muy pocas granjas en México. Los factores limitantes son el financiamiento y las restricciones legales (CITES) así como la apertura de mercados internacionales.

3.7. AVANCES EN EL CULTIVO DE MACROFITAS

Existe un gran número de especies de algas en México de las cuales 1114 han sido identificadas (Guzmán del Proo, et al. 1986). A este respecto Zertuche, (1993) menciona como especies explotadas comercialmente en México a *Gigartina canaliculata*, *Gracilaria pacifica*, *Egrecia mensiesi*, *Euclima uncinatum* y *Porphyra* spp.

De acuerdo con la Carta Nacional Pesquera, (2000), en México se explotan el sargazo rojo *Gelidium robustum* y el fideo *Gracilariopsis lemaneiformis* en la costa occidental de la Península de B.C. y el sargazo gigante *Macrocystis pyrifera* en la misma costa occidental de BC y norte de BCS.

De estas especies, se han realizado experiencias en cultivo extensivo de *Gracilaria* spp. en dos lagunas costeras del Pacífico Norte Mexicano y se llevó a cabo un proyecto piloto comercial para la implementación del cultivo de *Gracilaria* spp. (Zertuche, 1993b, 1993c). Aparentemente existe infraestructura para el procesamiento del alga, sin embargo la materia prima no es suficiente. Esta especie se utiliza para la obtención de agar.

Existe la tecnología de cultivo de esta especie a través de tres métodos: cultivos en el mar, cultivos en posas y cultivos en tanques, siendo los dos primeros los comercialmente rentables. El cultivo en posas no se ha practicado en América. Todos los métodos se basan en la propagación vegetativa del alga (Zertuche, 1993^a).

Los aspectos de desarrollo tecnológico para el mejoramiento del cultivo son, de acuerdo con Zertuche (1993^a), seleccionar cepas resistentes al cultivo y productoras de geles de alta calidad, contar con disponibilidad de cepas de calidad a través del cultivo por esporas. Por otro lado, se requieren estudios de mercado y de costo beneficio del cultivo y procesamiento del alga.

En general la distribución de las especies de algas macrofitas es extensa y rebasa los límites geopolíticos del país, excepción hecha de la única especie endémica, *Eucheuma uncinatum* del Golfo de California. Esta especie es productora de carragenano; debido a que su presencia es anual o pseudoanual, no permite una explotación continua, por lo que junto con *Gigartina pectinata* pueden ser utilizadas a partir de cultivos. (Zertuche, op. cit.).

Por su parte, Robledo (1999) menciona que en la península de Yucatán y Quintana Roo hay dos especies de algas de interés económico: *Gracilaria cornea* y *Gracilaria tenuifrons*, ambas productoras de agar de buena calidad. *Gracilaria cornea* se cultiva de acuerdo a dos sistemas: el cultivo de fondo o monolínea, se realiza en lugares de poca profundidad, sujetando estacas en el fondo arenoso y utilizando líneas de cultivo de hilo pulpero o nylon y el cultivo en balsa flotante, construida con trozos de bambú que flota sobre la superficie del mar. El bambú le da soporte a las líneas de cultivo, hilo pulpero o nylon (Robledo, 1999). Es importante mencionar que además de fomentarse el cultivo de esta especie con fines comerciales -que de otra manera no se aprovecharían dado que no existen poblaciones explotables de algas que justifiquen su extracción comercial- representa una alternativa redituable para los pescadores durante las épocas de veda de otros recursos (p.ej. langosta) (Robledo, 1999).

3.8. ESPECIES POTENCIALES

Existe interés por algunas especies que tienen o han tenido importancia comercial de las que sin embargo no se han realizado grandes avances. La detección de estas especies es de importancia porque constituyen especies potenciales que requieren de investigación para evaluar su factibilidad técnica y económica. Dentro de estas especies, enseguida se presenta un listado que puede considerarse preliminar. Indica, sin embargo, un interés por lograr su cultivo.

Peces Marinos

Sardina crinuda	<i>Ophistonema libertate</i>
Sardina	<i>Harengula thrissina</i>
Sardina monterrey	<i>Sardinops sagax</i>
Anchoveta	<i>Anchoa</i> sp.
Chile	<i>Synodus</i> sp
Boquerón	<i>Atherinops affinis</i>
Corneta	<i>Fistularia</i> sp.
Pipa	<i>Sygnathus</i> sp.
Mojarra rayada o bandera	<i>Gerres cinereus</i>
Mojarra malacapa	<i>Eugerres axillaris</i>
Mojarrón o pluma marotilla	<i>Calamus brachysomus</i>
Chopa mojarrón	<i>Anisotremus</i> sp

Corvina azul, corvina de aleta corta	<i>Cynoscion parvipinnis</i>
Chano o gurrubata	<i>Micropogonias</i> sp.
Corvineta o ronco	<i>Bairdiella icistia</i>
Zopilote, peluquero,	
Chabelito, chambo	<i>Chaetodipterus zonatus</i>
Lenguado huarache	<i>Paralichthys wollmani</i>
Lenguado diamante	<i>Hypsopseta guttulata</i>
Lenguado sol	<i>Achirus mazatlanus</i>
Pez erizo	<i>Diodon holocanthus</i>

Moluscos

De acuerdo con Aldana y Baqueiro, (2000. com. per.), las siguientes especies de gasterópodos se encuentran a nivel experimental, con un nivel de conocimiento escaso:

Strombus gigas
S. costatus
S. pugilis
Pomacea patula
Chorus giganteus
Nucella crassilabrum
Melongena corona

Almeja (*Anadara chapalensis*)

Dr. Manuel Guzmán Arroyo
 Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara.
 <guzchap@prodigy.net.mx>

Distribución

Distribución local y regional

Perspectivas del cultivo

Se han realizado experiencias aisladas que permiten vislumbrar la potencialidad de este cultivo. Se tiene conocimiento de que se realiza el cultivo experimental en república Dominicana y en China con especies del mismo género. Hace 15 años tenía valor y se comercializaba en las costas de Jalisco. Presenta altas posibilidades ya que tiene dos opciones de cultivo: como especie para alimento y de carácter artesanal por la concha. Se requiere investigación y financiamiento de por lo menos tres años para incorporar esta tecnología a los sistemas de producción comercial.

4. CONCLUSIONES

En la mayoría de los casos, las crías son obtenidas de reproductores capturados durante la época de reproducción natural o de larvas silvestres, existiendo pocos casos en los que se cuenta con lotes continuos de reproductores y en el caso de existir, estos generalmente están restringidos a una sola institución. De aquí que resulte imperativo favorecer los proyectos y fuentes de financiamiento encaminados al establecimiento de lotes de reproductores, lo cual permitiría obtener mayor información y experiencia en la reproducción de los organismos en cautiverio. En efecto, aunque en el caso de algunas especies es posible alcanzar el nivel comercial desarrollando sólo la parte de engorda a partir de crías o juveniles obtenidos del medio natural, como política de sustentabilidad de los recursos, se revela indispensable fomentar la investigación para la obtención del ciclo completo del cultivo, de manera que no se dependa permanentemente del recurso silvestre para su existencia.

En muchos casos se desconoce el ciclo reproductivo de la especie en su ambiente natural, por lo que la reproducción se ha venido realizando en función del ciclo natural. Hasta el momento, este problema ha sido abordado esencialmente por la vía de la zootecnia, restringiéndose a la definición de condiciones ambientales.

Por otro lado, las inducciones hormonales utilizadas únicamente han estado orientadas a la estimulación de las fases finales de la maduración y ovulación. En breve, la esencia del establecimiento de lotes de reproductores en cautiverio para las diferentes especies radica en dominar un aspecto del ciclo de vida que garantiza el suministro continuo y constante de crías.

En cuanto a estas, en todos los casos han sido destinadas a la repoblación, lo cual es consecuencia de su manutención en cautiverio debido a problemas relacionados con su alimentación, así como con la definición de las condiciones mínimas para su cultivo. De aquí se revela indispensable definir las estrategias de alimentación de las crías como uno de los principales problemas para asegurar la continuidad de los cultivos. En muchos de los casos los problemas relacionados con este aspecto, han sido atribuidos a deficiencias nutricionales de las dietas utilizadas, sin embargo, poco se ha trabajado sobre los problemas asociados al consumo de las dietas, lo cual es la primera condicionante para lograr el destete.

De aquí que resulte necesario orientar las prioridades de la investigación a determinar el momento en el cual las larvas son fisiológica y estructuralmente competentes para aceptar alimentos complejos. En segundo término es indispensable la determinación de las características físicas de las partículas alimenticias, la utilización de atrayentes y la determinación de las condiciones de cultivo que

estimulen el consumo de las dietas. Lamentablemente, probablemente como inercia de las investigaciones realizadas sobre organismos actualmente cultivados, algunos trabajos han invertido más tiempo en tratar de determinar los requerimientos nutricionales de las especies, que en dirigir sus esfuerzos hacia los principales cuellos de botella para cada caso.

Una condición para el desarrollo del cultivo de varias especies nativas con potencial en la acuicultura es el establecimiento de una mayor relación con las compañías productoras de alimentos y los investigadores, para que estos puedan proveer más y mejores alternativas en cuanto a la presentación y formulación de las dietas.

Los problemas de sanidad, aunque importantes en el desarrollo de algunas especies, hasta el momento no son limitantes en la mayoría de los cultivos, debido a que las condiciones en que se vienen desarrollando los organismos no han alcanzado los niveles de densidad de los cultivos intensivos. De aquí, que este tipo de investigaciones deba ser contemplado a corto plazo.

El financiamiento indispensable para la continuidad de los trabajos, ha sido uno de los factores comunes que ha limitado el avance en el caso de la mayoría de las especies. Este aspecto también ha provocado que en algunos casos se presente duplicidad de esfuerzos y competencia por recursos similares. En este sentido sería conveniente que las instituciones (públicas y privadas) que apoyan la investigación, en conjunto con las dependencias del gobierno, planteen una estrategia de financiamiento que permita coordinar y dar continuidad a la mayor parte de los trabajos. De estas premisas sobresale que el financiamiento representa la principal limitante para lograr un avance concreto en cuanto a la domesticación de las especies nativas.

La mayoría de las especies que han sido investigadas presentan atractivas perspectivas para lograr su cultivo a escala comercial. Sin embargo, no se debe descartar, que en algunos casos, a pesar de no existir factibilidad comercial, resulta imprescindible continuar apoyando el cultivo de las especies nativas con fines de repoblación, como uno de los objetivos primordiales en términos de sustentabilidad.

De manera puntual, las áreas de oportunidad para el desarrollo de la acuicultura de las especies nativas radica en:

- La dificultad para obtener los primeros reproductores
- Aspectos de nutrición durante la etapa larvaria y definición de requerimientos nutricionales durante esta fase

- La ausencia o poca participación en México de compañías fabricantes de alimentos para peces marinos.
- La falta de infraestructura, de capacitación y concientización científica de los acuacultores, así como la falta de colaboración coordinación interinstitucional.

Finalmente, los esfuerzos requeridos para dar impulso al cultivo de especies nativas en nuestro país, implican dar cuerpo y sustento a una industria aún incipiente. Existen muchos vacíos en el proceso de producción desde la generación del conocimiento hasta la venta de un producto acuacultural. Por ello es importante fomentar las políticas de sustentabilidad de los recursos, fomentar y apoyar financiera e institucionalmente su investigación y conocer y estructurar de manera coordinada, la cadena de eventos de este proceso. Además es importante señalar que la acuacultura se perfila como una actividad que deberá proporcionar, quizá en un mediano plazo, el aporte de alimento que las pesquerías ya no pueden dar. Particularmente para México, el cultivo de las especies nativas se presenta como una vía para atender a la enorme población en extrema pobreza de nuestro país.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez-González, C. A., J. L. Ortiz-Galindo, S. Dumas, M. Moreno-Legorreta, T. Grayeb-Del Alamo, R. Civera-Cerecedo. 2000. Effect of dietary protein level on growth and body composition of juvenile spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus*, fed practical diets. Aquaculture (En prensa)
2. Anguas-Vélez, B. H., R. Civera-Cerecedo, M. Chain-Roa, J. Guillaume y S.F. Martínez-Díaz. 2000. Studies on the nutrition of a sea bass. Growth and protein utilization by *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868) juvenile fed to semipurified diet. J. World Aquaculture Soc. (Aceptada).
3. Carta Nacional Pesquera, 2000. Diario Oficial de la Federación, 28 agosto 2000.
4. Conabio, 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 341 p.
5. Contreras-Balderas, S. 2000. Annotated Checklist of Introduced Invasive Fishes in México, with Examples of Some Recent Introductions. In: Claudi, R. & J. H. Leach, (Eds.). Nonindigenous Freshwater Organisms. Vectors, Biology, and Impacts. Lewis Publishers. 33-54.

6. Espinoza, P. H., T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Instituto de Biología. UNAM. 99 p.
7. Guzmán del Proo, S. A., M. Casas V., A. Díaz C., Ma. L. Díaz L., J. Pineda B., Ma. E. Sánchez R. 1986. Diagnóstico sobre las investigaciones y explotación de las algas marinas en México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 1986, 3(II): 1-63.
8. Leach, J. H. 1994. Introduced species: a constraint on ecosystem restoration. 37th Conference of the International Association for Great Lakes and Estuarine Research federation, Windsor, ON, Canada, 5-9 jun 1994.
9. Matus-Nivon, E., R. Ramírez-Sevilla, R. Martínez-Pecero y J. L. Ortiz-Galindo. 1990. Potencial acuacultural de ocho especies de peces marinos del Pacífico mexicano, con base en su biología temprana. En: De la Lanza-Espino, G., J. L. Arredondo F. (Eds). 1990. *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. 67-73 p.
10. Pillay, T. V. R. 1997. *Acuicultura. Principios y prácticas*. Limusa. 699 p.
11. Robledo, R. D. 1999. *Tecnoguía. Agronomía Marina en Yucatán. I. Cultivo de Gracilaria*. CINVESTAV-Mérida / CONABIO-MacArthur Foundation. 16 p.
12. Sepesca, 1987. *Manual técnico para el aprovechamiento de las existencias silvestres*. 225 p.
13. Zertuche, -González, J.A. 1993a. Situación actual del cultivo de algas agarofitas en América Latina y el Caribe. En: *Situación actual de la industria de macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe*. FAO. Proyecto Aquila II. -
14. Zertuche, -González, J.A. 1993b. Situación actual de la industria de las algas marinas productoras de ficocoloides en México. En: *Situación actual de la industria de macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe*. FAO. Proyecto Aquila II. 33-38
15. Zertuche, -González, J.A. 1993c. Promoción del cultivo del alga *Gracilaria* en México. En: *Situación actual de la industria de macroalgas productoras de ficocoloides en América Latina y el Caribe*. FAO. Proyecto Aquila II. 47-56.

GLOSARIO

Especies Nativas

Las especies nativas son las procedentes de unidades naturales dentro de los límites de un territorio. Debe aplicarse a especies in situ. (CNP, 2000)

Especies Exóticas

Las especies exóticas son aquéllas que no son propias del país o continente. Especies que no han evolucionado de origen en el lugar (después de la siembra, evolucionan todos). Se relaciona con procedencia de otros países. Ahora se recomienda restringir su uso para introducciones intercontinentales. (CNP, 2000).

Especies Introducidas

Las especies introducidas, son especies importadas de otros lugares, hábitats, países o continentes. (CNP, 2000).

ANEXO

CARACTERÍSTICAS DESEABLES DE LAS ESPECIES PARA EL CULTIVO

Pillay (1997), recomienda una serie de criterios para la selección de especies aptas para la acuicultura:

- Coeficiente de crecimiento
- Talla comercial antes de la talla y edad de primera maduración
- Alta fertilidad
- Desove frecuente
- No tamaño reducido de huevos y larvas que dificultan las operaciones de cría.
- Periodo de incubación y ciclo larval breve
- Larvas que acepten alimento artificial
- Especies que desde el principio puedan propagarse en viveros a través de la producción de semilla y no a partir del medio natural
- Especies herbívoras u omnívoras antes que carnívoras, aunque la decisión depende de los objetivos del cultivo: producir proteína para el consumo interno de la población o generar divisas a través de la exportación.
- Eficiencia del alimento en relación con el crecimiento y la productividad
- Especies resistentes a enfermedades, confinamiento
- Patrones de comportamiento en confinamiento
- Aspectos económicos de la producción
- Disponibilidad de mercados
- Aceptación por parte del consumidor

XXIV. MANEJO DE LA SALUD ANIMAL EN ACUACULTURA

.....

Dra. Cristina Chávez Sánchez¹, M. en C. Margarita Hernández Martínez²

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo – Unidad Mazatlán

² Dirección General de Investigación en Acuacultura del Instituto Nacional de la Pesca

1. INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos por acuacultura y el comercio de animales acuáticos y sus productos constituye una actividad de significancia económica y social en muchas partes del mundo. Sin embargo, es bien sabido que las enfermedades han cobrado en los últimos años importancia, debido a los efectos catastróficos que ha ocasionado a la industria en el ámbito social y económico en diversos países del mundo. Un reciente ejemplo, es el caso del cultivo del camarón que ha sufrido de brotes de enfermedad afectando significativamente la economía y producción en muchos países alrededor del mundo. Las causas son complejas y se atribuyen principalmente a virus, bacterias, hongos, pesticidas y degradación del medio ambiente (Gjedrem and Fimland, 1995). Gran parte de estas enfermedades han estado asociadas a movilizaciones de organismos acuáticos vivos y por el uso de especies exóticas sin tomar las medidas preventivas y profilácticas adecuadas (Chew, 1990).

Si las enfermedades son actualmente el problema más importante que restringe el desarrollo sano de la acuacultura a nivel mundial, se deben ejecutar acciones tendientes a eliminar esta situación. Para ello hay que identificar primero las causas de la presencia de enfermedades en los sistemas de cultivo:

- La presencia de patógenos. Muchos patógenos oportunistas que incluyen virus, bacterias, hongos y parásitos, se encuentran siempre presentes en el medio ambiente de cultivo y/o en los organismos, causando enfermedades cuando los organismos de interés se encuentran en condiciones sub-óptimas.
- Manejo inapropiado de los organismos. Los organismos acuáticos son muy sensibles a los factores adversos del medio ambiente y a un mal manejo (alta densidad, sobrealimentación, falta de higiene en los sistemas y manejo excesivo), lo cual reduce su sistema inmune haciéndolos altamente susceptibles a los patógenos presentes en el agua.

- Sobre-densidad o intensificación de mono cultivos en una área restringida. Un gran número de granjas de cultivo (Ej. camarón) en una determinada superficie o bien la instalación de un excesivo número de jaulas para cultivo de peces en un cuerpo de agua ocasionan el deterioro del medio ambiente. Esta sobre-densidad excede la capacidad de carga del sistema, resultando en problemas de contaminación que se revierten sobre la misma actividad.
- La introducción de organismos exóticos. El interés comercial de producir especies exóticas con alto valor comercial como el camarón, los langostinos, la langosta australiana de agua dulce, el ostión japonés y peces de ornato entre otros, es un medio excelente de introducción de patógenos si no se hace bajo estrictas normas de certificación y cuarentena.
- Falta de domesticación de las especies. Debido a esto los productores se ven obligados a introducir huevos, larvas, crías o reproductores de otros países y regiones del mundo, sin seguir normas estrictas de certificación y cuarentena, provocando con esto la transfaunación de patógenos.

Por las razones anteriores, muchos países están preocupados por los efectos de las enfermedades en la actividad acuícola y a través de agencias nacionales e internacionales, se han involucrado en revisar los métodos de cultivo, las políticas y procedimientos relacionados a la introducción de especies exóticas, así como su transferencia dentro y entre países y del manejo adecuado de las especies. De éstos trabajos se han derivado varios documentos y acciones tales como prácticas de buen manejo, guías de certificación de salud, prácticas de cuarentena para el movimiento de los organismos acuáticos y acuerdos que a nivel internacional intentan homogeneizar el modo de corregir estos problemas, tal es el caso del Código de Conducta para las Pesca Responsable (FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries, 1995) aprobado a escala global por los países miembros de la FAO en octubre de 1995, y la Declaración de Bangkok sobre la Acuicultura en el Tercer Milenio en el que se recomiendan varias acciones con el fin de prevenir la dispersión de patógenos (The Bangkok Declaration on Aquaculture in the Third Millenium, 2000).

Actualmente FAO mantiene en Asia un Sistema de Información de Patógenos de Organismos Acuáticos y Cuarentenas (AAPQIS), el cual es un claro ejemplo de lo que se puede lograr para con la participación del sector científico regional para el control de enfermedades.

2. ANTECEDENTES

La acuacultura en México también ha sido afectada por problemas de enfermedades. En un principio, la situación no fue tan grave debido a que ésta actividad se inició hace más de 50 años con el cultivo de crías de peces en instalaciones gubernamentales para la siembra en cuerpos de agua o para cultivo en forma extensiva. Actualmente, el cultivo del camarón es la industria acuícola más importante en México y como en otros lugares del mundo, las enfermedades, especialmente las virales y bacterianas también han causado un impacto importante a esta actividad, muchas veces ocasionado o agravado por otros factores, como calidad de agua y suelo, contaminación y mal manejo. El segundo cultivo más importante es la trucha y recientemente, también ha sufrido los efectos de una enfermedad viral conocida como Necrosis Pancreática Infecciosa Viral (IPNV) la cual fue aparentemente introducida con el huevo importado proveniente de los Estados Unidos de Norte América.

Con el objeto de afrontar los problemas de salud de los organismos acuáticos en cultivo, así como evitar la dispersión de patógenos, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), apoya e implementa los lineamientos para una acuacultura de acuerdo a lo establecido en el Código de Conducta para la Pesca Responsable, el cual fue unánimemente aceptado y adoptado por los países miembros de la FAO en Octubre de 1995. Para ello, ha llevado a cabo varias acciones (SEMARNAP, 2000), que se describen a continuación:

2.1. Elaboración de tres Normas en materia de sanidad acuícola

NOM-010.PESC. 1993

Establece los requisitos necesarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura de ornato en el territorio nacional, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de agosto de 1994.

NOM-011-PESC-1993

Regula la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables, en la importación y/o movilización de organismos acuáticos vivos en cualesquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura y ornato en los Estados Unidos Mexicanos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de agosto de 1994.

Posteriormente, debido a la aparición de dos enfermedades virales en América denominadas Virus del Síndrome de Taura (TSV), Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV) y la amenaza del Virus de la cabeza Amarilla (YHV) se publicó:

Norma Oficial de Emergencia NOM-EM-003-PESC-2000

Establece los requisitos para determinar la presencia de enfermedades virales de crustáceos acuáticos vivos, muertos, sus productos o subproductos de cualquier presentación y artemia (*Artemia spp*), para su introducción al territorio y movilización en el mismo. publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de abril de 2000.

2.2. INTEGRACIÓN DE LA RED DE LABORATORIOS DE DIAGNÓSTICO

Esta cuenta con la colaboración de instituciones de investigación y universidades nacionales, coordinadas por la Universidad Autónoma de Nuevo León, quien funge como centro de referencia. Entre sus funciones se encuentra la prestación de servicios de diagnóstico y tratamiento de sanidad acuícola a los productores; capacitación y asistencia técnica a técnicos de granjas.

Además, entre sus objetivos se encuentra:

- Continuar con la elaboración y actualización de la normatividad necesaria para regular el crecimiento de la acuicultura.
- Regular y controlar importaciones, exportaciones y movilización de organismos acuáticos vivos para evitar transfaunaciones y propagación de agentes patógenos.
- Consolidar el programa de prevención y control de la enfermedad similar al Síndrome de Taura.
- Elaboración de material de difusión sobre normatividad y procedimientos para identificación, prevención y tratamiento de enfermedades en instalaciones de cultivo y ornato.
- Contar con un sistema de certificación de insumos y productos vivos para la acuicultura.

Los responsables de la ejecución del subprograma son: la Dirección General de Acuicultura y el Instituto Nacional de la Pesca, en coordinación con la Universidad Autónoma de Nuevo León, la Universidad Autónoma de Tamaulipas, la Universidad Autónoma del Estado de México, el Centro de Ciencias de Sinaloa, la Universidad Autónoma de Guadalajara, el Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo, A.C., la Universidad Autónoma de Sinaloa, la Universidad de Sonora y otras instituciones que se incorporen a la red en un futuro.

3. SITUACIÓN ACTUAL

A pesar de los logros alcanzados, falta mucho camino por recorrer pues la acuicultura actual exige mayor esfuerzo para la prevención y control de las enfermedades, no solo con el fin de reducir las pérdidas económicas y asegurar el

abasto alimentario y el empleo de los mexicanos, sino también de no afectar el ambiente y la rica biodiversidad con la que cuenta nuestro país, es decir, alcanzar una acuacultura sustentable.

El control de las enfermedades a través de prácticas adecuadas de manejo, de la introducción de estándares en el cultivo, de aprender y evitar errores cometidos por otros países y de seguir los lineamientos que actualmente se están imponiendo a nivel mundial no solo será en beneficio para el granjero en forma individual sino también para la economía nacional.

Dirigir el esfuerzo a la solución de problemas de la salud animal acuática es un aspecto urgente que hay que enfrentar a través de programas específicos. Uno de ellos es la armonización con otros países de los métodos y medidas utilizadas para el manejo de la salud, a través de la cooperación efectiva a nivel nacional, regional e inter-regional. Lo anterior se explica porque las enfermedades no tienen fronteras y la globalización ha hecho que las distancias se hagan más cortas y las posibles barreras físicas se eliminen. Por ello, se han llegado a acuerdos internacionales que hay que adoptar si se desea acceder al mercado internacional. Para esto el Código Internacional de Salud de Animales Acuáticos, ha incluido un listado de patógenos y enfermedades de peces, moluscos y crustáceos con base a: la resistencia o respuesta a terapias, rango geográfico e importancia socio-económica (OIE, 2000), los cuales deben de ser considerados tanto por los países importadores como exportadores.

Durante la Reunión de Expertos APEC/FAO/NACA sobre Movimiento transfronterizo de patógenos en animales acuáticos y para el desarrollo de estándares armonizados en Sanidad Acuícola, realizada en julio de 2000 en Puerto Vallarta, Jalisco, se observó que gran parte de los países latinoamericanos carecen o cuentan con una deficiente legislación para la certificación de la salud animal y aplicación de cuarentenas. Esto pone a nuestros recursos acuáticos en un alto riesgo por la introducción de enfermedades a través de la introducción de organismos acuáticos vivos, productos o subproductos precedentes de países afectados por enfermedades certificables.

Para lograr controlar las enfermedades infecciosas, los sectores involucrados deben unir esfuerzos y entrar en juego varios niveles de participación en forma coordinada:

Nivel granja:

Es vital la educación a técnicos y trabajadores de las granjas acerca de la importancia de tener a los organismos en las mejores condiciones de cultivo. Es importante que ellos estén conscientes que mantener instalaciones limpias, fondos de estanques sanos, alimentación y nutrición apropiadas, es decir, eliminar la mayor

parte de los factores estresantes, reduce ampliamente las posibilidades de la presencia de enfermedades. Es por esto, que se hace necesario implementar de acuerdo a la especie que se cultive, las normas y guías de higiene y manejo adecuadas para mantener a los organismos en condiciones óptimas.

Nivel académico:

Las instituciones de investigación y universidades juegan un papel vital en la solución de aspectos específicos. Se requieren programas de investigación en métodos de diagnóstico, epidemiología, inmunología, nutrición y patología entre otros aspectos tales como domesticación de las especies, genética, biología de la reproducción etc, que son importantes para la solución de los problemas de la salud animal. El sector académico también puede apoyar en el entrenamiento de técnicos de granjas, estudiantes de licenciatura y posgrado a través de cursos. Su papel también radica en la elaboración de manuales sencillos que permitan fomentar las prácticas de buen manejo en granja. Asimismo, algunas instituciones pueden también participar como laboratorios certificados de diagnóstico de enfermedades.

Nivel gubernamental:

El tener buenas técnicas y manejo, técnicos con experiencia e instituciones de apoyo no garantizan al 100% la solución de los problemas con relación al control de las enfermedades. Las medidas preventivas tienen que estar basadas en un marco legal que haga posible su implementación, para ello se requieren medidas prácticas con las cuales se puedan alcanzar los objetivos, una coordinación adecuada de las responsabilidades administrativas basadas en consideraciones económicas y científicas, la coordinación del marco legal, la distribución práctica de responsabilidades en relación con la inspección, vigilancia y el establecimiento de una cooperación organizada a todos los niveles de administración. Debido a que las enfermedades de organismos acuáticos están relacionados con un sinnúmero de elementos, debe considerarse la participación de aquellas secretarías de estado involucradas con la acuacultura, la vida silvestre, el medio ambiente, la administración del agua, entre otras. De tal forma que el gobierno, con el apoyo de las instituciones y el sector privado implementen, vigilen y sancionen a los infractores de las normas establecidas.

El control de las enfermedades infecciosas en animales acuáticos es análoga al control de enfermedades de organismos terrestres que se cultivan. Al igual que ésta, un sistema de detección temprana es vital para reducir el impacto sobre la industria. Para ello se debe tener un eficiente sistema de medidas preventivas, de inspección, de diagnóstico y de control, a través de un control sanitario de las

granjas, contar con las herramientas de diagnóstico y cuarentenas apropiadas, estandarizadas, actualizadas y aprobadas a nivel mundial.

Para lograr lo anterior, es necesario realizar un esfuerzo encaminado a la firma de un acta de acuerdo entre los sectores involucrados, en el que se especifique el papel y el compromiso de cada actor. El objetivo del documento sería prevenir, controlar y erradicar las enfermedades de los organismos acuáticos cultivados y silvestres, dándole prioridad a las medidas preventivas ya que se ha demostrado que son más efectivas, económicas y no se requiere el uso de medicamentos.

3.1. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Debido a la importancia de la industria de la acuacultura y de las enfermedades como un factor que restringe el desarrollo de la actividad, diversas instituciones de investigación en varios estados de la República han implementado líneas de investigación, laboratorios de diagnóstico de enfermedades, cursos de patología a varios niveles (técnico, licenciatura y posgrado) para apoyar el sano desarrollo de la actividad.

En este sentido, las universidades y los institutos de investigación han sido fundamentales para avanzar en la solución de la problemática. A raíz de la aparición de las enfermedades en México, principalmente de los virus que se han presentado en el cultivo del camarón, se han implementado en diversas instituciones las técnicas más avanzadas para el diagnóstico y la investigación de éstas patologías. Actualmente el uso de la histología, microscopía electrónica, técnicas de biología molecular como el dot blot, hibridación in situ, Reacción en Cadena de la Polimerasa, etc., son de uso común para el diagnóstico y la investigación. Sin embargo, debido a la variedad de métodos y técnicas utilizadas, se reconoce en el ámbito mundial que es necesario que se estandaricen y homologuen con las aprobadas a escala internacional.

En los últimos 10 años, se inició el desarrollo de diversas líneas de investigación orientadas a brindar soluciones a los problemas de salud de los organismos acuáticos que se cultivan. El trabajo no ha sido fácil pues se requirió en primer término del entrenamiento de los profesionistas a nivel de maestría y doctorado, en las diversas ramas de la patología así como de la capacitación de personal técnico en diversas metodologías y técnicas especializadas. En segundo lugar la implementación de laboratorios con equipos apropiados y más avanzados, lo cual requirió de un gran esfuerzo dado el costo económico que esto representa y dadas las condiciones económicas del país. De esta manera, actualmente existen alrededor de 18 instituciones que de alguna manera se dedican a la investigación en uno o varios aspectos de la patología, tales como, inmunología, bacteriología, virología, parasitología, histopatología, técnicas de biología molecular etc., tanto

de peces, crustáceos como de moluscos, siendo actualmente a los camarones a los que se les dedica el mayor esfuerzo. Estas investigaciones están empezando a dar frutos tanto en la investigación básica como la aplicada. Paralela a las líneas de investigación estrictamente en la rama de la patología, otros investigadores están buscando soluciones alternativas al problema de las enfermedades, como es el caso de la domesticación de las especies nativas que se cultivan en México y la selección genética de especies resistentes a las enfermedades.

La información generada de las investigaciones ayudará a establecer zonas libres de enfermedad en México, con el objeto de proteger éstas de la introducción de agentes patógenos específicos, así como para facilitar el comercio entre zonas de similar estado de salud. Con ésta delimitación se podrá evitar la dispersión de enfermedades e incluso ayudar a erradicar determinadas enfermedades en aquellas zonas no libres de ésta. Para la obtención de mejores resultados es necesaria la participación a nivel regional para el establecimiento de estrategias a fin de evitar la dispersión transfronteriza de patógenos en animales acuáticos.

La industria privada en América Latina también ha jugado un papel importante en proponer medidas de mitigación que contrarresten los efectos del impacto de las enfermedades. En el caso del camarón, diversas industrias se han dedicado al desarrollo de líneas de camarón resistentes a varias enfermedades (SPR), específicamente a los virus IHNV y TSV. Esta operación se ha realizado mediante la reproducción de organismos en laboratorio en ciclos cerrados y llevando a cabo varias generaciones en las cuales se van seleccionando los organismos supervivientes a las enfermedades. Los resultados de dicha selección ha resultado benéfica para los productores en México, ya que se ha podido reducir el impacto de dichas enfermedades. Sin embargo, y con el fin de evitar la introducción de especies de otros países, es fundamental la domesticación total de las especies.

Por otro lado, es bien conocido que si con la movilización de organismos acuáticos vivos se tiene el riesgo de transportar también sus patógenos, es necesario continuar con las investigaciones sobre el potencial que brindan las especies nativas y desarrollar programas biotecnológicos que permitan la domesticación de éstas, lo cual significaría la reducción de estos riesgos asociados. Con la diferencia de que las especies nativas por tener una historia evolutiva en estos lugares tienen un crecimiento bien adaptado a las condiciones climáticas existentes, tienen cierta tolerancia y resistencia a los patógenos locales y no representan ninguna amenaza a la biodiversidad de la región.

4. ACCIONES A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO

4.1. Acciones a corto plazo

- Capacitar en prácticas de buen manejo a los técnicos de las granjas, con el fin de prevenir las enfermedades mediante sistemas de cultivo bioseguros y medio ambiente limpio.
- Estandarizar las técnicas y metodologías utilizadas para el diagnóstico e investigación de las enfermedades de organismos acuáticos
- Desarrollar programas para mejorar la calidad, salud y estado sanitario de los huevos/larvas/crías/reproductores crustáceos, peces y moluscos, producidos en los laboratorios comerciales, a través del desarrollo de técnicas que se estandaricen, validen, armonicen y se llegue a un acuerdo entre los productores de postlarvas tanto nacional como internacionalmente.
- Desarrollar programas para mejorar la calidad, salud y estado sanitario de huevos/larvas/crías/reproductores de crustáceos, peces y moluscos que se introducen del extranjero a través del desarrollo de técnicas que se estandaricen, validen y armonicen.
- Establecer un sistema de información (base de datos) sobre la salud de los animales acuáticos silvestres y cultivados en México, con el fin de proporcionar información vital requerida para reducir el movimiento transfronterizo de patógenos. Esta información deberá estar disponible a todos los interesados.
- Actualizar la normatividad vigente en nuestro país, con base en los listados de organismos patógenos notificables y certificables reconocidos por la Office International des Epizooties con el objetivo de reducir riesgos de introducción y dispersión de enfermedades asociados a las importaciones y movilizaciones tanto de organismos acuáticos vivos como de sus productos o subproductos.
- Incorporar los nuevos conocimientos generados sobre enfermedades para el desarrollo de planes de contingencia para detección de patógenos exóticos.

4.2. Acciones a mediano plazo

- Desarrollar a nivel regional guías técnicas y estándares armonizados a nivel nacional, regional o intercontinental sobre técnicas de cuarentena de animales acuáticos y certificación de la salud para su movimiento transfronterizo, a fin de minimizar los riesgos de brotes y dispersión de enfermedades tanto en las especies cultivadas como hacia las poblaciones nativas y proteger el ecosistema en general.
- Contar en México con laboratorios de certificación de enfermedades de organismos acuáticos, validados a nivel nacional, regional e inter-regional.
- Contar en México con áreas de cuarentena para organismos acuáticos, validados a nivel nacional, regional e inter-regional.
- Establecer zonas libres de enfermedad en México.
- Adoptar prácticas como el análisis de riesgos para las importaciones que otros países ya están aplicando con el fin de eliminar los riesgos de que las personas, organismos vivos acuáticos o sus productos, introduzcan enfermedades y plagas desde el extranjero

4.3. Acciones a largo plazo

- Lograr la total domesticación de los organismos acuáticos que se cultivan en México, ya sean exóticos o nativos.
- Llevar a cabo investigación sobre selección genética para lograr organismos resistentes a las enfermedades.
- Realizar investigación sobre inmunoestimulantes, tratamientos terapéuticos, control biológico y otros métodos de control que sea amigable para los organismos acuáticos y libre de peligro para el medio ambiente y el hombre.
- Desarrollo de pruebas de diagnóstico sensibles y específicas para un mayor número de enfermedades tanto para peces como para moluscos y crustáceos.

5. CONCLUSIONES

- Las enfermedades son hoy en día el principal factor que restringe el desarrollo sano de la acuicultura.
- Debido a la globalización y al comercio internacional, las enfermedades no tienen fronteras ni barreras
- Factores como medio ambiente adverso, mal manejo y movimiento irresponsable de organismos acuáticos han ocasionado a nivel global el brote de epidemias en sistemas de cultivo de peces, crustáceos y moluscos.
- Las enfermedades no solo tienen un impacto negativo sobre los organismos acuáticos de interés, sino también efectos indirectos sobre el ecosistema acuático y la diversidad biológica.
- Para controlar las enfermedades se tienen que tomar acciones conjuntas a nivel nacional, regional e inter-regional entre los 3 sectores involucrados, el productor, el académico y el gubernamental
- En México se tienen avances importantes con relación a las medidas de contingencia para prevenir y controlar a las enfermedades, sin embargo, no son suficientes y se tiene que dar mayor esfuerzo para lograr una acuicultura sustentable.
- Para lograr lo anterior, se tienen que dar pasos importantes a corto, mediano y largo plazo.
- El importante tomar en consideración y adoptar e implementar en la medida de los avances y las posibilidades los códigos, reglamentos, guías y acuerdos aprobados y firmados a nivel internacional con el fin de lograr que la acuicultura realmente contribuya a satisfacer y asegurar el alimento de las personas, que eleve el nivel de vida de las gentes más necesitadas, que alivie la pobreza, asegure el ingreso, el empleo y el comercio en México.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. APEC/FAO/NACA. 2000. Reunión de expertos sobre Movimiento transfronterizo de patógenos en animales acuáticos y para el desarrollo de estándares armonizados en Sanidad Acuícola. Puerto Vallarta, Jalisco. México. Documento borrador.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1995. Code of Conduct for responsible Fisheries, Rome FAO. 41p.
3. Gjedrem, T. and Fimland, E. 1995. Potential benefits from high health and genetically improved shrimp stocks. In: Graig, L. Browdy and J. Stephen Hopkins (Eds). Swimming through troubled water. Proceedings of the special Session on Shrimp. Farming. The World Aquaculture Society, 60-65
4. NACA, FAO. 2000. Aquaculture Development Beyond 2000: The Bangkok Declaration and Strategy. Conference on Aquaculture in the Third Millenium, 20-25 february 2000. Bangkok, Thailand. NACA, Bangkok and FAO Rome, 27pp.
5. Office International des Epizooties. 2000. Fish diseases Commission Protecting Aquatic Animal Health. Francia. 8 pp.

XXV. CRECIMIENTO RESPONSABLE Y DESARROLLO DE LA ACUACULTURA NACIONAL EN LOS PRÓXIMOS 20 AÑOS

Dr. Porfirio Álvarez Torres

Director General de Investigación en Acuacultura del Instituto Nacional de la Pesca

Esta sección se dedica a brindar una orientación y reseña sintética de las acciones más apremiantes para impulsar el desarrollo de la acuacultura en México a partir del año 2000 en clara concordancia y armonía con los indicadores mundiales y basado en los estándares y exigencias internacionales planteados para lograr dicho desarrollo responsable y perdurable.

1. ACCIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA

Como parte de las actividades que el Instituto Nacional de la Pesca deberá impulsar y orientar para el desarrollo responsable de la acuacultura nacional se presentan a continuación los temas de mayor relevancia:

- Fortalecer el apoyo institucional,
- Mejorar la educación y capacitación,
- Ampliar la Inversión económica en investigación y desarrollo,
- Mejorar el flujo de información y comunicación entre los sectores,
- Mejorar la sustentabilidad ambiental,
- Manejo de la salud animal de organismos acuáticos,
- Mejorar los aspectos de nutrición en la acuacultura,
- Desarrollo de la acuacultura y su incorporación hacia el desarrollo rural y
- Mejorar las actividades de repoblación y las pesquerías basadas en la repoblación de especies.

1.1. FORTALECIMIENTO DEL APOYO Y CAPACIDAD INSTITUCIONAL

Es menester y una prioridad incrementar el apoyo y fortalecer las instituciones y organizaciones nacionales y regionales existentes dedicadas a la acuicultura. Promoviendo el apoyo al interior del país para el establecimiento y operación de organizaciones regionales. Además de que se debe mantener el perfil del arreglo institucional actual, con un balance y congruencia entre el fomento productivo y el uso sustentable de los recursos naturales involucrados.

En ese sentido se deberá evaluar el esfuerzo institucional respecto al abasto de crías buscando mejorar la cantidad y la calidad, evaluando la calidad de los servicios de extensión y asistencia técnica. Para ello cual se requiere generar esquemas de operación institucional de atención eficiente y mecanismos de acción complementaria y apoyo a la producción acuícola, con la participación de gobiernos locales y de los productores. En definitiva la acuicultura tendrá que producir nuevas fuentes de proteína, con ello y su adecuado desarrollo Incrementará el ingreso externo.

1.2. MEJORAR LA EDUCACIÓN Y LA CAPACITACIÓN

Uno de los aspectos relevantes para lograr el desarrollo de la acuicultura se basa en los avances que sobre educación y capacitación se puedan realizar, Para ello se requiere fomentar el aprendizaje basado en una visión multidisciplinaria de los problemas del sector. Utilizar la educación moderna y herramientas de comunicación moderna, promover la cooperación regional y desarrollo de la curricula, intercambio de experiencias y desarrollo del conocimiento base de apoyo y recursos materiales.

1.3. AMPLIAR LA INVERSIÓN ECONÓMICA EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

El concepto de desarrollo basado en el avance tecnológico y la mejor evidencia científica es una obligación necesaria para lograr dicho desarrollo, por lo que se necesita fortalecer los mecanismos para mejorar las ligas entre investigación, extensión y producción, con arreglos base de colaboración entre instituciones del sector publico y privado. En ese sentido la cooperación regional así como el esfuerzo continuo para construir una mayor habilidad de los investigadores involucrados en el desarrollo de la acuicultura constituyen una tarea necesaria.

El fortalecimiento de la investigación científica y tecnológica mediante los enlaces y redes entre instituciones de investigación y productores ha resultado tener excelentes éxitos y avances, con foros que permiten hacer uso del enfoque multidisciplinario, y con mecanismos de cooperación específicos entre las instituciones participantes.

Se requiere avanzar en temas estratégicos de investigación en el campo de la aplicación de la genética y la biotecnología a la acuacultura, mejorar la calidad y seguridad de los productos de la acuacultura entre otros temas de interés.

En general se deberán ampliar los mecanismos para el financiamiento conjunto de la investigación acuícola y mejorar los procedimientos y estrategias de investigación acuícola. Esto último se puede lograr ampliando el acceso a la cooperación técnica internacional, y la promoción del desarrollo de mercado y la comercialización, para finalmente en este tema de impulsar la aplicación de aspectos innovadores en la acuacultura.

1.4. MEJORAR EL FLUJO DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

La acuacultura requiere de herramientas modernas, y la información técnica en tiempo real, mantiene un vínculo particular con las formas de comunicación, para ello se deberá establecer mejores formas de cooperación regional y acceso a sistemas de red. La información sobre los avances tecnológicos y conocimiento científico necesita asimismo de revistas científicas regionales de alto nivel.

Las instituciones dedicadas a la investigación acuícola deberán fortalecer la capacidad institucional para determinar los requerimientos de datos y la selección de datos y su manejo, mejorar el entrenamiento, evaluación y condiciones de comunicación. El uso efectivo de las nuevas tecnologías será vital para mejorar el flujo de la información y políticas de administración y prácticas de la acuacultura.

Finalmente se requiere ampliar los foros apropiados para el intercambio y retroalimentación de información y proveer de mecanismos efectivos para la difusión de información relevante para todos los usuarios.

1.5. MEJORAR LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL

Para lograr el desarrollo pleno e integral de la acuacultura se deberá promover de manera continua la vinculación con el desarrollo acuícola con el ambiente. Fortaleciendo su potencial basado en las diversas regiones ecológicas y de especies. Para lo cual se requiere impulsar la diversificación de las especies de uso acuícola.

Considerando la continua intensificación de la producción acuícola, se deberá controlar el aporte de nutrientes y energía, incrementando el cuidado y la eficiencia en los sistemas costeros. Por lo que la ordenación y regularización de la actividad acuícola en la zona costera es un paso inminente. Asimismo, se deberá avanzar el reducir los problemas de abasto de insumos, y se deberá mejorar los productos sustitutos y/o generar acciones alternativas para los sistemas productivos, impulsando su autodependencia.

Los esfuerzos de las instituciones y productores acuícolas para minimizar los impactos ambientales generados, la mejora de la eficiencia de energía en los cultivos, nutrientes y la reducción de la cantidad de residuos al ambiente serán de gran valor para generar una actividad productiva limpia y perdurable.

1.6. MANEJO DE LA SALUD ANIMAL DE ORGANISMOS ACUÁTICOS

Un aspecto esencial se refiere a las condiciones sanitarias en las que se realizan los cultivos, en donde existe una demanda que va en aumento, por ello se deberá fortalecer los servicios de asistencia a la producción acuícola. Ampliar la capacidad existente, mediante la educación y extensión, desarrollar e implementar mecanismos nacionales eficientes de reporte de enfermedades, bases de datos y otros mecanismos. En donde la adopción y aplicación de medidas ambientales, criterios de evaluación e indicadores del desarrollo de la acuacultura es factor determinante para el éxito productivo de la actividad acuícola.

Lo anterior se liga al apoyo para la adopción de las mejores prácticas de manejo y Códigos de Conducta y su vinculación con las regulaciones y políticas existentes, con un uso de sistemas eficientes de cultivo, del agua, tierra y alimento, uso de especies de niveles bajos de la cadena alimenticia y el establecimiento de estrategias para integrar la acuacultura al manejo de la zona costera. Lo cual deberá observarse con un estricto cumplimiento de condiciones de capacidad de carga regional y local.

Finalmente la difusión de resultados sobre mejores prácticas de manejo ambiental acuícola será un aspecto de gran relevancia que coadyuve a generar una mejor imagen hacia los consumidores y sociedad sobre las bondades productivas de la acuacultura y su relación sana con el medio ambiente.

1.7. MEJORAR LOS ASPECTOS DE NUTRICIÓN EN LA ACUACULTURA

Se deberá inducir el uso de ingredientes producto del desperdicio derivado de la agricultura y subproductos de la pesca. Mejorar la manufactura del alimento y su calidad. Adoptar estrategias de alimentación efectivas y generar un mejor entendimiento de la bio-disponibilidad de nutrientes y la interacción de los ingredientes del alimento.

1.8. DESARROLLO DE LA ACUACULTURA Y SU INCORPORACIÓN HACIA EL DESARROLLO RURAL.

La acuacultura contiene una alta dosis de interés y participación social, particularmente en regiones rurales, sin embargo se observa necesaria su incorporación y desarrollo mediante instancias nacionales con prioridades claras, coordi-

nadas y enlazadas con los centros de investigación en apoyo al sector productivo.

Por lo anterior se deberá enfatizar en impulsar programas con alcances integrales y de alto impacto social. Estableciendo programas con financiamiento continuo y de largo plazo. Desarrollando procedimientos sistemáticos de evaluación del desarrollo acuícola con una ampliación oportuna del análisis hacia los temas de costos de operación productiva. Así mismo, se deberá contar con mecanismos adecuados para la venta de crías para proyectos de acuacultura comercial y donación para proyectos de acuacultura social e implementar un sistema nacional de transferencia y validación tecnológica.

En ese sentido, se deberá promover la validación de tecnologías bajo condiciones de campo y económicas reales. Fortaleciendo los grupos de usuarios y productores acuícolas, promoviendo la vinculación entre sectores mediante políticas de inducción para que los productores acuícolas inviertan en investigación.

1.9. MEJORAR LAS ACTIVIDADES DE REPOBLACIÓN Y LAS PESQUERÍAS BASADAS EN LA REPOBLACIÓN DE ESPECIES

En México la contribución de la producción de crías en los centros acuícolas del Gobierno Federal, estatal y municipal ha contribuido a la producción pesquera en aguas continentales, sin embargo se requiere dar un mayor impulso al manejo integral de los embalses. Mejorando la producción de crías y su calidad en los Centros Acuícolas, estableciendo un sistema nacional de planeación de siembra en embalses y aplicando mecanismos de monitoreo permanente.

Efectuar la repoblación con organismos de tallas adecuadas para incrementar su sobrevivencia y producción pesquera en embalses será sin duda parte de las estrategias a seguir en los próximos años, evitando la entrecruza de organismos y la erosión genética, se requiere entonces, mantener la integridad de las poblaciones en todos los embalses y aguas de jurisdicción federal. Así mismo, se deberá minimizar la posibilidad de transferencia de poblaciones genéticamente modificadas y realizar evaluaciones periódicas de la diversidad genética.

Especial atención se debe mantener en el conocimiento de las capturas y el esfuerzo pesquero aplicado en las pesquerías de aguas interiores, contribuyendo a mantener recursos sanos y perdurables, su conservación dependerá de la aplicación de herramientas modernas de análisis de las pesquerías, la mejora productiva basada en la producción de calidad de alevines y crías depositadas en los embalses y finalmente la calidad de la información del proceso productivo.