



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

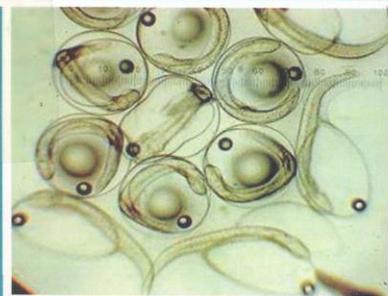
SAGARPA

INSTITUTO
NACIONAL
DE LA PESCA

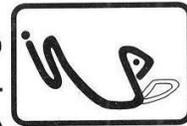


Memorias de la Segunda Reunión Nacional de la Red de Cultivo de Peces Marinos

2do. FORO INTERNACIONAL DE ACUACULTURA
Un encuentro con la Biotecnología

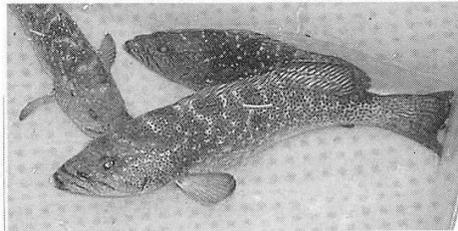


Hermosillo, Sonora del 1 al 3 de diciembre, 2005



SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA



**“MEMORIAS DE LA SEGUNDA
REUNIÓN NACIONAL DE LA RED
DECULTIVO DE PECES MARINOS”**

**2do. FORO INTERNACIONAL DE ACUACULTURA.
UN ENCUENTRO CON LA BIOTECNOLOGÍA**

**1 - 3 de Diciembre de 2005
Hermosillo, Sonora, México**

DIRECTORIO

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

LIC. FRANCISCO JAVIER MAYORGA CASTAÑEDA

Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

DR. GUILLERMO COMPEÁN JIMÉNEZ

Director en Jefe del Instituto Nacional de la Pesca

DR. CARLOS RANGEL DÁVALOS

Director General de Investigación en Acuicultura

BIOL. LUIS BELENDEZ MORENO

Director General de Investigación Pesquera del Pacífico Norte

M. EN C. IGNACIO MÉNDEZ GÓMEZ-HUMARÁN

Director General de Investigación Pesquera en el Pacífico Sur

DR. RAFAEL SOLANA SANSORES

Director General de Investigación Pesquera en el Atlántico

M. en C. MARGARITA HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ

Dr. CARLOS RANGEL DÁVALOS

Biól. MANUEL GARDUÑO DIONATE

Téc. ISMAEL MORA CERVANTES

Editores

ISBN968-800-704-8

Noviembre de 2006 – Impreso en México – Printed in México

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Municipio Libre No. 337, P.B. Ala A, Col. Sta. Cruz Atoyac
Delegación Benito Juárez, CP 03310, México, D.F.

Instituto Nacional de la Pesca
Pitágoras No. 1320, Santa Cruz Atoyac
Delegación Benito Juárez, CP 03310, México, D.F.

Todos los derechos reservados, prohibida la reproducción parcial o total, incluyendo cualquier medio electrónico o magnético con fines comerciales. Esta publicación es de divulgación científica y para fines de investigación.

ÍNDICE

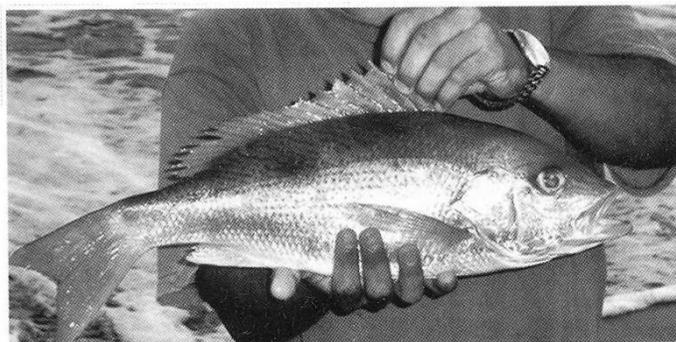
INSTITUCIONES PARTICIPANTES	5
PRÓLOGO	7
PALABRAS DE BIENVENIDA	9
OBJETIVOS DE LA REUNIÓN	13
DINÁMICA DE TRABAJO	
M. en C. Margarita Hernández Martínez	15
ETAPA INFORMATIVA	19
Red Nacional sobre cultivo de peces marinos	
M. en C. Margarita Hernández Martínez	23
Fortalecimiento institucional para el desarrollo	
de biotecnologías de cultivo acuícolas	
Biól. Juan Antonio Pérez	31
Fortalecimiento técnico para el desarrollo de la biotecnología	
del cultivo de Totoaba	
Dr. Conal David True	37
Avances en la reproducción del Botete Diana	
y Pargo Flamenco en el CIAD Mazatlán	
Dr. Luis Sergio Álvarez Lajonchère	45
Cultivo comercial de Jurel	
Dr. Rex Ito	59
Desarrollo biotecnológico del cultivo	
del Jurel Cola Amarilla (<i>Seriola lalandi</i>)	
Dra. Araceli Avilés Quevedo	63
Engorda de Pargo en jaulas flotantes	
Dra. Araceli Avilés Quevedo	73
Investigación de la biología reproductora y el ciclo vital	
temprano del Atún Aleta Amarilla (<i>Thunnus albacares</i>), en cautiverio	
Dr. Vernon Scholey	81
La siguiente generación de jaulas flotantes en México	
M. I. Alfredo Vázquez	89
Unidad de producción de semilla de Lengado, (<i>Paralichthys californicus</i>)	
Dr. Benjamin Barón Sevilla	119
ETAPA INTERROGATIVA	129
Sesión de preguntas y respuestas	132
ETAPA DECLARATIVA	147
Árbol de Problemas	152
ETAPA RESOLUTIVA.....	157
CONCLUSIONES.....	161
PERIL DE LOS ASISTENTES A LA REUNIÓN	165
LISTA DE ASISTENTES.....	171

Instituciones, Dependencias y Centros Participantes

- Acuícola México S. A. de C.V. / Acuícola "La Tatahuila" S.A. de C.V.
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. - Unidad Mazatlán (CIAD-Mazatlán).
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).
- Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE).
- Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDESMICH).
- CEDES
- Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura, Dirección General de Organización y Fomento (CONAPESCA-D.G.O.F.).
- Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Nayarit (CESANAY).
- Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN).
- Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, A. C. (COSAES).
- Consorcio Super.
- Saucedo y Asociados.
- Cría Fresh S. A.
- Cultivos Técnicos del Mar Subcaliforniano S. A.
- Dirección de Pesca, Gobierno del Estado de Nayarit (DIPESCAGOBNA).

-
- Federación de Cooperativas Pesqueras "Guasave", Sinaloa.
 - Fundación Chile.
 - Granjas Aquanova.
 - Granja Vizsomar.
 - Greenpeace – México.
 - Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora (IASON).
 - Instituto de Acuicultura del Estado de Jalisco (IAJAL).
 - Instituto Nacional de la Pesca (INP).
 - Ixoye Marinos S. C. de R. L.
 - Ixoye Tropicales S. A. de C. V.
 - Maricultura del Pacífico S. A. de C. V.
 - Procesadora de Alimentos Rikomarg S. A. de C. V.
 - Programa Sea Grant, Universidad de Puerto Rico.
 - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de Baja California (SAGARPA - B.C.).
 - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de Jalisco (SAGARPA - JAL.).
 - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de Sonora (SAGARPA - SON.).
 - Secretaría de Desarrollo Rural de Jalisco – Instituto de Acuicultura de Jalisco.
 - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura del Gobierno de Sonora (SUBSEPESCAGOBSON).
 - Tubos Chulavista S. A. de C. V.
 - Universidad Autónoma de Baja California (UABC).
 - Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco (UAM-Xochimilco).
 - Universidad Autónoma de Nayarit (UANAY).
 - Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJATAB).
 - Universidad Veracruzana, Centro de Ecología y Pesquerías.

Prólogo



El Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006, del Plan Nacional de Desarrollo, considera a la pesca y a la acuicultura como actividades de seguridad alimentaria nacional. De acuerdo, a reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2002, 2004) sobre el Estado Actual de la Pesca y la Acuicultura, considera a esta ultima como la industria de producción de alimentos que mayor crecimiento ha registrado a nivel mundial, reportándose una tasa promedio de 8.9% desde 1970, superior a la pesca extractiva que sólo ha crecido 1.2%. En el contexto nacional los estudios realizados por el Instituto Nacional de la Pesca, sobre el Estado de las Pesquerías, estos indican que el 78 % de las pesquerías se encuentran en el Máximo Aprovechamiento Sustentable; el 15 % en Deterioro y solamente el 7.0 % con Potencial de Desarrollo (Carta Nacional Pesquera, 2006). A partir de esta evaluación, podemos considerar a la acuicultura y en especial al cultivo de peces marinos como una alternativa para contribuir al abasto alimentario nacional.

Wurmann (2005), reporta que en 2001-2002 la producción de peces marinos por cultivo representó sólo el 0.02 % en América Latina y el Caribe, no sobrepasando las 2,300 toneladas, valoradas en más de 24 millones de dólares. En México, la maricultura de especies de escama, tiene un escaso desarrollo, el cual se ha enfocado principalmente a investigaciones sobre cabrilla, botete,

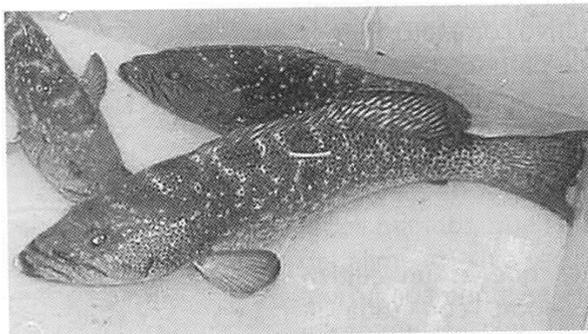
pargo, lenguado, robalo y totoaba, limitándose en otros casos a la engorda de especies como atún, jurel, corvina, botete, pargo, huachinango y robalo.

En la presente Reunión Nacional sobre Cultivo de Peces Marinos, realizada en el marco del 2do. Foro Internacional de Acuicultura, se identificaron y estimaron los avances y las limitaciones que enfrenta esta actividad. Durante esta, se hizo notar la necesidad de profundizar en el conocimiento biológico de las especies potenciales de cultivo, aunado al fomento del desarrollo tecnológico, que deriven en el dominio de la biotecnología de cultivo. Una de las principales limitantes detectadas para el desarrollo del cultivo de peces a nivel comercial es la falta de semilla, ya que la producción de esta aún se encuentra a nivel experimental y existe una dependencia del medio natural para el abastecimiento de las unidades de producción, por lo es prioritario fortalecer y crear laboratorios productores de semilla de especies nativas a escala comercial.

Lo anterior implica la ejecución de acciones concertadas y del establecimiento de acuerdos entre los sectores, que conduzcan al desarrollo sustentable de la actividad en México.

Dirección General de Investigación en Acuicultura
Instituto Nacional de la Pesca

Palabras de Bienvenida



Dr. Guillermo Compeán Jiménez
Director en Jefe del
Instituto Nacional de la Pesca

Bienvenidos todos a esta sesión de peces marinos, donde a lo largo de tres días habrá una serie de presentaciones sobre las experiencias de cultivo de estos organismos. Antes de darle la palabra a los primeros ponentes, comentaré algunas generalidades para resaltar la importancia que tienen los peces marinos para México. Lo primero que les aclararía es que el cultivo de peces marinos en el sentido estricto no incluye nada más peces marinos, también hay potencial de cultivo de peces de agua dulce en aguas marinas, ya tenemos una experiencia que se está realizando en México con el robalo rayado, que se está engordando en México en aguas marinas. También hay la posibilidad del cultivo de trucha en agua marina. Son temas que se tienen que explorar en algún momento, sin embargo, cuando decimos peces marinos nos estamos refiriendo principalmente a especies y cultivos en aguas marinas, y ya tenemos bastantes experiencias, tenemos el cultivo de atunes, principalmente la engorda de atún aleta azul, y a lo largo de estos días van a ver algunas presentaciones de lo que se ha avanzado.

Este cultivo se inició hace 12 años, cuando por primera vez se intentó engordar atún aleta azul; posteriormente se ha engordado también atún aleta amarilla, no con el mismo éxito, sobre todo por cuestión de costos y del precio que alcanza el producto final, pero

el cultivo de atún aleta amarilla tiene un gran futuro; hay un ciclo ya prácticamente completo para el atún aleta amarilla. Estamos hablando de un cultivo donde no vamos a usar especímenes, juveniles o semillas del medio natural, sino ya prácticamente de ciclo completo, se requiere alcanzar un nivel de costos y de tecnología que nos permitan llegar a un cultivo completo. Hemos hecho inclusive experiencias de engorda de patudo, del atún ojo grande o big eye. Se ha engordado una pequeña cantidad y se demostró que sí se alimenta, que sí acepta el alimento aunque no esté vivo, ya se tiene también ahí una experiencia que a futuro va a tener un efecto importante.

Tenemos por otro lado al jurel, sabemos que es un cultivo desarrollado desde hace 30 años en Japón, con toda la problemática de la obtención de semilla y su viabilidad, y se siguen utilizando juveniles. Ya hay cultivos comerciales de jurel en México; es necesario encontrar la rentabilidad y esa unión entre la investigación y los productores vuelve a esta actividad cada vez más importante y más desarrollada.

Se tienen experiencias exitosas en México con pargos y guachinangos como es el caso de su engorda en el Pacífico Mexicano, desde Chiapas hasta Baja California Sur, y se ha demostrado que es una especie que se puede domesticar fácilmente, que se les mantiene en jaulas como a cualquier especie de ciclo completo, no hay problemas de estrés, son manejables. El problema que tenemos es la obtención de semilla, seguimos batallando con el ciclo completo. Hay alrededor de cinco instituciones trabajando en desarrollar la producción de juveniles, y en cualquier momento va a detonar también, es un producto que ya tiene mercado, esa es otra gran ventaja, no es un producto al que haya que buscarle mercado; el huachinango y el pargo se venden solos, ya que la demanda es continua durante todo el año y alcanza muy buen precio. Durante la engorda, acepta perfectamente los alimentos balanceados, las experiencias que menciono son con uso de alimentos balanceados, ni siquiera hay que pensar en adaptarlos a que se alimenten artificialmente. Hay que desarrollar mejores alimentos, en esta reunión se hablará también de ese tema. Hay otras especies que ya alcanzaron niveles comerciales, todavía experimentales, pero ya se venden, como es la cobia en el Golfo de México, ya se está vendiendo y funciona muy bien, tiene muy buena demanda en el mercado, es muy apreciado, es el llamado esmedregal en México. Tenemos también el robalo marino, donde hay experiencias que se están haciendo en Tamaulipas, todavía no comerciales, pero también es algo que ya tiene mucho futuro. Hay una experiencia de más de 50 años de cultivo de lisa

en el Mediterráneo, en ciclo completo y capturando juveniles del medio, y en México se tiene ese potencial. La gónada alcanza precios tan altos que pagarían muy bien su cultivo.

Es muy importante lo que se ha hecho en los últimos 5 años sobre el manejo de instalaciones para cultivo de peces en altamar. Se está desarrollando una gran experiencia en México donde hay técnicos con 15 años de experiencia en manejo de ranchos marinos, parte importante en cultivo de peces: el manejo de los ranchos marinos y las jaulas flotantes. Se presentan problemáticas grandes, desde ecológicas en la zona del cultivo de atún, como la presencia de lobos marinos, que se acercaban continuamente a aprovecharse del alimento vivo y congelado, la sardina. Era un problema que afortunadamente se está manejando bien y ya no hay ninguna interferencia, con desarrollos muy simples, como el haber establecido un cerco eléctrico similar al que ponen para el ganado en los ranchos, que no le hace daño a los organismos, simplemente con eso se han alejado. Hay otros problemas, como es el manejar las jaulas a nivel de buenos anclajes, que soporten los ciclones y las marejadas de invierno. En México sabemos los efectos que puede producir un ciclón, y se ha generado experiencia invaluable en el manejo de anclaje de estas jaulas tan grandes.

Todo esto va a servir para avanzar en el cultivo de peces marinos, hay una gran experiencia tecnológica que se está acumulando, así como el desarrollo de alimentos balanceados, que permiten definir al proceso de cultivo de peces marinos como una actividad económica seria y programada.

Dr. Carlos Rangel Dávalos

Director General de Investigación en Acuicultura

El cultivo de peces marinos en México se ha vuelto una actividad con enorme participación de productores, autoridades e investigadores, todos reunidos en este foro. Hace dos años se llevó a cabo la primera reunión de Redes de Acuicultura de Peces Marinos, donde se identificaron los procesos a realizar para promover su desarrollo, y ahora vamos a evaluar esas acciones y avances tan importantes, que fueron fuertemente apoyados por CONAPESCA. Estamos también para mejorar y acelerar las posibilidades de trabajo en esta reunión.

Objetivos de la Reunión

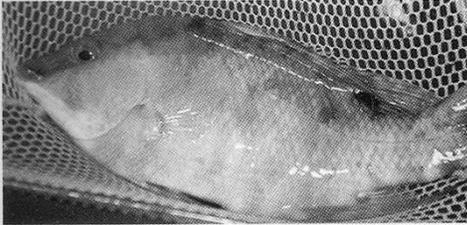


Informar al sector, sobre los avances en ciencia y desarrollo tecnológico en cultivo de peces marinos.

Definir y cuantificar los problemas prioritarios que afectan al desarrollo del cultivo de peces marinos y que puedan ser abordados a través de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

Formular propuestas viables para su atención

Dinámica de Trabajo



M. en C. Margarita Hernández Martínez
Dirección General de Investigación en Acuicultura.
Instituto Nacional de la Pesca
margaritahernandezmx@yahoo.com

La reunión se realizó conforme a la Técnica TKJ, modificada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y la cual se ajustó a la presente reunión, debido a que en el mes de mayo de 2002 en el marco de la 1ª. Reunión Nacional sobre Cultivo de Peces Marinos, celebrada en la cd. de La Paz, B.C.S., se iniciaron los primeros trabajos conjuntos para conocer la situación del cultivo de peces marinos de acuerdo a la opinión de los diferentes sectores involucrados con esta actividad, de modo que uno de los objetivos de esta reunión fue dar seguimiento a los problemas identificados previamente en la reunión del año 2002.

La dinámica de trabajo constó de cuatro etapas:

Etapa Informativa

Durante esta sesión los expositores invitados integraron su conocimiento y experiencia presentaron en sus conferencias magistrales un panorama general de la situación técnica y científica del cultivo de peces marinos, lo cual permitió a través del análisis de datos y resultados expuestos, integrar un marco de referencia que permitió formar un criterio de la situación y problemática que enfrenta esta actividad en México.



Etapa Interrogativa

Una vez actualizado y fortalecido el marco de referencia, se generó un intercambio de opiniones técnicas entre los participantes, por lo que en esta etapa los asistentes formularon preguntas escritas en tarjetas a los ponentes sobre los temas expuestos, tanto para la aclaración de dudas, planteamiento de nuevas inquietudes e incluso comentar resultados de experiencias sobre los temas abordados en la Etapa Informativa. Como producto esperado de esta etapa fue el poder relacionar los problemas que se presentan en las diferentes especies de peces marinos en nuestro país, con alternativas de solución derivadas del conocimiento técnico y científico obtenido como resultado de los trabajos de los

investigadores y productores participantes, así como el poder intercambiar experiencias sobre los avances o limitaciones que se presentan dentro de la actividad.



Etapa Declarativa

El objetivo de esta etapa fue definir, dimensionar y priorizar la problemática del sector productivo existente, a partir del siguiente enunciado: "CUALES SON LAS LIMITANTES PARA EL CULTIVO DE PECES MARINOS", con lo cual los participantes de la mesa escribieron en una tarjeta un problema que afecte a su unidad de producción, pudiendo escribir tantas tarjetas como problemas se presenten.

Esta etapa fue de asistencia restringida y se contó con la participación de representantes de centros de investigación, productores e instituciones de gobierno estatal y federal. En esta sesión se busca la representatividad del sector para obtener una diversidad de opiniones y necesidades, por lo que únicamente se permitirá la participación de un representante por unidad de producción, sin embargo, estos pueden recibir y ser los portadores de la problemática de otros participantes de su mismo centro de trabajo.

Los asistentes se ubican alrededor de una mesa en forma de herradura, siempre contando al frente con un espacio suficiente para colocar todas las preguntas que este panel formule, las cuales debe de presentarse en forma alternada por cada participante, y deben de ir agrupándose en bloques de acuerdo a temas afines, para integrar un "Árbol de Problemas" (Fig. 1). Antes de formular

cada enunciado se debe de tomar en cuenta lo siguiente: 1. deben de plantearse problemas y no soluciones, 2. Escribir un problema por tarjeta, 3. Leer un problema por intervención, 4. Clarificar la propuesta si se solicita, 5. Ser preciso y claro y algo muy importante 6. No emitir juicios de valor

Al finalizar esta etapa cada integrante de la mesa, debe de acuerdo a su experiencia y considerando los problemas planteados, emitir una calificación a aquellos que afectan directamente su producción

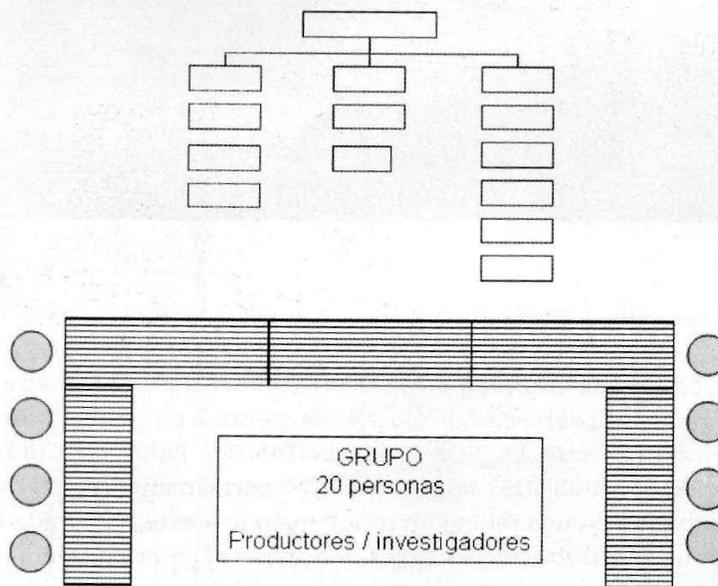
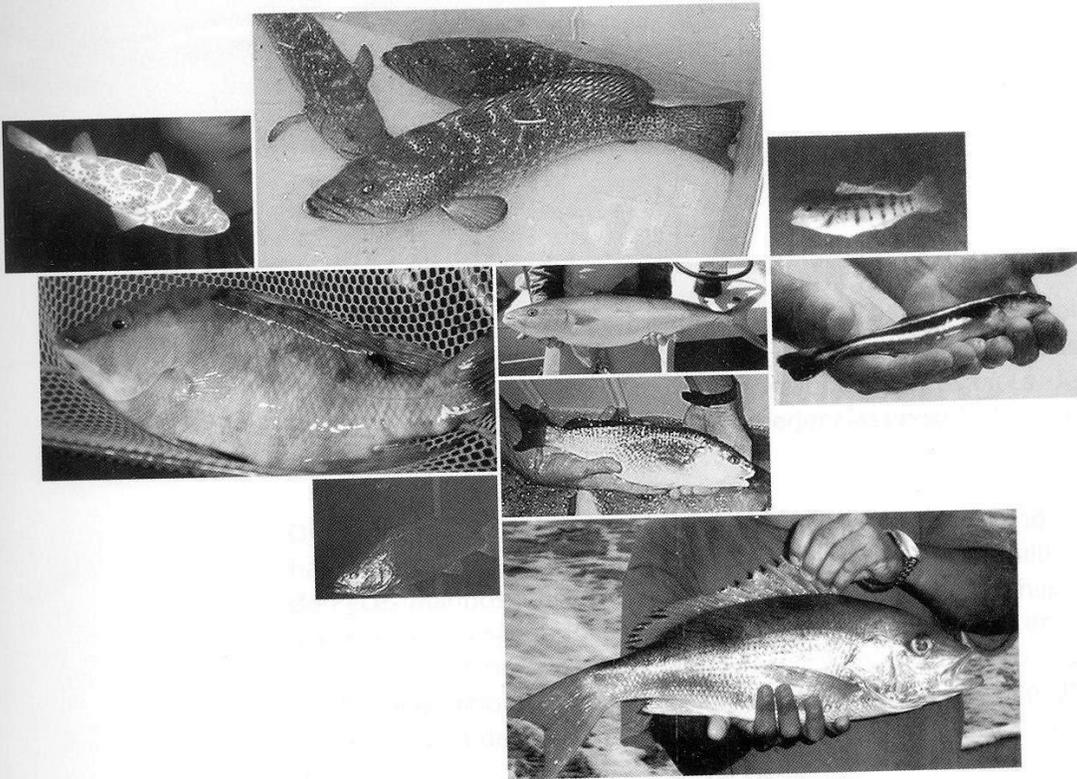


Figura 1. Distribución de los representantes por sector para la integración del Árbol de problemas.

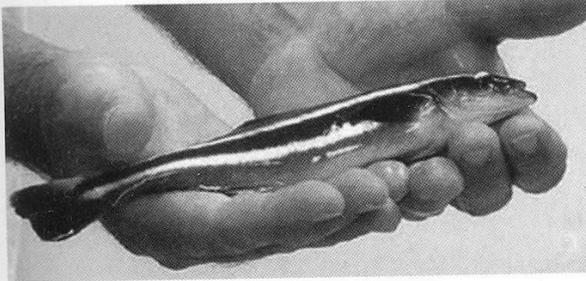
Etapa Resolutiva

Esta es una etapa en la que se desea la participación de todos los sectores involucrados con la actividad. El objetivo de esta fue identificar grupos de trabajo y elaborar propuestas para la resolución de los problemas prioritarios planteados.

Etapa Informativa



Etapa Informativa



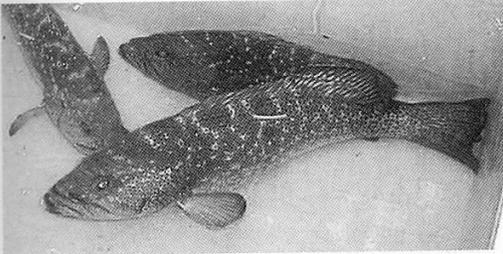
Esta sesión fue de carácter abierto, durante la cual los expositores invitados, a través de conferencias magistrales, presentaron los resultados o avances de sus investigaciones, o bien experiencias en su ámbito de desarrollo.

Durante esta etapa se realizó una breve semblanza de cómo se han desarrollado los trabajos en la Red Nacional sobre Cultivo de Peces Marinos, desde su conformación en el año 2002 hasta la actualidad, resaltando los aspectos que han sido tratados en el ámbito de la ciencia y la tecnología. Asimismo, se presentó una conferencia sobre los apoyos existentes para el desarrollo de biotecnologías de cultivo por parte del gobierno federal.

Mientras que por lo que se refiere a los avances sobre cultivo y comercialización se abordaron en la reunión las siguientes especies: Totoaba, Botete Diana, Pargo, Lenguado, Jurel y Atún. Además, se presentaron aspectos interesantes sobre sistemas de jaulas flotantes. En su conjunto, la información presentada permitió que los asistentes a la reunión tuvieran un panorama general de la situación que guarda esta importante actividad.

La información presentada a continuación es responsabilidad de los expositores.

Red nacional sobre cultivo de peces marinos



**M. en C. Margarita Hernández Martínez
y Biól. Manuel Garduño Dionate**
Dirección General de Investigación en Acuicultura.
Instituto Nacional de la Pesca
margaritahernandezmx@yahoo.com.mx
mdionati@yahoo.com

La Dirección General de Investigación en Acuicultura creada el 28 de diciembre de 1994, tiene entre sus atribuciones el realizar y orientar la investigación acuícola en México. Entre los proyectos de trabajo de esta Dirección general para cumplir con sus objetivos, son el conformar Redes Nacionales de Investigación en Acuicultura en las modalidades de aguas continentales y de maricultura.

La Red Nacional de Investigación en Acuicultura inició sus trabajos con la organización de la Reunión de conformación de la Red Nacional de Investigadores en Maricultura, hasta la fecha se han realizado diversos eventos dentro de esta Red, enfocadas a diferentes recursos acuícolas, tanto marinos como dulceacuícolas:

1. Red Nacional de Investigadores en Maricultura. Hermosillo, Sonora, 25 y 26 de enero de 1996.
2. Reunión Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales. Pátzcuaro, Mich., 27 y 28 de junio de 1996.
3. Reunión Red Nacional de Investigación en Maricultura. Boca del Río, Ver., 28 y 29 de agosto de 1996.
4. Reunión Red Nacional de Investigación en Acuicultura. México, D.F., 23 y 24 de octubre de 1997.

-
5. Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuacultura. Cuernavaca, Morelos, del 19 al 21 de octubre de 1999.
 6. Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuacultura. Pachuca, Hidalgo 6 y 7 de julio del 2000.
 7. Primera Reunión Nacional de Investigadores, Productores y Proveedores de Camarón. Mazatlán, Sin., noviembre del 2001.
 8. Reunión Nacional sobre Cultivo de Peces Marinos. 23 y 24 de mayo de 2002, La Paz, B.C.S.
 9. Reunión Nacional de Trucha. Toluca, Estado de México, 15 y 16 de agosto de 2002.
 10. Reunión Nacional de Tilapia. Guadalajara, Jal. 19, 20 y 21 de marzo de 2003.

A partir de estas reuniones nacionales se ha integrado un directorio del sector acuícola, el cual ha permitido en forma general conocer el universo de investigadores y productores dedicados al cultivo de las principales especies acuáticas de nuestro país.

Objetivos

- ♦ Facilitar el intercambio, contactos e interacción entre los investigadores, productores y proveedores de peces marinos, para el intercambio de información, identificación de las problemáticas regionales y nacionales relacionadas con la actividad, así como del trabajo conjunto para la atención de estas a través de la ciencia y la tecnología.

Justificación

En cuanto a las actividades de acuacultura, esta ha adquirido mayor importancia en los últimos años en México y otros países 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, la acuacultura dulceacuícola es la que más se ha desarrollado, se tienen algunos casos de cultivo de especies de aguas marinas y salobres. En México las principales especies utilizadas en la acuacultura son de origen exótico y en menor grado las especies nativas.

Existe una gran necesidad por desarrollar programas de investigación para acuacultura que tengan como característica principal la vinculación interinstitucional. Con el fin de optimizar los recursos del país organizando la infraestructura, los recursos humanos y financieros, a fin de promover y lograr el desarrollo de la acuacultura. En este sentido es necesario fomentar la vinculación entre los actores involucrados en la actividad, ya que en la mayoría de los casos se han utilizado tecnologías generadas en otras áreas geográficas que difieren mucho de las condiciones de nuestro país, las cuales carecen del soporte técnico adecuado por lo que su implementación no es la más idónea.

Con la implementación de la Red Nacional de Peces Marinos, se pretende integrar de forma específica a grupos de especialistas tanto del sector académico, productivo como gubernamental, para que se aboquen conjuntamente a la resolución de la problemática detectada.

Conformación de la Red de Peces Marinos

A partir de la Reunión Nacional sobre Cultivo de Peces Marinos (Investigadores, Productores y Proveedores), realizada en mayo de 2002 en la cd. de La Paz, B.C.S., se iniciaron los trabajos necesarios para la elaboración de un Directorio de los participantes a la misma, que permitieron caracterizar a los integrantes por especialidades, institución, línea de trabajo y especies con las que trabajan. Previo a la conformación del grupo se verificaron y validaron las direcciones electrónicas para tener una mayor veracidad y confiabilidad de la información con la cual se elaboró una base de datos del Grupo de Peces Marinos. Con la información contenida en la base de datos se integró un grupo en el servidor Yahoo!Grupos, a la cual se invitó a todos los miembros del directorio que cuentan con correo electrónico y se promovió entre sus integrantes el uso y difusión de la Red entre otros colegas del sector que representan.

El Grupo!Yahoo Peces Marinos se conformo el día 10 de julio de 2002, y en inicio contaba con 88 integrantes, representante al sector investigador, productor y proveedor de servicios. El Grupo se encuentra en el servidor Yahoo!Grupos, de acuerdo al siguiente criterio: Categoría.- Biología; Descripción.- Investigadores, Productores y Proveedores sobre Cultivo de Peces Marinos; Idioma seleccionado: Español (preferentemente); Grupo público.- aparece en el directorio Yahoo. Grupos; Suscripción: Restringida (los usuarios requieren de aprobación para suscribirse); Tipo de moderación: No moderado (los miembros pueden enviar mensajes libremente).

Participación en el Grupo

Con respecto a la representación por estado de la república, la Red cuenta con integrantes de 10 estados: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Colima, Nayarit, Nuevo León, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Distrito Federal, Tlaxcala, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán. Además, se cuenta con la participación de investigadores de Israel, Chile, Cuba y Puerto Rico.

La academia esta representada por miembros de diferentes instituciones y centros de investigación, entre los que encontramos a: BIOTECMAR, CIAD, CIBNOR, CICESE, CICIMAR, CINVESTAV, INP, UABCS y UNISON

De acuerdo al análisis de la información proporcionada por los asistentes a la Reunión Nacional de Peces Marinos, realizada en el año 2002, se estableció un listado de especies de las cuales existe alguna experiencia en su cultivo, resultando el siguiente listado: Cabrilla Arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*), Cabrilla (*P. nebulifer*), Cabrilla (*P. clathratus*), Cabrilla (*P. loro*), Cabrilla (*P. auroguttatus*), Angel Passer (*Holocanthus passer*), Atún Aleta Amarilla (*Thunnus albacares*), Atún Aleta Azul (*T. orientales*), Bagre Africano (*Clarias gariepinus*), Boquinete (*Lachnolaimus maximus*), Botete Diana (*Shaeroides annulatus*), Caballito de Mar del Pacífico (*Hippocampus ingens*), Curvina Golfina (*Cynoscion othonopterus*), Gobio Puntos Azules (*Opistognathus roseblatii*), Huachinango (*Lutjanus peru*), Jurel Aleta Amarilla (*Seriola lalandi*), Jurel (*S. dorsalis*), Lenguado de California (*Paralichthys californicus*),

Lenguado del Golfo de California (*P. aestuarius*), Lubina europea (*Dicentrarchus labrax*), Mojarras. (Fam. Gerreidae), Palometa (*Thachinotus falcatus*), Pampano (*T. carolinus*), Pargo (*Lutjanus argentiventris*), Pargo Prieto (*L. novemfasciatus*), Pargo Lunarejo (*Lutjanus* sp.), Red Drum ó Roncador (*Sciaenops ocellatus*), Robalo Negro (*Centropomus viridis*), Robalo Paleta (*C. medius*), Rubia (*Lutjanus cynagais*), Totoaba (*Totoaba macdonaldi*), Trambollito Vela (*Emblemaria hypacanthus*) y Robalo (*Centropomus* sp.) (Figura 1).

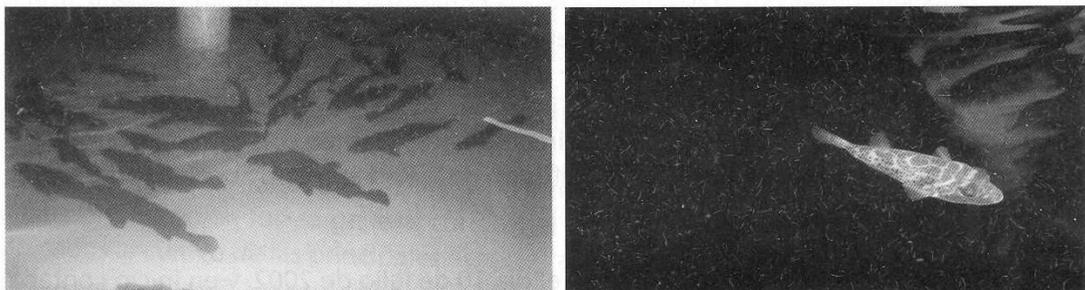


Figura. 1 Cultivo de Botete y Totoaba

La tendencia del número de miembros inscritos en la Red Nacional de Investigación de Cultivo de Peces Marinos del sector productivo, proveedor y de investigación, es positiva con un incremento del 17.00% en 2004, y con una contracción en el 2005 (Figura 2).

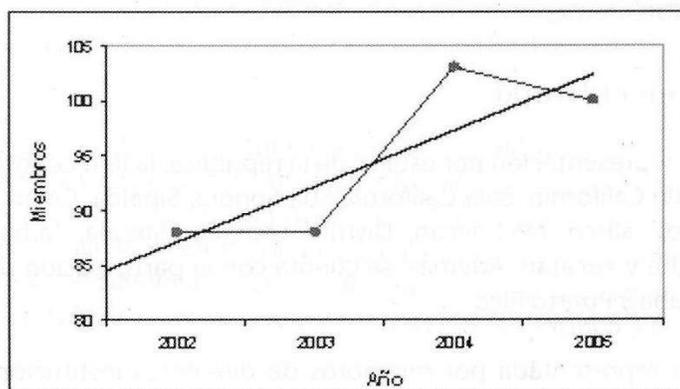


Figura. 2 Participación histórica de los miembros de la Red de Peces Marinos

Por lo que respecta, a la tendencia del número de mensajes sobre los temas prioritarios del cultivo de peces marinos como son producción, crecimiento, nutrición, sanidad y genética, esta tiene un crecimiento en el año 2003, como resultado subsiguiente al primer año de la creación de la Red, para tener un decremento progresivo en los años de 2004 y 2005 (Figura 2), sin embargo, se incremento la participación de los usuarios con respecto a años anteriores, ya que en su mayoría la parte moderadora del grupo era la que en su mayoría enviaba el mayor número de mensajes.

Realizando un análisis de la participación con relación al número de mensajes, se observa que aún hace falta una mayor participación para que realmente se cumpla uno de los

principales objetivos con el que fue creado este grupo, el intercambiar experiencias y problemas comunes para su resolución conjunta (Figura 3).

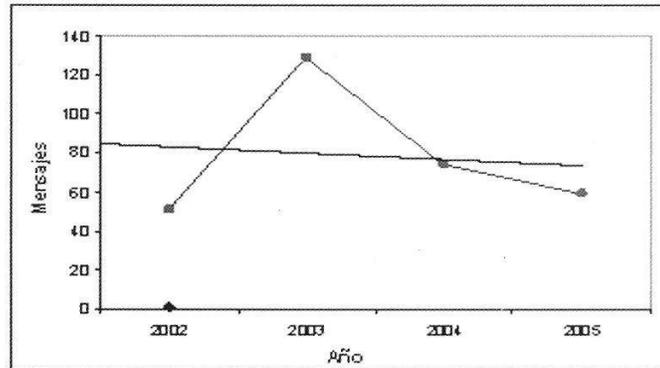


Figura. 3 Mensajes enviados a través de la Red de Peces Marinos

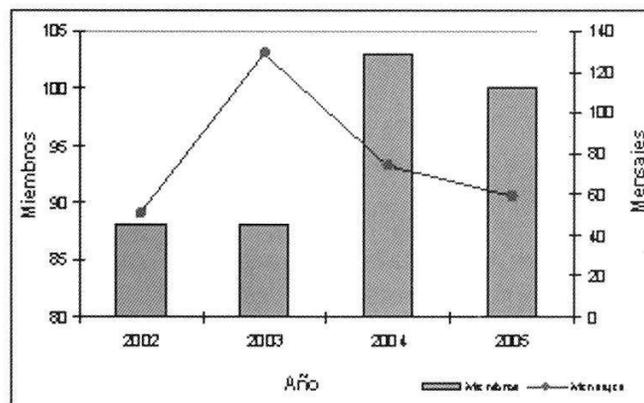


Figura. 4 Relación entre el número de usuarios y número de mensajes enviados a través de la Red de Peces Marinos

Avances

Considerando que los principales problemas expuestos en la Reunión sobre Cultivo de Peces Marinos (2002), como los que limitaban el desarrollo de la actividad, fueron: transferencia tecnológica, difusión, mercado, capacitación, planificación, producción de semilla, nutrición acuícola, entre otros, es importante mencionar, que con base a esto, las autoridades encargadas canalizaron estas demandas a las instancias correspondientes y como resultado de esto fueron consideradas algunas de estas en los programas de financiamiento denominados Fondos Sectoriales.



Figura. 5 Extracción de semen de ejemplar de Botete

Los Fondos Sectoriales, son fideicomisos que las dependencias y las entidades de la Administración Pública Federal conjuntamente con el CONACYT pueden constituir para destinar recursos a la investigación científica y al desarrollo tecnológico en el ámbito sectorial correspondiente. Estos están dirigidos a universidades e instituciones de educación superior públicas y particulares, centros, laboratorios, empresas públicas y privadas y demás personas que se encuentren inscritas en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas que puedan brindar soluciones científicas y/o tecnológicas a la problemática de los sectores.

En el área de la Maricultura, se considero el tema de Desarrollo de la biotecnología (reproducción, desove, crianza y engorda), dirigido a las siguientes especies: Robalo (*Centropomus undecimalis*), Boquinete (*Lachnolaimus maximus*), Pampano (*Trachinotus* spp), Corvina (*Cynoscion nebulosus*), Pargo Mulato (*Lutjanus griseus*), Lengüado (*Paralichthys* spp) y Totoaba (*Totoaba macdonald*).

Con relación a la Sanidad Acuícola, las demandas del sector estuvieron dirigidas al conocimiento de la parasitofauna presente en los cultivos de pargo en jaulas flotantes, (Figura 5) mientras que en el tema de Nutrición Acuícola, la digestibilidad de ingredientes en alimentos balanceados, identificación de nuevos ingredientes y el desarrollo de nuevas formulas para alimentos balanceados fue la prioridad (Figura 7).

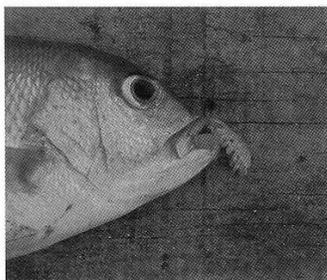


Figura. 6 Isópodo parásito en pargo

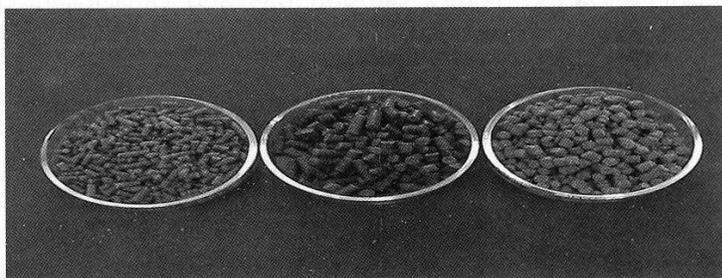


Figura. 7 Muestras de alimento balanceado

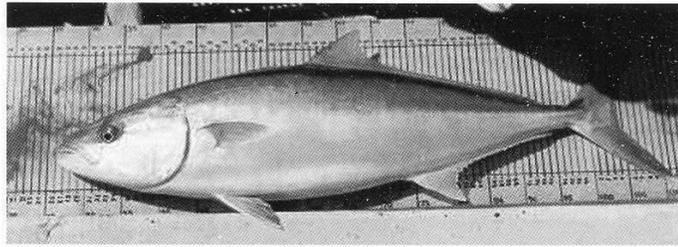


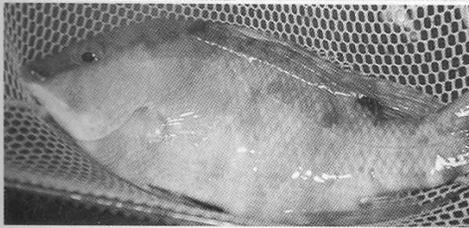
Figura. 8 Registro de talla de ejemplar de Jurel cultivado

Por otra parte, el Gobierno Federal, a través del Instituto Nacional de la Pesca integró en la Carta Nacional Pesquera la ficha técnica sobre Atún y Jurel. En el caso del Atún, en su apartado de control de manejo, se contempla el uso de especímenes de 1 a 3 años de edad y la regulación de la captura y confinamiento de juveniles. Y en el ámbito de la investigación, se instruye para el desarrollo de alimentos balanceados. Por otra parte, para el caso del Jurel, en control de manejo, se consideran las áreas de cultivo, regulación de la captura y confinamiento de juveniles, así como la mitigación de efectos ecológicos adversos, y el ámbito de la investigación, se promueven estudios dirigidos a la engorda y reproducción controlada, alimentos balanceados y sedimentación de desechos y enfermedades

Bibliografía

- Álvarez-Torres, P. y M. Guzmán-Arroyo, 1997. Estructura, organización y operación de la Red Nacional de Investigación en Acuicultura (Aguas Continentales y Maricultura). Propuesta de trabajo de la Dirección General de Investigación en Acuicultura/INP. Chapala, Jalisco. 4 p. Documento de Trabajo.
- Álvarez-Torres, P., M. Guzmán-Arroyo, P.M. Rojas-Carrillo, A. Vázquez-García, y S.J. Serrano-Guzmán, 1998. Informe técnico sobre la estructura, organización y operación de la Red nacional de Investigación de Investigación en Acuicultura (Aguas Continentales -REDACUI- y Maricultura -REDIMAR-). Dirección General de Investigación en Acuicultura/INP, 11 p. Documento de Trabajo.
- Carta Nacional Pesquera, Diario Oficial de la Federación. Tomo DCXXXV, No. 19, 25 de agosto de 2006
- Colin Monreal, A. R. 2000. Redes Nacionales de Investigación en Acuicultura. Dirección General de Investigación en Acuicultura / INP, 10 p.
- SEMARNAP, 1995. Programa Sectorial de Pesca y Acuicultura 1995-2000.

Fortalecimiento Institucional para el desarrollo de biotecnologías de cultivos acuícolas



**Biól. Juan Antonio Pérez
y Biól. César Díaz Luna**

Dirección de Fomento Acuícola
Dirección General de Organización y Fomento,
CONAPESCA
cdiazl@conapesca.sagarpa.gob.mx

En nuestro país, el desarrollo de la acuicultura se ha basado en unas cuantas especies de peces de agua dulce (tilapia, trucha, carpas chinas), crustáceos (camarón) y moluscos (ostión). Las estadísticas oficiales del sector muestran que en el 2003 la producción pesquera total ascendió a 1.56 millones de toneladas, de las cuales 207,700 toneladas fueron aportadas por la acuicultura (13.27%). De esta cantidad, las llamadas pesquerías acuiculturales aportaron casi el 65%, mientras que la producción en sistemas controlados ascendió al 35%, esto es, poco más de 74 mil toneladas (84% solo de camarón).

Entre las causas que han frenado el desarrollo del sector se tiene la falta de tecnologías de cultivo de nuevas especies, sobre todo las de rápido crecimiento y alto valor comercial, entre las que se pueden incluir a los peces marinos como pargos, botete, cabrilla sardinera, jurel, cobia y moluscos como el callo de hacha y las almejas.

En el Subprograma de Pesca y Acuicultura del Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006, entre las líneas estratégicas establecidas para el fomento de las actividades pesqueras y acuícolas se contempla el fortalecimiento del crecimiento y la diversificación de la acuicultura. En este sentido, como parte de los procesos de adaptación y transferencia tecnológica, se promueve la adaptación y el uso de

tecnologías amigables con el ambiente, así como la generación de nuevas tecnologías que permitan ampliar el número de especies que se cultivan en México, sin deterioro del entorno ecológico.

Las estrategias aplicadas en la ejecución del programa pueden resumirse como sigue:

- Conocer las tecnologías acuícolas en otros países, susceptibles de transferirse, validarse y adoptarse por el sector acuícola nacional
- Promover en el sector acuícola la adopción de las innovaciones tecnológicas de producción
- Establecer el acompañamiento técnico a las empresas acuícolas que adopten innovaciones tecnológicas de producción
- Apoyar el escalamiento de tecnologías a nivel piloto comercial

De esta forma, en los últimos tres años se han apoyado proyectos para el desarrollo tecnológico y el fortalecimiento de la infraestructura básica de producción para la masificación de la producción de crías de especies como totoaba, lenguado, cabrilla sardinera, pargo, botete, pulpo rojo, camarón rosado, róbalo, ostión y tilapia adaptada al agua marina.

Con este objetivo, se han canalizado alrededor de 20 millones de pesos para el fortalecimiento de la infraestructura básica para la producción, a través de convenios con gobiernos estatales ó directamente con la propia institución, entre las que se encuentran la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California (Totoaba), El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (cabrilla sardinera), la Unidad Mazatlán del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (pargo y botete), el Centro de Desarrollo Tecnológico de Especies Marinas de Jalisco (botete), el Instituto Tecnológico del Mar de Campeche (camarón rosado), la Unidad Sisal de la Facultad de Ciencias de la UNAM (pulpo rojo y róbalo) y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (tilapia en agua salada y ostión).

Con ello se busca que en el mediano plazo contemos con nuevas tecnologías que den impulso a empresas acuícolas auto-gestivas, sustentables y competitivas, articuladas en redes de valor, que mediante la aplicación de dichas innovaciones tecnológicas favorezcan el desarrollo económico y la diversificación del Sector.

DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA DEL CULTIVO DE TOTOABA (Baja California)



Tanques de acondicionamiento de reproductores



Trabajos de mantenimiento en el laboratorio



Totoabas semi adultas



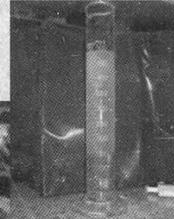
Equipo para el filtrado de agua



CENTRO PILOTO DE PRODUCCIÓN DE CRÍAS DE PECES MARINOS (Mazatlán, Sin.)



Tanques nuevos para cría larvaria



Huevos viables de pargo



Crías de botete

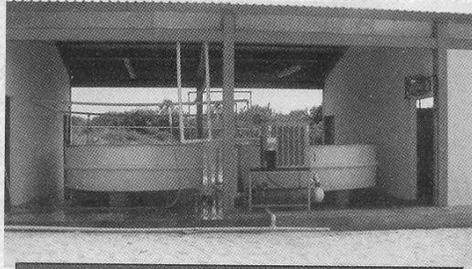
Vista general de la planta piloto



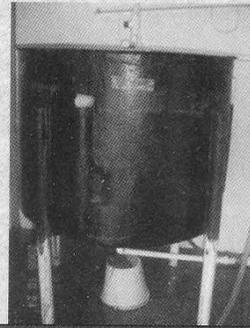
Crías de pargo



CENTRO PILOTO DE PRODUCCIÓN DE CRÍAS DE PECES MARINOS (Mazatlán, Sin.)



Área funcional de stock de reproductores



Tanques para cultivo de juveniles



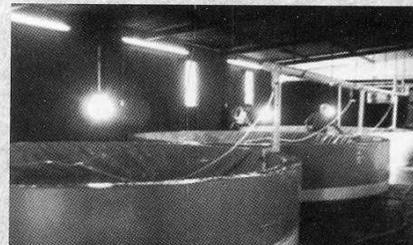
Stock de reproductores de botete



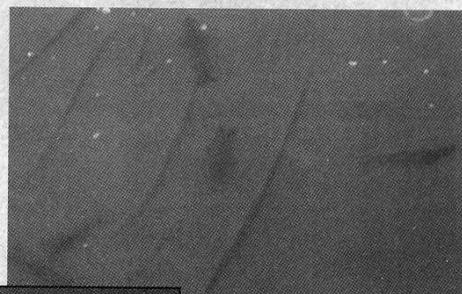
DOMESTICACIÓN DEL CAMARÓN ROSADO MADURACIÓN DE REPRODUCTORES (Campeche)



Laboratorio de maduración, desove y larvario



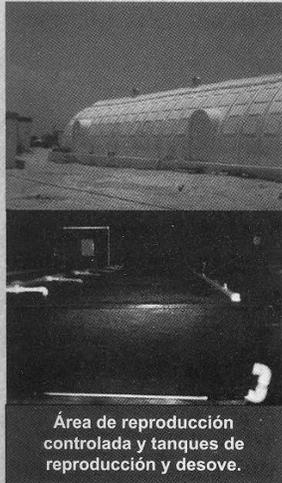
Tanques de maduración en funcionamiento.



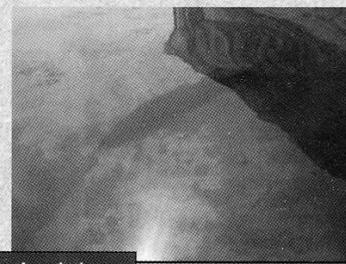
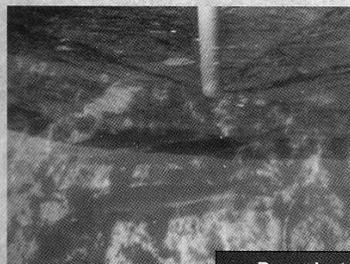
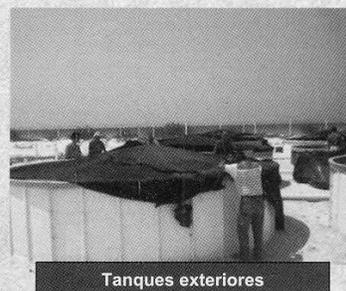
Organismos en tanques de maduración (relación 1.5:1).



IMPULSO A LA PRODUCCIÓN COMERCIAL DE PULPO *Octopus maya* (UNAM Sisal, Yuc.)



REPRODUCCIÓN EN CAUTIVERIO Y CRIA DE ROBALO (Sisal, Yuc.)



ENGORDA DE CAMARÓN EN JAULAS FLOTANTES



Jaulas flotantes



Camarones en engorda



Actividades de cosecha



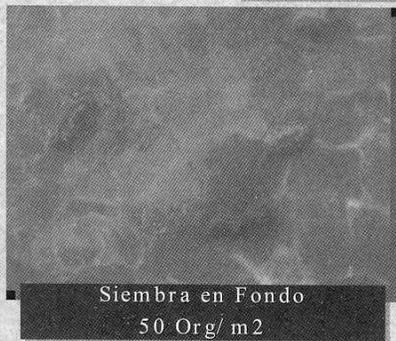
Camaron cosechado



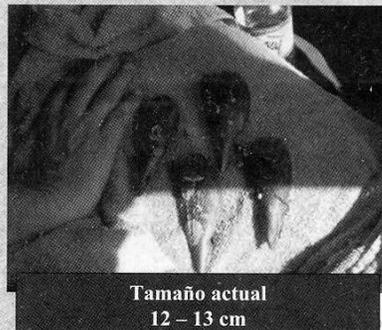
SIEMBRA Y ENGORDA DE CALLO DE HACHA



Malla protectora contra depredadores
(Jaiba y Botete)



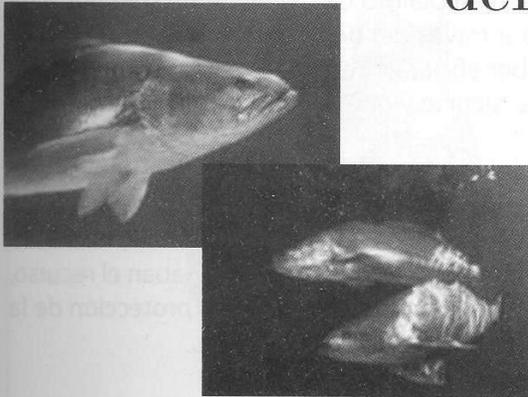
Siembra en Fondo
50 Org/ m²



Tamaño actual
12 – 13 cm



Fortalecimiento técnico para el desarrollo de la biotecnología del cultivo de Totoaba



Dr. Conal D. True,
Gerardo Sandoval Garibaldi,
Ivan Monay Díaz,
Luz M. López Acuña
Facultad de Ciencias Marinas.
Universidad Autónoma de Baja California
ctrue@uac.mx

En los últimos nueve años la Unidad de Biotecnología en Piscicultura (UBP) se ha dedicado a buscar medidas para lograr la conservación y evitar la extinción de la Totoaba, pez marino, que por sus características es una especie única en el mundo.

Desde el inicio, la idea principal ha sido desarrollar una tecnología que asegure la reintroducción de la especie a su hábitat. Se espera que el aporte de nuevos organismos impacte favorablemente a la población, de tal manera que la Totoaba se recupere y quede fuera del peligro en que actualmente se encuentra.

La Totoaba es un pez endémico del Golfo de California, habita desde la desembocadura del Río Colorado hasta Mulegé, en Baja California Sur, y en la costa oriental del Golfo de California hasta la desembocadura del Río Fuerte, en Sinaloa. Además puede alcanzar tallas cercanas a los dos metros de longitud y pesos superiores a los 135 kg.

Desde 1975, el gobierno mexicano declaró una veda indefinida a la pesca de la Totoaba y se le consideró amenazada por la sobrepesca [Diario Oficial de la Federación, 1975; Apéndice I en "Convention on International Trade in Endangered Species" (CITES), 1976; Norma Oficial Mexicana, NOM-ECOL-059-94].

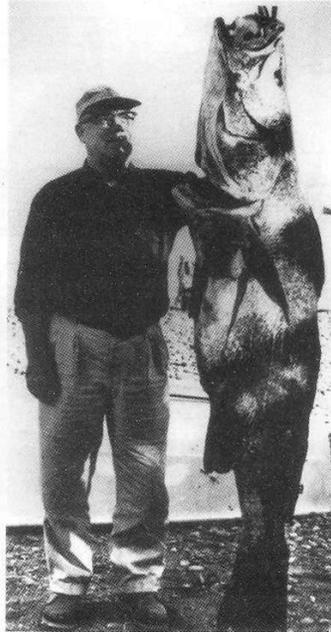
Los estudios que se han realizado se iniciaron con la obtención de organismos adultos procedentes del Golfo de California. Con la primera reproducción en cautiverio (1997), inició la generación de una gran cantidad de información básica que ha permitido aumentar el conocimiento sobre esta especie, facilitando sus reproducciones posteriores y logrando mejores niveles de sobrevivencia de las crías obtenidas.

El lograr que la Totoaba deje de ser una especie en peligro de extinción no sólo nos dará la tranquilidad de que este pez permanecerá a través del tiempo, sino que en un futuro permitirá su explotación sustentable, lo cual beneficiará directamente a las comunidades pesqueras que por tradición contaban con ese recurso y que hoy en día les está vedado.

A la fecha se han reintroducido al Golfo de California 5,600 organismos de seis meses de edad y 25 centímetros de longitud, los cuales llevan una marca que permitirá diferenciarlos de los silvestres y así evaluar su éxito y sobrevivencia. Estas evaluaciones se están haciendo en colaboración con las comunidades pesqueras que antiguamente explotaban el recurso, pues se trabaja en un programa de educación y concientización sobre la protección de la Totoaba mediante pláticas, distribución de folletos y pósters informativos.

A mediano plazo se desea llegar a producir entre 10,000 y 20,000 juveniles al año, e iniciar estudios sobre su integración en su zona natural de crianza y posteriormente evaluar la factibilidad de su manejo como recurso natural sustentable, ya sea mediante la pesca deportiva o su cultivo comercial.

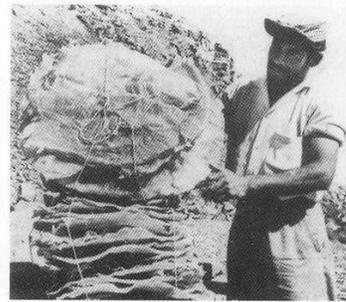
Importancia, historia y oportunidades



1.- Es el "Roncador" o "Curvina" más grande de su familia

Sciaenidae (2.2 m) (Berdegué, 1955).

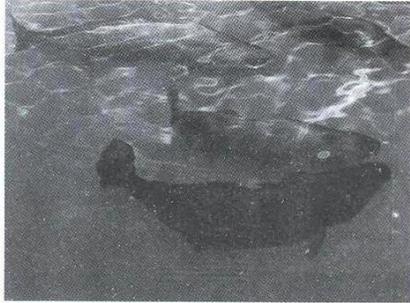
2.- Especie endémica y en peligro de extinción debido a la sobrepesca y modificación de su habitat . CITES 1976 y NOM-ECOL 059-94



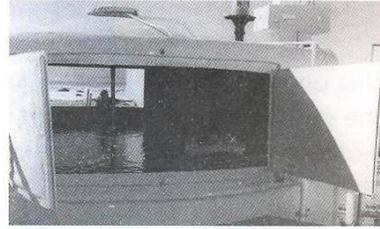
Enfoque pasado presente y futuro

- ◆ Veda parcial
- ◆ En 1975 la Totoaba se declara especie en veda total. Recibe protección por como especie en peligro de extinción (Gobierno Mexicano)
- ◆ Incorpora al Tratado del CITES
- ◆ En 1991 se declara el alto Golfo de California y el Delta del Río Colorado Reserva de la Biósfera
- ◆ Comité Vaquita-Totoaba
- ◆ 1992 Inversión en infraestructura para el desarrollo de la tecnología de cultivo con el enfoque de repoblamiento
- ◆ Futuro... de eso vamos a hablar

- Reproducción



Reproductores de
Totoaba

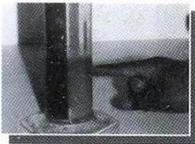


Vista de la Ventana de servicio

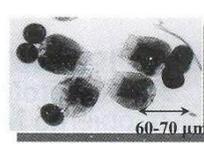
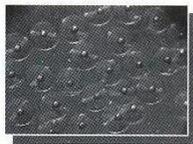


Tanques para reproducción

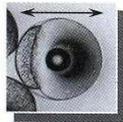
Reproducción y desarrollo de las diversas etapas de vida



820 μ m



60-70 μ m



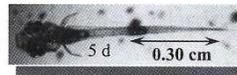
3-4 hr



6-8 hr



12-14 hr

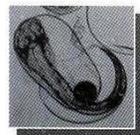


5 d

0.30 cm



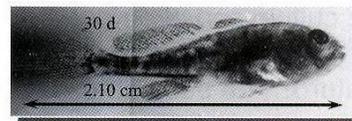
15 d



22 hr



18

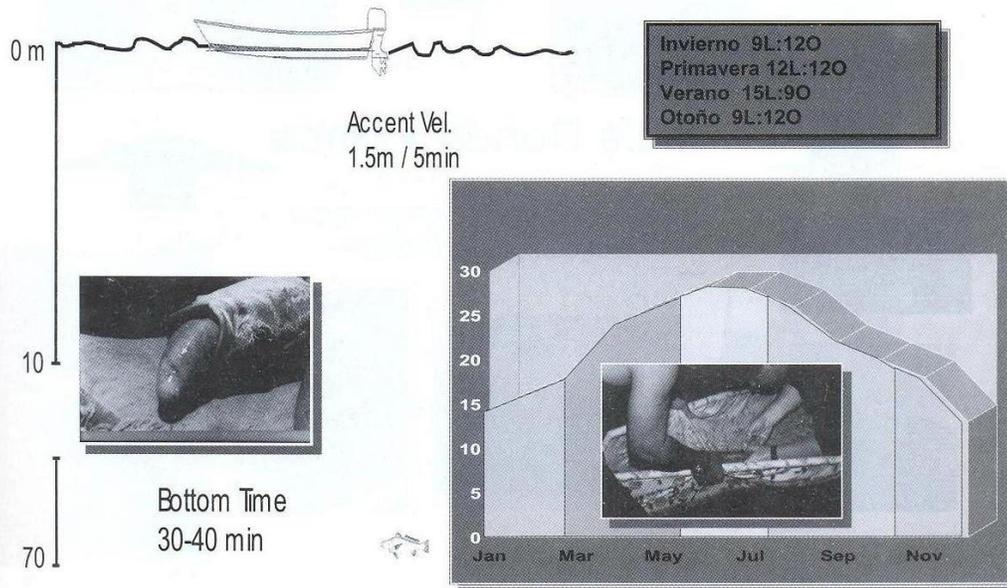


30 d

2.10 cm

Logros

Captura y acondicionamiento de reproductores



Logros

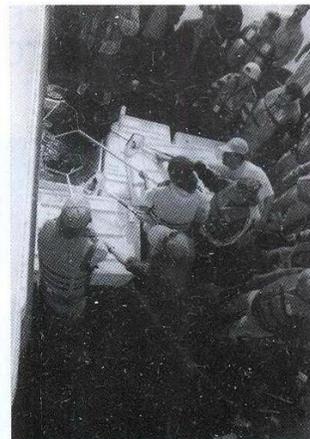
Inicio del "Programa de Repoblamiento"



(4 Meses) 20-25 cm



Primera Liberacion

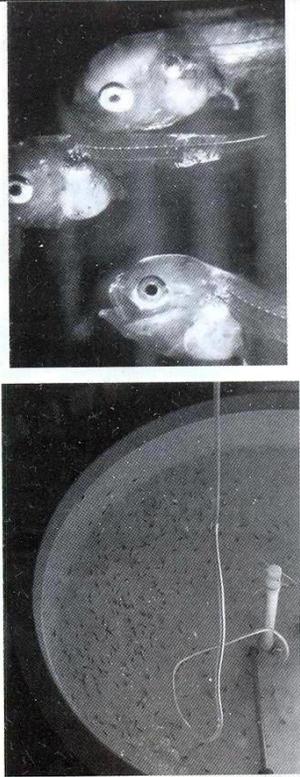




Atrones



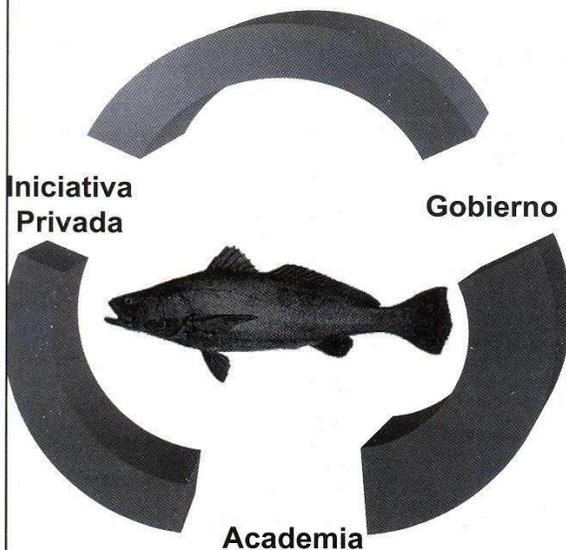
Alta mortalidad en esta etapa
d4-d22 + 99% en muchos casos



Reducción en el éxito reproductivo

Fecha	# de Huevos Totales	# Huevos Fértiles	Tasa de Eclosión
25/2/97	2,500,000	No est	60%
11/9/97	2,900,000	No est	64%
20/10/98	10,000,000	2,500,000	90%
31/8/99	2,650,000	No est.	87%
15/4/01	1,850,000	156,000	60%
2002	No hubo		
22/08/03	80,000	No est	85.9%
14/01/04	50,000	34,000	60%

Una Perspectiva



- Inversión en el programa de cultivo en cautiverio
 - Enfoque de comercial y conservación
- Evaluación del Estado Actual del Recurso
- Lograr un control en los registros de Pesca
 - Central de Abasto pesquero
- Apoyo en la vigilancia de la Reserva
- Incidir sobre la pesca ilegal
 - Huella Genética

Avances en la reproducción del Botete Diana y Pargo Flamenco en el CIAD Mazatlán



Dr. L. Álvarez-Lajonchère
Centro de Investigación en
Alimentación y Desarrollo, A. C.
alvarezl@victoria.ciad.mx
lajonchere@yahoo.com

La producción masiva de las cantidades requeridas de juveniles es el prerequisite más importante para el desarrollo y extensión del cultivo de peces, tanto de agua dulce como marinos, por lo que es imprescindible desarrollar tecnologías de producción masiva de juveniles de las especies de peces marinos que se pretenda cultivar para que sea posible establecer su cultivo y extenderlo.

Las informaciones que se brindarán, han sido fruto del trabajo de un gran colectivo de investigación:

-
- | | |
|--|---|
| • M. C. María Isabel Abdo de la Parra. | • M. C. Leonardo Ibarra Castro. |
| • Dr. Luis Alvarez-Lajonchere. | • Lic. Zohar Ibarra Zatarain. |
| • M. en C. Lenin Arias Rodríguez. | • M. C. Irma Martínez Rodríguez. |
| • Dra. Ma.Cristina Chávez Sánchez. | • Dr. Francisco Martínez Cordero |
| • Dr. Neil Duncan. | • Dr. Carlos Martínez Palacios |
| • Dra. Emma J. Fajer Ávila. | • M C. Gabriela Velasco Blanco. |
| • M. P. A. Noemí García Aguilar. | • Biol. Rosa M. Medina Guerrero |
| • Dra. S. Alejandra García Gasca. | • M. C. Ana C. Puello Cruz. |
| • Dr. Armando García-Ortega. | • M. C. Luz Estela Rodríguez Ibarra. |
| • M. C. Fernando García Vargas | • Biol. Juan Luis Sánchez Téllez |
| • Biol. Blanca González Rodríguez. | • Dra. Gabriela del Valle Pignataro |
| • Lic. Rafael Guzmán Navarrete. | • M. en C. Gustavo Rodríguez Montes de O. |
| • M. C. Crisantema Hernández Glez. | |
-

La información de los avances será en dos etapas, hasta junio del 2004 y desde esa fecha hasta la actualidad, por haberse producido un cambio en la dirección del subprograma de investigación. En la primera etapa el subprograma de peces marinos estuvo dirigido por el Dr. Neil Duncan y posteriormente por el expositor.

Avances en el trabajo con el Botete Diana hasta junio 2004

- Métodos de obtención de reproductores silvestres.
- Métodos de mantenimiento y maduración de reproductores en cautiverio.
- Desarrollo de un protocolo de desove con inyecciones e implantes intramusculares de LHRHa con un 82% efectividad.
- Desove en el CIAD Mazatlán de dos generaciones de Botetes nacidos, crecidos y madurados en cautiverio.
- Protocolo de fertilización artificial e incubación de huevos, adaptados a sus características: huevos adherentes y demersales.
- Protocolo de cría de larvas en 25 – 30 días.
- Protocolo de destete y pre-cría en un mes adicional hasta 0.3-0.5 g.

Los resultados de producción de juveniles destetados (36 días aproximadamente), fueron supervivencias del: 1% y densidades de cosecha: 0.6 juvenil/L.

Avances recientes (a partir de junio 2004) con el Botete

- Mejoras en la obtención de reproductores silvestres en sitio cerca de Mazatlán.
- Protocolo de desove con reproductores silvestres y de cautiverio con implantes intraperitoneales EVAc de LHRHa: 100% efectivos.
- Método efectivo para desgomar los huevos, que permitirá tratamientos profilácticos e incubación con técnicas tradicionales para huevos demersales de peces aplicados en piscicultura de agua dulce.

Mejoras en la larvicultura

- De 1% a 4 – 5% de supervivencia.
- Incremento de la densidad de cosecha de 0.6 a 2.5 – 3.5 juveniles / L.

Avances en el trabajo con el pargo flamenco hasta junio del 2004

- Se estudió el desarrollo gonadal de reproductores silvestres y de cautiverio.
- Protocolo preliminar para desove de reproductores silvestres maduros recién capturados con implantes EVAc de 75 µg de LHRHa / hembra.
- Se estudió del desarrollo embrionario.
- Mejores resultados de desove con implantes vs. inyecciones, tanto en porcentaje de respuestas positivas como en producción de huevos totales y viables.
- Mejores resultados de desove con ovocitos de ≥ 400 µm de diámetro e implantes de 75 µg

- Se produjeron unos 371,000 huevos viables por desoves de 21 hembras silvestres.
- Se conformó un protocolo muy preliminar de larvicultura.
- Se lograron los primeros 15 juveniles con supervivencias muy bajas.
- Pocos avances en tratamientos durante el primer año para la maduración de hembras en cautiverio; pocas hembras iniciaron vitelogénesis primaria y ninguna vitelogénesis secundaria.

Avances recientes (a partir de junio 2004) con el pargo flamenco

- Validación del método de biopsia ovárica (incrementó al doble el tamaño de muestra requerido para estimar diámetro).
- Se realizó un análisis de los resultados anteriores basado en las dosis de LHRHa ($\mu\text{g}/\text{kg}$) y el diámetro inicial de ovocitos.
- Se diseñó un nuevo protocolo para desove, basado en un nomograma para cálculo de las dosis de LHRHa requeridas.
- Se crearon nuevas condiciones en el laboratorio provisional del CRIP de Bahía de Banderas (Nayarit), para la verificación del nomograma con reproductores silvestres maduros recién capturados.
- Inducción del desove en reproductores silvestres (junio/2005):
 - a) 5 hembras tratadas.
 - b) 5 hembras desovadas (100% efectividad).
- Se crearon nuevas condiciones en el área de reproductores del CIAD Mazatlán para verificar el nomograma con reproductores de cautiverio
- Inducción del desove de reproductores madurados por primera vez en cautiverio (junio y julio):
 - 17 hembras tratadas.
 - 17 hembras desovadas (100% efectividad).
 - Alta calidad de huevos (>90%) en el 80% de los desoves.
 - Hasta 8 noches desove consecutivo.

Se logró la maduración de hembras en cautiverio (en un año el 40% y en 14 meses el 100%) con el nuevo tratamiento aplicado a partir de junio / 2004:

- Utilización de tanques de mayores dimensiones (18 m³ y 2 m de profundidad).
- Duplicación del flujo de agua.
- Cambio del alimento seco formulado para alimento natural de alta calidad (pescado aceitoso, calamar y camarón).
- Ausencia de manipulación.

Se logró desoves de los reproductores de cautiverio:

- Junio – julio/2005: desoves inducidos con implantes EVAc de LHRHa con dosis calculadas por el nomograma.
- A partir de agosto/2005: desoves voluntarios en los tanques de maduración (18 m³), con la producción de 16.7 millones de huevos viables, con 90% de fertilización y un 77% de fertilización en total hasta septiembre.

Obtención de huevos y larvas viables de cautiverio:

- Se han producido > 30 millones de huevos viables.
- Los huevos de una sola noche dieron más de 250,000 larvas viables en junio y más de 500,000 en julio.
- Actualmente cada día se producen 500,000 a 1'500,000 de huevos viables diarios.

Trabajos de larvicultura:

- En junio – agosto trabajo a escala experimental con tanques de 600-L. De las larvas que se emplearon en investigación en 9 tanques experimentales del CIAD (600-L), se cosecharon 2,500 juveniles de 55 días. (~ 2 % supervivencia; ~ 0.5 juveniles / L).
- En julio – agosto trabajo inicial escala piloto (tanques de 3,000-L), con pruebas de producción masiva de alimento vivo y prácticas de limpieza e higiene.

Diseño de la planta piloto para juveniles de peces marinos para el CIAD Mazatlán

Objetivo general de la planta:

Llevar a escala piloto las investigaciones realizadas a escala experimental:

- Perfeccionar los aspectos de producción masiva.
- Simplificar la tecnología e incrementar eficiencia económica.
- Realizar las evaluaciones de factibilidad técnica y económica

Otros objetivos de la planta:

- Mejoramiento de las tecnologías: Elevar los rendimientos, disminuir costos y elevar la eficiencia económica.
- Adaptaciones en procesos de transferencias tecnológicas.
- Adaptar y extender las nuevas tecnologías a otras especies.

Filosofía y criterios de manejo en que se basó el diseño

Criterio principal: número y volumen mínimo de unidades de larvicultura para una unidad piloto con resultados extrapolables a la escala comercial, después de demostradas su factibilidad técnica y económica.

Criterios técnicos y de manejo:

- La estrategia de investigación: varias especies de peces marinos durante sus temporadas de desove diferentes.
- Máximas posibilidades de limpieza y desinfección y programación de mantenimiento.
- Máxima flexibilidad en los tratamientos a investigar.
- Métodos de construcción, equipamiento y materiales adecuados para agua de mar y/o ambiente corrosivo, materiales no-tóxicos a los organismos, de fácil

limpieza y resistentes a métodos de desinfección fuertes.

- Facilitar futuras ampliaciones con menor costo.
- Tecnología de etapa final productiva de rotíferos de forma intensiva para reducir al 50% requerimiento de microalgas.
- Tecnología de larvicultura semi-intensiva de "agua verde". Acorde al nivel general y a los mejores resultados en especies tropicales.
- Tecnología intensiva de cría de juveniles para mayor nivel de producción e incrementar utilidad y hacer más atractiva la instalación, para aumentar factibilidad de financiamiento.

Requerimientos de diseño considerados

- Número de etapas o pasos en flujo tecnológico, la capacidad requerida, su duración y tasas de supervivencia por etapa.
- Capacidad de carga, densidad de siembra y de cosecha por etapa y unidad.
 - Número y volumen (área) de unidades.
 - Calidad de agua, flujos y aire/oxígeno (máximos, mínimos y medios).

Consideraciones para ampliaciones futuras a menores costos

- Área de caseta de bombeo para una bomba adicional.
- Reserva en diámetros de los sistemas de tuberías.
- Dimensiones con un 25-33% adicional en equipos básicos (bombeo, sopladores, filtros).
- Capacidad de producción de huevos dimensionada para aplicar los principales tratamientos y un número de reproductores efectivos para evitar consanguinidad, no para la capacidad de larvicultura.

Sectores principales

- Sector ingeniero y mantenimiento de vida.
- Sector de obtención de huevos.
- Sector de alimento vivo.
- Sector de larvicultura.
- Sector de alevinaje.

Características generales de la planta piloto

- Número de tanques: 175
- Área exterior: 1,300 m².
- Área interior: 400 m².
- Flujo promedio: 500 gpm.
- Agua dulce: 60 m³/día.
- Aire: 500 m³/h a 0.25 bar.

Se estimaron los requerimientos de agua salada para cada reservorio, local, área y sector, por tipo de calidad de agua, así como la programación de su utilización, lo cual se utilizó para dimensionar el sistema de toma de agua y diseñar el sistema de tratamiento y distribución.

El sistema de toma de agua seleccionado fue el de succión por debajo de capas de arena y grava, en cuyo diseño se siguieron las normativas originales de Cansadle (1981), para lo cual se realizó el cálculo de las mareas de diseño basados en los datos del Departamento de Marea Nacional de México y se realizó la estimación *in situ* de la conductividad hidráulica. El sistema diseñado tiene una capacidad de filtración 22 veces superior al sistema actual, con la posibilidad de retrolavado ausente el sistema actual y con una capacidad de bombeo 6 veces superior y dos bombas de repuesto instaladas. Además del flujo de agua requerido de 500 gpm (unas 10 veces el actual), para la red de toma y distribución del agua de mar, se calcularon las pérdidas de carga en la succión y en la descarga, así como la carga neta de succión positiva disponible y con estos datos se pudo seleccionar las bombas de agua de mar y se diseñó la red de distribución.

El sistema consta de un circuito de agua salada con filtración gruesa para los reproductores y juveniles y otro de filtración fina para el resto de las instalaciones. El de filtración fina que comienza con el almacenamiento del agua en cuatro tanques de 25 m³ cada uno, capacidad que constituye el 60% de los requerimientos diarios (la actual es de sólo el 16%). El sistema de tratamiento fino llega hasta una filtración de 0.22 micrómetros de retención absoluta y radiaciones ultravioleta de no menos de 60 mJ/cm². La distribución del agua se realizará por conductoras expuestas pero protegidas, cuya inspección y mantenimiento es posible en cualquier momento.

Asimismo, estimaron los requerimientos de agua dulce para la limpieza y disminución de la salinidad para cada reservorio, local, área y sector, lo cual se utilizó para diseñar el sistema de abastecimiento de agua dulce, sus tratamientos y distribución. Igualmente se estimaron los requerimientos de aire comprimido en cuanto a flujo y presión para cada reservorio, local, área y sector, con lo cual se pudo seleccionar los sopladores requeridos, 8.5 m³/min a 0.2 bar de presión (el actual tiene una capacidad inferior de 2 m³/min a menos de 0.1 bar de presión), con dos equipos de reserva y el sistema de tratamiento y distribución del aire. El sistema proyectado constará también de un sistema de distribución de oxígeno puro para la producción intensiva de rotíferos y otro de CO₂ para la producción de inóculos menores de microalgas.

En las áreas exteriores de la unidad piloto se destacan la de aclimatación y cuarentena (140 m²), la de cultivo exterior de microalgas (182 m²) y de zooplancton (182 m²), la de los experimentos de nutrición (140 m²) y la de pre-cría intensiva de juveniles. También se encuentran dos tanques de maduración y desove de reproductores, cada uno de 50 m³ de capacidad (6 m de diámetro y 2 m de profundidad), así como un estanque de estabilización a donde irán los efluentes.

La unidad se integra a las áreas actuales de reproductores (23 tanques de entre 3 y 25 m³) de 200 m² que en dos de ellas se instalará un sistema de recirculación para control ambiental,

así como un local para la larvicultura masiva con cuatro tanques de 5 m³. Una de las áreas más importantes de la unidad piloto será la producción interior de alimento vivo (cuatro especies microalgas, dos de rotíferos, dos de copépodos y los metanauplios de *Artemia*), con un área total de 154 m².

Las edificaciones se han estimado en unos 2.5 millones de pesos y el equipamiento requerido se ha estimado en unos 2.5 millones de pesos, para unos 5 millones de pesos como inversión, mientras que los gastos corrientes anuales son de aproximadamente 500,000 pesos, excepto en el primer año que son algo superiores por los costos de los diversos utensilios, mangueras, difusores, etc. que se requieren para el montaje y puesta en marcha de la instalación y que no son equipos como tales. El personal que debe operar la planta se ha estimado en nueve personas: de ellas tres profesionales, cinco técnicos medios y un obrero calificado.

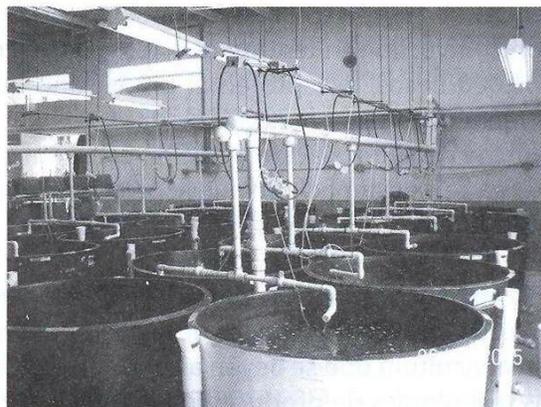
La capacidad anual de diseño de la planta, con las tecnologías desarrolladas, será de 120,000 - 160,000 juveniles de 1 g, en dependencia de las especies y el número de ciclos de larvicultura que se lleven a cabo; sin embargo, el principal impacto será el desarrollo de las tecnologías de producción de juveniles y su perfeccionamiento. Para dar una idea de la envergadura de la planta, de acuerdo a la cantidad de juveniles anuales que será posible producir en la planta, se podrán abastecer tres unidades piloto de 10-12 jaulas de unos 6-7 m³ cada una para el alevinaje y unas 10 jaulas de engorda de unos 40 - 50 m³ cada una para criar unos 80 - 100 juveniles de 20 - 50 g/m³; si se lograra un 67% de supervivencia hasta alcanzar unos 400 g, eso podrá producir unas 7 - 10 t anuales por unidad piloto y una ganancia bruta de más de un millón de pesos.

Referencias

- Cansdale, G. 1981. Sea water abstraction. In: A. D. Hawkins (Editor), Aquarium systems. London, Academic Press, pp. 48-61.

AVANCES HASTA JUNIO 2004

- Protocolo de fertilización artificial e incubación de huevos, adaptados a sus características: huevos adherentes y no flotantes.
- Protocolo de cría de larvas en 25 – 30 días.
- Protocolo de destete y pre-cría en un mes adicional hasta 0.3-0.5 g.

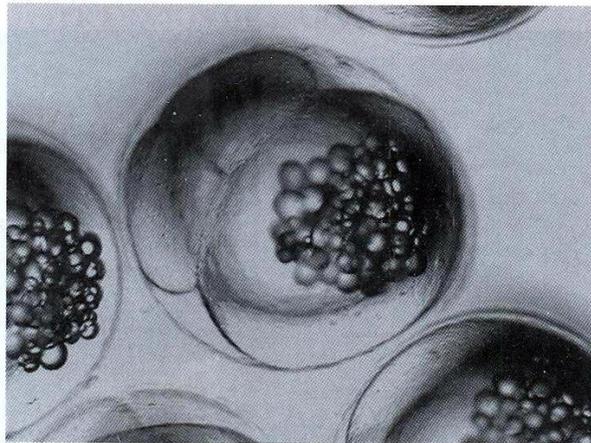
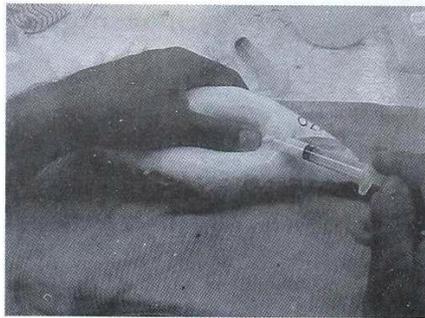
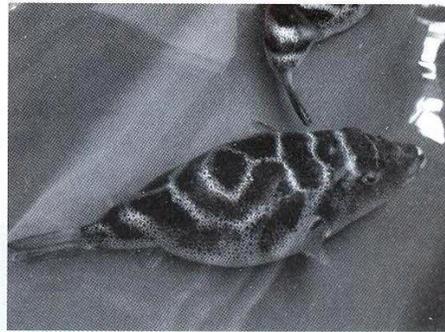


AVANCES RECIENTES CON EL BOTETE EN EL CIAD

- Mejoras en la obtención de reproductores silvestres en sitio cerca de Mazatlán, en Dimas.



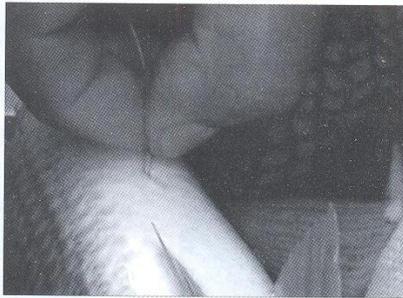
- **Protocolo de desove con reproductores silvestres y de cautiverio con implantes IP evac de lhrha: 100% efectivos.**



Método efectivo para desgomar los huevos adherentes, que permitirá tratamientos rofilácticos e incubación con técnicas tradicionales para huevos no flotantes.

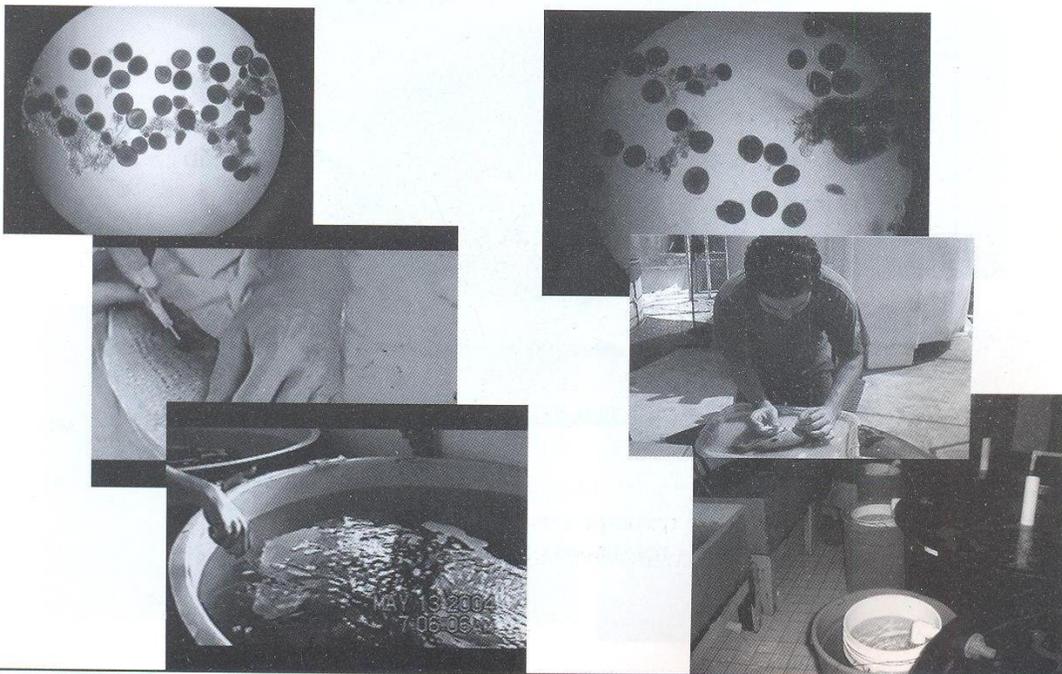
**AVANCES RECIENTES
(A PARTIR DE JUNIO 2004) CON EL PARGO FLAMENCO**

**Validación biológica y estadística del
Método de biopsia Ovárica.**



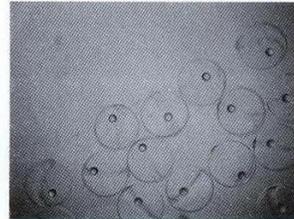
- Se incrementó a más del doble el tamaño de muestra requerido para estimar diámetro medio de ovocitos.
- Cambió la zona de toma de muestra.

**NUEVO PROTOCOLO PARA DESOVE Y
OBTENCIÓN DE HUEVOS**

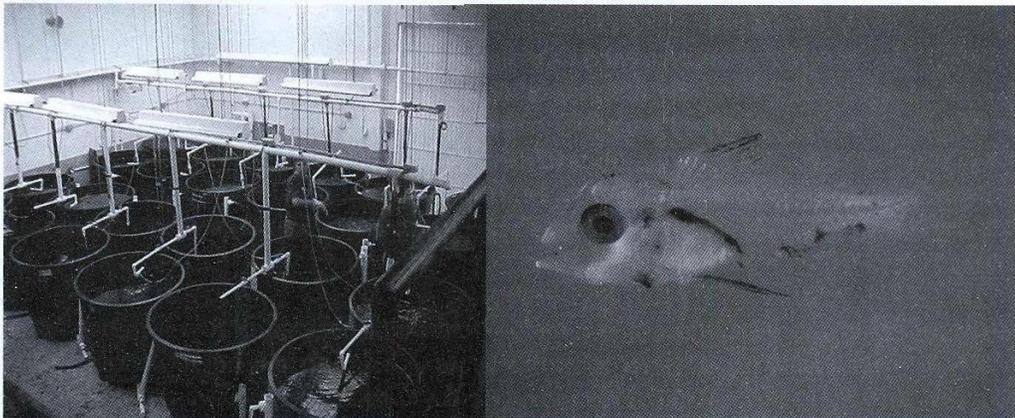


DESOVES ESPONTÁNEOS

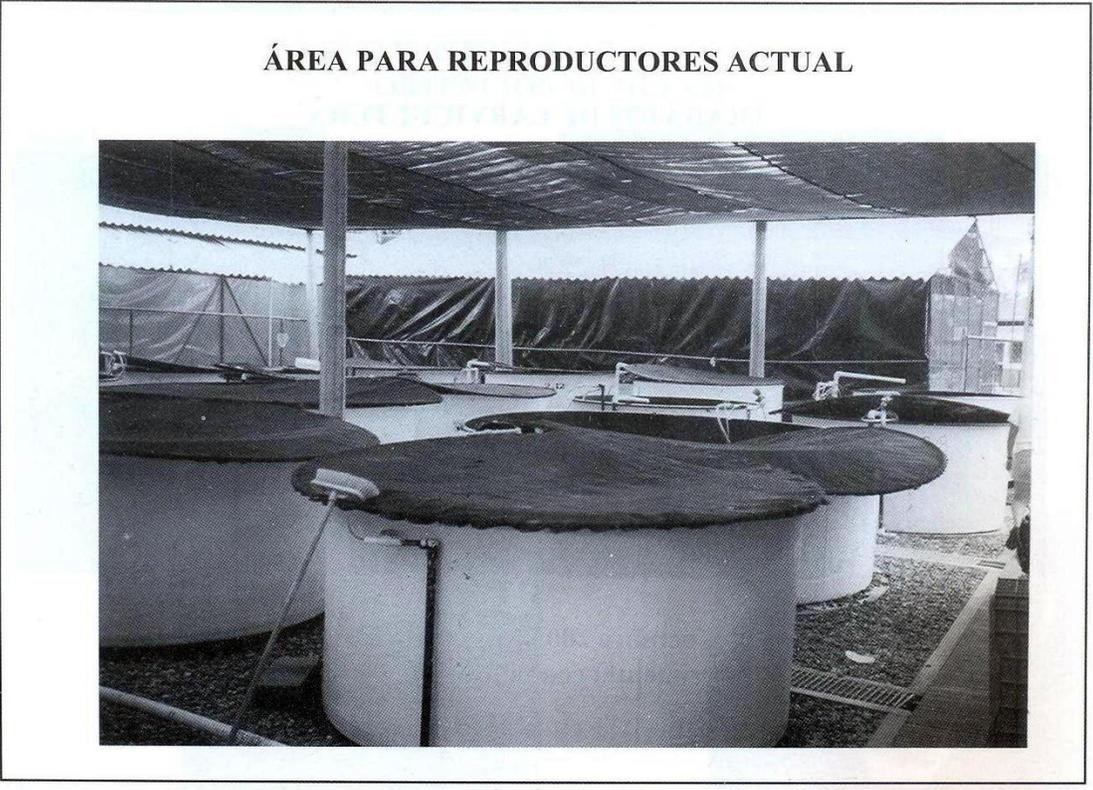
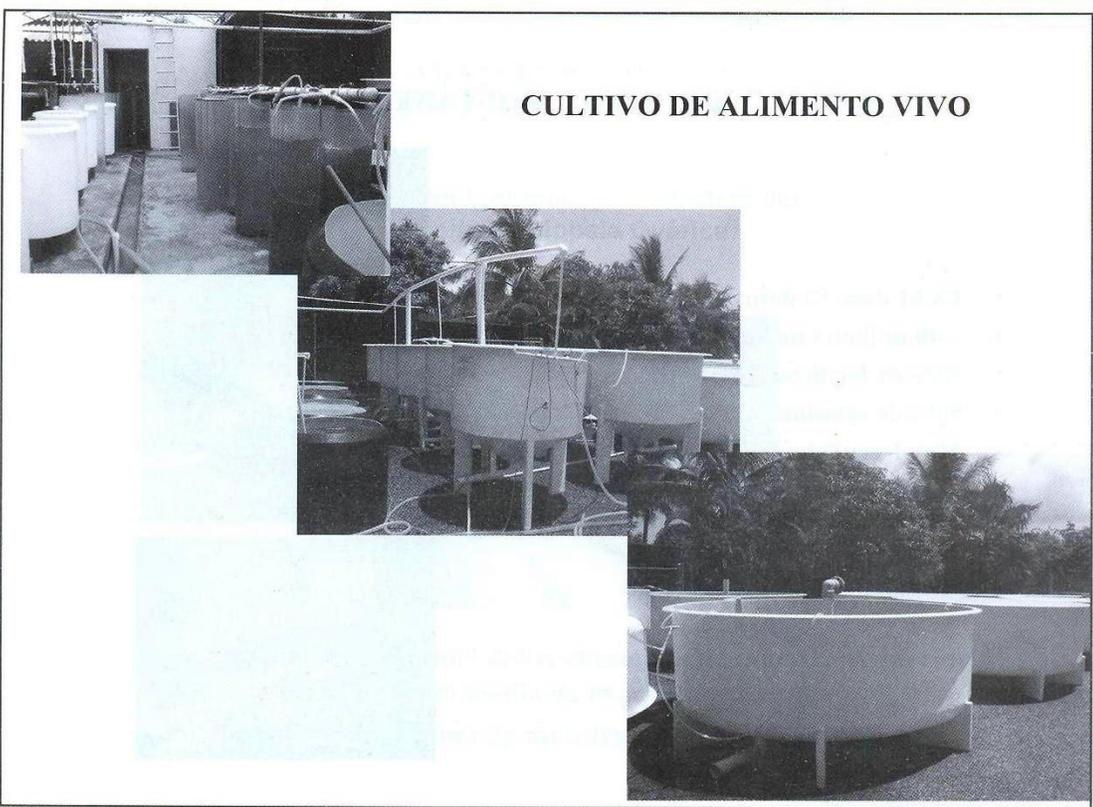
- En 61 días, 56 desoves
- > 40 millones de huevos viables
- 93% de fertilización
- 86% de eclosión.
- Muy frecuente: 0.4 – 1.0 millones por día.



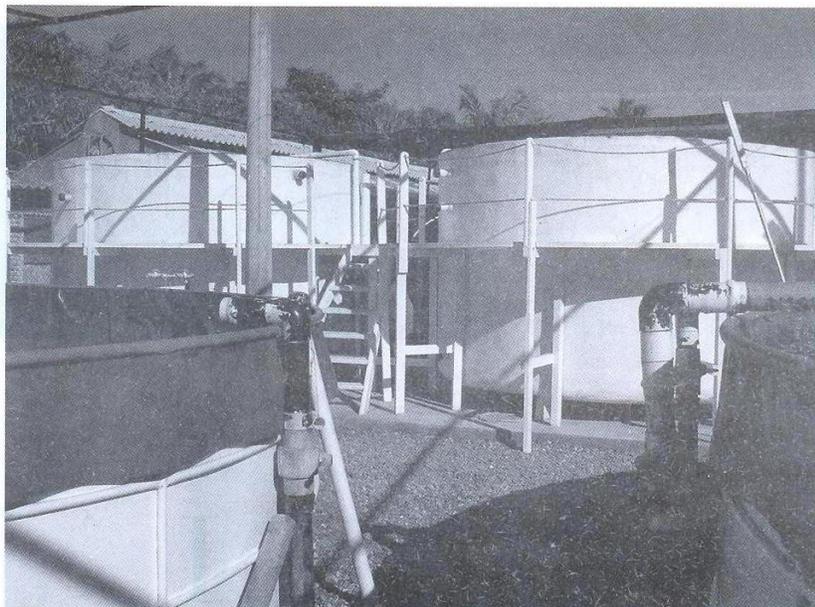
TRABAJOS DE LARVICULTURA



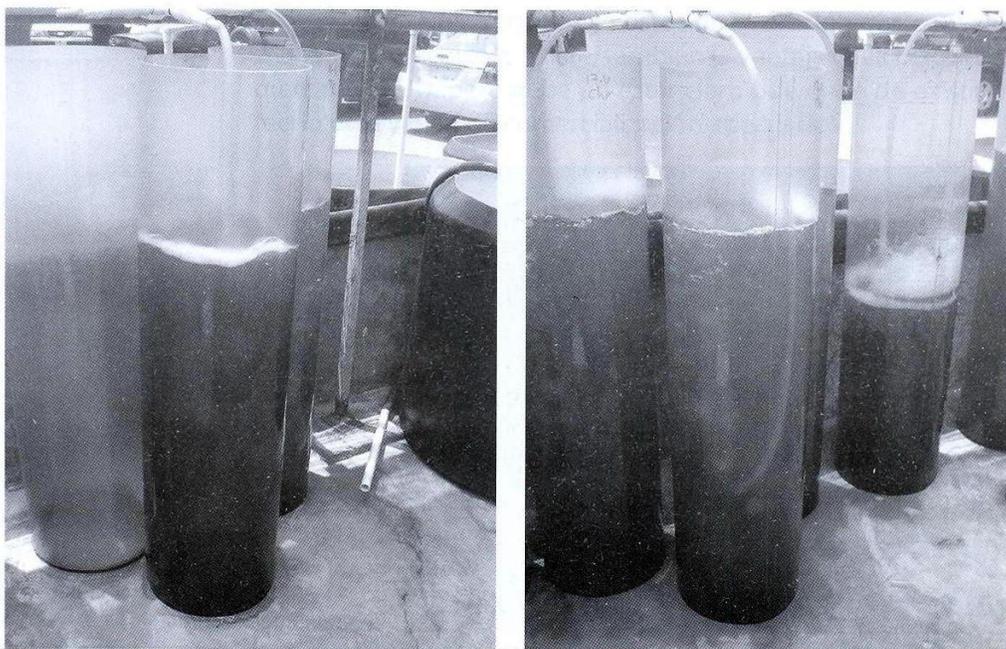
En junio – octubre 2005, se trabajó a escala experimental con tanques de 600-l.



TANQUES DE REPRODUCTORES



TANQUES COLUMNARES SEMI-TRANSPARENTES DE 87 L PARA ALIMENTO VIVO



Cultivo Comercial del Jurel



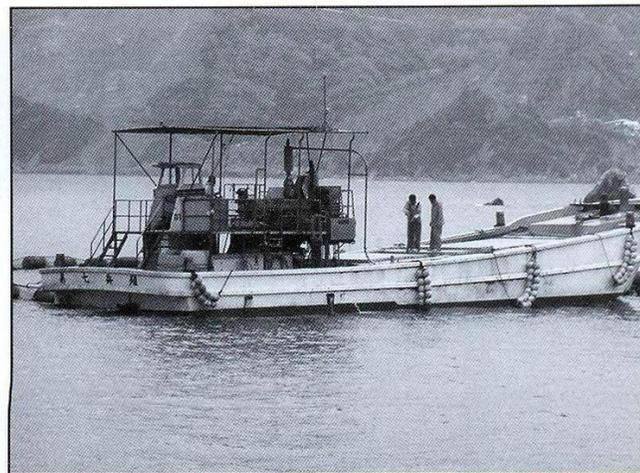
Dr. Rex Ito

Presidente de Prime Time Seafood, Inc
pts@pacbell.net

Los estudios de mercado deben de incluir aspectos que van desde el diseño, manejo, control de calidad, estrategia de cosecha y exportación.

Existen muchos proyectos que fracasan porque piensan que al criar el producto este se vende solo, o en otros casos, por extrapolación, crían cantidades de una especie para la cual no existe mercado.

En México, existen recursos y costos de operación que convienen a la industria acuícola. Existe, también la ventaja de la cercanía del mercado EEUU, pero debe de estar claro que debe de existir una tecnología y plan de comercialización adecuados.



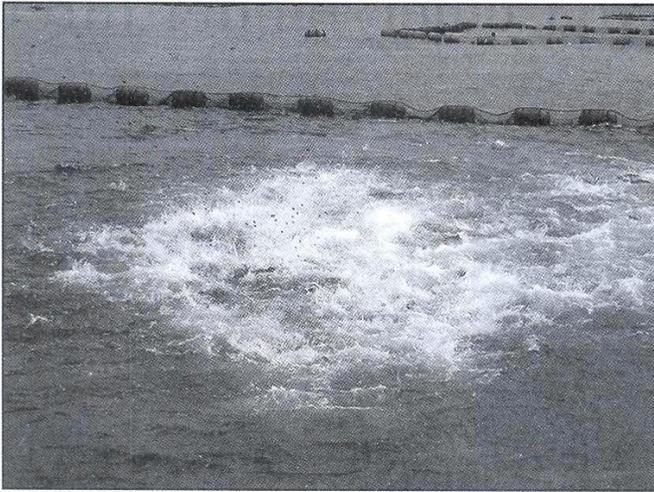
Barco de alimentación

Sistema del proceso y el empaque bajo aseo impecable



Empacado filetes en cajas insulados

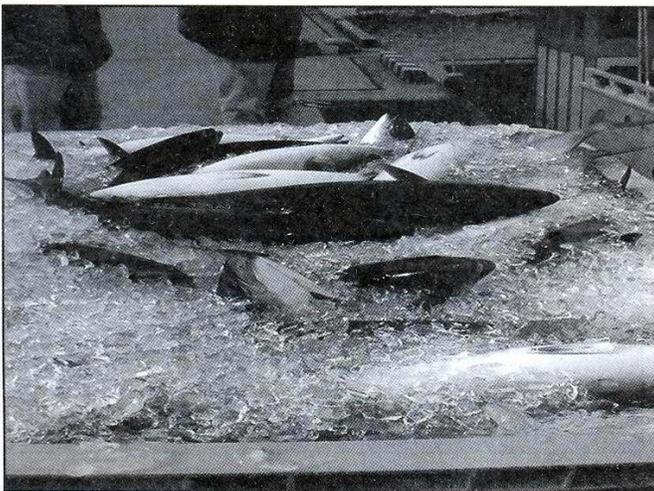




Alimentación
de hamachi,
cultivo en Japon

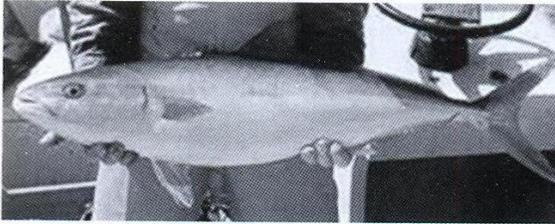


Proceso
de cosecha



Hamachi recién
cosechado, en
estanques de hielo

Desarrollo Biotecnológico del Cultivo de Jurel Cola Amarilla (*Seriola lalandi*)



**Dra. María Araceli Avilés Quevedo¹
y Dr. Francesc Castelló Orvay²**

¹Centro Regional de Investigación Pesquera La Paz
Instituto Nacional de la Pesca
maavilesq@yahoo.com

² Universidad de Barcelona
fcastello@ub.edu

El jurel es un pez marino de la familia Carangidae, de hábitat pelágico con amplia distribución, agrupado en el género *Seriola*, estos peces son muy apreciados en la cocina japonesa, china, coreana y europea en donde se consume crudo fresco como "sashimi" y "sushi" o marinado y frito como "teriyaki". Las especies de este género, se encuentran en todos los mares templados y subtropicales del mundo a profundidades de 20-70 metros, alcanzando tallas máximas de 190 cm de longitud total y 80 kg de peso.

Los peces del género *Seriola* son carnívoros depredadores que se alimentan principalmente de macarela, anchoveta, sardina y calamar, presentando una buena tasa de crecimiento en cautiverio. *S. dumerili* crece a razón de 5.8 g/día en verano (Cardona-Pascual, 1993) *S. quinqueradiata* 5.6 g/día (Ikenoue y Kafuku, 1992) y *S. lalandi* 22 g/día Nakada 2000.

En Japón el cultivo de *Seriola spp* constituye la empresa de acuicultura más exitosa, superando en mucho la producción acuícola de otras especies y de la misma pesquería de las poblaciones naturales (Fig. 1). En 1998 la producción acuícola de *S. quinqueradiata* alcanzó la cifra record de 169,964 Tm (FAO, 2000).

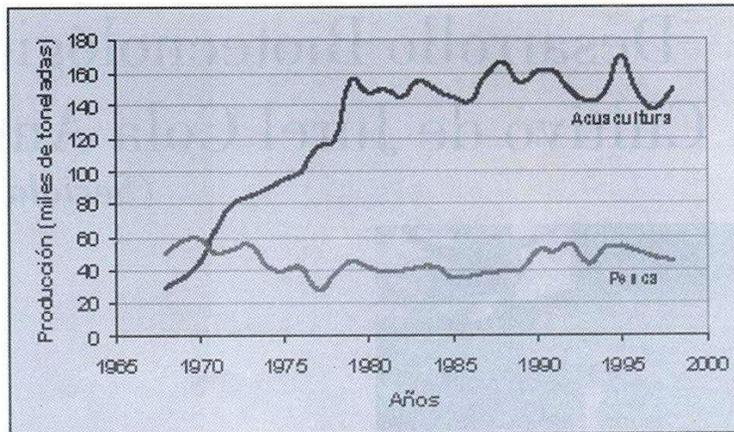


Figura 1.- Tendencia de la pesca y cultivo de *Seriola spp* en Japón (FAO, 2000).

En México la captura de *S. dorsalis*, *S. rivoliana* y *S. lalandi* (comúnmente llamados medregal, jurel de castilla, jurel aleta amarilla, etc.) apenas alcanzó la cifra de 2000 toneladas, de las cuales Baja California Sur y Baja California aportaron el 64% de la producción Nacional. Estas especies son capturadas a lo largo de toda la costa del Pacífico mexicano, y sin ninguna restricción se pescan con anzuelo, palangre de media agua y red agallera de fondo durante todo el año (CNP, 2004). Actualmente, son objeto de pesca deportiva en varias regiones del Pacífico Mexicano donde se conoce como pez fuerte.

Como consecuencia de la poca reglamentación que existe sobre la pesquería de este recurso, los volúmenes de producción han bajado de 1,791 toneladas que se pescaron en 1988 a 844 toneladas registradas en 1996 en la pesca de Baja California y Baja California Sur. La importancia que ha tomado este recurso como especie reservada a la pesca deportiva aunado a la disminución de su captura, justifica ampliamente los estudios enfocados a dar los elementos para regular la pesquería e incentivar la actividad acuícola.

Con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) se realizó el estudio para evaluar la factibilidad técnico-biológica del cultivo de *Seriola lalandi* en jaulas flotantes en Bahía Magdalena, B.C.S., con la participación de la SCPP "Bahía Magdalena" S.C.L., el apoyo de la empresa Kalada de México, S.A. de C.V. y la asesoría de la Universidad de Barcelona (UB) y el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de La Paz.

Características de la especie

La especie *Seriola lalandi* (Cuvier & Valenciennes, 1833) o *S. aureovittata* (Temminck et Schlegel) en México es conocida comúnmente como jurel cola amarilla o jurel de castilla, gran coronado o medregal. En Japón de conoce como "goldstriped amberjack", "yellowtail" o "hiramasa". Es muy popular en la pesca deportiva capturándose ejemplares hasta de 1 m de longitud estándar (Fig. 2). La coloración de sus aletas dorsales son de color oscuro con una banda submarginal amarillenta, aletas pectorales oscuro amarillento, pélvicas amarillas y negruzcas y aleta anal negruzca con puntas amarillo pálidas (Jordan y Evermann, 1963).

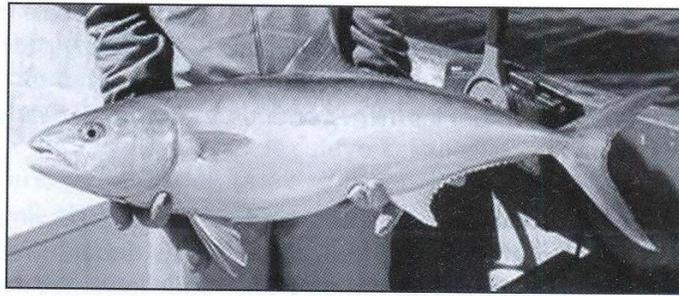


Figura 2.- *Seriola lalandi* (Cuvier & Valenciennes, 1833) o *S. aureovittata* (Temminck et Schlegel) conocido localmente como jurel de castilla o “yellowtail, goldstriped amberjack”.

Seriola lalandi es una especie mediana que alcanza 45 Kg y 154-180 cm de longitud total, mientras que *S. quinqueradiata* alcanza 100 cm de longitud estándar y 13 kg de peso total y *S. dumerilii* llega a medir 190 cm y 80 Kg de peso (Jordan y Evermann, 1963).

La elección para elegir el cultivo de esta especie fueron: su alta tasa de crecimiento; su carne de gran calidad y alto valor comercial; a que es una especie frecuente en las costas mexicanas, lo que permite la captura de alevines y juveniles del medio natural, facilitando así el inicio del cultivo; a que es fácil de domesticar ya que aceptan el confinamiento en jaulas y el alimento seco esparcido en la superficie del agua a pesar de ser una especie migratoria; a que tiene todo un desarrollo tecnológico ya que cultivada comercialmente en Japón; y a que en el noroeste del litoral del Pacífico mexicano se encuentran los sitios idóneos para el desarrollo de su cultivo.

Metodología

El cultivo se realizó en jaulas flotantes de 12x12x8m y 15x15x10m, en ambos tipos de jaulas se cuidó que las corrientes fueran las apropiadas para el buen intercambio de agua, mantenimiento de niveles de oxígeno arriba de 5 mg.L⁻¹ y que no fueran mayores de 1m.seg⁻¹ para evitar la deformación de la jaula y que arrastraran el anclaje. El sitio seleccionado para el cultivo tuvo profundidad mayor de 25m y fondo arenoso que presenta poca o nula población bentónica.

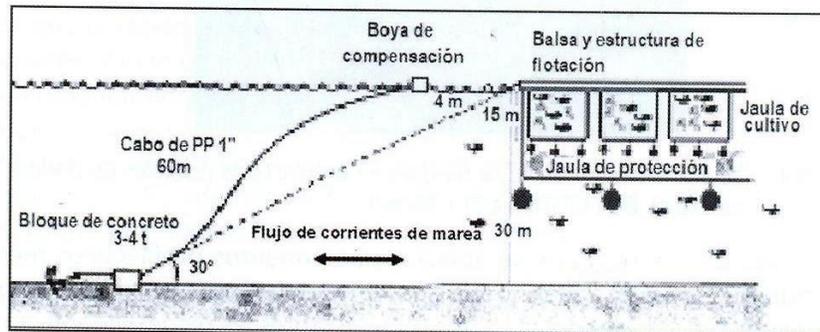


Figura 3.- Vista lateral de la instalación de la unidad de jaula flotantes para el cultivo de *Seriola lalandi* en Bahía Magdalena Baja California Sur, México.

El tamaño de la luz de malla, deberá corresponder al tamaño del pez e impedir que este se escape. De ahí que se recomiende no cultivar peces de tamaño y peso muy pequeños (mínimo 5 cm y 2g) ya que la luz de malla sería tan pequeña y la red tan tupida que muy rápidamente quedaría obturada por las incrustaciones, y el costo derivado de los cambios no hace rentable el negocio.

Las redes deben revisarse diariamente, cosiéndose las posibles roturas, limpiando el exceso de algas y elementos que obturen la luz de malla. Además deberán retirar y contar los peces muertos que se observen y, de manera particular, aquellos especímenes de especies depredadoras que se hayan introducido en el interior de la jaula.

El programa de manejo implicó:

- Aprovechamiento de semilla, colecta, selección, traslado y profilaxis de juveniles silvestres o compra de semilla.
- Siembra, biometría, control de la densidad, tamaño de jaulas y luz de malla.
- Alimentación, tipos de alimentos, cálculo de la ración, frecuencia y observación del comportamiento alimenticio.
- Registro diario de las condiciones ambientales, mortalidad, patología y estado físico de las mallas.
- Estimación del crecimiento y periodo de cosecha.

Los juveniles de *S. lalandi* se pueden colectar desde abril hasta septiembre, en la costa del Pacífico baja californiano, buscando los mantos de Sargazo flotando a la deriva o colocando plataformas flotantes hechas de hojas secas de palma o material sintético. La colecta se realizó en las primeras horas de la mañana o en el crepúsculo. Para ello la red de cerco se extendió alrededor de los mantos o plataforma, atrapando los ejemplares allí presentes. Estas plataformas flotantes también sirvieron de refugio a otras especies como el dorado, atún y otras especies de *Seriola*, por lo que la selección de la especie se hizo inmediatamente en cuanto subieron a bordo, seguido por una selección de tamaños (Figura 4).

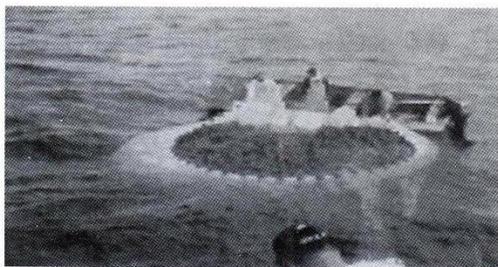


Figura 4.- Técnica para el encierro de Sargazo en la colecta de juveniles de *Seriola lalandi* en Baja California Sur, México.

Durante el traslado de los juveniles, se aplicaron tratamientos profilácticos mediante la dilución de antibióticos en el agua y baños de agua dulce para eliminar ectoparásitos. Cuando los alevines son trasladados de sitios muy distantes, es recomendable aplicar una cuarentena en estanques con sistema de circulación cerrado antes de introducir los alevines a las jaulas de cultivo.

La especie *Seriola lalandi* es conocido como un pez fuerte debido a su resistencia y tolerancia al manejo, resistiendo el estrés de la captura, traslado, tratamientos profilácticos, cuarentena y siembra. En el proceso de siembra se recomienda controlar la densidad de cultivo en 5 kg./m^3 y llevar un minucioso registro del crecimiento mediante biometrías mensuales para controlar la densidad de cultivo, calcular la cantidad de alimento, y ampliar la luz de malla, con lo cual se mejorará la circulación del agua, el nivel de oxígeno, el arrastre de heces y restos de alimentos.

El alimento es uno de los factores más importante en el cultivo de peces marinos, ya que su conocimiento y elección representan un alto porcentaje en el gasto operativo de la empresa. Además, de que determina la tasa de crecimiento, la calidad de la carne y el aprovechamiento por parte del pez según el tipo de dieta.

La alimentación de *S. lalandi* en su medio natural consiste principalmente de sardina, calamar y macarela. En cautiverio, cuando son colectados como alevines, aceptan fácilmente el alimento seco, mientras que los ejemplares adultos (mas de 1.5 kg) no aceptan con facilidad este tipo de alimento, por lo que se requiere de algunos trucos (Figura 5).



Figura 5.- Macarela o sardina troceada y mezclada con pellets para acondicionar a los ejemplares adultos de *Seriola lalandi* a comer solo el alimento seco.

Como sea que la ración diaria se calcula siempre de manera aproximada, se recomienda dar a los peces solo lo que coman ese día. Si se lo comen todo y de manera muy rápida, se puede aumentar la ración un poco al día siguiente. Si por el contrario no ingieren los pellets según la ración calculada, al día siguiente se les disminuye la ración. Téngase muy en cuenta que un exceso de comida es mucho peor que una pequeña subalimentación. El exceso de alimento, además de no acelerar el crecimiento, provoca un deterioro de la calidad del agua y un aumento en los gastos de operación de la empresa.

Puesto que los peces son animales muy sensibles a los cambios de temperatura del agua del mar, la cantidad de alimento a proporcionar también depende muchísimo de la época del año. En el caso del jurel, el rango de temperaturas que soportan es bastante amplio.

Desde una mínima de 14 °C hasta valores máximos de 28 °C. Siendo la temperatura óptima para el crecimiento la de 24-26 °C. Según esto, y para peces de más de 200 g, se puede establecer de manera práctica la siguiente tabla de alimentación:

Temperatura del agua del mar (°C)	Ración diaria de alimentación (R.D.) en % de biomasa
15	0*
18	1 – 1.5
20	2 - 2.5
22	2.5 – 3
24	3
26	3 – 2
28	0*

(*) A temperaturas que se salgan de los valores mínimo o máximo del rango de tolerancia, se recomienda muy encarecidamente NO dar de comer a los peces.

Durante la alimentación de los peces (Cuadro 2) tanto la persona encargada de distribuir los pellets como algún buzo, deberán observar el comportamiento de los peces (si comen rápido o lento, si tienen un nado normal, así como una distribución correcta; si se observa competencia entre animales de diferente talla o bien si los peces presentan anomalías en su aspecto (purulencias en la piel, aletas rotas o gastadas; etc.) Todas las observaciones serán anotadas en la bitácora diaria, con el fin de obtener toda la información que permita mejorar el cultivo.

Cuadro 2.- Programa de alimentación diaria para *Seriola lalandi* cultivado en jaulas flotantes en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

Peso promedio del pez (g)	Tasa promedio de alimentación diaria(%)	Frecuencia (veces/día)	Tamaño partícula de alimento (mm)	Temperatura agua de mar (°C)
2 -10	4	6	1.4 - 2	23 – 24
10 – 50	3	4	2	20 – 21
50 – 200	1.5	3	4 - 4.5	15 -18
200 – 500	1.4	2	6 - 7	20 – 24
500 – 2000	1.3-0.5	2	6 - 7	23 – 25
2000-3500	0.5-0.4	2		

Resultados

En el primer año de cultivo, la tasa de crecimiento mensual de *S. lalandi* cultivado en jaulas flotantes en Bahía Magdalena, B.C.S., fue de 264 g/mes alcanzando un peso promedio de 3.2 kg. En el segundo año de cultivo, la especie presentó una tasa de crecimiento de 500 a 750 g/mes alcanzando un peso promedio de 11.6 kg (Figura 6).

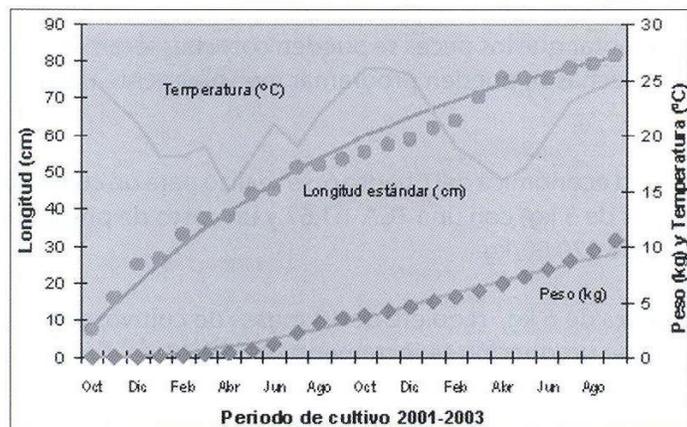


Figura 6.- Crecimiento de *Seriola lalandi* en jaulas flotantes en Bahía Magdalena, B.C.S., México, durante el periodo de noviembre de 2001 a octubre de 2003.

La mortalidad, sin considerar la presencia de la langostilla, fue menor al 5% y se debió a un mal manejo que permitió la infección por ectoparásitos *Benedenia sp* y *Heteraxine sp*. La tasa de conversión alimenticia (TCA) varió de 0.8 a 1.8 y el factor de condición (FC) como indicador del estado de salud o condición del pez, calculado en base a la relación entre la longitud total y el peso total del pez, mantuvo valores entre 14 y 18 (Figura 6). El valor de este factor varía de acuerdo a la calidad del alimento, temperatura del agua, edad, época reproductiva y al ambiente de cultivo. Asimismo, se hicieron análisis del contenido de grasas en músculo (por el método de extracción de Soxhlet) para valorar la calidad de la carne, principalmente un mes antes de la venta.

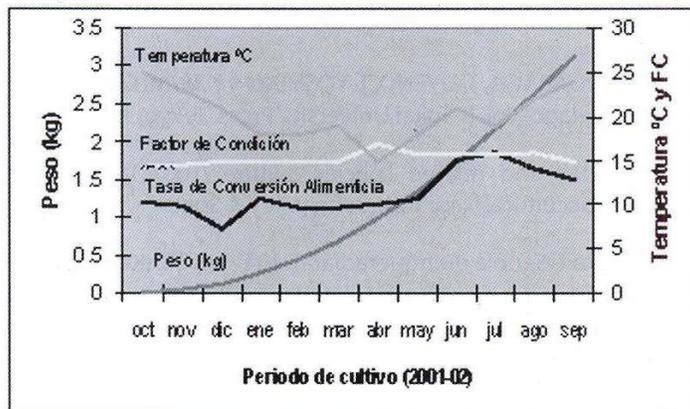


Figura 6.- Factor de condición (FC) y tasa de conversión alimenticia (TCA) de *Seriola lalandi* en jaulas flotantes en Bahía Magdalena, B.C.S., México.

Se realizó un estudio de viabilidad económica para un cultivo de un año (desde alevines de 2g a peces de 3 kg) con una TCA 1:1.67 y un costo de producción de \$39.88 kg y un precio de venta de \$70.00/kg.

La producción de peces de 6 kg, requiere de 18 meses de cultivo, con una producción de 12 TM/Jaula y su costo de producción se incrementa a \$ 59.38.

Finalmente hacemos notar que los peces se pueden cosechar al tamaño que lo demande el mercado y que las cosechas se pueden programar mensualmente después del primer año de producción.

El estudio de viabilidad económica del Cuadro 6, se realizó para un cultivo de un año (desde alevines de 2g a peces de 3 kg) con una TCA 1:1.67 y un costo de producción de \$39.88 kg y un precio de venta de \$70.00/kg.

La producción de peces de 6 kg, requiere de 18 meses de cultivo, con una producción de 12 TM/Jaula su costo de producción se incrementa a \$ 59.38.

Recordar que los peces se pueden cosechar al tamaño que lo demande el mercado. Las cosechas se pueden programar mensualmente después del primer año de producción.

Bibliografía citada

- AVILES-QUEVEDO, M.A. y F. CASTELLO-ORVAY. 2004. Manual para el cultivo del jurel. Instituto Nacional de la Pesca. ISBN: 968-800-580-0. México, D.F. 47p.
- CARDONA-PASCUAL, L. 1993. Otras especies de peces con interés en acuicultura. 467-476. En: F. Castelló-Orvay (ed). Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Universidad de Barcelona. 739p.
- JORDAN, D.S. y B.W. EVERMANN. 1963. The fishes of north and middle America. Bull. 47 Smithsonian Institution, United State National Museum. Part 1, Vol 1. 23 reimpression Washington, USA. 954p
- MASUDA, H., K. AMAOKA, Ch. ARAGA, T. UYENO, T. YOSHINO y K.M. MUZIK. (Eds.) 1992. The fishes of the japanese archipelago. Vol. II. Tokai University Press. Tokyo, Japan. 456p.
- NAKADA, M. 2000. Yellowtail and related species culture. 1007-1035 En: Stickney, R.R. (ed) Encyclopedia of Aquaculture. New York. John Wiley & Sons.
- TSUJIGADO, A. 1992. Yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). 131-143 En: IKONOUE, H. y T. KAFUKU (eds.) Modern Methods of Aquaculture in Japan. Kodansha Ltd. Elsevier. Tokyo. 272p

Engorda de Pargo en jaulas flotantes



Dra. María Araceli Avilés Quevedo

Centro Regional de Investigación Pesquera La Paz.

Instituto Nacional de la Pesca.

maavilesq@yahoo.com

Los peces marinos de la familia Lutjanidae, denominados internacionalmente como pargos y “snappers”, forman un importante recurso pesquero en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo, en donde constituyen unas de las especies más características de la ictiofauna costera. En México integran un gran componente de la pesca artesanal, en donde su importancia reside en sus elevados volúmenes de captura, así como en el beneficio económico en que redundan su pesca, la cual es destinada totalmente al consumo humano. En el 2003, los volúmenes de captura a nivel nacional de estas especies ascendieron a 10,817t con un valor de \$288,107,000.00 (CONAPESCA, 2003).

Los pargos *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y *L. guttatus* (Steindachner, 1869) conocidos localmente como huachinango del Pacífico y pargo lunarejo respectivamente, constituyen uno de los recursos más buscados en la pesca ribereña, en donde son muy apreciados por su presentación, sabor, color y textura de su carne, además del alto precio que se paga por pieza y por el amplio mercado a nivel regional, nacional e internacional en donde alcanzan los precios más altos.

En condiciones de cautividad, estas especies se muestran gregarias, formando un solo grupo que nada en toda la columna de agua, son

resistentes al manejo, lo cual facilita su captura y su traslado a las jaulas o estanques para su engorda o reproducción. Desde el punto de vista reproductivo, se destaca por su prolongado periodo de desove, su manifiesto gonocorismo y su comportamiento en cautiverio en donde se puede mantener en densidades altas con una buena tasa de conversión alimenticia, buen crecimiento y supervivencia (Avilés-Quevedo et al, 1996 a, b, c.)

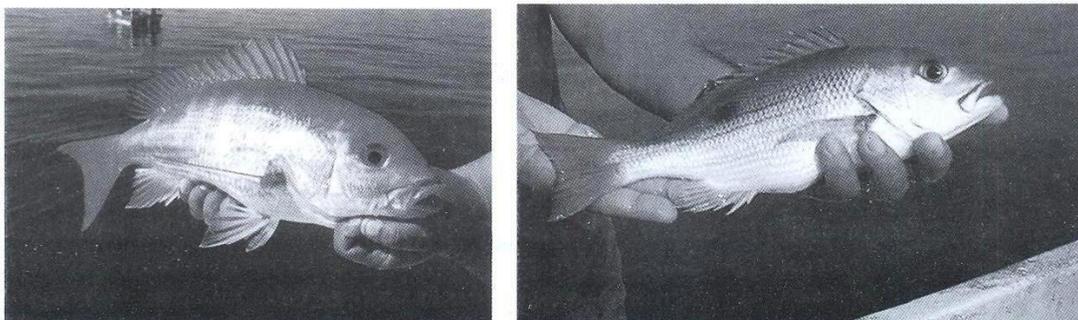


Figura 1.- *Lutjanus peru* y *L. guttatus* conocidos comúnmente como huachinango, pargo colorado y pargo rojo, el segundo también es conocido como pargo flamenco, lunarejo o pargo de la mancha. (Fotografía de *L. peru* Stan Moberly tomada de <http://www.mexfish.com> y *L. guttatus* de Estrella-Hernández et al., 2004 respectivamente).

Antecedentes

La engorda de los pargos se inicia en los países asiáticos a partir de los años 80's, en donde el pargo rojo *L. argentimaculatus* es la especie más cultivada, alcanzando una producción máxima de 2697 ton en el año 1996. Los principales países productores son China, Malasia, Nigeria, Singapur, Tailandia y Filipinas con una producción acuícola de 2034 ton que generaron \$12,570,000.00 dólares. USA. (FAO, 2000). A pesar de los avances en el desarrollo tecnológico, actualmente esta producción depende en más de un 95% de la colecta de especímenes silvestres.

En México, en 1994 el Instituto Nacional de la Pesca (INP), con la asesoría de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) realizó las primeras experiencias en el cultivo de *Lutjanus peru*, *L. guttatus*, *L. argentiventris*, *L. aratus* mediante la colecta silvestre y su posterior engorda en jaulas flotantes (Avilés et al. 1996; Avilés y Castelló, 2002).

Actualmente, con el apoyo de los fondos de SAGARPA-CONACyT, la CONAPESCA y el INP se realizan un proyecto interinstitucional para la reproducción, producción de "semilla" y engorda en jaulas flotantes del huachinango y pargo flamenco. Los avances del CIAD-Mazatlán, CEDETEM-Tomatlán, en Jalisco, el CICIMAR-IPN y CIBNOR en La Paz, B.C.S. han sido notables en el manejo de los reproductores, reproducción, producción de semilla, nutrición, alimentación, clasificación de ectoparásitos y su control. Por otro lado el INP está apoyando en más de siete estados del Pacífico (Figura 2) en la engorda de pargos, beneficiando a más de 17 cooperativas de pescadores que agrupan a más de 175 socios.



Figura 2.- Estados con litoral en el Pacífico mexicano con unidades demostrativas para el cultivo de pargos en jaulas flotantes.

Avances

En el desarrollo de la tecnología para el cultivo de huachinango y pargo flamenco o lunarejo, se encuentra a nivel experimental, en el laboratorio del CIAD-Mazatlán se ha controlado la reproducción de *Lutjanus guttatus* en cautividad manteniendo el stock de reproductores en tanques de 18m³ con un flujo de agua marina del 400%, una dieta compuesta por pescado oleaginoso, calamar y camarón con suplemento de aceite de alto contenido de ácidos grasos polinsaturados y vitaminas C y E, así como un mínimo de manejo reproductores, con lo cual se han obtenido desoves controlados de 0.5 a 1.5 millones de huevos/día de excelente calidad que han producido cientos de miles de crías acordes a la capacidad instalada en la Planta Piloto del CIAD-Mazatlán (comunicación personal Dr. Luis Sergio Álvarez-Lajonchere). En el CIAD también se está elaborando un catálogo de parásitos y su control para los pargos en cultivo (com. per. Dra. Emma Fajer-Ávila) y se están probando dietas comerciales específicas en distintas etapas del crecimiento de los pargos (com. Per. Dr. Armando García-Ortega). Por otro lado en CICIMAR se ha logrado el desove del huachinango (*L. peru*) y se tienen avances en la crianza larval de esta especie.

Actualmente los pargos se están cultivando en diferentes tipos de jaulas flotantes en áreas protegidas del Litoral Mexicano (Figuras 3 a, b y c), los resultados en el cultivo en jaulas, utilizando la captura de especímenes silvestres, se muestran en la siguiente tabla:

	Huachinango	Pargo flamenco o lunarejo
Crecimiento	64 -84 g/ mes	45-50 g/mes
Mortalidad, hasta la cosecha	10-15%	5%
Temperatura óptima para su cultivo	24-26°C	24-28°C
Tasa de Conversión Alimenticia	1.23	1.4
Densidad de cultivo	6-10 kg/m ³	6-10 kg/m ³

Fuente: Avilés-Quevedo, 2002; Avilés-Quevedo y Castelló-Orvay, 2002 y Avilés-Quevedo, 2004.



Figura 3a.- Unidad de ocho jaulas sumergidas de 5x5x5m (capacidad de producción de 1000 m³) utilizadas en el cultivo de huachinangos y pargos con un costo estimado de \$57,000.00 y una vida útil de 4 años.

La importancia de este cultivo se muestra en que a la fecha se han autorizados 39 permisos de acuicultura de fomento, para la engorda de pargos y huachinangos, que cubren una superficie total de 78 ha para producir 711.28 toneladas anuales. Actualmente la semilla es colectada del medio natural con pesos de 50 -150g, estimándose una demanda de 1,534,433 semillas por año, mismas que deberán abastecer las plantas de producción piloto (Tabla 1).

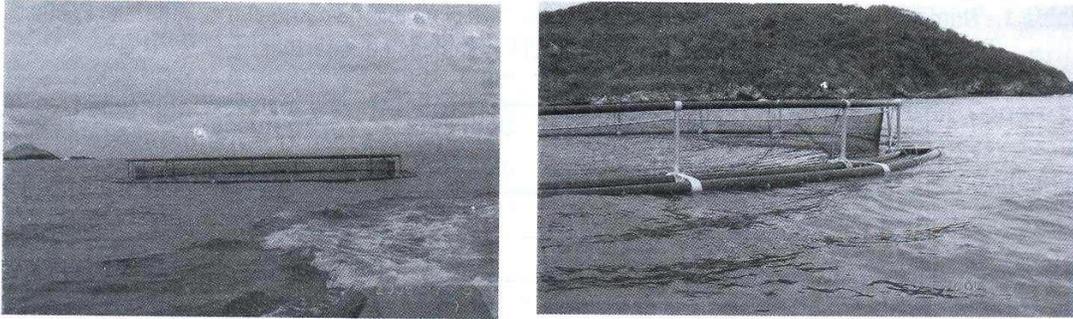


Figura 3b.- Balsa de madera y ocho jaulas de 5x5 m con capacidad de producción de 1000 m³) utilizadas en la engorda de pargos y huachinangos, con un costo \$59,000.00 y una vida útil de 5 años.

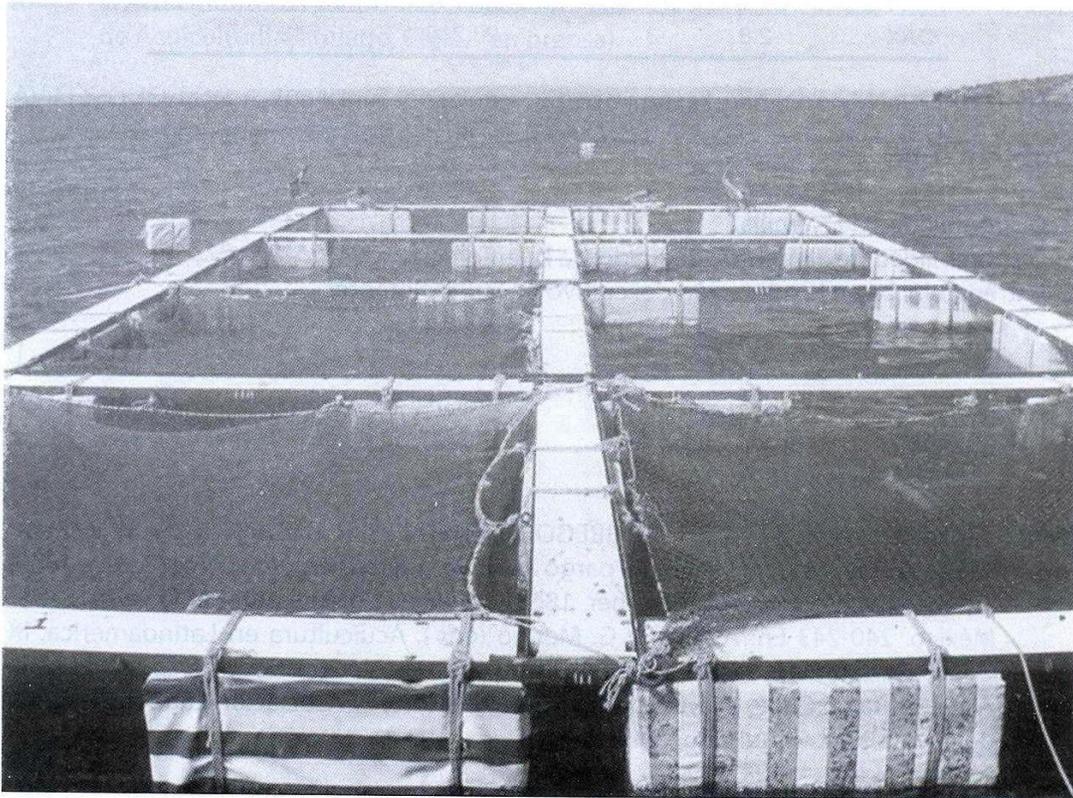


Figura 3c.- Balsa circular de 17 m de diámetro con soporte metálico y tubo de polietileno de 12" \varnothing y jaula de 5m de profundidad con paño de nylon, sin nudo. Capacidad de producción de 1134 m³ utilizadas en la engorda de pargos y huachinangos, con un costo \$ 200,000.00 y una vida útil de 10 años (Fotografía de Alfredo E. Vázquez Olivares, 2006).

Tabla 1. - Número de permisos y superficie autorizada para el cultivo de pargos en el litoral del Pacífico mexicano, demanda de semilla y producción estimada en toneladas.

Estado	Superficie (Ha)	Permisos (no.)	Demanda de semilla	Producción (toneladas)
BCS	34.0	8	235,059	100.0
SON	7.5	6	170,424	73.8
SIN	10.8	6	686,850	375.98
NAY	9.5	4	154,118	65.5
JAL	6.0	3	70,588	30.0
COL	2.4	1	37,647	16.0
MICH	3.0	6	70,588	30.0
GRO	2.0	2	18,823	8.0
OAX	2.8	3	28,235	12.0

Problemática

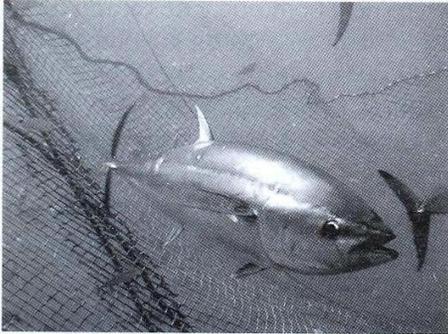
- 1.- Disponibilidad de "semilla".
- 2.- Disponibilidad de alimento adecuado y a buen precio.
- 3.- Entrenamiento en la operación del cultivo en jaulas flotantes.

Bibliografía

- AVILÉS-QUEVEDO A., L. REYES, U. MCGREGOR, O. HIRALES, R. RODRÍGUEZ Y M. IIZAWA. 1996a. Cultivo experimental del pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) y pargo raicero *L. aratus* (Gunther, 1864) en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B.C.S., México. 240-243 En: A. Silva y G. Merino (eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373p.
- AVILÉS-QUEVEDO A., L. REYES, S. VALDÉS, O. HIRALES, R. RODRÍGUEZ, U. MCGREGOR Y M. IIZAWA. 1996b. Manejo de reproductores y producción de huevos de pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) bajo condiciones de cultivo. 244-247 En: A. Silva y G. Merino (eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373p.

- AVILÉS-QUEVEDO A., L. REYES, O. HIRALES, R. RODRÍGUEZ Y U. MCGREGOR. 1996c. Resultados preliminares en el cultivo del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922 en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B.C.S., México. 248-250. En: A. Silva y G. Merino (eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373p.
- AVILÉS-QUEVEDO, A. 2002. Estado Actual y Desafíos de la Piscicultura en México. En: A. Silva (ed.). Acuicultura en Latinoamérica. X Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 3° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Santiago, Chile.
- AVILÉS-QUEVEDO, A. y F. CASTELLÓ-ORVAY. 2002. Avances en el Cultivo Experimental de Pargos (Pisces:Lutjanidae) en México. En: A. Silva (ed.). Acuicultura en Latinoamérica. X Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 3° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Santiago, Chile. (en prensa).
- AVILÉS-QUEVEDO, A. 2004. Investigación y cultivo de peces marinos en México XI Congreso Latinoamericano de Acuicultura (ALA) México 2004.

Investigación de la biología reproductora y el ciclo vital temprano del Atún Aleta Amarilla en cautiverio (*Thunnus albacares*)



Dr. Vernon Scholey*, Daniel Margulies,
Jeanne Wexler, Sharon Hunt

*Comisión Interamericana del Atún Tropical
Laboratorio Achotines. Las Tablas, Los Santos.
República de Panamá
vscholey@iatte.org

La investigación del ciclo vital temprano de los atunes, aunque décadas de investigación han producido información considerable sobre las poblaciones de atunes adultos, se sabe relativamente poco acerca de las etapas del ciclo vital temprano (CVT) y los factores que afectan la supervivencia. Los atunes figuran entre las poblaciones de peces de mayor valor comercial del mundo (FAO 2004), y la variabilidad del reclutamiento es un factor importante que afecta las fluctuaciones de las poblaciones (CIAT 2004). Antes de la década de 1980 se emprendieron pocos estudios para examinar los mecanismos que posiblemente controlen la supervivencia de los atunes antes de su reclutamiento o para estimar las tasas vitales de las etapas tempranas de la vida de los atunes. Estas consideraciones motivaron a la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) a establecer en la Bahía de Achotines, en la República de Panamá, un centro de investigación dedicado al estudio del ciclo vital temprano de los atunes y especies afines (escómbridos).

El Laboratorio Achotines y el programa de Ciclo vital temprano de la CIAT

La Bahía de Achotines está situada en la punta sur de la Península

de Azuero en la Provincia de Los Santos, República de Panamá. La plataforma continental es estrecha en este lugar: el contorno de 200 metros se encuentra a entre solamente 6 y 10 km del litoral. Esto brinda a los científicos del laboratorio acceso a aguas oceánicas donde ocurre desove de atunes en cada mes del año. La temperatura superficial del mar fluctúa entre 21° y 29°C.

El programa de investigación del ciclo vital abarca estudios de laboratorio y de campo de los escómbridos tropicales, ideados para obtener un mayor conocimiento de los procesos de reclutamiento y de los factores que lo afectan. Investigaciones anteriores del reclutamiento de peces de otros tipos sugieren que tanto los factores abióticos (temperatura, luz, patrones de corrientes, y condiciones de viento, por ejemplo) como los biológicos (alimentación, crecimiento, depredación, etc.) pueden afectar el reclutamiento (Houde 1997). Ya que la supervivencia antes del reclutamiento es controlada probablemente por una combinación de estos factores, el programa de investigación de la CIAT toma en cuenta la interacción entre el sistema biológico y el ambiente físico (Lauth y Olson 1996, Owen 1997).

La investigación de los escómbridos tropicales en el Laboratorio de Achotines ha abarcado dos fases distintas. La primera fase de la investigación se centró predominantemente en estudios de los escombridos tropicales costeros durante el periodo de 1984 a 1995. La investigación durante este periodo estuvo enfocada en la biología y el ciclo vital temprano del atún barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), las melvas (*Auxis* spp.), y el carite (*Scomberomorus sierra*), con la inclusión ocasional del bonito mono (*Sarda orientalis*) y el atún aleta amarilla en los estudios. Desde 1996 hasta ahora, la investigación cambió a la biología reproductora y el ciclo vital temprano del atún aleta amarilla, usando huevos puestos por la población reproductora cautiva.

El acuerdo sobre el proyecto conjunto CIAT-OFCF-Panamá

En diciembre de 1993, la Overseas Fishery Cooperation Foundation (OFCF) del Japón, el gobierno de la República de Panamá, y la CIAT acordaron emprender un proyecto conjunto, subvencionado principalmente por la OFCF, en el Laboratorio de Achotines. Los objetivos del proyecto fueron (1) criar atunes aleta amarilla adultos para suministrar larvas para la investigación de su ciclo vital temprano; (2) criar especies de peces de aleta costeros de interés para el gobierno de Panamá; y (3) producir organismos de alimento para los peces larvales y juveniles. En el presente documento no informamos sobre los resultados de la investigación de las especies costeros. En general, el proyecto de aleta amarilla fue diseñado para obtener nuevos conocimientos de la biología reproductora y el ciclo vital temprano de la especie mediante el mantenimiento de una población reproductora de aletas amarillas adultos y el estudio de las etapas de huevo, larval, y juvenil con experimentos de laboratorio cuidadosamente diseñados. El proyecto conjunto duró hasta marzo de 2001. Desde 2001, el programa de investigación del aleta amarilla ha sido proseguido por el grupo CVT de la CIAT.

Construcción de instalaciones nuevas o mejoradas en Achotines para la investigación del aleta amarilla

Para criar la población de aletas amarillas reproductores, se construyeron entre fines

de 1994 y principios de 1996 nuevos tanques para la población reproductora y la cría y un sistema de agua de mar, con otras construcciones menores hasta 1999 (Wexler *et al.* 2003). Durante este mismo periodo se reformaron las instalaciones del laboratorio con acuarios experimentales adicionales equipados con pequeños aparatos de calefacción y refrigeración para controlar la temperatura del agua, luces para regular los fotoperiodos, y equipo de aeración. Se construyó asimismo un edificio dedicado al almacenamiento y preparación del alimento de la población reproductora y la cría de organismos de alimento para las larvas criadas por los peces de la población reproductora. Además, se construyó un edificio nuevo con una oficina y un laboratorio "seco" con equipo analítico y microscopios adicionales. Se añadieron en 1999 un muelle y una rampa de hormigón, para facilitar las operaciones con las embarcaciones.

Desarrollo y crecimiento del atún aleta amarilla en cautiverio

Una vez terminada la construcción del sistema de agua de mar y los tanques enterrados, se concentraron los esfuerzos en poblar los tanques principal (Tanque 1) y de reserva (Tanque 2) para la población reproductora con aletas amarillas capturados cerca de las Islas Frailles entre abril y junio de 1996. Cada pez fue marcado con una marca de microchip implantada, luego pesado, medido, e inyectado con oxitetraciclina. Se observó y describió el crecimiento, la supervivencia, y la alimentación y los requisitos energéticos de la población reproductora desde 1996 hasta 1999, y estos resultados constituyeron la primera información a largo plazo sobre las poblaciones reproductoras de los atunes tropicales en un sistema terrestre (Wexler *et al.* 2003). Una dieta de 50% calamar y 50% pescado, como machuelos o anchoveta, parece proveer una nutrición adecuada para los aletas amarillos reproductores y estimula un desove casi continuo. Las tasas de crecimiento de estos aletas amarillos cautivos son similares a aquéllas estimadas para peces silvestres hasta los 2,5-3 años de edad, cuando las tasas de crecimiento de los atunes cautivos descienden por debajo de aquéllas de los peces silvestres.

Con base en las experiencias con la supervivencia y crecimiento de la población reproductora inicial, a partir del primer año en cautiverio se mantienen las poblaciones reproductoras a largo plazo en el Tanque 1 a una densidad de un máximo de 0,50 a 0,75 kg m⁻³. Desde 1999, la población reproductora ha sido reabastecida periódicamente con peces de menor tamaño y edad.

Dinámica del desove del atún aleta amarilla en cautiverio

El desarrollo de la población reproductora de aleta amarilla en el Laboratorio de Achetines permitió estudiar la dinámica diaria del desove de la especie durante años múltiples. Desde 1996, se observa y describe los comportamientos de cortejo y desove de los aletas amarillos cautivos, la periodicidad de su desove, la influencia de factores físicos y biológicos sobre el desove y la eclosión, y el desarrollo de los huevos y las larva tempranas. Se resumieron estos aspectos de la dinámica del desove del aleta amarilla durante el periodo de 1996-2000 (Margulies *et al.*, *en revisión*).

El desove de la población de atunes aleta amarilla reproductores en el Laboratorio de

Achotines, comenzado en 1996, es la primera instancia en todo el mundo de desove sostenido por la especie en instalaciones terrestres. Durante los cuatro primeros años, el desove fue casi diario durante periodos extendidos, y ocurrió en agua de entre 23,3° y 29,7°C de temperatura. La temperatura del agua pareció ser el principal factor exógeno que controlaba la ocurrencia y la hora del desove. Los eventos de desove fueron precedidos por comportamiento de cortejo, los grupos desovadores consistieron de una hembra y de uno a cinco machos, y típicamente, de dos a ocho grupos desovaron simultáneamente en el tanque. Se estimó la edad de primer desove en entre 1,3 y 2,8 años, con un promedio ligeramente inferior a los 2,0 años.

Otros estudios del comportamiento y fisiología del atún aleta amarilla en cautiverio experimentos de reja clasificadora

Atunes pequeños sin valor comercial forman un componente importante de la captura incidental en la pesquería de cerco del Océano Pacífico oriental (OPO). No se han elaborado dispositivos para reducir la captura incidental de los cerqueros atuneros, pero una reja clasificadora rígida fue diseñada y probada por investigadores del Instituto de Investigación Marina en Bergen (Noruega) para reducir las capturas incidentales de caballas y colines pequeños por buques cerqueros. Se probó la viabilidad de aplicar esta técnica a los atunes en el Laboratorio de Achotines por primera vez en 1998, y se demostró que aletas amarillas cautivos nadarían por una reja vertical. En 2005 se realizó una segunda serie de experimentos. El Dr. Peter Nelson trabajó con el personal del Laboratorio en un estudio de la reacción de los atunes aleta amarilla a varios tipos de reja clasificadora. Durante esta segunda serie de pruebas, se descubrió que tanto la orientación (vertical u horizontal) como el color (blanco o negro) ejercían efectos importantes sobre la frecuencia relativa de la selección por los peces de una reja u otra.

Pruebas con marcas archivadoras

Los estudios a largo plazo de los atunes aleta amarilla adultos en el Laboratorio de Achotines incluyen una serie de pruebas con marcas archivadoras llevadas a cabo por los científicos de la CIAT Kurt Schaefer y Dan Fuller, el grupo CVT, y el personal del Laboratorio de Achotines. Se está investigando si los eventos de alimentación y desove de la especie pueden ser detectados mediante la evaluación de datos sobre la temperatura interna del pez registrados por la marca. Además, se evaluó el funcionamiento de las marcas en general.

Desde 2001, varias docenas de aletas amarillas, de entre 4 y 10 kg, con marcas archivadoras implantadas en la cavidad peritoneal, han sido introducidas en los Tanques 1 y 2. Las marcas en varios peces alimentados con alimento descongelado a la temperatura del agua en el tanque registraron una leve disminución de la temperatura peritoneal al alimentarse el pez, confirmando una señal de alimentación. Se registró una señal de desove en el momento documentado de desove en un macho de 18 kg, y se espera poder ver resultados similares en otros machos y en hembras. Las marcas archivadoras parecen ser muy prometedoras para la detección de eventos de alimentación y desove en peces silvestres.

Seguimiento genético

Se realizó un seguimiento genético del desove del aleta amarilla mediante una comparación de la variación del ADN mitocondrial de hembras desovadoras y de sus huevos y larvas. Los estudios genéticos fueron realizados con el Sr. Yuki Niwa, de la OFCF, y dirigidos por el Dr. Seinen Chow, del Instituto Nacional de Investigación de Pesca de Ultramar del Japón. Se logró identificar hembras reproductoras individuales y dar seguimiento a su comportamiento de desove (Niwa *et al.* 2003). También se confirmó la herencia mendeliana de las variaciones del intron del gene de proteína ribosomal (Chow *et al.* 2001) y se contribuyó a un estudio que confirmó la herencia mendeliana de los microsatélites (Takagi *et al.* 2003). Hembras individuales son capaces de desovar diariamente durante períodos extendidos, siempre que permanezcan en agua de temperatura apropiada (> 24°C) y tengan suficiente alimento. La variación genética de la región *D-loop* del ADN mitocondrial del aleta amarilla parece ser tan elevada que será probablemente útil, no sólo para la identificación de peces individuales, sino también para las investigaciones de la estructura de las poblaciones en aguas naturales.

Estudios del ciclo vital temprano. Desarrollo de la visión en el atún aleta amarilla

Los atunes son depredadores altamente activos, que dependen principalmente de la visión para detectar, seguir, y capturar sus presas. La retina en los atunes está altamente desarrollada, con bastones y conos sencillos y dobles (Margulies 1997). La resolución visual a lo largo del eje visual de los atunes es la mayor conocida en los peces teleósteos. Estudios previos sugirieron que los atunes adultos tienen solamente dos pigmentos visuales en la retina y conos monocromáticos (o sea, daltonismo). Partiendo del trabajo previo sobre el desarrollo visual en los escombridos costeros, se iniciaron estudios de la visión, en colaboración con los Dres. William McFarland, de la Universidad de Washington, y Ellis Loew, de la Universidad Cornell. Los resultados de los estudios fueron publicados en Loew *et al.* (2002).

Loew *et al.* (2002) realizaron análisis microespectrofotométricos (MSP) de los fotoreceptores retinales de atunes aleta amarilla larvales, juveniles, y adultos. Documentaron la existencia de un tercer pigmento, sensible a violeta y nunca antes reportado, en los conos sencillos del atún aleta amarilla larval, juvenil, y adulto. Además, las larvas tenían no sólo mezclas de los dos pigmentos de los conos de los adultos (sensibles a violeta y azul), pero al menos un tercer pigmento sensible a verde, de mayor longitud de onda. A medida que crecen los peces, este último pigmento desaparece en la etapa juvenil temprana y la sensibilidad espectral va convergiendo hacia la condición adulta. Loew *et al.* concluyeron que sus resultados no invalidan las sugerencias previas que los atunes son daltónicos, pero que definitivamente ya no se debería considerar isocromáticos a los atunes. Además, sugirieron que el rango extendido de la sensibilidad espectral en las larvas de aleta amarilla incrementa el éxito de la detección y captura de presas zooplanctónicas, especialmente si éstas muestran un mayor contraste en las longitudes de onda largas en relación con su fondo (es decir,

contienen clorofila-a).

Nuestros estudios del desarrollo de la visión en el atún aleta amarilla sugieren que el éxito de la alimentación (y eventual supervivencia) de las larvas es afectada por las características espectrales del medio ambiente y de los organismos presas. Investigamos también los efectos de la intensidad de la luz sobre el éxito de la alimentación y la supervivencia de las larvas. En un experimento en 2000, las larvas fueron expuestas a tres intensidades de luz, y se estimó la supervivencia al cabo de 10 días de alimentación. La intensidad de luz alta produjo una supervivencia de 3 a 10 veces mayor que las intensidades mediana o baja. Estos resultados indican la intensidad de la luz, así como las características espectrales del medio ambiente de alimentación, juega un papel en el éxito de la alimentación de las larvas de aleta amarilla.

Crecimiento de larvas y juveniles de aleta amarilla en el laboratorio

Desde 1997, se estudia el crecimiento en el laboratorio de larvas y juveniles de aleta amarilla criados de huevos de la población reproductora. Se investigaron los efectos de la disponibilidad de alimento, temperatura del agua, y otros factores físicos sobre la supervivencia y crecimiento de las larvas y juveniles hasta los 65 días después de la eclosión. El crecimiento larval temprano (la primera semana) es exponencial en talla y peso, y la tasa de crecimiento aumenta de forma importante durante las etapas larval tardía y juvenil temprana. Las larvas se vuelven piscívoras a una talla estándar (TE) alrededor de los 6,5 mm, y el momento del comienzo de la piscívora determina probablemente, en parte, el potencial de crecimiento de un individuo. Las cohortes de laboratorio que son piscívoros tempranos (TE alrededor de 6,0-7,0 mm) crecen más rápidamente, y los individuos que siguen zooplanctívoros crecen más lentamente y/o son comidos por los otros.

La supervivencia y el crecimiento durante la etapa juvenil temprana parece ser afectada principalmente por la dieta, y posiblemente secundariamente por la temperatura del agua y la densidad de los peces. Al cabo de unos 30 días después de la eclosión, la supervivencia es generalmente menos que 1%, aunque la supervivencia de ciertas cohortes ha alcanzado el 5 a 10%. Se criaron cohortes experimentales de juveniles hasta los 65 días después de la eclosión, con un récord de 100 días en el caso de un individuo.

Estudios de laboratorio de los efectos de factores físicos y densidad larval sobre el crecimiento y la supervivencia de las larvas de aleta amarilla

Nuestros estudios *in situ* y experimentales indican que la disponibilidad y composición de las presas son muy importantes en el control del crecimiento y supervivencia de las larvas y juveniles tempranos del aleta amarilla. Durante nuestros primeros experimentos de laboratorio, se identificaron también varios factores físicos, entre ellos temperatura del agua, oxígeno disuelto, microturbulencia, e intensidad de luz, además de la densidad de las larvas, que mostraban un fuerte potencial para causar cambios importantes en la supervivencia y el crecimiento. A partir de 1997, se realizó una serie de experimentos de laboratorio para examinar los efectos potenciales de estos factores sobre el crecimiento

y supervivencia de las larvas. Varios estudios en diferentes océanos indicaron que las larvas de aleta amarilla se encuentran solamente en profundidades de menos de 50 m en la capa de mezcla, con densidades máximas principalmente en los 15 m superiores (Leis *et al.* 1991, Boehlert y Mundy 1994). Con base en nuestros experimentos recientes de temperatura y oxígeno, creemos que la distribución vertical, y en cierta medida la distribución horizontal, de las larvas de saco vitelino y en primera alimentación es determinada por las limitaciones físicas de temperatura del agua y oxígeno disuelto. Los datos físicos tomados en nuestros estudios del ictioplancton costero entre 1989 y 1991 reflejan las diferencias estacionales de la temperatura y los niveles de oxígeno a profundidad (Owen, 1997).

El éxito de alimentación de las larvas de peces marinos puede ser afectado por los niveles de turbulencia a microescala causada por el viento en el ambiente alimenticio (Rothschild y Osborn 1988, Cury y Roy 1989). La probabilidad de encuentros con presas y del éxito de alimentación de las larvas podría aumentar con aumentos de dicha turbulencia hasta un nivel asintótico de viento y turbulencia (MacKenzie *et al.* 1994). Se investigó la turbulencia a microescala en una serie de experimentos de laboratorio durante 1997-2000 en Achotines, en los que se examinó la supervivencia de las larvas de aleta amarilla durante la primera semana de alimentación bajo condiciones de microturbulencia variada. Se midió la turbulencia en los tanques experimentales a partir de la la velocidad horizontal media de un objeto de capacidad neutra de flotación. Además, las velocidades turbulentas medidas en la superficie fueron calibradas con velocidades medidas a profundidad con un medidor de corrientes Doppler microacústico en 1999 y 2000. Se prosigue actualmente el análisis de los resultados del experimento (CIAT, datos inéditos), aunque Kimura *et al.* (2004) publicaron resultados preliminares. Se están comparando las estimaciones experimentales de la velocidad óptima del viento con datos históricos de la velocidad del viento en el Océano Pacífico oriental tropical. Nuestra meta es identificar patrones de asociación entre la mezcla causada por el viento y el reclutamiento del aleta amarilla.

Experimentos con la densidad de las larvas de aleta amarilla han indicado un que comienza temprano un crecimiento que depende de la densidad durante los primeras 2,5 semanas después de la eclosión. Aumentos de 2 a 4 veces la densidad larval resultaron en déficits de crecimiento de hasta un 35% durante las etapas larvales. Se notó también evidencia indirecta fuerte de crecimiento dependiente de la densidad en cohortes larvales en ciertos años en el Golfo de Panamá (Wexler *et al.*, *en revisión*). El potencial de la dependencia de la densidad para afectar el crecimiento y/o supervivencia en las etapas juveniles tempranas del aleta amarilla es desconocido pero potencialmente importante.

Se proseguirá la investigación del ciclo vital temprano del atún aleta amarilla, con énfasis en los puntos siguientes:

1. Los efectos de la disponibilidad y composición de alimento sobre el crecimiento y la supervivencia;
2. Comparación de la intensidad/espectros de luz óptimos estimados en el laboratorio con los niveles medidos en aguas de la capa de mezcla del océano para estimar la

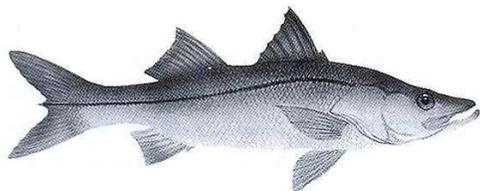
-
- profundidad óptima para el éxito de alimentación de las larvas;
 3. Interacción de la disponibilidad de alimento y la temperatura del agua;
 4. Interacción de la turbulencia a microescala y la densidad de las larvas;
 5. Interacciones depredador-presa;
 6. Interacción del crecimiento larval y la depredación por tamaño;
 7. Producción a pequeña escala de cohortes juveniles para uso experimental.

Literatura citada

- Boehlert, G.W. and B.C. Mundy. 1994. Vertical and onshore-offshore distributional patterns of tuna larvae in relation to physical habitat features. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 107: 1-13.
- Chow, S., V.P. Scholey, A. Nakazawa, D. Margulies, J.B. Wexler, R.J. Olson, and K. Hazama. 2001. Direct evidence for Mendelian inheritance of the variations in the ribosomal protein gene introns in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Mar. Biotechnol.* 3: 22-26.
- Cury, P. and C. Roy. 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 670-680.
- FAO. 2004. Fisheries statistics: capture production, 2002. *FAO Yearb., Fish Stat.* 94.
- Houde, E.D. 1997. Patterns and consequences of selective processes in teleost early life histories. *In* R.C. Chambers and E.A. Trippel (editors), *Early life history and recruitment in fish populations*, Chapman and Hall, London: 173-196.
- IATTC. 2004. Annual report of the Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 2003, La Jolla, CA: 103 pp.
- Kimura, Shingo, Hideaki Nakata, Daniel Margulies, Jenny M. Suter, and Sharon L. Hunt. 2004. Effect of oceanic turbulence on the survival of yellowfin tuna larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi* 70: 175-178 (In Japanese with English abstract).
- Lauth, R.R., and R.J. Olson. 1996. Distribution and abundance of larval Scombridae in relation to the physical environment in the northwestern Panama Bight. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull.* 21: 127-167.
- Leis, J.M., T. Trnski, M. Harmelin-Vivien, J.P. Renon, V. Dufour, M.K. El Moudni, and R. Galzin. 1991. High concentrations of tuna larvae (Pisces: Scombridae) in near-reef waters of French Polynesia (Society and Tuamotu Islands). *Bull. Mar. Sci.* 48: 150-158.
- Loew, Ellis R., William N. McFarland, and Daniel Margulies. 2002. Developmental changes in the visual pigments of the yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 35(4): 235-246.
- MacKenzie, B.R., T.J. Miller, S. Cyr, and W.C. Leggett. 1994. Evidence for a dome-shaped relationship between turbulence and larval fish ingestion rates. *Limnol. Oceanogr.* 39: 1790-1799.
- Margulies, D. 1997. Development of the visual system and inferred performance capabilities of larval and early juvenile scombrids. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 30: 75-98.
- Margulies, D., J.M. Suter, S.L. Hunt, R.J. Olson, V.P. Scholey, J.B. Wexler, and A. Nakazawa. *In review*. Spawning and early development of captive yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. Submitted to *Fishery Bulletin*.
- Niwa, Yukiyasu, Akio Nakazawa, Daniel Margulies, Vernon P. Scholey, Jeanne B. Wexler, and Seinen Chow. 2003. Genetic monitoring for spawning ecology of captive yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) using mitochondrial DNA variation. *Aquaculture* 218: 387-395.
- Owen, R.W. 1997. Oceanographic atlas of habitats of larval tunas in the Pacific Ocean off the Azuero Peninsula, Panama. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Data Report* 9: 31 pp.
- Rothschild, B.J. and T.R. Osborn. 1988. Small-scale turbulence and plankton contact rates. *J. Plank. Res.* 10: 465-474.
- Takagi, M., S. Chow, T. Okamura, V.P. Scholey, A. Nakazawa, D. Margulies, J.B. Wexler, and N. Taniguchi. 2003. Mendelian inheritance and variation of four microsatellite DNA markers in the yellowfin tuna *Thunnus albacares*. *Fish. Sci.* 69: 1306-1308.
- Wexler, J.B., V.P. Scholey, R.J. Olson, D. Margulies, A. Nakazawa, and J.M. Suter. 2003. Tank culture of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*: developing a spawning population for research purposes. *Aquaculture*

La siguiente generación de jaulas flotantes en México

(Diseño de un sistema de jaula flotante móvil para cultivos marinos en México)



M.I. Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares¹
y Sigurdur Brynjolfsson²

¹Instituto Tecnológico del Mar en Mazatlán
alfredoema@yahoo.com.mx

²University of Iceland.
sb@hi.is

La creciente demanda mundial de pescado no se puede satisfacer mediante las pesquerías de captura, cuya producción ya no ha crecido. La producción de acuicultura se está incrementando y actualmente el cultivo en jaulas marinas tiene un papel importante en la solución a la demanda mundial de pescado. De manera similar en México, las pesquerías de captura no se han incrementado, además su producción acuícola es principalmente en tierra y el sistema de jaulas para cultivo marinos es escasamente usado. Basado en la necesidad de incrementar y diversificar la producción pesquera en México, se propone el diseño de un sistema de jaula para cultivo marino comercial que pueda ser desarrollada y construida en el país. Para cumplir este propósito se llevaron a cabo los objetivos siguientes: a) Definición de la posible especie y sitio para cultivo; b) Definición de los parámetros de diseño, y c) Propuesta de la jaula para cultivo. La especie fue analizada con criterios biológicos, de mercado y del medio ambiente. La selección del sitio fue basada sobre aspectos oceanográficos y medioambientales, así como del apoyo logístico. Los parámetros de diseño se basaron en experiencias de cultivos en jaulas, así como investigaciones realizadas. La propuesta fue desarrollada mediante la definición de sus principales sistemas: estructura y flotación, servicios, bolso contenedor, amarres y sistema de anclaje. Como resultado se propuso una jaula flotante móvil de 13 m de diámetro y 8 m de profundidad para cultivo de "Robalo prieto" (*Centropomus nigrescens*), con una capacidad de ~ 1060 m³. El sitio escogido para instalarla es la bahía "Santa María la Reforma" en el Golfo de California, (24° 43'-25° 15' N y 107° 55'-108° 23' W). Esta bahía es un sitio protegido y con un ambiente

adecuado para la especie elegida. Este sistema de jaula utiliza unos collares de flotación fabricados con tubos de polietileno de alta densidad (HDPE), y de manera opcional poliestireno expandido en su interior como sistema de flotación emergente. Estos collares están sostenidos mediante soportes de acero galvanizado. El lastre de la jaula es del mismo material (HDPE) con agujeros en la superficie y con cables de acero en su interior. Para el sistema de servicios se propone una pasarela alrededor de la jaula formada por paneles de madera. El bolso contenedor está fabricado de paño de polietileno (PE) sin nudos, reforzado con cabos horizontales y verticales de polipropileno (PP). Para sujetar y mantener la forma de la jaula se propone un sistema de amarres de un solo punto con tirantes. El sistema de anclaje es del tipo de peso muerto formado por tres bloques de concreto de 2.1 toneladas cada uno. Este sistema de jaulas está diseñada para resistir velocidades de corrientes de hasta 1ms^{-1} . Para fomentar este tipo de producción pesquera en México, será necesario desarrollar trabajo interdisciplinario sobre cuatro temas principales en la maricultura: biológico, oceanográfico, socioeconómico e ingeniería. En este proyecto el tema de ingeniería es atendido como parte del conocimiento necesario para su implementación. El cultivo en jaulas podría tener múltiples efectos: provisión de trabajo a pescadores desplazados de pesquerías tradicionales, incremento de producción pesquera, incremento de ingresos económicos y reducción de la presión en las pesquerías tradicionales.

Introducción

En México, aproximadamente el 88% del total de la producción pesquera proviene de las pesquerías de captura, mientras que la acuicultura aporta el 12%. De la captura pesquera, 78% proviene del Pacífico Mexicano, 20% del Golfo de México y solo 2% de aguas interiores (INP, 2000^a). Las especies más importantes por volumen y valor son: camarón, atún, sardina y calamar gigante. En México, el esfuerzo pesquero se ha incrementado considerablemente, causando reducción y aún daño en algunas pesquerías, como el abulón, anchoveta y erizo de mar. Otras poblaciones pesqueras están explotadas al máximo, como por ejemplo: camarón, atún, tiburón, marlin, entre otros, (Tabla 1).

Tabla 1. Estado de sustentabilidad de las principales pesquerías Mexicanas (CONAPESCA, 2004)

Status	Océano Pacífico		Golfo de México y Caribe	
	Con potencial de desarrollo	Pelágicos menores Calamar gigante	Huachinango Pez espada	Atún
Aprovechada al máximo	Camarón (2) Atún Tiburones oceánicos (3) Tiburones del Golfo de Tehuantepec	Almeja Mano de León Caracol Panocha Pez Vela Marlin Jaiba de Sonora	Camarón (4) Tiburón Pulpo Langosta	Sierra y Peto Huachinango Jaiba (5)
En deterioro	Abulón Erizo de Mar	Lisa	Mero Lisa	Caracol Róbalo

- (1) Excepto anchoveta de la costa occidental de la Península de Baja California que se encuentra en deterioro.
 (2) Café en buen estado; blanco y azul deteriorados.
 (3) Excepto el tiburón zorro que se encuentra en deterioro.
 (4) Café en buen estado; blanco y rosado deteriorados.
 (5) 20% encima del máximo.

De acuerdo a cifras oficiales, en México, el 27% de las pesquerías se encuentran en franco deterioro, el 53% en máximo aprovechamiento y sólo el 20% tiene posibilidades de desarrollo. Esto coincide con los últimos datos presentados por FAO, referente al estado de las pesquerías de esta región del Pacífico Oriental donde indica que poco menos del 20% de los recursos pesqueros marinos pueden desarrollarse, (FAO, 2004).

Debido a la condición crítica de la mayoría de los recursos pesqueros, el esfuerzo de investigación debe ser dirigido hacia la propuesta de nuevas alternativas de producción pesquera. En la escala global, la declinación de las poblaciones de recursos pesqueros ha sido un factor motivante para la expansión de la acuicultura en la industria pesquera (Baldwin *et al.*, 1999). Actualmente, la tendencia demuestra que mientras el volumen de producción por captura permanece estable o declina, la producción acuícola se ha incrementado, (FAO, 2004). En este caso, el sistema de cultivo en jaulas (maricultura) ha tenido un papel importante en la respuesta a la demanda global de productos pesqueros (Fredriksson *et al.*, 1999).

El cultivo en jaulas es una alternativa para incrementar la producción acuícola. La acuicultura en México se realiza principalmente en superficie terrestre, con agua dulce y agua salada. Las especies cultivadas incluyen camarón, ostión y carpa. La maricultura (cultivo en jaulas) en México inició con estudios preliminares en 1990 en el Noroeste del país; el propósito fue promover este tipo de cultivo en especies de pargos (*Lutjanus*) mediante la evaluación y crecimiento en cautiverio (Avilés-Quevedo *et al.*, 1996). Estos estudios se han enfocado particularmente al desarrollo de la biotecnología para estas y otras especies. Los sistemas de jaulas utilizadas han sido con fines experimentales. Particularmente, el estudio y diseño de jaulas para cultivos marinos se retomó formalmente en el 2002 con la propuesta de módulos demostrativos de cultivos comerciales en jaulas flotantes de especies nativas en la costa del Pacífico, sin embargo la tecnología empleada aún sigue siendo rudimentaria para responder a las necesidades operativas de un cultivo comercial en la actualidad. Otro caso en México, es la engorda en jaulas de atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) siguiendo la experiencia de países como Australia. Este proyecto ha tenido buenos resultados económicos por la exportaciones de atún a Japón, (Biopesca, 2001); esto ha motivado a participar a más empresas y está teniendo un desarrollo importante en México por su volumen de producción y su valor, (FAO, 2004). Esta es la única experiencia documentada de cultivo en jaulas marinas con éxito en México; sin embargo, estos sistemas de jaulas son de origen japonés y australiano, con algunos materiales importados de Corea.

El propósito de este trabajo es el de impulsar la maricultura en México mediante la propuesta de un sistema de jaula flotante para cultivo comercial que responda a los requerimientos de sitios, especies y producción que demanda; que pueda ser desarrollado y construido en el país, con la mejor tecnología para estos sistemas productivos y un diseño que facilite su operatividad.

Para cumplir este objetivo, se llevaron a cabo las tareas siguientes: a) Definición de la posible especie y sitio para el cultivo; b) Definición de los parámetros de diseño, y c) Propuesta del sistema de jaula flotante para cultivos marinos.

Panorama general de los sistemas de jaulas para cultivos

De acuerdo a Beveridge (1996), la extrapolación de tendencias indica que por el final del primer cuarto de este siglo, la producción de acuicultura habrá rebasado la producción de captura y se convertirá en el medio más importante de suministro pesquero para alimento. Por ejemplo, en 2003 la captura pesquera mundial (sin incluir China) disminuyó en un 4.0 % y la producción acuícola se incrementó 8.3% con respecto al año anterior, según cifras preliminares. De la producción acuícola de peces, crustáceos y moluscos, el 57.7% es cultivado en agua dulce, 36.5% proviene de la maricultura y el 5.8% de agua salobre, (FAO, 2004). El cultivo de peces marinos en jaulas ha crecido rápidamente durante la última década en Asia, Europa y Australia utilizando jaulas de paño de red oceánicas y costeras (Benetti, *et al.*, 1998). El desarrollo de este tipo de producción pesquera es una solución de largo alcance para responder a la demanda mundial de productos pesqueros y también ofrece oportunidades económicas para pescadores desplazados (Bucklin y Howell, 1998). México, con una línea costera de 11,500 km en los océanos Pacífico y Atlántico, y 2,500 especies marinas identificadas, podría desarrollar este tipo de producción pesquera.

En los sistemas de jaulas para cultivo comercial existen cuatro temas importantes: el biológico, el oceanográfico, el socioeconómico y el de ingeniería, los cuales se necesitan trabajar conjuntamente. En este trabajo el tema de ingeniería es abordado revisando los cálculos y diseños de jaulas.

Al respecto, Huguenin (1997) revisó el proceso de diseño de la jaula y abordó los problemas potenciales como recomendación para evitar posibles riesgos, sin embargo los cálculos no fueron abordados. En realidad el proceso de cálculo completo para el diseño de las jaulas marinas no está disponible en un solo lugar. Algunos investigadores han escrito acerca de las fuerzas de las corrientes (Carson, 1988; Arnes, 1990; Beveridge, 1996), amarras y anclajes (Rudi *et al.* 1988; Thoms, 1989; Baldwin *et al.*, 1999; Goudey *et al.*, 2001), ingeniería estructural (Cairns, 1990), comportamiento de los peces (Chacón-Torres *et al.*, 1988), pruebas de flotadores (Slaattelid, 1990), peso y fuerzas en la red (Fridman, 1989), y fuerzas del viento y oleaje (Beveridge 1996).

Tipos de sistemas de jaulas para cultivos

Las jaulas han tenido un gran desarrollo desde sus orígenes y hoy en día existe una diversidad de tipos y diseños. También existen varias formas para clasificar las jaulas; Beveridge (1996) propone cuatro tipos básicos: a) Fijas, b) Flotantes, c) Sumergibles, y d) Sumergidas, (Fig. 1).

Las jaulas fijas consisten en una red sostenida mediante postes o barrotes introducidos en el fondo de lagos o ríos; son comparativamente baratas y sencillas de construir, pero su uso está restringido a sitios someros y protegidos con sustratos apropiados. Las jaulas flotantes tienen un marco o aparejo de flotación que sostiene el bolso; están menos limitadas que la mayoría de los otros tipos de jaulas en términos de requerimientos de sitio y pueden ser fabricadas en una gran variedad de diseños, son las más ampliamente usadas. Las jaulas sumergibles dependen de un marco o estructura para mantener la forma. La ventaja sobre

otros diseños es que su posición en la columna de agua puede ser cambiada para prevenir peligros por mal tiempo. Generalmente estas jaulas permanecen en la superficie durante buenos tiempos y se sumergen durante mal tiempo en el mar. Su costo es comparativamente elevado y requieren de tecnología adecuada para su construcción. Las jaulas sumergidas pueden ser cajas de madera con huecos entre las tablillas para facilitar el flujo de agua; están ancladas al fondo mediante piedras o barrotes. Estas son usadas en arroyos y lagos, (Beveridge, 1996).

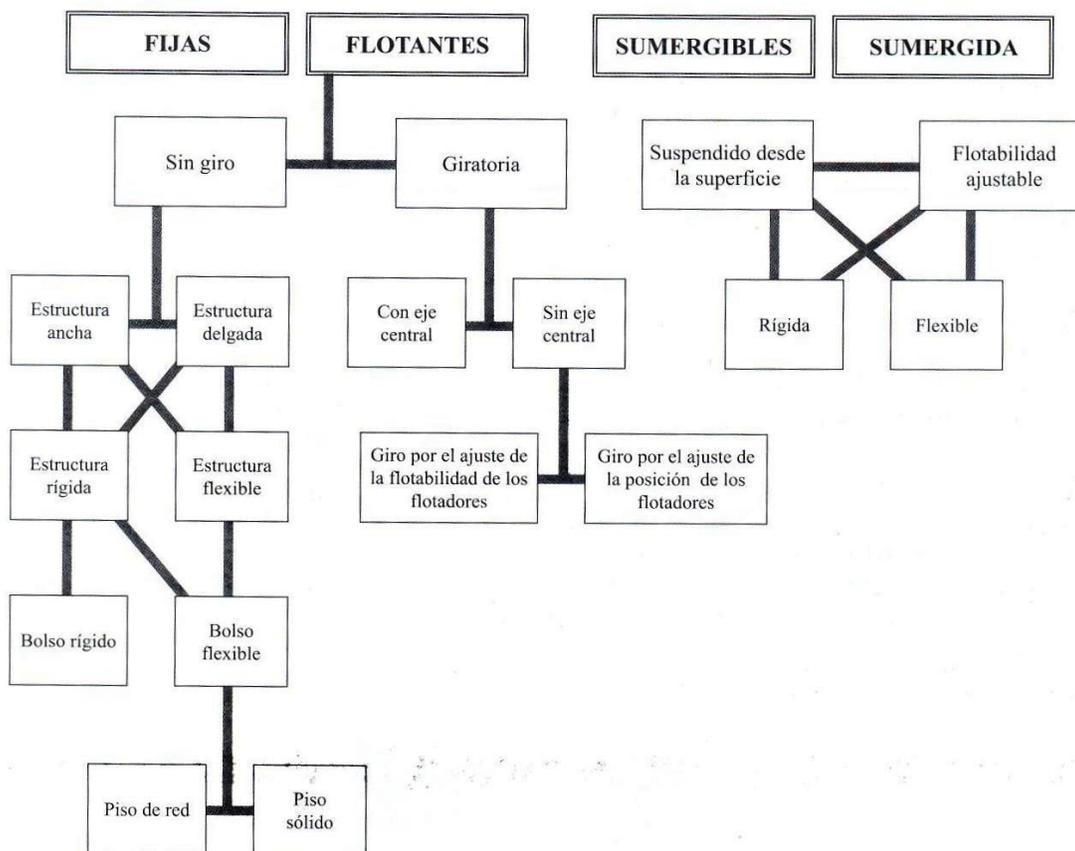


Figura 1: Clasificación de jaulas para cultivo por la manera de operar (Beveridge, 1996).

Huguenin (1997), propone un sistema de clasificación que considera las características técnicas de las jaulas, (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de jaulas para cultivo por sus características técnicas (Huguenin, 1997)

Forma de operarla	Superficie; Sumergida.
Lugar de operación	Marino; Estuario; Agua dulce.
Medios de soporte	Fijados al fondo; Flotación
Tipo de estructura	Rígida (usualmente estructura y paño de red); Flexible (usualmente solo paño de red)
Accesos para servicios	Pasarela; Sin pasarela (usualmente servicio desde bote o barcaza)
Parámetros de operación	Carga de biomasa (intensiva-extensiva); Especies y practicas de alimentación
Severidad del medio ambiente	Protegido / expuesto / mar abierto

Por otro lado, Loverich y Gace (1997) clasificaron a las jaulas para cultivo en cuatro clases de acuerdo a los efectos de las corrientes y olas sobre ellas:

- Jaulas gravitatorias: dependen de la flotación y del lastre para mantener la forma y volumen de la jaula cuando se le aplican fuerzas externas, fig.2.
- Jaulas ajustadas con anclajes: dependen de la tensión del ancla para mantener su forma, fig. 3.
- Jaulas con autosoporte y estructura: la estructura de auto tensión de la jaula no permite deformaciones de la red, Fig. 4.
- Jaulas rígidas: son hechas con una estructura rígida de soporte, fabricadas de vigas y travesaños regularmente de acero, Fig. 5.

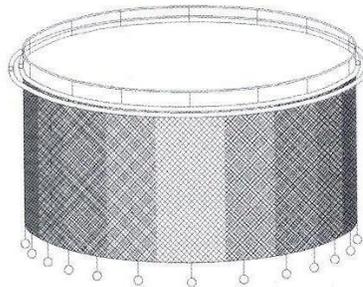


Figura 2. Tipo de jaulas gravitatorias, (Loverich y Gace 1997).

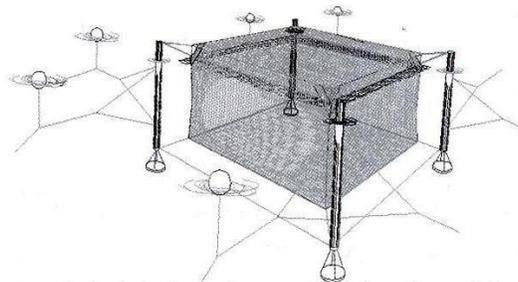


Figura 3. Tipo de jaulas ajustadas con anclajes, (Loverich y Gace 1997).

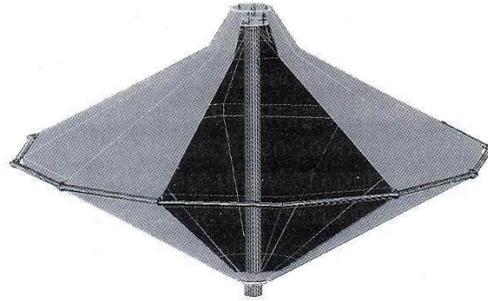


Figura 4. Tipo de jaulas con autosoporte y estructura, (Loverich y Gace 1997).

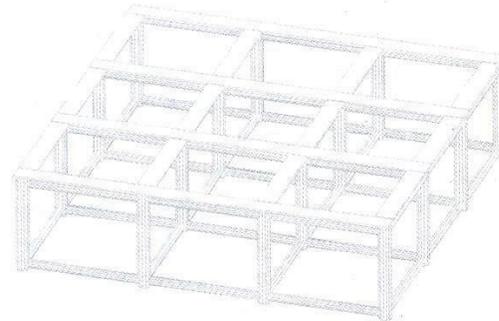


Figura 5. Tipo de jaulas rígidas, (Loverich y Gace 1997).

Loverich y Gace (1997) concluyeron que las jaulas gravitatorias son inadecuadas para usarse en mar abierto y que está creciendo la evidencia que aún es un tipo de jaula deficiente para usarse en sitios protegidos. Esto es debido a que pierden su forma con el incremento de las corrientes. Sin embargo, las jaulas gravitatorias pueden ser diseñadas con amarres y aparejamientos adecuados para mantener la forma y tener un buen desempeño, como el caso de jaulas instaladas en varias partes del mundo. En todos los casos: en la costa, fuera de la costa, en sitios protegidos o no, las estructuras de las jaulas deben resistir las fuerzas de las corrientes, oleaje y vientos, mientras contienen con seguridad a su cultivo. Esta es la tarea de la ingeniería. El incremento de requerimientos de la jaula incrementará su costo, por lo que es necesario un análisis cuidadoso.

Materiales y Métodos

La definición de la especie para ser cultivada y el sitio para la operación del sistema, considerando parámetros biológicos y oceanográficos, involucran otros importantes aspectos como: provisión de juveniles, parámetros en la cosecha y comercialización, capacidad, biomasa, ubicación de servicios y tiempo de operación, (Huguenin, 1997). La mayoría de estos aspectos necesitan un largo y cuidadoso trabajo de investigación, sin embargo para el propósito de este proyecto, el cual fue atender el tema de ingeniería y diseño, algunos de estos datos fueron tomados de otros trabajos de investigación y de información recabada a visitas de trabajo en granjas de maricultivo en Islandia. Debido a la misma razón, este proyecto no incluye aspectos sociales, políticos o legales que podrían ser igualmente importantes en la selección de sitios o especies.

La especie fue analizada bajo criterios: biológicos, de mercado y medioambientales; revisando su importancia global y local, distribución, tamaño, clima, biología y valor comercial. La especie elegida fue ordenada por: clasificación, biometría, hábitat, alimentación, comportamiento y ciclo reproductivo.

La selección del sitio para la operación del sistema de maricultivo fue basado sobre características oceanográficas, aspectos medioambientales y apoyo logístico. El medioambiente de la especie seleccionada y sitios protegidos de fuertes corrientes y oleaje fueron los principales requerimientos para la selección. El sitio se estudió con base en: ubicación, vientos, corrientes, mareas, olas, profundidad, tipo de suelo y accesos.

Los parámetros de diseño para el sistema de jaula fueron basados en experiencias en maricultivos ya desarrollados en otros países, así como en recomendaciones de estudios publicados al respecto. El hecho de ser un sistema de jaula de cultivo para construirla y aplicarla en México fue una de las principales consideraciones. En el diseño los aspectos siguientes fueron considerados: capacidad de la jaula, densidad de la población, tiempo de cultivo, tamaño del pescado al inicio y en la cosecha, facilidad de construcción e instalación y alternativas para contingencias. Los métodos y cálculos que se aplicaron se apoyaron en sistemas similares y trabajos de investigación relativos a la ingeniería de estos sistemas. La jaula para cultivo marino fue diseñada mediante la definición de sus principales sistemas con base en los requerimientos de diseño. Estos sistemas son: estructura y flotación, servicios, bolsa contenedora, amarres y anclaje.

El tamaño y forma de la jaula fue definido aplicando el criterio de Huguenin (1997) y Beveridge (1996). La estructura y sistema de flotación fue definido con base a la experiencia de sistemas noruegos, que son de los que han tenido mejor funcionamiento y aceptación. Los tamaños del panel de red y malla fueron calculados aplicando el criterio de Fridman (1986). El peso y flotación de la jaula fueron calculados aplicando las fórmulas y datos proporcionados por Prado (1990). Las fuerzas de la corriente, viento y oleaje aplicadas sobre la jaula se calcularon aplicando el criterio de Milne (1972), Fridman (1986), Carsón (1988) y Beveridge (1996). Los sistemas de amarre y anclaje se propusieron con base en el sitio elegido para su operación, la experiencia de sistemas noruegos e irlandeses y recomendaciones de Thoms (1989).

Resultados

Especie candidata a cultivar

La especie candidata seleccionada para su cultivo fue el "Robalo prieto" (*Centropomus nigrescens*), (fig. 6). Es una especie marina demersal que incursiona en agua dulce, áreas de manglar y lagunas, capaz de habitar tanto agua dulce como agua salada. Es un pez de excelente calidad, altamente comercial con alto potencial para su exportación, (INP, 2000^a).

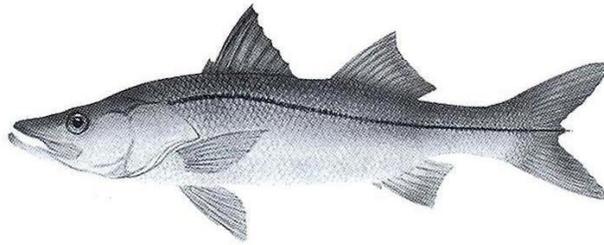


Figura. 6: Robalo prieto (*Centropomus nigrescens*), www.fishbase.org, 2004.

El “Robalo prieto” se distribuye en el Pacífico Este al Sur de Baja California y en la boca del Golfo de California, tiene alta tolerancia a los cambios de temperatura y salinidad, capaz de vivir en aguas someras o profundas, (Bussing, 1995). Estos criterios para especies candidatas son recomendados por Webber y Riordan (1996).

Tabla 3: Características del Robalo prieto, (*Centropomus nigrescens*), Bussing (1995), INP (2000a), Quiroga et al. (1996), Bayano river (2004)

Parámetros	Características
Familia:	Centropomidae (Robalos), subfamily: Centropominae
Orden:	Perciformes
Clase:	Actinopterygii
Medio ambiente:	Demersal; agua dulce, agua salobre; marino
Clima:	Tropical; 33°N - 20°S
Distribución:	Pacífico del Este: Sur de Baja California y boca del Golfo de California,, México hasta el Norte de Colombia.
Habitat:	Habitan fondos arenosos, a profundidades menores de 20 m y alternan en el mar, esteros, ríos y lagos con agua salobre, demostrando su amplia tolerancia a la concentración de sales. También el hecho de habitar aguas someras, sugiere que tolera altos cambios de temperatura; Son muy activos a 20° – 26°C, debajo de los 16 °C son inactivos y debajo de los 15°C pueden morir.
Alimentación:	Adultos son carnívoros voraces, alimentándose de varias especies de peces juveniles, como anchoveta, sardina, bagre, mojarra, pámpano; crustáceos como camarón y jaibas; moluscos como almejas y caracoles. En la fase juvenil se alimentan de de zooplancton.
Ciclo Reproductivo:	La hembra migra a las bocas de los ríos donde desova durante luna llena. Libera cerca de dos millones de huevos y el macho nada a un lado para fecundarlos. La casi transparente larva deriva en las mareas del estero y se alimenta de pequeños organismos por tres o cuatro semanas. A los 9.5 mm la post-larva migra de la marea del estero hacia lugares de manglar. Aquí se alimenta de copépodos y crece cerca de 1 plg en un mes. En el primer año el robalo crece de 30.5 a 35.5 cm alimentándose de presas vivas cada vez mayores, siempre cerca de áreas de manglar. En 4 años presenta cerca de 61-66 cm de longitud y es sexualmente maduro. El robalo es hermafrodita, empiezan la vida como machos y más tarde se convierten en hembras. Se convierten en hembras sexualmente maduras a los 6 o 7 años, pesando entre 10 a 15 libras.

Aunque esta especie no ha sido cultivada anteriormente en nuestro país, Benetti *et al.* (1995) reporta que desoves y críos exitosos de una especie local de este robalo (*Centropomus nigrescens*) llevados a estados de larvas y juveniles han sido logrados experimentalmente por primera vez en Ecuador. Así mismo, Escárcega (2005) reporta avances notables en el cultivo comercial de algunos tipos de robalos en Australia y Estados Unidos, inclusive en ciclo cerrado (con producción de alevines en laboratorio). Características biológicas y ambientales del robalo prieto son presentadas en la Tabla 3.

El robalo es capturado en el Pacífico Mexicano durante las épocas de lluvia, cerca de las bocas de ríos y lagunas costeras. Los rangos de captura anual en México están entre 5,500-6,500 t/año, por lo que la demanda local excede a la oferta (INP, 2000^b).

Sitio para instalar la jaula

El sitio propuesto para instalar la jaula es la Bahía de Santa María La Reforma, en la costa oriental del Golfo de California, localizado en 24°43'–25°15'N y 107°55'-108°23'W, en el estado de Sinaloa (Fig. 7). El "Robalo prieto" habita esta región y está adaptado fisiológica y ambientalmente, lo que es importante en la especie candidata (Webber y Riordan, 1996). Además, este sitio fue elegido considerando características oceanográficas, aspectos ambientales y apoyo logístico.

La bahía está localizada a 35 minutos por mar del puerto de Topolobampo y a 25 minutos de la ciudad de Angostura por carretera. De acuerdo a Serrano (2003), esta bahía es en realidad una laguna costera de 586 km², con volumen estimado de 1907 km³ y profundidad máxima de 27.8 m. Las velocidades más altas de corrientes están registradas en las bocas de la bahía, en el Norte 1.8 ms⁻¹ y en el Sur hasta 1.2 ms⁻¹. Sin embargo, los canales secundarios, los cuales sirven para el flujo y reflujo de mareas registran velocidades menores de 1 ms⁻¹ y en las bahías y ensenadas la corriente no es mayor a 0.2 ms⁻¹. La variación de mareas es de 1.74 m en las bocas.

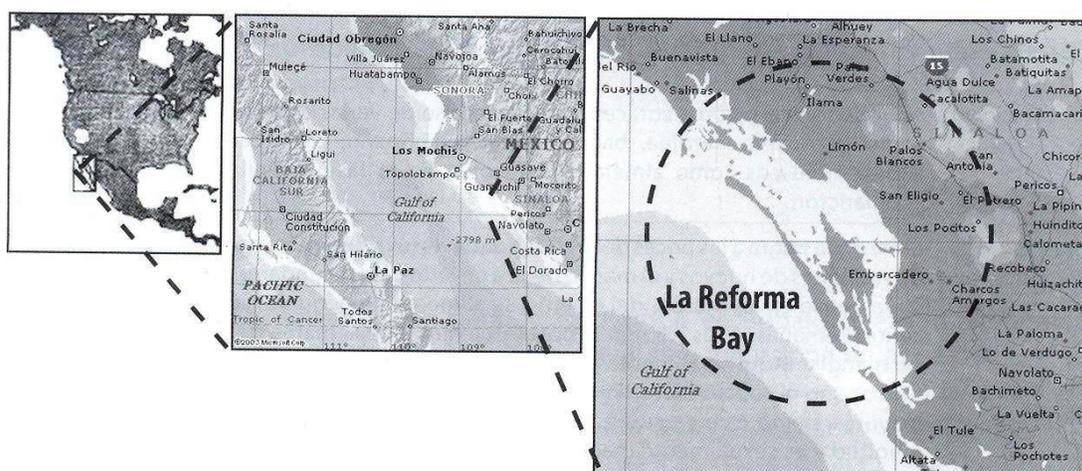


Figura. 7: Bahía "Santa María La Reforma", Golfo de California, sitio propuesto para instalar el sistema de jaula para cultivar "Robalo prieto", (www.expediamaps.com, 2003).

Parámetros de diseño de la jaula

La densidad de cultivo y la máxima capacidad de carga son aspectos importantes en la determinación del tamaño de la jaula. El valor para la máxima capacidad de carga es difícil de determinar ya que está en función, entre otras cosas, de la cantidad y calidad del agua que fluye, de la fisiología del organismo en un estado particular de su desarrollo, y esto no es constante ya que varía con el tiempo y las condiciones. Sin embargo algunas orientaciones pueden ser aplicadas, por ejemplo, la máxima densidad, usualmente en la cosecha, para sitios con buena calidad y circulación de agua está en rango de 16-24 kg/m³ para la mayoría de los sistemas de jaulas en Nueva Inglaterra, 20 kg/m³ en sistemas noruegos y cerca de 30 kg/m³ en las jaulas escocesas, (Bettencourt and Anderson 1990, citado por Huguenin, 1997). Considerando que esta es la primera jaula piloto para cultivo de robalo en México, el tamaño y la capacidad de carga fue basado en datos biológicos presentados por Bussing (1995). Para ello se propone una jaula de ~ 1000 m³ con una densidad de siembra de 20-30 peces m³ de 15 cm. El periodo de cultivo es estimado de 6-8 meses, cuando el pez deberá haber alcanzado un promedio de 600 gr y con una densidad de cultivo de ~ 13 kg/m³. El rango de mortalidad no es conocido. En esta primera fase el abastecimiento de juveniles será del medio silvestre. Debido a que no está la información disponible, estudios sobre la biotecnología para la producción de alevines en laboratorio, determinación de dietas adecuadas, crecimiento y mortalidad, habrán de llevarse a cabo. Otras consideraciones para el diseño son: facilidad de construcción, peso ligero, capacidad para ser remolcada para protección en caso de mal tiempo, facilidad de instalación y mantenimiento.

Propuesta del sistema de jaula para cultivo marino

Estructura y sistema de flotación

La jaula propuesta tiene forma circular debido al uso más eficiente de los materiales y por lo tanto menor costo por unidad de volumen. También observaciones del nado de los peces, sugieren que la forma circular es mejor en términos de utilización de espacio, esquinas de formas rectangulares son poco utilizadas, Fig. 8.

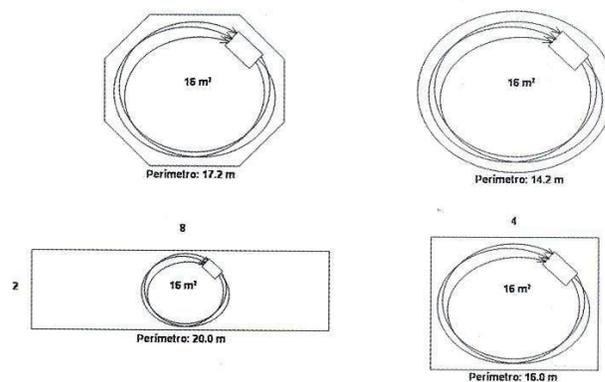


Figura. 8: Longitud del perímetro de diferentes formas de jaula para una misma área de superficie y el patrón de nado circular de los peces, (modificado de Beveridge, 1996).

Las medidas de la jaula son 13 m de diámetro y 8 m de profundidad, esto es debido a que profundidades mayores a 10-12 m serían poco usadas por los peces, profundidades de 3-10 m son aceptables para la mayoría de las especies (Beveridge, 1996). De acuerdo con los hábitos del robalo, esta medida es adecuada. El bolso contenedor tendrá un volumen de $\sim 1060 \text{ m}^3$ con una capacidad en la cosecha de ~ 13.7 tons.

La jaula utilizará collares de tubo de polietileno de alta densidad (HDPE) para la estructura y flotación, (fig. 9). Los tubos de HDPE son estructuras altamente resistentes y flexibles y son utilizados exitosamente en la mayoría de las jaulas circulares (Slaattelid, 1990). El HDPE está disponible en México y no es caro.

La jaula utilizará dos tubos de flotación con la posibilidad opcional de rellenarlos de poliestireno expandido como sistema de flotación emergente para disminuir la pérdida de flotación en caso de algún daño. El tubo de lastre tendrá perforaciones para facilitar la entrada del agua y contendrá cables de acero o cadenas de desecho en su interior para proporcionar peso, (fig. 10). Este sistema es utilizado actualmente en Islandia y Noruega con buen funcionamiento. El tubo de barandal será del mismo material (HDPE) pero de un diámetro menor. La unión de estos collares de tubo se hará por medio del proceso de termofusión o electrofusión.

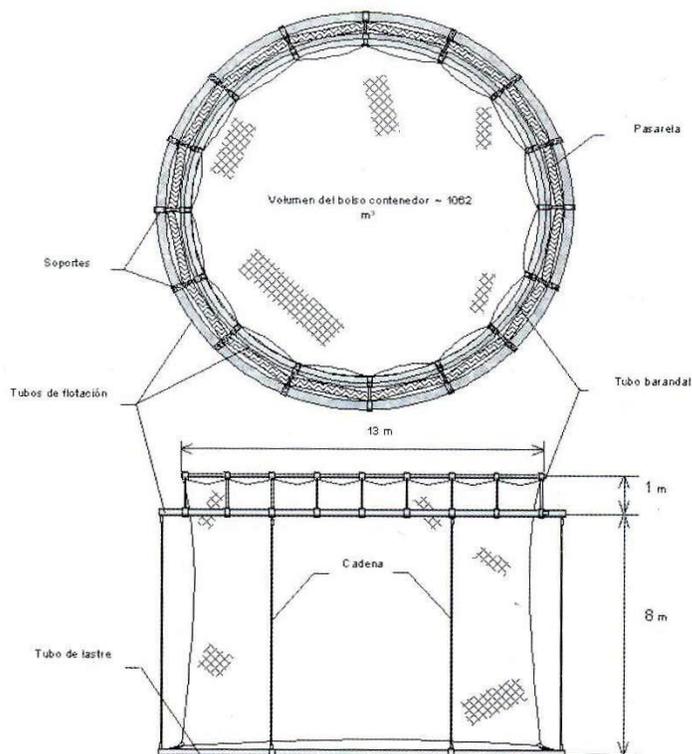


Figura. 9: Vista general de la jaula propuesta para el cultivo de “Robalo prieto” en México.

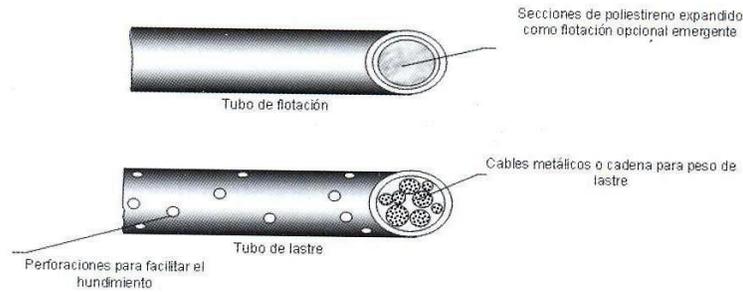


Figura. 10: Detalles del sistema de flotación y lastre propuestos en tubería de polietileno de alta densidad (HDPE).

Los dos tubos de flotación y el barandal serán unidos mediante soportes de acero galvanizado, (fig. 11). Estos soportes sostendrán los tubos en su posición y al mismo tiempo formarán parte de la pasarela de servicio. Los soportes, en conjunto con los anillos de flotación y el barandal, formarán parte de la estructura de la jaula. Las medidas del barandal y pasarela serán acordes a la antropometría de los pescadores en México. Vázquez (1997) sugiere, en su estudio de factores humanos, una altura máxima para barandales de 100 cm y un ancho mínimo de 60 cm para pasillos.

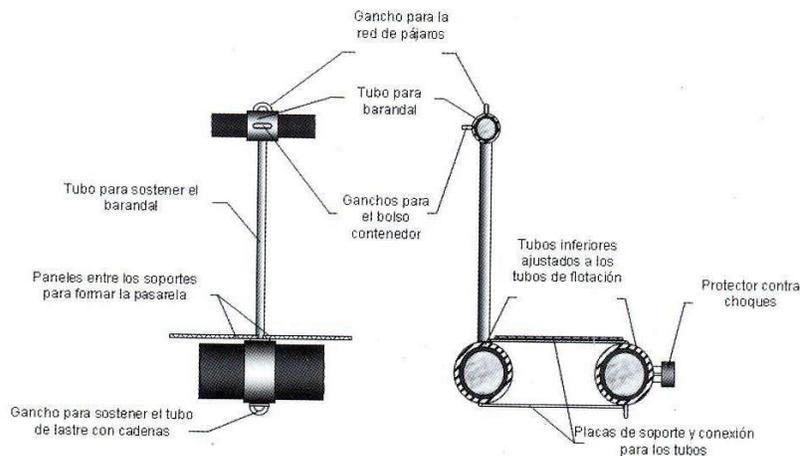


Figura. 11: Soportes para sostener los tubos de flotación y barandal formando la estructura de la jaula y los paneles de la pasarela.

Sistema de Servicios

Se utilizará una pasarela ubicada alrededor de la jaula, su propósito es facilitar las tareas de alimentación, limpieza, mantenimiento y otras actividades requeridas. Esta pasarela será construida de madera en tablillas unidas con cabo. Esto permitirá ofrecer un panel rígido cuando esté sobre los tubos de flotación y al mismo tiempo flexible para soportar las deformaciones producidas por el oleaje. Cada panel estará ubicado entre los soportes metálicos formando el arco correspondiente, (Fig. 12).

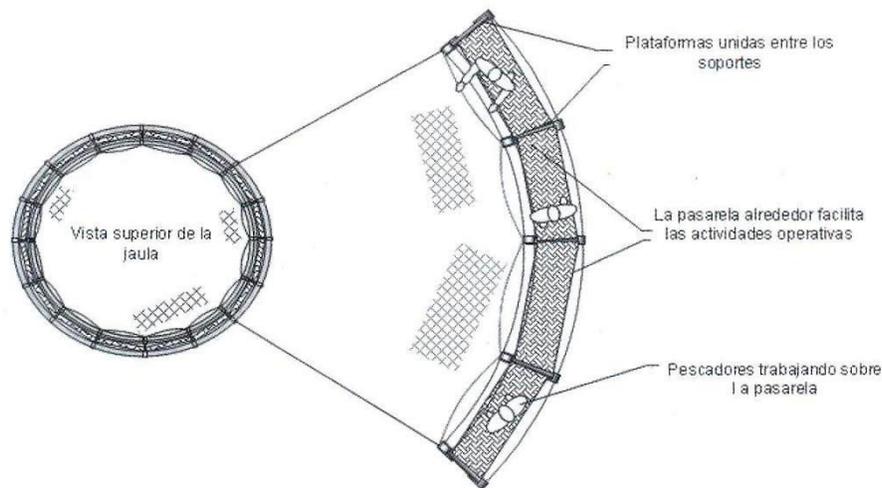


Figura 12: La pasarela alrededor de la jaula facilitará las tareas de operación.

Bolso contenedor de la jaula

El bolso de la jaula se propone de paño de red de polietileno (PE) sin nudo, con tratamiento UV para aumentar su resistencia a la acción de los rayos solares. Este material ofrece ventajas técnicas y económicas tales como facilidad de limpieza, menor adhesión de suciedad, buena resistencia a la tensión, ligereza y menor precio en comparación con el nylon (PA), poliéster (PES) o polipropileno (PP). La forma del bolso es un cilindro con tapa en el fondo y dimensiones de ~ 13 m de diámetro y 9 m de profundidad, (8 m bajo el agua y 1 m sobre la superficie). Este bolso de red está ajustado por su parte superior a los aros de flotación y en la parte inferior al aro de lastre mediante cabos de amarre y cadenas, los cuales lo sostienen, manteniendo su forma cilíndrica.

El paño de red utilizado está fabricado con hilo multifilamento de 1.5 mm de diámetro y tamaño de malla de 38.1 mm, de acuerdo a lo recomendado por Fridman (1986) para evitar que el pez se atrape en la red. El paño está cortado y encabalgado para obtener mallas cuadradas en toda la superficie. Esto ayuda a disminuir los problemas de adhesión de organismos, aumenta el flujo de agua a través de la malla, ofrece menor resistencia a las fuerzas producidas por las corrientes y además cubre una mayor área con menos material,

(Prado, 1990). El bolso está reforzado con cabos verticales y horizontales alrededor del mismo, los cuales se utilizan para sostenerlo a la estructura. La parte superior del bolso, sobre la superficie del mar, se une a los ganchos de los soportes metálicos para protección lateral. La jaula cuenta con una tapa opcional de red para protección de los pájaros que va ajustada a los ganchos de la parte superior de los soportes. Esta tapa puede ser fabricada de paño de red de malla grande, dependiendo de las necesidades, (Fig. 13).

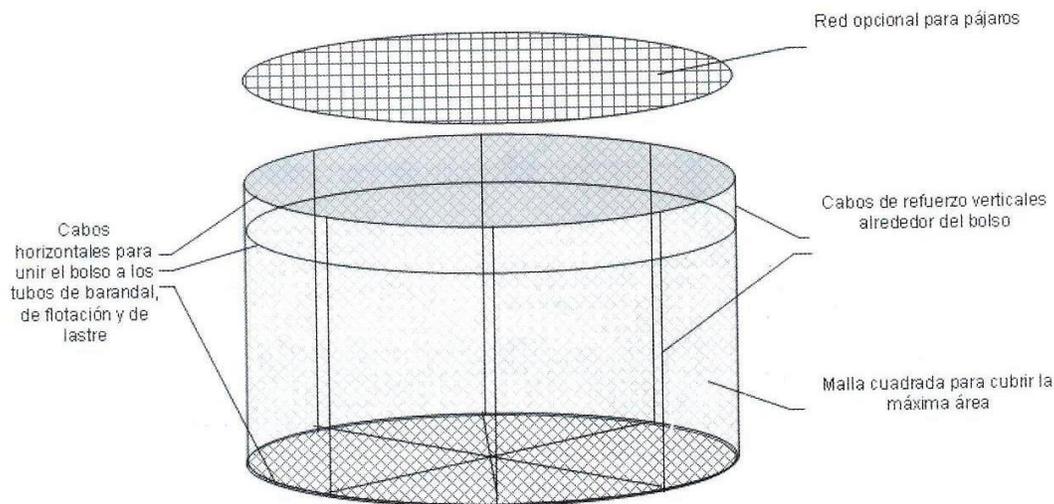


Figura. 13: Bolso contenedor cilíndrico con cabos verticales y horizontales para reforzar y unir a la estructura.

Sistema de amarras

Considerando que en el sitio de instalación la velocidad máxima de la corriente no será superior a los 70 cms^{-1} , un sistema amarras de un solo punto de sujeción en el fondo, como el sistema Froya de Noruega (Frøyaringen, 2003), puede ser utilizado. Este tipo de sistema de amarras es relativamente económico, fácil de construir e instalar. Ofrece ventajas operacionales debido a que permite que la jaula derive alrededor del ancla con la corriente en el punto de menor resistencia, lo cual ejerce la menor carga en el sistema. Este movimiento permite tener un campo amplio de fondo marino pudiendo reducir los desechos acumulados y los problemas de contaminación. Análisis preliminares de los beneficios de este sistema indican una reducción de 2 a 70 veces en la deposición de desechos en el fondo marino, dependiendo de la geometría de las amarras y del tipo de corrientes (Goudey *et al.*, 2001). Para evitar la posibilidad de deformación del bolso por posibles altas corrientes, el sistema propuesto de amarras utiliza seis puntos de unión a la jaula, tres en la parte superior conectadas al tubo de flotación y tres en la parte inferior conectadas al tubo de lastre. Esta conexión arriba y abajo a la estructura de la jaula asegura la forma del bolso en cualquier posición independientemente de las corrientes. Esta amarra está formada por un tubo de HDPE con conectores de acero inoxidable que distribuyen la

carga producida en la jaula y sostienen a los soportes de la estructura mediante cabos y herrajes metálicos. Las posibles cargas de choque producidas por el oleaje, serán reducidas utilizando un sistema de pesos colgantes localizados entre el tubo distribuidor de carga y el ancla. Este sistema asegura movimientos suaves de la jaula absorbiendo los choques. La posición vertical de los pesos dependerá de las fuerza presentes, actuando como un amortiguador, (fig. 14).

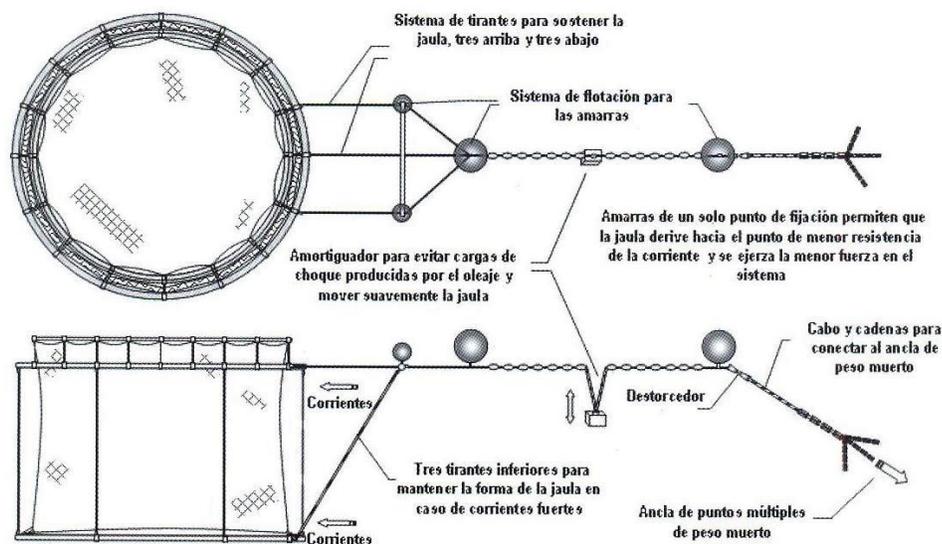


Figura. 14: Sistema de amarres, anclaje y amortiguador propuesto para la jaula flotante.

Sistema de ancla

Considerando que el sitio para instalar se caracteriza por presentar fondo arenoso sin corrientes fuertes, se propone un sistema de ancla de peso muerto por su fácil construcción e instalación. Este sistema de anclaje tiene buen desempeño en este tipo de fondos, (Thoms, 1989). El ancla es conectada al sistema de amarres mediante cabos y cadenas. Este sistema está formado por un conjunto de bloques de concreto unidos mediante cabos y cadenas a un aro conector de acero inoxidable ubicado en el fondo, (fig. 15). Este aro se conecta un destorcedor que permite el libre movimiento de la jaula alrededor del ancla sin problemas de torceduras en las amarras. Este sistema de amarres y anclaje permiten desconectar la jaula fácil y rápidamente en caso de mal tiempo, pudiendo remolcar la jaula a un sitio seguro sin perder su forma y dimensiones

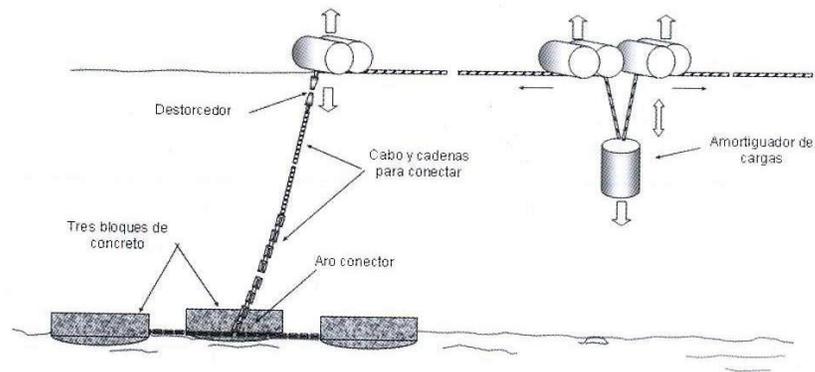


Figura. 15: Sistema de anclaje de peso muerto con tres módulos de concreto.

Especificaciones de la jaula

Los componentes de la jaula fueron determinados con base a las condiciones de trabajo, cargas presentes y los materiales adecuados y disponibles. Las condiciones de trabajo están dadas por el sitio elegido, en este caso, semiprotectido, con velocidades máximas de corrientes menores a 70 cm s^{-1} , 14 m de profundidad, fondo arenoso y 1.7 m de máxima fluctuación de mareas. Las cargas fueron divididas en dos tipos:

- Cargas estáticas*, las cuales son verticales y son causadas por la acción de la gravedad con reacción en la flotación de la jaula. Estas dependen del área y densidad de la red, pesos de los componentes de la estructura, peso de los aparejos, peso del lastre, peso de los herrajes y, en oposición, la fuerza de flotación.
- Cargas dinámicas*, las cuales son principalmente horizontales y son causadas por las corrientes, vientos y oleaje con reacción en las amarras y anclaje de la jaula. Estas dependen del material usado, forma del panel, tamaño de la malla, velocidad de la corriente y densidad del agua.

El tamaño y tipo de materiales fueron resultado de los requerimientos de trabajo y del proceso para ser construida en México. También algunas decisiones fueron basadas en experiencias en granjas de maricultivo en Islandia. La lista de materiales para la jaula es presentada en la tabla 4, y el arreglo general de sus partes en la fig. 16. El procedimiento de cálculo se maneja como anexo.

Para calcular las cargas estáticas en la jaula, fue estimada la relación entre el peso de la jaula con sus componentes como fuerza descendente y la capacidad de flotación como fuerza ascendente. El peso sin el sistema de anclaje y amarras fue calculado para tres condiciones:

- Jaula limpia en el aire;
- Jaula limpia en el agua;
- Jaula sucia en el agua.

El conocimiento del peso de la jaula, permite tener el parámetro para determinar la fuera de flotación necesaria en el sistema, (tabla 5).

Tabla 4: Especificación de partes y materiales de la jaula

Part	Material	Size	Quantity
. Panel lateral del bolso	Polietileno (PE)	OM 38.1 mm - Ø 2.0mm	1050 x 236 mallas
. Fondo del bolso	Polietileno (PE)	OM 38.1 mm - Ø 2.0mm	~341 x 341 mallas
. Cabos del bolso	Polipropileno (PP)	Ø 20 mm	192 m
. Tubo de flotación interno	Polietileno (HDPE)	Ø 25 cm; 10 mm espesor	41 m
. Tubo de flotación externo	Polietileno (HDPE)	Ø 25 cm; 10 mm espesor	45 m
. Tubo del barandal	Polietileno (HDPE)	Ø 12 cm; 8 mm espesor	41 m
. Tubo de lastre	Polietileno (HDPE)	Ø 25 mm; 10 mm espesor	45 m
. Flotador auxiliar	Poliestireno expandido	≤Ø 22 cm	284 kg
. Plomada para lastre	Cable de acero	Ø= 25.4 mm	223 m
. Cadena de soporte	Acero galvanizado	Ø= 11 mm	48 m
. Panel de pasarela	Madera	60 cm X 250 cm	16
. Soportes	Acero galvanizado	≈ 60 cm X 90 cm	16
. Tubo distribuidor de carga	Polietileno (HDPE)	Ø 15 cm X 0.6 espesor	6 m
. Cabos de amarras	Nylon (PA)	Ø 24 mm; for 8.5 tons	48 m
. Cabos de amarras	Nylon (PA)	Ø 26 mm; for 10 tons	12 m
. Cabos de amarras	Nylon (PA)	Ø 40 mm; for 23.6 tons	32 m
. Cabos de amarras	Nylon (PA)	Ø 36 mm; for 24.8 tons	9 m
. Cadena de anclaje	Acero galvanizado	Ø 26 mm; for 21 tons	49 m
. Destorcedor	Acero galvanizado	57 mm; for 17 tons	1

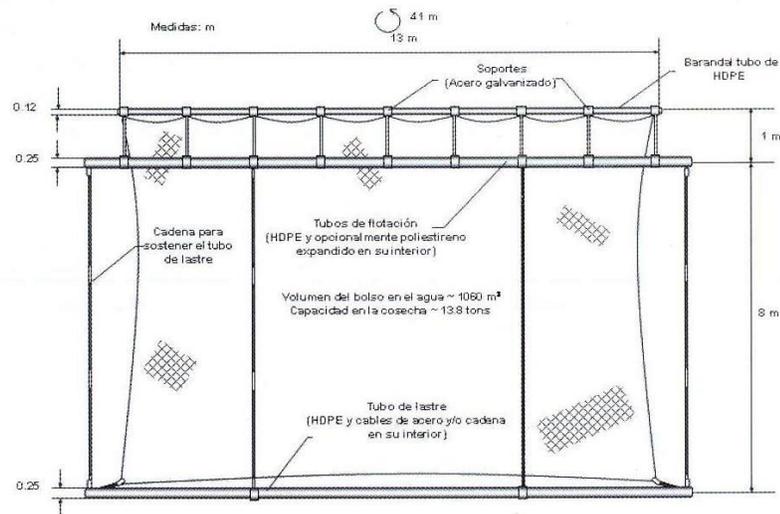


Figura. 16: Arreglo general de las partes de la jaula propuesta.

Tabla 5: Peso de la jaula para diferentes condiciones

En el aire con la jaula limpia		En el agua con la jaula limpia		En el agua con la jaula sucia	
Componente	Peso (kgf)	Componente	Peso (kgf)	Component	Peso (kgf)
Bolso contenedor	160	Bolso contenedor	16	Bolso contenedor	89
Cabos	35	Cabos	-5	Cabos	35
Tubo de flotación (interno)	293	Tubo de flotación (interno)	-23	Tubo de flotación (interno)	23
Tubo de flotación (externo)	320	Tubo de flotación (externo)	-26	Tubo de flotación (externo)	26
Tubo del barandal	109	Tubo del barandal	109	Tubo del barandal	109
Soportes	357	Soportes	357	Soportes	357
Paneles de pasarela*	446	Paneles de pasarela	446	Paneles de pasarela	446
Tubo de lastre	320	Tubo de lastre	-26	Tubo de lastre	26
Lastre interior	647	Lastre interior	563	Lastre interior	675
Cadenas	125	Cadenas	109	Cadenas	130
Total	2812kgf	Total	1520kgf	Total	1916kgf

Calculado para madera de pino.

Una flotación de emergencia opcional basada en el modelo de la jaula de Froya (Fröyaringen, 2003) se propone para el caso de daño en los tubos de flotación. Esta flotación de emergencia la proporciona el poliestireno expandido situado dentro de los tubos. Esto asegura suficiente fuerza ascendente para mantener la jaula en la superficie. En la tabla 6 se presenta la fuerza de flotación para diferentes condiciones de operación.

Tabla 6: Fuerzas de flotación nominal y efectiva de la jaula

Condiciones	Peso (kgf)
. Fuerza de flotación nominal (F_n)	3359
. Fuerza de flotación de emergencia (F_e)	2630
. Flotación efectiva para jaula limpia (F_c)	1839
. Flotación efectiva para jaula sucia (F_r)	1443
. Flotación efectiva de emergencia para jaula limpia (F_{ec})	1110
. Flotación efectiva de emergencia para jaula sucia (F_{er})	714

Las cargas provocadas por las corrientes, viento y oleaje contra la jaula fueron consideradas para calcular las fuerzas dinámicas. Estas fuerzas actúan en diferentes partes de la jaula pero todas la arrastran y tienden a deformarla. El conocimiento de estas fuerzas es necesaria para el cálculo de los sistemas de amarres y anclaje. Las corrientes actúan principalmente en el bolso contenedor y su aparejamiento bajo el agua, la carga depende de la velocidad de la corriente, la densidad del agua, y el material, forma y tamaño de la malla. El flujo de agua a través de la malla o del panel de red impone cargas, las cuales son transmitidas al marco de soporte, collares de flotadores, sistemas de amarres y finalmente anclas. En este caso, las cargas impuestas por la fuerza de la corriente fueron determinadas para diferentes condiciones de trabajo. Los resultados se resumen en la Tabla 7.

Tabla 7: Fuerzas de la corriente aplicadas a la jaula bajo diferentes condiciones de trabajo

Jaula limpia Velocidad de corriente 0.75 ms^{-1}		Jaula sucia Velocidad de corriente 0.75 ms^{-1}		Jaula sucia Velocidad de corriente 1 ms^{-1}	
Componente	Fuerza (kgf)	Componente	Fuerza (kgf)	Componente	Fuerza (kgf)
Panel de red	1460	Panel de red	3028	Panel de red	5384
Tubo de flotación	128	Tubo de flotación	154	Tubo de flotación	274
Tubo de lastre	128	Tubo de lastre	154	Tubo de lastre	274
Cabos horizont.	20	Cabos horizont.	24	Cabos horizont.	43
Cabos verticales	31	Cabos verticales	37	Cabos verticales	66
Cadenas	25	Cadenas	30	Cadenas	52
Total	1792 kgf	Total	3427 kgf	Total	6093 kgf

Las fuerzas del viento actúan principalmente en la superestructura de la jaula, formada por el barandal, soportes, pasarela y panel de red ubicado fuera del agua. Generalmente, la principal carga del viento es sobre la red, pero su efecto es casi 40 veces menor que el efecto de las corrientes debido a la densidad del aire y al área expuesta, (Thoms, 1989). En este caso por ejemplo, para una velocidad extrema de viento de 150 km/s (41.7 m/s) la carga en la jaula es de 187 kgf, lo cual no constituye un problema mayor en el sistema.

La fuerza de las olas actúa principalmente en los collares de flotación de la jaula. Para calcularla, las velocidades orbitales verticales y horizontales de las partículas del agua deben ser conocidas. Estas pueden ser derivadas de la información de los periodos de oleaje que prevalecen, altura de las olas y profundidad del sitio. En este caso, como el sitio elegido es semiprotegido, es posible que no se produzcan gran oleaje. Sin embargo, una hipotética fuerza de oleaje fue calculada usando las recomendaciones de Milne (1970) citado por Beveridge (1996). El resultado fue una fuerza de 1789 Kgf. La fuerza del oleaje es importante debido a la exposición prolongada de cargas cíclicas. En este caso, la flexibilidad de los collares de flotación, fabricados de HDPE, permiten una buena absorción de estas cargas.

El sistema de amarras y anclaje y sus componentes, fueron propuestos con base en el cálculo de las cargas sobre la jaula, algunas consideraciones de Thoms (1989) y observaciones de sistemas similares en Islandia. En este caso se tomaron condiciones extremas de trabajo: jaula sucia y velocidades de corriente de 1.0 ms^{-1} con cargas de 6100 kgf. Se propone utilizar un anclaje múltiple de peso muerto formado por tres bloques de concreto de 2.1 tons cada uno, 6.3 tons en total; parcialmente enterrados en el fondo con forma cóncava para aprovechar el efecto de succión. Los cabos de amarras tienen un factor de seguridad de ~ 5 .

Recomendaciones

Para desarrollar la maricultura en México será necesario llevar a cabo un cuidadoso trabajo interdisciplinario abordando cuatro temas principales: el biológico, el oceanográfico, el socioeconómico y el de ingeniería. El propósito de este trabajo fue el tema de ingeniería, enfocándose al diseño de jaulas costeras como un inicio de esta actividad en México.

La experiencia e investigaciones llevadas a cabo en otros países con relación a jaulas para cultivos marinos, son referencias y guías importantes para encontrar la mejor propuesta. La información tecnológica, biológica y socioeconómica que existe al respecto puede facilitar el trabajo y ayudar en la toma de decisiones.

Finalmente es importante saber que el cultivo en jaulas marinas ha sido y está siendo usado exitosamente en varios países alrededor del mundo. México puede tomar ventaja de esas experiencias y puede expandir el desarrollo de esta actividad aprovechando sus propios recursos. Esto puede crear: trabajos para los pescadores desplazados de las pesquerías tradicionales, incrementar la producción pesquera, incrementar los ingresos económicos y reducir la presión de las pesquerías tradicionales.

REFERENCIAS

- Aarsnes, J.V., Rudi, H., and Loland G., 1990. *Current forces on cages and net deflection*. In: *Engineering for Offshore Fish Farming*. Thomas Telford, London, pp. 137-152
- Avilés, A., L. Reyes, U. McGregor, O. Hilaes, R. Rodríguez y M. Lizawa., 1996. *Cultivo experimental del pargo amarillo Lutjanus argentiventris (Peters, 1989) y pargo raicero L. Aratus (Gunter, 1864) en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B.C.S., México*. 240-243 en A. Silva y G. Merino (eds) *Acuicultura en Latinoamérica*. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2º Simposio Avances y Perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373 p.
- Baldwin, K., Celikkol, B., Steen, R., Michelin, D., Muller, E. and Lavoie, P., 1999. *Open ocean aquaculture engineering: mooring & net pen deployment*. Marine Technological Society, Journal 34:53-58.
- Bayano river. www.panamafishingandcatching.com/1-bayano.htm, 10th February 2004.
- Benetti, D., Acosta, C. and Ayala, J., 1995. *Cage and pound aquaculture of marine finfish in Ecuador*. World Aquaculture 26(4):7-13.
- Benetti, D., Clark, A., and Feeley, M., 1998. *Feasibility of select candidate species of marine fish for cage aquaculture development in the Gulf of Mexico with novel remote sensing techniques for improved offshore systems monitoring*. Robert R. Stickney, Compiler. Proceedings of Third International Conference on Open Ocean Aquaculture. Sea Grant College Program Publication. Corpus Christi, Texas, U.S.A. 103-119 pp.
- Beveridge, M., C., 1996. *Cage Aquaculture*. 2º ed. Fishing News Books Ltd., Oxford, U.K., 346 pp.
- BIOPESCA, 2001. *Granja acuícola de engorda de atún aleta azul, (Thunnus thynnus orientales), Salsipuedes, B.C. Estudio técnico económico y financiero para proyectos acuícolas*. Asesores en Biología Pesquera, S.A. de C.V. 92 pp.
- Bucklin, A., and Howell, H., 1998. *Progress and prospects from the University of New Hampshire open ocean aquaculture demonstration project*. Robert R. Stickney, Compiler. Proceedings of Third International Conference on Open Ocean Aquaculture. Sea Grant College Program Publication. Corpus Christi, Texas, U.S.A. 7-30 pp.
- Bussing, W.A., 1995. *Centropomidae. Róbalos*. In W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter and V. Niem (eds.) *Guía FAO para Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca*. 3 Vols. p. 987-995. FAO, Rome.
- Cairns, J., and Linfoot, B. 1990. *Some considerations in the structural engineering of sea-cages for aquaculture*. In: *Engineering for Offshore Fish Farming*. Thomas Telford, London, pp. 63-77.
- Carson, R. M., 1988. *Engineering analysis and design of cage systems for exposed locations*. In: *Aquaculture Engineering Technologies for the Future*. Papers from Symposium held at the University of Stirling, Scotland. EFCE Publicación no. 56, Hemisphere Publishing Corp., New York. London 77-96.
- Conapesca, 2003. *Boletín de indicadores de la producción pesquera*. Comisión Nacional de Pesca, Dirección general de Planeación, Programación y Evaluación. SAGARPA. México. <http://www.sagarpa.gob.mx/conapesca/planeacion/boletin.htm>, 10th February 2004.
- Chacon-Torres, A., Ross, L., and Beveridge, M., 1988. *The effects of fish behaviour on dye dispersion and water exchange in small net cages*. Aquaculture, 73 (1-4) 283-293.

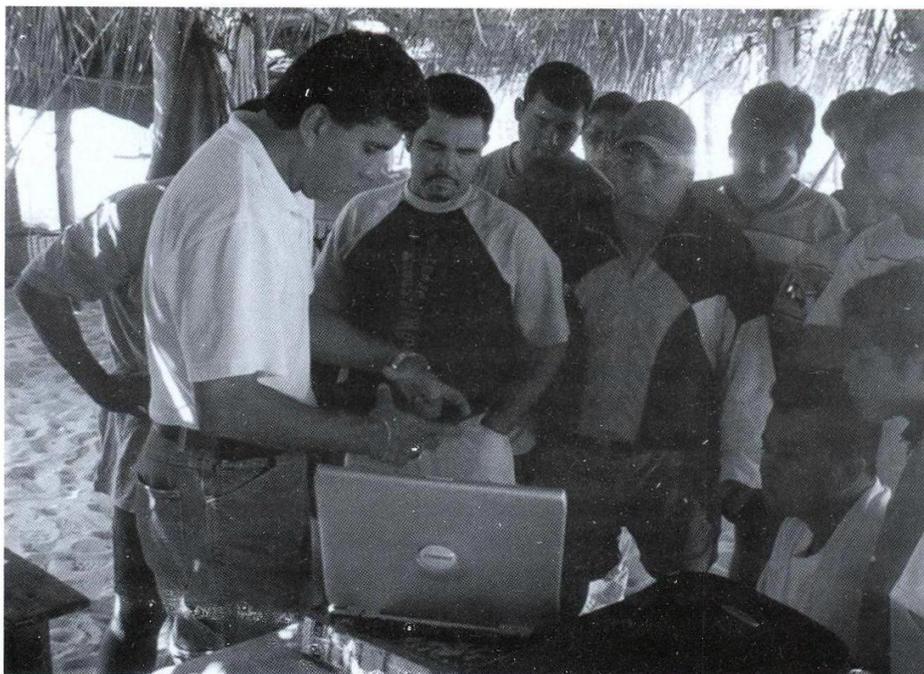
- Conapesca, 2004. Curso de Prestadores de Servicios Profesionales. Fira, Inca, Conapesca, Hermosillo, Son.
- Data base of fishes. www.fishbase.org, 10th February 2004.
- Escárcega, R. S., 2005. *El robalo: Avances biotecnológicos para su crianza*. AGT Editor, S.A., México. 126 pp.
- FAO, 2004. *The state of world fisheries and aquaculture 2004*. FAO (United Nations Food and Agriculture Organization). http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm, 10th octubre 2005
- Fredriksson, D., Swift R., Muller, E., Baldwin, K. and Celikkol, B., 1999. *Open ocean aquaculture engineering: system design and physical modelling*. Marine Technological Society, Journal 34: 41-52.
- Fridman, A. L., 1986. *Calculations for fishing gear designs*. FAO of the United Nations. Fishing News Books Ltd., Oxford, U.K. 241 pp.
- Froyaringen As, 2003. *Single point mooring/tandem mooring (SPM system)*. www.froyaringen.no, 10th February 2004.
- Goudey, C.A., Loverich, G., Kite-Powell, H. and Costa-Pierce, B. A., 2001. *Mitigating the environmental effects of mariculture through single-point moorings (SPMs) and drifting cages*. ICES Journal of Marine Science, 58: 497-503.
- Huguenin, J. 1997. *The design, operations and economics of cage culture systems*. Aquacultural Engineering 16:167-203.
- INP, 2000a. *Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo 1999-2000*. Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA, México. 958 pp.
- <http://inp.semarnat.gob.mx/Publicaciones/Sustentabilidad/default.htm>, 10th February 2004
- INP, 2000b. *Carta Nacional Pesquera 2000*. Instituto Nacional de Pesca, SAGARPA, México. <http://inp.semarnat.gob.mx/CNP/anexo.htm>, 10th February 2004.
- Lavín, M., Palacios-Hernández, E. and Cabrera C., 2003. *Sea Surface temperature anomalies in the Gulf of California*. Geofísica Internacional, Vol. 42, (3):363-375.
- Loverich, G. and Gace, L., 1997. *The affect of currents and waves on several classes of offshore sea cages*. Ocean Spar Technologies, LLC. Open Sea Aquaculture 97. Maui, Hawai. 131- 144 pp.
- Map figures, www.expediamaps.com., 10th February 2004.
- Prado, J., 1990. *Fisherman's workbook*. Fisheries Industries Division, FAO. Fishing News Books Ltd., Oxford, U.K. 180 pp.
- Quiroga B. C., C. F. Solís C. & J. Estrada G. 1996. *La pesquería de robalo en México. Pesquerías Relevantes de México. XXX Aniversario del INP. SEMARNAP/INP. (II): 559 – 578.*
- Rudi, H., Aarsnes, J., and Dahle, L., 1988. *Environmental forces on floating cage system, mooring considerations*. In: Aquaculture Engineering Technologies for the Future. Papers from Symposium held at the University of Stirling, Scotland. EFCE Publication no. 56, Hemisphere Publishing Corp., New York. London 97-122.
- Serrano, D., 2003. *Reporte técnico de la hidrodinámica y batimetría del sistema lagunar de "Santa María La Reforma"*. Informe técnico de proyecto. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (no publicado). México.

Slaattelid, O., 1990. *Model tests with flexible circular floats for fish farming*. In: Engineering for Offshore Fish Farming. Thomas Telford, London, pp. 93-106.

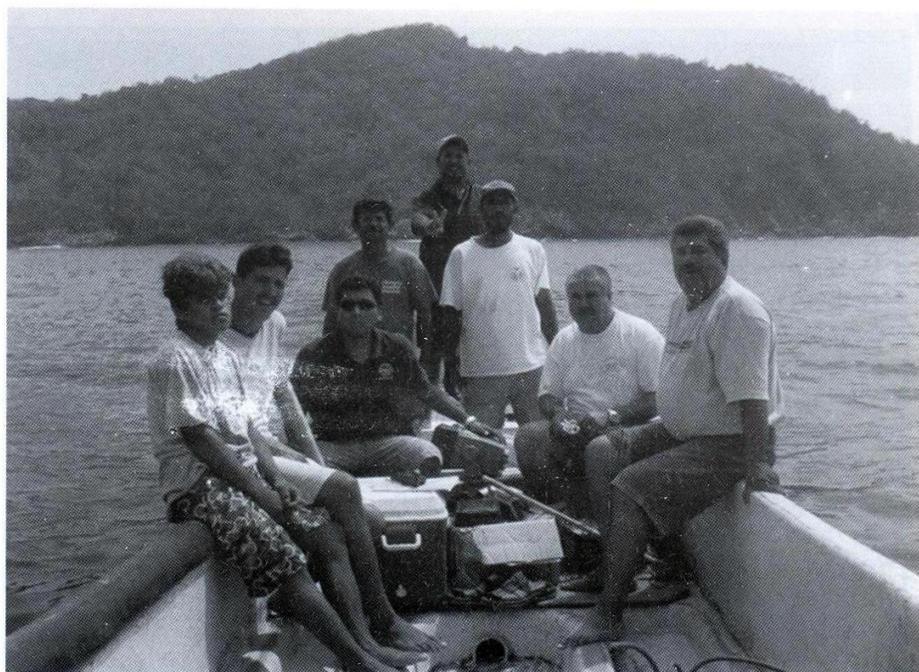
Thoms, A., 1989. *Pointers to safer moorings*. Fish Farmer. 12 (3), 27-28.

Vázquez, A., 1997. *Human factors study in the shrimp vessels of Mazatlán, Sin.* Proceedings of the IV National Congress of Sea Science and Technology. Mexico. 94 pp.

Webber, H.H. and Riordan, P.F. 1976. *Criteria for candidate species for aquaculture*. Aquaculture, 7: 107-123



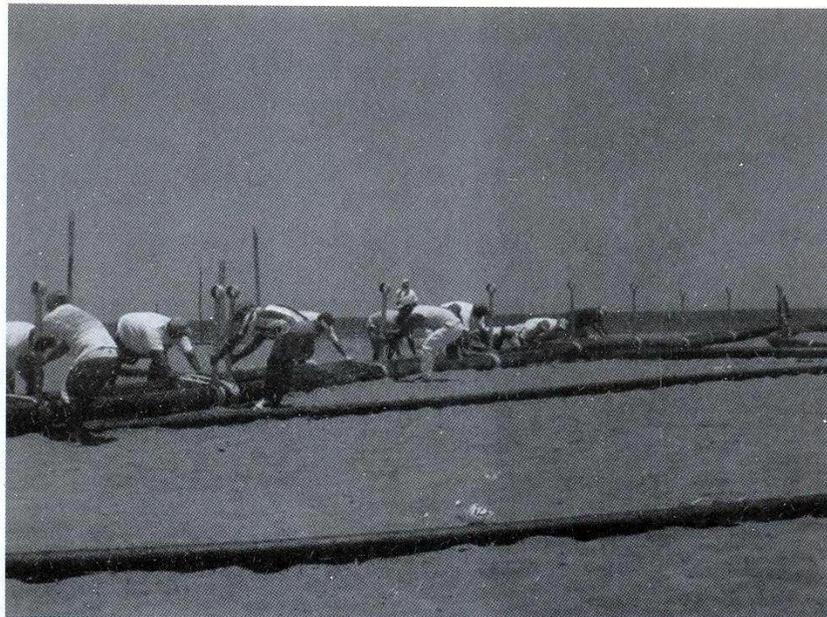
Explicación del sistema de jaula flotante a los pescadores



Verificación de los parametros hidrológicos del sitio para instalación de jaula



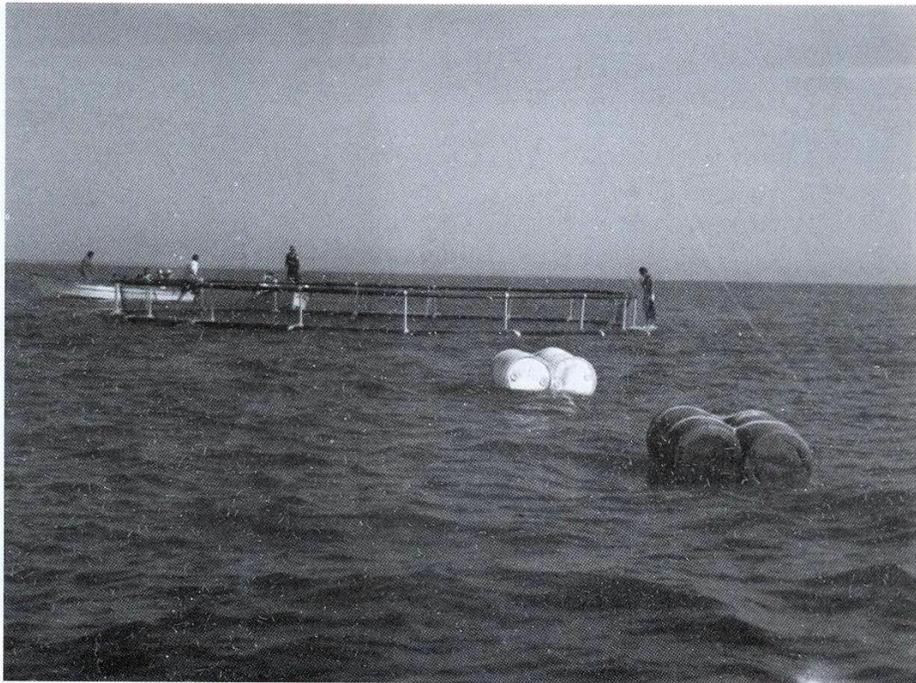
Manufactura de los bolsos con paño de malla cuadrada de polietileno sin nudo



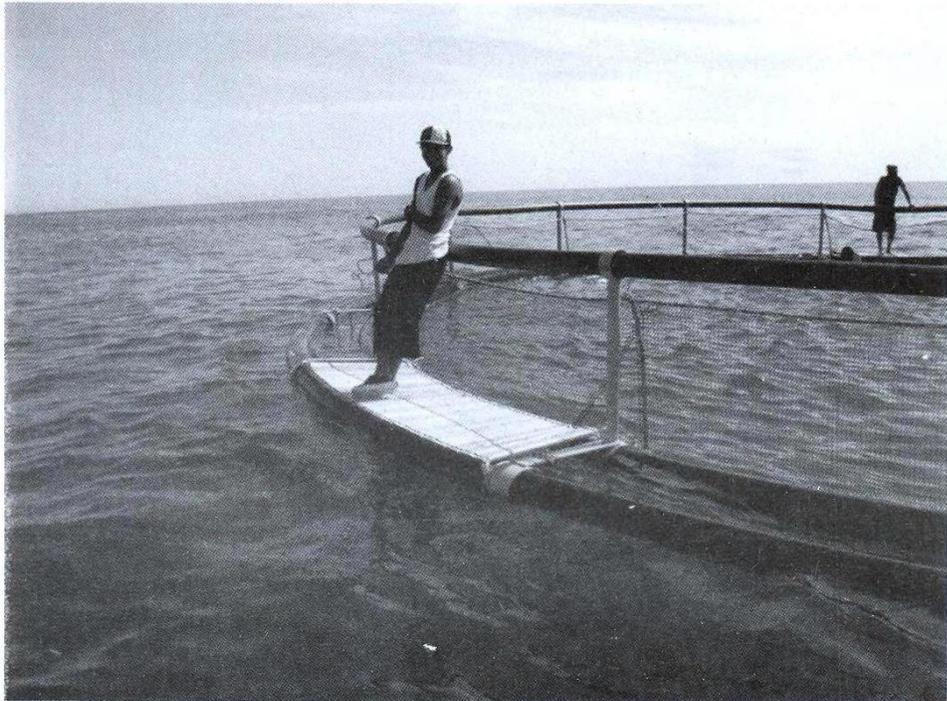
Instalación de los soportes en los tubos de flotación con la colaboración de los pescadores



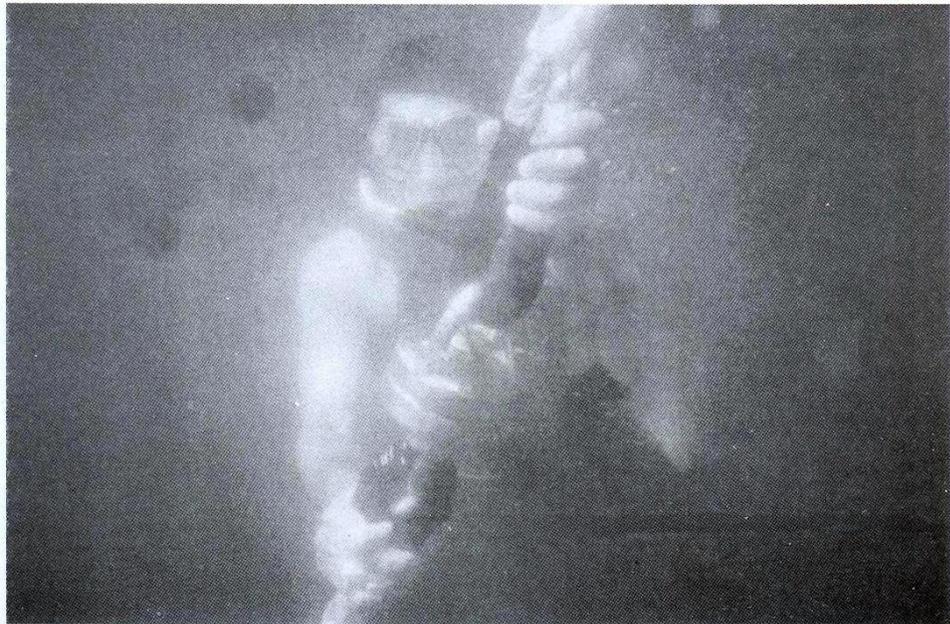
Botadura de la primer jaula de su tipo diseñada y construida en México



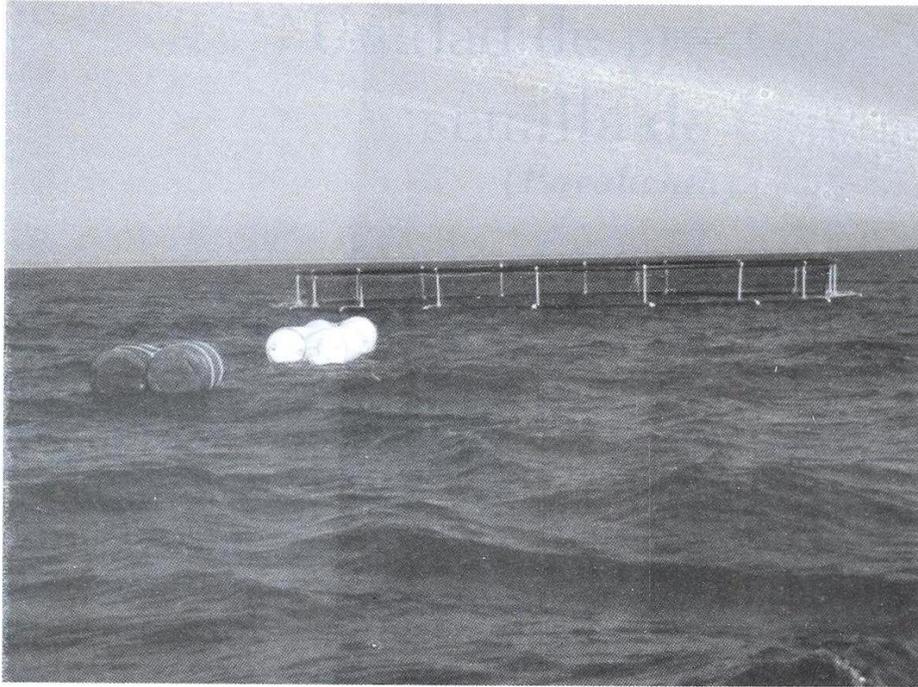
Jaula móvil instalada con su sistema de fondeo de un solo punto de anclaje



Plataforma de servicio en la jaula



Verificación de la línea de fondeo y la línea de anclaje



Sistema de jaula para cultivo de pargo en Sonora



Jaula flotante móvil para cultivo de pargo instalada en las costas de Michoacán

Unidad de producción de semilla de Lengado (*Paralichthys californicus*)

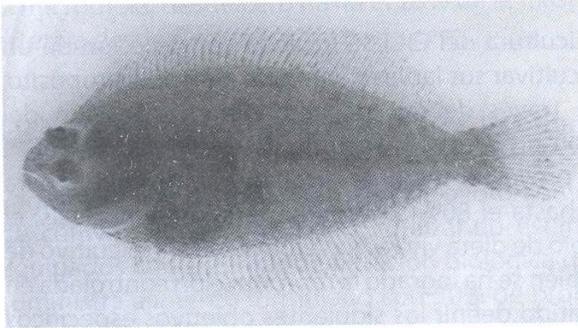


Foto: Cortesía Benjamín Barón Sevilla

**Dr. Benjamín Barón Sevilla
y Dr. Juan Pablo Lazo Corvera**
Centro de Investigación Científica y
de Educación Superior de Ensenada
(C.I.C.E.S.E.)
bbaron@cicese.mx
jplazo@cicese.mx

El lenguado de California, *Paralichthys californicus*, es un recurso pesquero de gran importancia en las costas del Pacífico Mexicano y en el sur de California, USA. Se distribuye desde la frontera entre Canadá y EUA hasta bahía Magdalena, Baja California, México. Es la especie que alcanza mayores tallas de toda la familia Paralichthyidae, con una longitud total de 1.5 m y un peso de 32 kg.

En la última década, la pesquería multiespecífica del lenguado en los estados del Noroeste del País: Sonora, Baja California y Baja California Sur, representó aproximadamente el 36, 29 y 28% de la producción a nivel nacional, respectivamente. Cabe destacar que de las especies que se explotan, el lenguado de California es la especie más importante por su volumen de captura en el Pacífico Mexicano.

En 1990 la producción pesquera de lenguado de California alcanzó las 2400 tm de peso vivo, sin embargo, se han reportado reducciones de más del 80% en la capturas totales de este recurso en las costas de la Baja California. A escala nacional, se puede generalizar que las capturas de lenguado han disminuido en un 33% en los últimos diez años. Esta tendencia decreciente en las capturas de lenguado crea un déficit en la oferta de pescado, en un mercado creciente, que día a día demanda productos pesqueros en mayor volumen y de mejor calidad. Esta situación abre la posibilidad de cultivar

el lenguado, considerando también, que se pueden tener tasas de crecimiento de 40 a 45 g/mes, con un factor de conversión del alimento de 2:1 y con mortalidades del 10%. Además, que el lenguado de California tiene gran aceptación comercial por la textura y sabor de su carne, por lo que alcanza precios al consumidor de 10 a 20 dólares americanos, dependiendo de su presentación. En este sentido, el Estado de Baja California, por su cercanía con California, uno de los estados de mayor poder adquisitivo de EUA (San Diego, Los Ángeles y San Francisco), mantiene un importante comercio de pescados y mariscos vivos, lo que ofrece la posibilidad de comercializar el lenguado vivo a un precio superior.

En el año 2003, el Departamento de Acuicultura del CICESE inició la construcción de un laboratorio para reproducir al lenguado y cultivar sus larvas y juveniles. Con este propósito, inicialmente recibió apoyo financiero a través de un proyecto de investigación del CONACYT* y posteriormente continuó con un proyecto sectorial SAGARPA-CONACYT**. En los tres años que lleva operando este proyecto, se ha desarrollado un protocolo para el cultivo larvario con sobrevivencias de hasta el 80% al término de la metamorfosis; el destete con microdietas formuladas (cambio de dieta viva a dieta formulada) y el cultivo de larvas y juveniles en altas densidades. También se ha logrado la reproducción controlada en cautiverio. Estos resultados nos han permitido definir los siguientes objetivos específicos para la Unidad de producción de juveniles de Lenguado de California:

- a) diversificar la acuicultura marina nacional, mediante la producción de semilla de lenguado.
- b) Realizar investigación básica y aplicada relacionada con los aspectos biológicos y del cultivo del lenguado, que permitan perfeccionar los protocolos de cultivo.
- c) Promover el desarrollo de experiencias de cultivo entre diferentes dependencias del sector social y privado de la región.
- d) Consolidar la Unidad como un instrumento de demostración, capacitación y de suministro de semilla para el sector acuícola de la región.

La reproducción en condiciones de cautiverio es uno de los requisitos fundamentales para la producción de juveniles de lenguado de California, en este sentido, es importante desatacar que su temporada natural de reproducción es en invierno y primavera, durante este periodo una hembra de lenguado desova hasta cinco veces un promedio de 250,000 huevos, para sumar un total de hasta 1.250,000 huevos por hembra. En el laboratorio utilizamos diferentes estrategias para lograr la reproducción en cautiverio. Contamos con un grupo de reproductores en una proporción de una hembra por cada dos machos, que hasta ahora han desovado con la inducción de la hormona análoga liberadora de gonadotropinas (GnRH_a). También se ha logrado el desove espontáneo en cautiverio y se ha realizado la fertilización *in vitro* a partir de productos sexuales obtenidos de organismos silvestres maduros.

Protocolo de cultivo de juveniles

Los huevos del lenguado se incuban durante 2 días a 20 °C, las larvas eclosionan con el saco vitelino y la boca y el ano cerrados, a partir del cuarto día (día 2 después de la eclosión,

DDE) inicia la alimentación exógena. Durante un primer periodo de 14 días, las larvas se alimentan con rotíferos (de 5 a 8 rotíferos/ml) enriquecidos con ácidos grasos altamente insaturados de la serie n-3 (HUFAs n-3, por sus siglas en inglés). Posteriormente, iniciando el día 18 DDE se inicia la alimentación con nauplios de artemia (3 nauplios/ml) también enriquecidos con HUFAs n-3. A partir del día 36 DDE se inicia la sustitución de artemia por una microdieta formulada. En cada cambio de dieta hay un periodo de coalimentación de 3 a 5 días (rotífero→artemia, artemia→microdieta) que hemos encontrado garantiza una transición exitosa. El protocolo de destete involucra una tasa de alimentación creciente con la microdieta, desde cero hasta el 20% de la masa corporal y una reducción de la ración de artemia desde 5 nauplios/ml hasta cero.

Desarrollo de un protocolo para la engorda de lengado

Para la engorda del lengado a escala piloto-comercial se están estudiando tres densidades de cultivo, 15, 30 y 45 kg/m², utilizando estanques circulares de 28 m² de superficie, equipados con sistemas de filtración biológica que permiten recircular el agua de mar. Se suministra alimento formulado con 50% de proteína y 15% de lípidos, iniciando con una tasa diaria del 5% de la masa corporal repartida en cuatro raciones, hacia el final del cultivo, la tasa de alimentación se reducirá al 0.5% dividida en dos raciones. La talla de cosecha al cabo de un año de cultivo será de 500 g. Para mejorar el protocolo de engorda, se está identificando la temperatura óptima de crecimiento y supervivencia, y se está evaluando la eficiencia de varias dietas formuladas que proporcionen una mayor ganancia en peso.

Actualmente el laboratorio de producción de semilla de lengado consta de una unidad de Reproducción, equipada con cuatro estanques de fibra de vidrio de 17600 l, con control de la temperatura y del fotoperíodo, en los que se alojan los reproductores de lengado que tienen una longitud total de 50 a 95 cm y un peso de 2.5 a 5 kg, la proporción sexual es de dos machos por cada hembra. Para el Cultivo de larvas se cuenta con 18 estanques de fibra de vidrio de 275 l cada uno y el Cultivo de juveniles se realiza en 12 estanques de 540 l cada uno, lo que nos da la posibilidad de producir hasta 40,000 juveniles anualmente. Cada sección cuenta con un sistema de recirculación de agua de mar con filtración biológica y con control térmico del agua.

Después de un año de iniciadas las operaciones de este laboratorio, entre los principales resultados podemos desatacar la producción de 25,000 juveniles de 5 g de peso en el último ciclo de producción, que ya se han destinado a la investigación y al desarrollo de cultivos a escala piloto comercial en Ensenada. También se cuenta con un grupo de reproductores confinados y aclimatados, de los cuales se han inducido tres desoves con terapia hormonal (GnRH_a). Se ha refinado el protocolo de incubación, cultivo larval y cultivo de juveniles, que conllevan el enriquecimiento de rotíferos y la producción y enriquecimiento de nauplios de *Artemia*, así como el destete con una dieta comercial.

Entre los retos más importantes para el futuro inmediato se destacan la inducción de dos periodos de desove al año, utilizando un protocolo de control foto-térmico y la producción periódica de huevos fértiles y de buena calidad. Una característica sobresaliente, relacionada

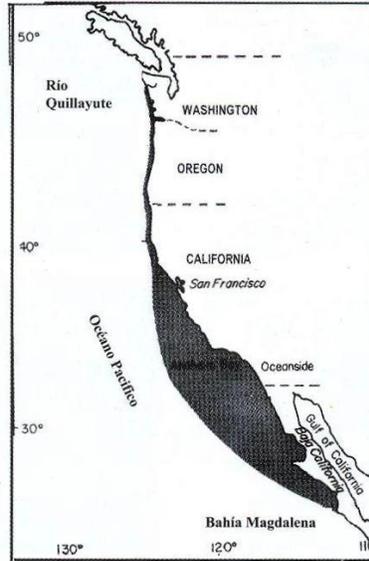
con el sexo en esta especie, es la mayor longitud de las hembras, ya que crecen tres veces más que los machos, por lo que se busca privilegiar la producción de progenies monosexuadas. El desarrollo de estas técnicas de control del sexo podría significar una ventaja en el cultivo de esta especie, ya que se lograría reducir la duración del cultivo. Un problema que se ha detectado en la producción de juveniles de esta y otras especies de lenguados, es la pigmentación anormal, por lo que se estudiarán los mecanismos de pigmentación que garanticen la disminución de la incidencia de pseudoalbinismo, así como el desarrollo de protocolos de destete y engorda con dietas específicas para esta especie.

Finalmente, es importante destacar que la posibilidad del cultivo de lenguado ha despertado un gran interés en la región, a la fecha contamos con la solicitud de al menos cinco empresas y organizaciones sociales que estarían en posibilidades de iniciar sus operaciones en el 2006 y 2007, por esta razón, se están realizando las gestiones necesarias ante el Gobierno de Baja California y la CONAPESCA, para conseguir los apoyos financieros que nos permitan incrementar la capacidad instalada del laboratorio, para producir 200,000 juveniles anualmente, mismos que se podrán destinar a la investigación y al desarrollo de experiencias productivas a nivel piloto y comercial.

* Proyecto CONACYT J37564. Ontogenia del sistema digestivo, fisiología digestiva y requerimientos nutricionales del lenguado de California (*Paralichthys californicus*).

** Proyecto SAGARPA-CONACYT C01-31. Establecimiento de una unidad de producción de semilla del lenguado de California, *Paralichthys californicus*, en el estado de Baja California.

Distribución costera del lenguado de California

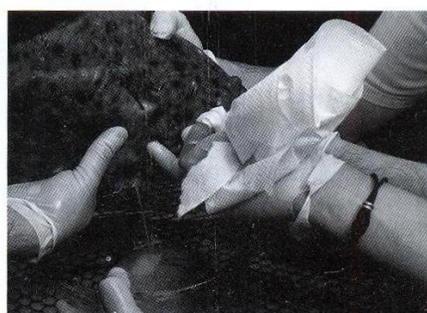
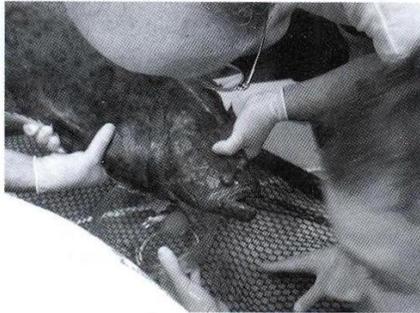
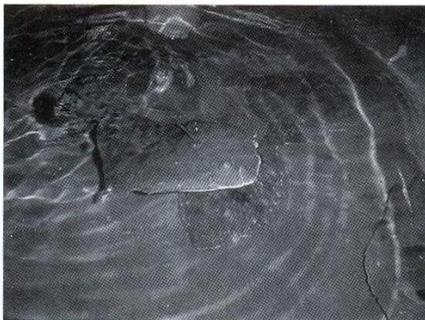


Kukas y Hassler (1986).

UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGADO ...

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

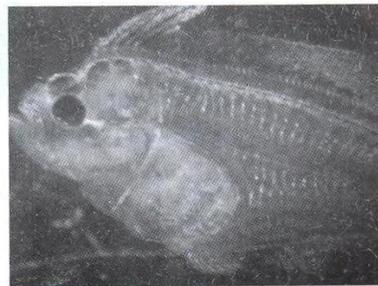
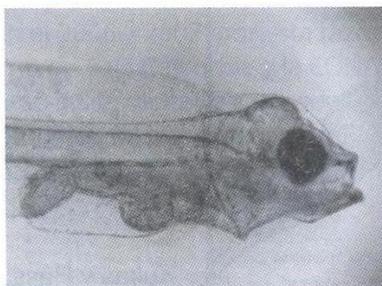
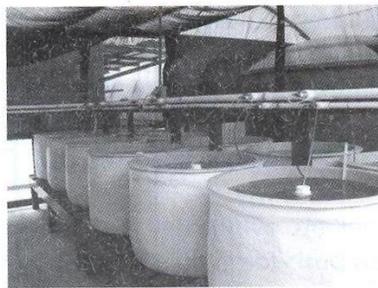
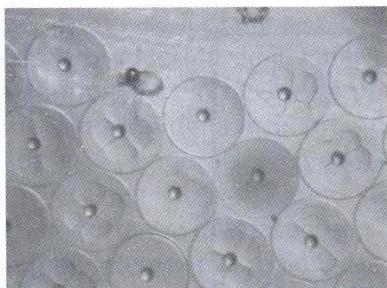
Reproducción



UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGADO ...

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

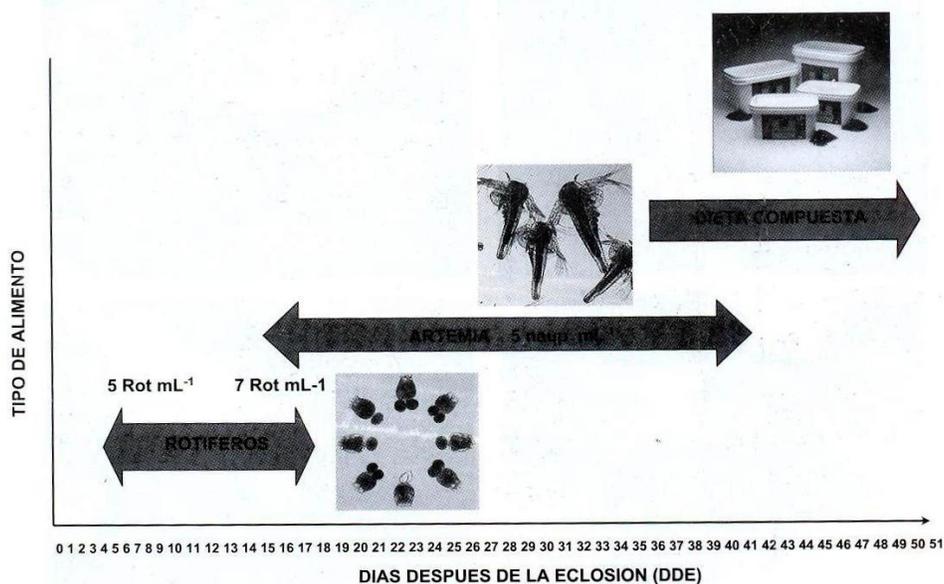
Cultivo larvario



UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGUADO ...

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

Protocolo de Alimentación

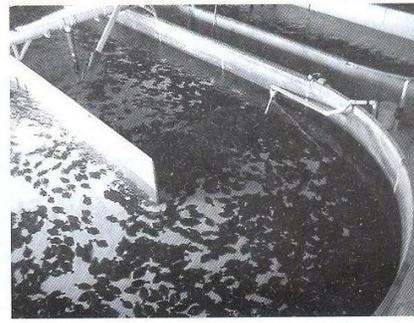
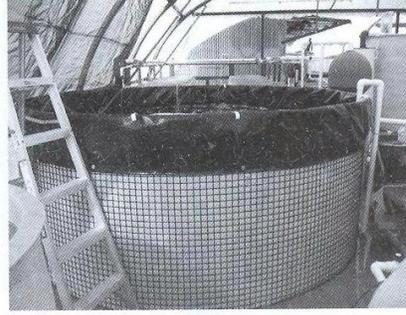
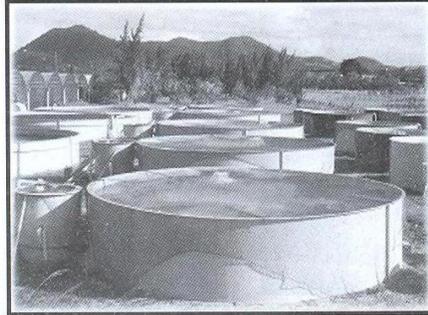


Digrama E. Martinez

UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGUADO ...

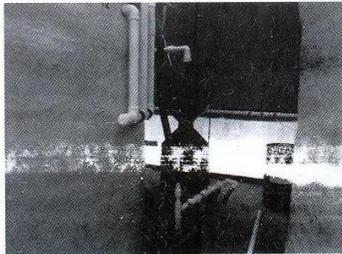
DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

Engorda

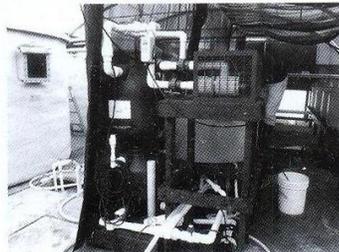


UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGADO ...

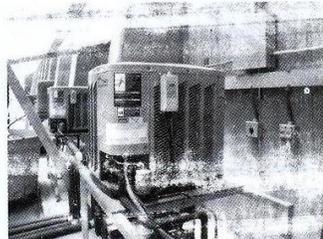
DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA



Unidades de filtración
para estanques de
reproductores



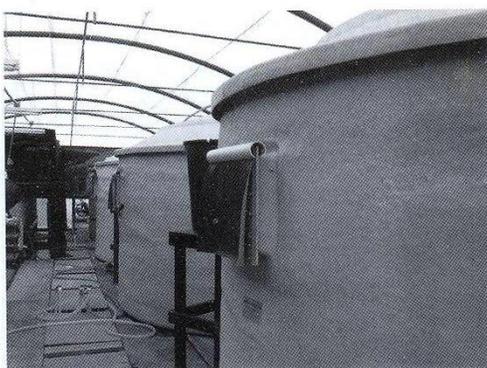
Unidades de
filtración para el
cultivo de larvas



Unidades de enfriamiento
para estanques de
reproductores

UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGADO ...

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA



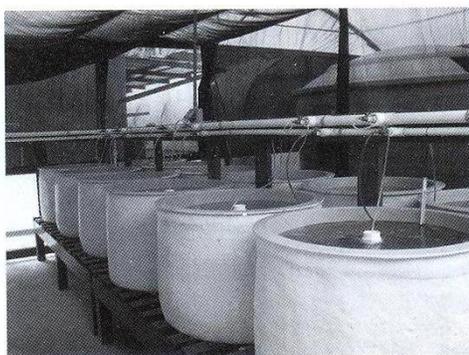
Estanques para reproductores de 25000 l de capacidad cada uno, contruidos de fibra de vidrio y con aislante térmico

Reproductores de lenguado con una longitud de 50 a 95 cm de longitud total y 2.5 a 5 kg de peso



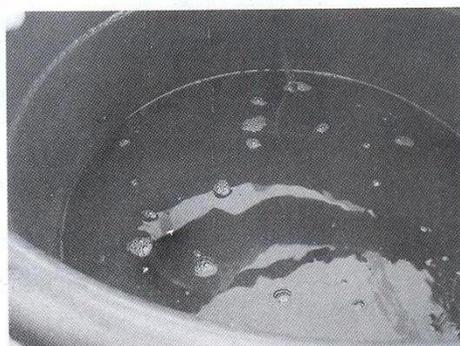
UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGUADO ...

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA



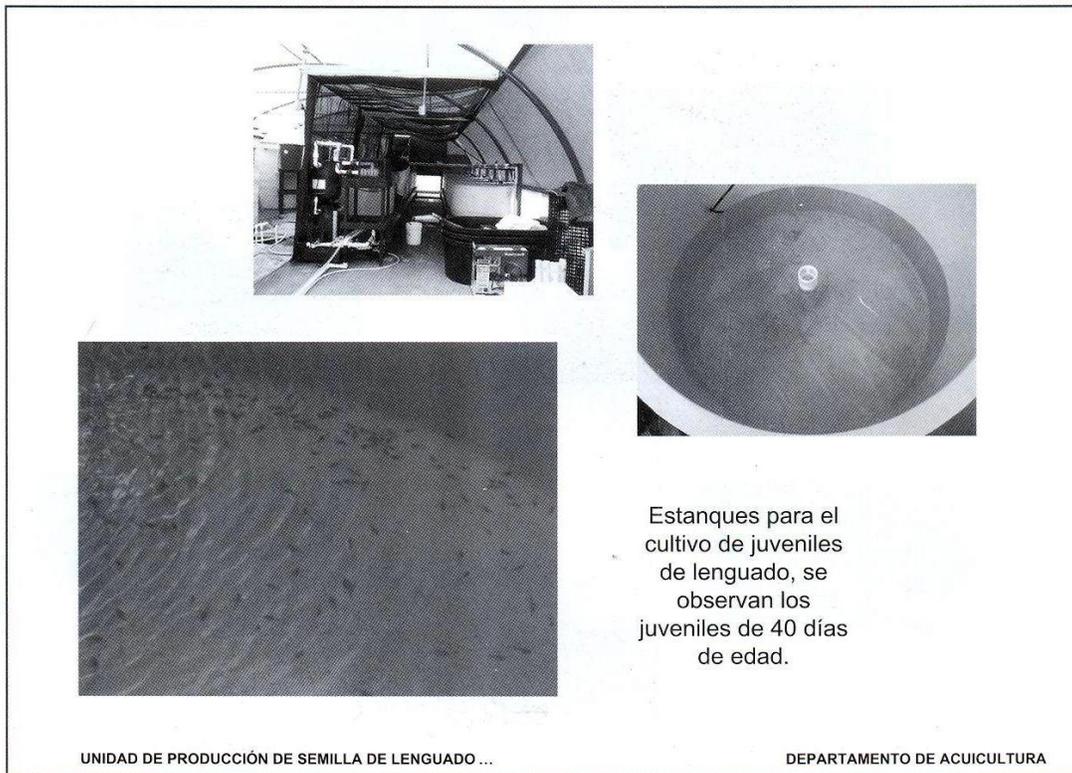
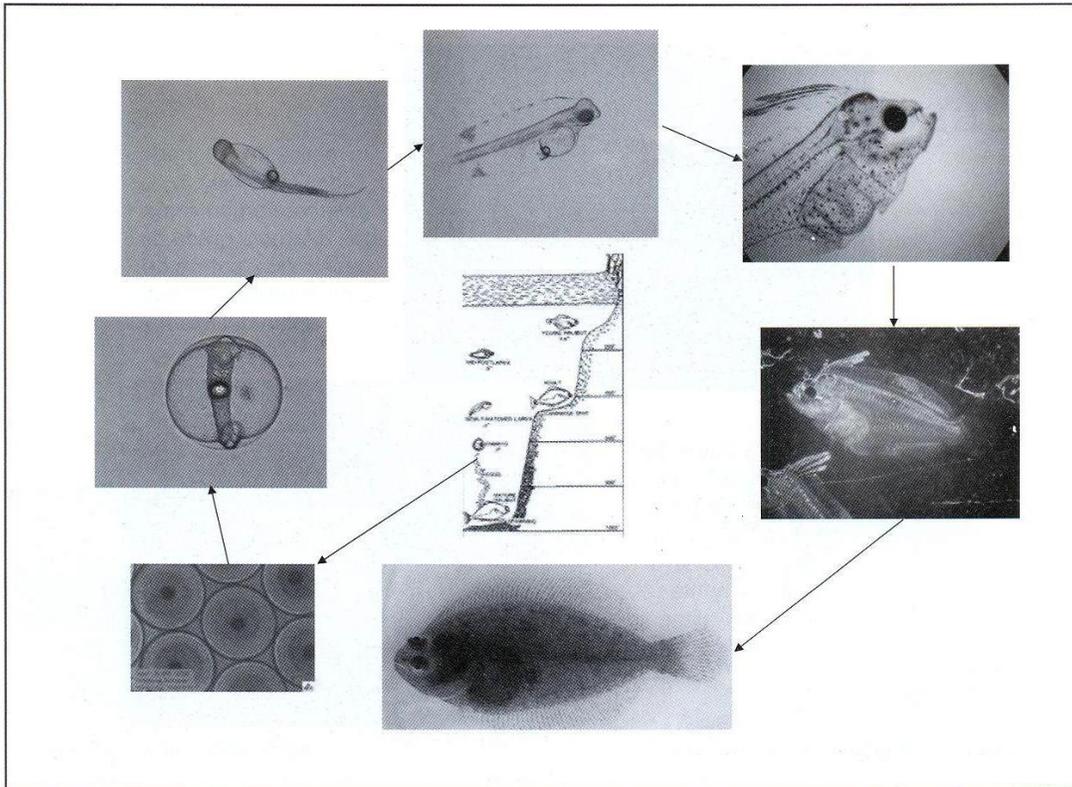
Estanques para la incubación de los huevos y el cultivo de las larvas del lenguado

Incubación de huevos de lenguado



UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGUADO ...

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA





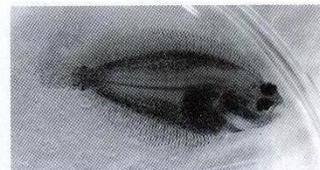
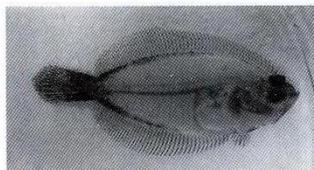
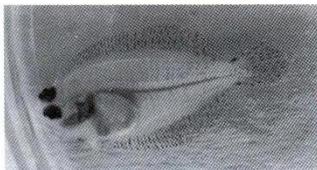
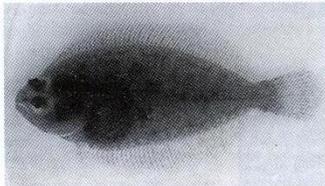
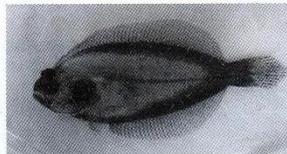
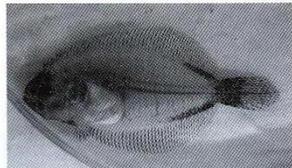
Juveniles de lenguado de California, se observan organismos con diferente grado de desarrollo y patrón de pigmentación, los dos ojos están del mismo lado

En esta etapa del desarrollo los juveniles ya fueron destetados, en lugar de alimento vivo, únicamente consumen alimento balanceado



UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGUADO ...

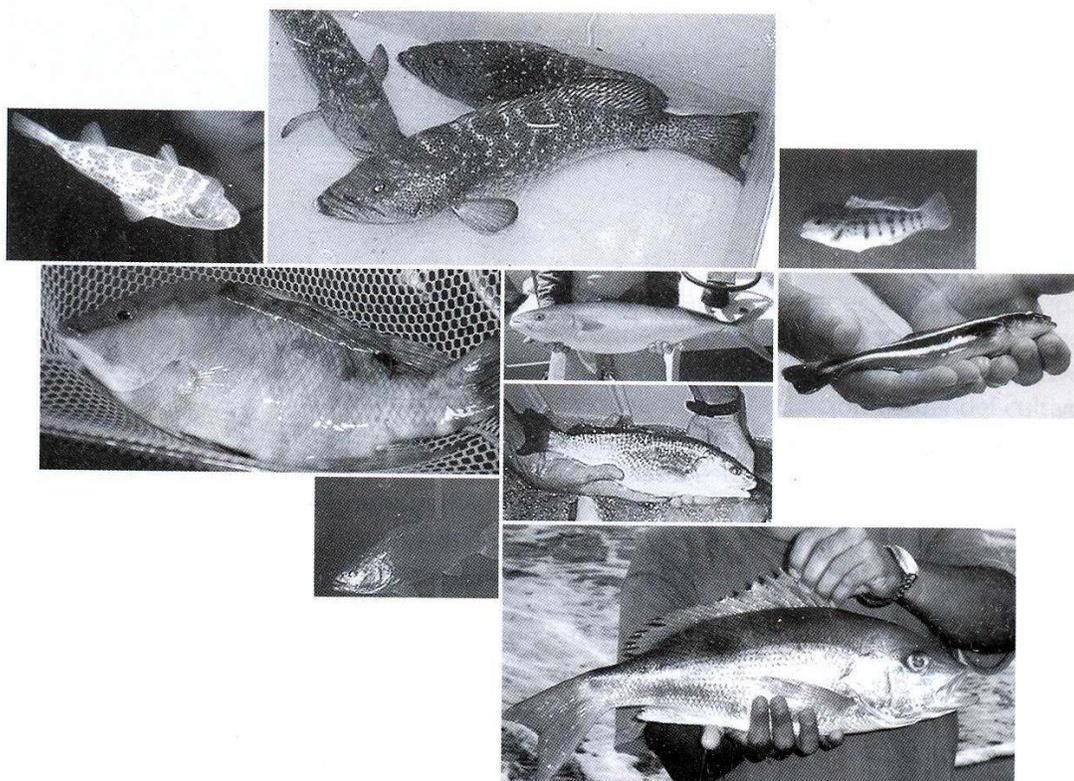
DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA



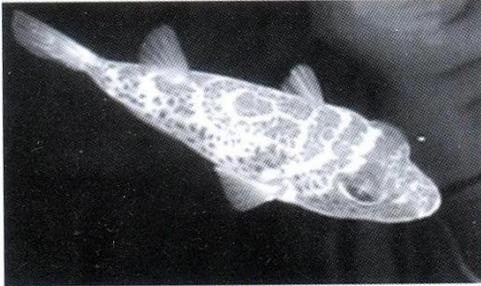
UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LENGUADO ...

DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA

Etapa Interrogativa



Etapa Interrogativa



A partir de las ponencias presentadas durante la Etapa Informativa, donde se integra el conocimiento y la experiencia de los investigadores participantes, se obtuvo un panorama general de la situación actual del cultivo de peces marinos en México y con particularidades del extranjero, sobre el mismo tema. Con base a esta información, durante la Etapa Interrogativa, los asistentes se formularon preguntas la mayoría de éstas sobre los temas de tecnología de cultivo y reproducción controlada para la producción de semilla y juveniles.

El segundo rubro de interés lo integro entre otros el costo de instalación y operación de los sistemas de jaulas flotantes, con los puntos críticos en el cultivo de peces marinos como son: batimetría, velocidad de corrientes, impacto del oleaje, diseño de forma y operación.

Con respecto a la engorda en jaulas flotantes, el principal interés radica en conocer las tasas de crecimiento, tallas de siembra y cosecha comercial de las principales especies de peces marinos cultivados en sistemas de jaulas flotantes.

Por otro lado, se comentó sobre la necesidad de desarrollar y fortalecer los laboratorios para la producción de semilla, punto clave para reducir importaciones o dependencias del medio silvestre para la engorda. Asimismo, surgieron cuestionamientos sobre la importancia y dependencia de los stocks de reproductores silvestres para laboratorio.

Finalmente, se manifestó la necesidad de la inversión financiera en áreas prioritarias de la investigación acuícola como la reproducción, larvicultura, nutrición, sanidad, mejoramiento de la sobrevivencia y la transferencia de tecnología para el cultivo de peces marinos, que se encuentran aún a nivel experimental.

A continuación se presentan las 52 preguntas con las respuestas y comentarios, las preguntas se agruparon de acuerdo a la temática expuesta por cada conferencista.

Sesión de Preguntas y Respuestas

Biól. Cesar Díaz Luna

¿A cuánto asciende el apoyo para el 2006?

Aún no está definido, la cifra para el 2005 es del orden de los cinco y medio millones de pesos, para continuar con el fortalecimiento de los laboratorios del CIAD y Jalisco, así como para proyectos de cabrilla sardinera y jaulas de camarón.

¿De dónde salió la tecnología del botete y pargo que se está transfiriendo de España?

La tecnología se originó en el CIAD, cuando colaboraba ahí el Dr. Duncan, que actualmente radica en España.

¿En qué se apoyan técnicamente para autorizar o apoyar una transferencia de tecnología para la producción de peces marinos?

En este momento no se está haciendo ninguna transferencia. Es cierto que en algunos de los programas que maneja la CONAPESCA se ha tratado de correr en vez de dar unos primeros pasos para la producción de peces marinos, sin embargo, el esfuerzo en este momento es consolidar las tecnologías existentes. Respecto al jurel y la importancia que puede tener en este momento como la principal especie a manejar en México, habría que evaluar muy bien la situación del mercado, y mantener la rentabilidad de la especie.

Dr. Conal David True

¿Cual sería la explicación de la imposibilidad de obtener huevo en desoves espontáneos?

Los desoves espontáneos suceden cuando las condiciones en los estanques son excelentes, cuando existe algún factor que lo limita normalmente la reproducción se reprime. Para poder tener reproducciones espontáneas en los estanques en laboratorio, tenemos que encontrar aquellas condiciones que los limitan, puede ser desde la intensidad de la luz hasta las variaciones de temperatura, el tamaño del estanque y la calidad del agua. Esencialmente para poder obtener desoves espontáneos tenemos que tener condiciones excelentes.

Puede el exceso de aire en la vejiga natatoria estar relacionado con una eventual contaminación bacteriana?

Sí puede ser, todos los peces cuando son pequeñas larvas y van a inflar por primera vez su vejiga natatoria suben a la superficie y toman una pequeña bocanada de aire, en ese momento es cuando pueden tener alguna contaminación por bacterias o virus hacia el tracto que conduce a la vejiga natatoria. Se recomienda extrema limpieza en los estanques, sobre todo en la superficie y muy buena calidad de agua.

¿Qué avances en porcentaje se tienen en la producción de semilla?

Para poder producir semilla comercialmente, hemos tenido que pasar por una etapa de aprendizaje, y una etapa realmente del desarrollo de una tecnología que no existía para una especie. Hemos producido poca semilla, pero hemos aprendido mucho alrededor de cómo hacerlo. Uno de los cuellos de botella en el desarrollo larvario es el inflado de la vejiga, ahí perdemos el 99.9% de los peces. Tenemos 5, 6, 10 ó 12 millones de huevo, aspiramos a tener una mayor sobrevivencia para lograr una producción de semilla a escala comercial. Deseamos tener un mayor avance, pero falta más investigación, para lo que requerimos reactivar la reproducción en el laboratorio.

¿Tienen la intención de impulsar el cultivo de totoaba a nivel comercial?

Si, es necesario impulsar el cultivo a nivel comercial, pero se requiere estudiar en el laboratorio aspectos de reproducción y desarrollo larvario, pero definitivamente es una especie que tiene todas las características para ser comercial, hay mercado e interés, la especie tiene valor y definitivamente tiene que tender hacia el futuro comercial.

¿Cómo vislumbra solucionar la dependencia de reproductores silvestres?

La verdad es que siempre habrá dependencia de reproductores silvestres, a medida que se desarrolla un cultivo en laboratorio, siempre, 2, 3 ó 4 generaciones más adelante habrá la necesidad de trabajar con reproductores silvestres, porque tienen vigor, son animales sanos, se han desarrollado en el medio natural, mientras que los peces en cautiverio están en condiciones diferentes, por lo que se tendrá que traer un stock de reproductores para incrementar el pool genético en el laboratorio. Realmente nunca se deberá pensar en no contar con los reproductores del medio natural.

¿Los 10,000 juveniles producidos que destino tuvieron?

Los juveniles que se han producido en el laboratorio se han regresado al medio natural, el motivo inicial del proyecto fue el repoblamiento. Iniciado el proyecto debemos de enfocarlo a dos aspectos, a recuperar la población del medio natural y a la producción comercial.

¿Cuándo se puede transferir la tecnología para los cultivos comerciales?

La respuesta es muy compleja, aún no estamos preparados lo estaremos cuando se puedan producir en el laboratorio cientos o miles de crías. Hay investigación por hacer, se va a realizar, y no podemos comprometer en estos momentos, tenemos necesidades pequeñas, que el sector productivo puede cubrir, todos pueden participar. Si tenemos esa mentalidad de participar y desarrollar, realmente podemos llegar a cubrir esa parte.

Dr. Luis Sergio Álvarez Lajonchere

¿Se ha pensado en incorporar la recirculación como control de la calidad del medio?

No. En general, el mejor sistema para larvicultura es el de flujo abierto, cuando no se requiere calentar o enfriar el agua y la fuente del agua de mar es de buena calidad o de una calidad aceptable y se somete a tratamientos de filtración (hasta un micrómetro de retención absoluta) y radiaciones UV con una radiación de hasta 60 mJ/cm² después de hacer todas las correcciones requeridas (tiempo de vida útil, porcentaje de radiación UV-C, porcentaje de radiación más germicida, temperatura, flujo máximo, etc.) como se hará en la nueva instalación del CIAD Mazatlán.

¿Como se podrá elevar el porcentaje de sobrevivencia de pargo y botete?

Estamos considerando diferentes aspectos: a) mejor calidad de agua, mejor calidad de huevos, trabajar con otras densidades de larvas (menores y mayores), mejorar la alimentación en las primeras etapas (copépodos en mayor densidad, rotíferos SS, mejor enriquecimiento de rotíferos), tanques de mayor tamaño, menor intensidad de iluminación en los primeros días, disminuir significativamente el canibalismo y otras.

¿Para cuando se espera tener resultados que permitan la producción comercial de alevines de pargo y botete en laboratorio?

Pensamos que, si tenemos el apoyo financiero que estamos tramitando, en unos dos o tres años después del año de puesta en marcha de las nuevas instalaciones.

¿Cuando se podrá comprar crías de pargo y botete en México?

Pensamos que en pequeñas cantidades se podrán comprar a partir del 2007, cuya disponibilidad se deberá ir incrementando paulatinamente con el dominio de las tecnologías de producción de los juveniles y de las capacidades de las instalaciones. La venta de huevos de buena calidad del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* se deberá iniciar en la temporada de desove del 2006.

¿Cual seria la explicación del bajo porcentaje de la supervivencia postlarval (1 al 5%)?

En primer lugar es un aspecto de la etapa de trabajo, los resultados positivos en larvicultura de peces marinos usualmente se logran por aproximaciones sucesivas a lo largo de un tiempo prolongado, usualmente de varios años. En el botete y también en el pargo han sido bajas supervivencias en la etapa larval, pero en la especie de pargo con que estamos trabajando, sobretodo debido al alto canibalismo que se presenta después de los 10 – 15 días de vida.

¿Cual es la diferencia entre el Implante Hormonal (IM vs IP) en la producción de huevos?

Hasta ahora lo que se ha medido es que la administración de los implantes en botetes y pargos ha resultado en un mejor porcentaje de respuestas positivas. En los próximos desarrollaremos experimentos en botete, mediremos también la calidad y cantidad de los huevos obtenidos. Sin embargo, lo fundamental es que el traumatismo de los reproductores por la vía IP es significativamente menor que por la vía IM.

¿Cuales serian los principales puntos críticos en el cultivo de pargo en jaulas?

- 1) Disponibilidad de la semilla en las cantidades, calidades y momentos adecuados, a un precio razonable.
- 2) La tecnología de alevinaje que no está desarrollada en el país para llevar animales de 1 – 1.5 g salidos de pre-cría en centros de producción de semilla, hasta tallas de varias decenas de gramos en que se pueda iniciar una fase de pre-engorda o engorda.
- 3) Disponer de un alimento adecuado para cada etapa de trabajo (alevinaje, pre-engorda y engorda) con las técnicas adecuadas para su alimentación.
- 4) Disponer de las instalaciones adecuadamente diseñadas para las especies de trabajo, sobre todo en cuanto a los tamaños y características de las jaulas a utilizar en los litorales mayormente abiertos.
- 5) Disponer de tecnologías adecuadas y probadas para el alevinaje, pre-engorda y/o engorda, con respecto a la talla y densidad de siembra, manejo, alimentación, separación por tallas, tratamientos profilácticos y terapéuticos que se puedan requerir, etc.

¿Para cuando se tendrán disponibles semilla para cultivo en México?

Si la pregunta se refiere a la disponibilidad de semilla en cantidades masivas en el orden de los millones de juveniles por año, dependerá de las especies de que se trate, de los apoyos que se tengan para estos trabajos y de las estrategias que se sigan. En nuestra opinión si se cuenta con la voluntad real de lograrlo, con el monto de inversión necesario y con la estrategia debida, en no más de dos a tres años se pueden obtener al menos un millón de juveniles de algunas de las especies autóctonas valiosas como es el caso de uno de los jureles de cola amarilla la *Seriola rivoliana*, en procesos de transferencia-adaptación-ajuste tecnológicos. Si se depende del desarrollo de tecnologías de las especies autóctonas actuales pero con el apoyo requerido, que no es el que se ha tenido hasta el momento, entre unos tres a cinco años, quizás con alguna excepción como el lenguado *Paralichthys californicus* que va muy bien y debe resultar en un plazo mucho menor. Si se continúa con apoyo insuficiente que se tiene actualmente en cuando a las entidades oficiales de financiamiento y sin participación activa de la iniciativa privada, contando sólo con las posibilidades de las instituciones académicas, no menos de cinco a diez años. En los países de América en los que se ha avanzado en el cultivo de peces marinos y se han alcanzado los niveles comerciales, se han tenido los apoyos coordinados de las entidades gubernamentales, la iniciativa privada y las instituciones académicas, como es el ejemplo de Chile.

Dr. Rex Ito

¿Considera necesario en este momento tener una planta comercial de producción de juveniles de jurel en México, y cual es la factibilidad técnica y económica?

Existe un grupo en San Diego que tiene una granja de jurel, pero no a nivel comercial. Pero es una industria que se tiene que desarrollar a escala comercial, lo importante es contar con larvas y alevines en las cantidades suficientes, pero actualmente no lo veo factible.

¿ Cual es su precio al mayoreo del hamachi e hiramasa que se consume en Japón y Estados Unidos?

El precio de hamachi de Japón por un animal sin cabeza ni vísceras es de alrededor de \$7.50 a \$8.00 dólares la libra, importado de Japón, el hiramasa de Australia esta alrededor de \$5.50 a \$6.50 dólares la libra. En Estados Unidos el consumo de hiramasa es bajo, por lo que es difícil establecer su precio, para ingresar a su mercado exigen una historia de calidad del producto, constancia y de volúmenes para poder justificar la compra en volumen. El hiramasa se está vendiendo a precios relativamente caros, en la estrategia es crecer y fomentar el volumen de producción según la demanda del mercado, porque es muy difícil subir el precio de un producto cuando lo pagan barato.

¿Cuál es el porcentaje de grasa ideal en hiramasa y cuál en aleta amarilla?

El porcentaje de grasa ideal para hiramasa puede ser de 10% a 20% ó incluso 25%, porque es un animal que no desarrolla la grasa en la carne tanto como el hamachi de Japón. En el mercado el hiramasa es conocido como otro producto, cuando vas al sushi bar y pides hamachi, los que conocen en Estados Unidos quieren un hamachi grasosa, mantecosa. El chef de sushi sabe que el hiramasa no es un animal tan grasoso como el hamachi, es un pescado más limpio y liviano, lo importante es que tenga excelente frescura y textura. En cuanto a aleta amarilla el contenido ideal de grasa es cero. El aleta amarilla no es conocido ni deseado tradicionalmente en Japón como un atún con grasa, es conocido por su color translúcido y color vívido rojo. El big eye, el aleta azul si son de aguas frías, y tiene grasa en lo que llaman "toro", ese toro vale el triple que el atún. En Japón el hamachi que crían se exporta a Estados Unidos y en Japón, solo del 25% al 30% de su producción es con alta grasa. El hamachi que se consume dentro de Japón tiene un porcentaje de grasa baja, solamente los sushi bar en Estados Unidos quieren el hamachi con alta grasa. Los japoneses tienen una campaña contra comida grasosa, ellos piensan que es más saludable comer hamachi con menos grasa, solamente el hamachi para exportar a Estados Unidos contiene alta grasa.

¿El concepto de calidad que usted menciona considera la ausencia de parásitos? ¿existe algún riesgo para el consumidor?

En la producción no se tienen antecedentes de parásitos, sin embargo, se tiene conocimiento que en poblaciones silvestres del Mar de Cortés se ha observado la presencia de gusanos.

Dra. Araceli Avilés Quevedo

¿Cual es la perspectiva del desarrollo de tecnologías para la producción de juveniles y completar el ciclo productivo, para poder estabilizar la actividad comercial acuícola?

La especie tiene una alta perspectiva de desarrollo tecnológico en México, expertos de Australia y Hawaii ya entablaron comunicación con empresas mexicanas para la producción de crías de *Seriola*.

¿Existen esfuerzos para desarrollar laboratorios para la producción de semilla de jurel?

Maricultura del Pacífico, Maricultura de Baja California y CICESE tienen en sus planes desarrollar laboratorios de producción de semilla de *Seriola*.

¿Cual fue la Tasa de Crecimiento diaria?

La tasa de crecimiento diaria de *Seriola* en jaulas flotantes en Bahía Magdalena fue de 8.8 g/día en el primer año de engorda (de 2 g a 3.2 kg) y en el segundo año de engorda (3 a 11 kg) la tasa fue de 20 g/día.

¿Cual fue el porcentaje de proteína de la dieta utilizada?

El porcentaje fue de 45 a 43%

¿Cual fue la talla de siembra de su cultivo?

La talla de siembra fue de 2-5 g

¿Cual es la profundidad mínima para instalar jaulas (5 x 5 x 5 m.) para la engorda de pargo?

10 m

¿Cual fue el costo de la jaula y lugar de procedencia?

Las jaulas para la engorda de jurel fueron de origen canadiense y tuvieron un costo de \$12,300.00 dólares por módulo para dos jaulas de 15 x 15 m. Las jaulas de pargo se construyeron en Manzanillo y tienen un costo de \$58,000.00 pesos m.n.

¿Existen problemas para mover la jaula, es necesario vaciarla?

Dependiendo de su tamaño, si es complicado mover una balsa, normalmente esto se hace con animales si es que hay una emergencia (marea roja, mortalidad masiva de langostilla, etc.) o si se requiere cambiar de posición, solo se mueve la balsa. En todos los casos se requiere de una embarcación mayor o de dos o tres embarcaciones menores.

¿La dieta con un contenido de 88% de proteína es la que se suministró en las jaulas, y cual es su costo?

No para jurel se utilizaron dietas importadas de Canadá (TAPLOW FEEDS y EWOS) con contenido de proteína de 43 a 45% con un costo de \$12.60 pesos/kg

¿Cual es la especie de pargo que se tiene en Sonora?

En las costa de Sonora y de todo el Golfo de California las especies de pargos más conocidas son: Lutjanus aratus (pargo raicero), L. argentiventris (pargo amarillo, pargo clavellino), L. guttatus (pargo lunarejo, pargo flamenco), L. peru (huachinango del Pacífico, pargo colorado), L. novemfasciatus (pargo prieto, pargo perro) y Hoplopagrus guentheri (pargo coconaco).

¿Cuales serian los principales puntos críticos en el cultivo de pargo en jaulas?

La disponibilidad de semilla y la ubicación del sitio más adecuado. En todos los casos se requiere de capacitación y entrenamiento práctico.

Dr. Vernon Scholy

¿Con la experiencia que existen sobre el desarrollo temprano del atún, es posible en estos momentos realizar una producción masiva de crías para abastecer a las empresas que cultivan atún?

Es posible, pero no sé si en este momento es factible, por la inversión necesaria. En Achotines tenemos una producción a nivel experimental, ya estamos enfocados a otras áreas de estudio, y para mantener atunes en grandes volúmenes es costoso. Además, es necesario desarrollar estudios en el área de nutrición y física de ambiente, porque son animales acostumbrados a mar abierto y no a cautiverio, por lo que es importante desarrollar técnicas o infraestructura (tanques o jaulas) para evitar daños físicos en los peces. Japón cuenta con el ciclo cerrado de atún aleta azul, pero los animales que producen presentan daños.

¿Cuáles especies de microalgas utilizan para reducir el canibalismo en la etapa larval?

Mantenemos niveles altos de Artemia y de algas, utilizamos un alga con un buen perfil nutricional para pez, con lo cual se mantiene oscura el agua lo que reduce el campo visual de pez, estas condiciones se conservan alrededor de 30 días que es el periodo más crítico de canibalismo.

¿Es posible trabajar con el atún aleta azul?, ¿cuáles son las limitantes? ¿el trabajo que hace con aleta amarilla se puede hacer con atún aleta azul?

En Japón se trabaja en forma semejante a Achotines, pero con producciones menores, sin embargo, sus reproductores desovan solo una vez al año y en ocasiones no desovan por varios años, debido a su centro de investigaciones no supera los 24°C. En México se tienen que analizar sus condiciones oceanográficas y la temperatura anual del agua en el área, además de otros estudios complementarios.

¿Existe una relación entre la edad de los reproductores en la producción de huevo y en la tasa de eclosión?

Probablemente exista una relación, entre la cantidad de huevos o tamaño de ovarios con el tamaño del hembra, pero cuando se tienen varias hembras desovando en el tanque al mismo tiempo, y se sabe que 4, 5 u 8 hembras han desovado ese mismo día, no se puede diferenciar. Pero es un tópico interesante el conocer la cantidad, calidad de huevo, porcentaje de eclosión, sobrevivencia y crecimiento de los juveniles, que en ciertas especies se ha observado mejores resultados con reproductores de mayor tamaño y más edad.

¿El tiempo en cautiverio hace que los reproductores sean menos fértiles?

No, hasta el momento estamos capturando los reproductores más o menos de un año de edad, cuando alcanzan un tamaño mayor presentan limitaciones en sus movimientos, no son tan ágiles como los atunes de menor tamaño. La máxima de edad de los atunes en nuestras instalaciones es de 5 años y medio, mientras que en el mar es 8, pero en este momento no hemos observado algún reproductor grandes que no están participando en actividad de desove.

Oceán. Armando Villarreal

¿Se ha observado la presencia de helmintos parásitos en el atún?

Sí, existen parásitos que se alojan principalmente en las vísceras, pero durante la cosecha se extraen y estas se confinan para elaboración de compostas, y se evita que el parásito pueda migrar hacia el músculo. Durante años de operación no se han observado parásitos en el músculo.

¿Cuánto tiempo tardar el atún en alcanzar la talla comercial, y es rentable?

El tamaño comercial depende del mercado, puede ser de 7 a 10 kg para los restaurantes de sushi, en un año tienen de 3 a 4 kg, a los 2 años alcanzan de 15 a 20 kg, y a los 7 u 8 años pueden alcanzar 140 kg. Con respecto a la rentabilidad, esta depende de entre otros factores del producto y del mercado.

¿Convendría cambiar el diseño de las jaulas de traslado de los atunes a un modelo circular, que oponga menos resistencia, tal vez en forma de gota de agua?

Podría ser, iniciamos con jaulas hexagonales muy pesadas, actualmente contamos con jaulas circulares colapsables, y procuramos conservar una forma cilíndrica para cuestiones de densidades y volúmenes, para el menor daño los peces.

¿Han tenido desabasto de sardina para alimentar los atunes, ¿cuál es el tiempo de permanencia de los atunes en las jaulas?

No se ha tenido desabasto, pero se ha observado una creciente demanda por el incremento de las granjas atuneras, y aproximadamente un 50% de la sardina destinada al consumo humano actualmente se está canalizando a los ranchos atuneros. El crecimiento promedio que se tiene de un atún va a depender de su talla de siembra, los organismos más pequeños presentan un crecimiento más acelerado, mientras que los organismos más grandes, es más lento; manejamos atunes de tamaños mínimos de 15 kg y máximos de 100 kg, con tasas de crecimiento promedio de 0.04 g/día. El tiempo que permanecen en la jaula para llegar a los requerimientos es de 2 a 3 meses, cuando son producciones muy altas, pero al final de la jornada existen jaulas que se requieren de un periodo de hasta de 8 meses, por consiguiente el periodo es de 3 a 8 meses.

¿Dado que la temperatura del atún cosechado debe de ser baja, han probado otro sistema de enfriamiento dentro de la cavidad del atún?

La temperatura corporal del atún interna al momento de su cosecha oscila entre los 26° a los 32°C, el gran reto que se tiene al momento de la cosecha es bajar su temperatura lo más rápido posible. Existen empresas que utilizan una mezcla de hielo y agua, donde el agua en promedio está a -2°C, y la empresa Maricultura, por volumen que maneja utiliza tanques de agua de mar fría de -1 a 0°C.

¿Considerando el éxito de esta actividad y el crecimiento explosivo de la engorda, existen estudios acerca del efecto de las capturas de atunes sobre las poblaciones naturales?

De acuerdo a cifras oficiales la capacidad que soporta esta pesquería oscila entre las 5,000 a 7,000 ton anuales, por lo que se considera que no se ven afectadas las poblaciones naturales.

¿Existe interés en desarrollar la producción de juveniles en ambientes controlados?

Sí hay interés, en Japón se están desarrollando trabajos con atún aleta azul y en Panamá con atún aleta amarilla.

¿Cuanto personal participa en el proceso de cultivo de atún?

El número es variable, pero en promedio oscila de 270 a 300 personas.

¿Repercute la mortalidad en granja en el mercado internacional?

Dependiendo del volumen, se contempla dentro del ciclo cultivo una mortalidad de 10% a 12%. Como existe una gran inversión de capital mexicano y japonés por supuesto que afecta.

M. I. Alfredo Vázquez Olivares

¿En dónde están funcionando las jaulas y cuál es su costo?

Actualmente son dos sitios, uno en la costa norte de Michoacán colindando con el estado de Colima, y las otras al sur de Sonora. El costo aproximado de una jaula de 1,000 m³, incluyendo el sistema de anclaje y la instalación, es de \$150,000 pesos aproximadamente.

¿Cuál es la condición extrema para la cual están diseñadas las jaulas?

Previo a la instalación de las jaulas, se realiza un estudio de selección del sitio, batimetría y revisión de corrientes. La velocidad de diseño de corriente es de 100 cm/seg, no se recomienda ubicar

una jaula por arriba de 50 cm/seg, en el mar no se presentan esas situaciones, pero sí en los canales de lagunas costeras, inclusive arriba de 1 m/seg. En cuanto a la altura de las olas, la estructura viva que se tiene de la jaula es mínima, el efecto que hace el viento es 40 veces menor que el efecto que hace en la costa la corriente, esto significa que la velocidad del viento en el impacto en la jaula impactaría 40 veces menos que el impacto que tiene la corriente, el viento no es problema, el impacto del oleaje es en la estructura que está en la superficie, se trata de hacer un diseño de una forma que permita que se disminuya el impacto. La estructura de la jaula tiene un tiempo de vida de 25 años, los sistemas de estructura son de acero galvanizado recubiertos con 3 capas de resinas epóxicas, eso depende del mantenimiento, de 3 a 4 años, el tiempo que dure en condiciones de trabajo, el bolso no hace ningún esfuerzo, no hay carga de arrastre, fricción, sólo es contenedor, este tiempo lo determina el medio ambiente.

¿Qué importancia le da usted a la tecnología del cultivo respecto al diseño de las jaulas?

Para que el maricultivo tenga éxito, se debe de considerar la parte biológica, lo que implica biotecnología, ciclos cerrados, alimentación, oceanográfica y selección adecuada de sitios. En la parte económica, debemos de considerar ¿qué queremos producir?, ¿a quién y en cuánto se los vamos a vender? ¿cómo va a ser presentado?, y la parte de ingeniería. Todas son importantes, si no hay especies no hay cultivo, si no hay sitios adecuados o un mercado tampoco hay cultivo, y si hay todo lo demás pero no hay sitio para el artefacto, tampoco se puede realizar. Es un trabajo interdisciplinario, que se debe de hacer de manera conjunta, contemplando planes de negocios por regiones o estados, y el poder tener la carta de maricultivo en donde se indiquen lugares establecidos para cultivos y especies establecidas.

Dr. Benjamín Baron Sevilla

¿El precio del lenguado de 10 a 20 dólares, es a productor o al público?

El precio estimado se refiere al de venta al consumidor final, tomando en consideración diferentes formas de presentación y por lo tanto diferentes grados de transformación o manejo del producto. Por ejemplo, un nicho de mercado con un mayor precio es el del producto vivo, en algunas localidades de California, USA, es posible comercializarlo de esta manera.

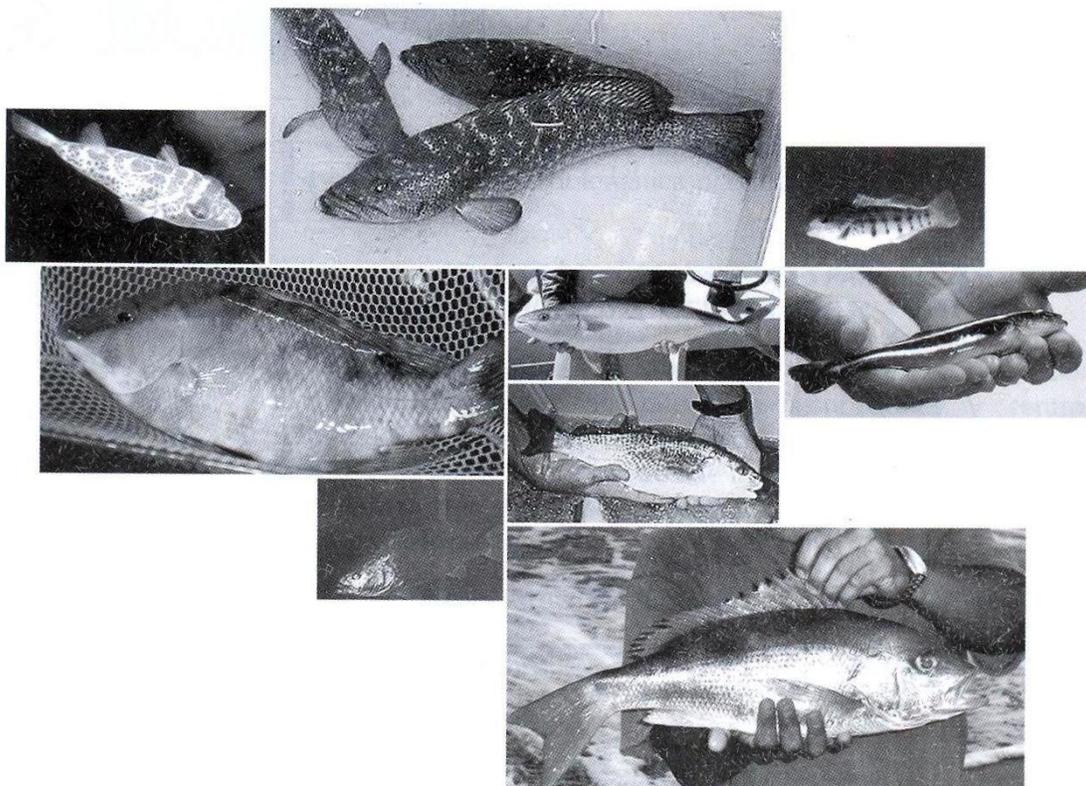
¿Cual es la meta de producción del proyecto de engorda piloto comercial y en cuanto tiempo se obtendrá la talla comercial?

La empresa Pezco S.A de C.V., que esta desarrollando el cultivo comercial de lenguado en el Valle de Mandadero, Ensenada, con la participación técnica del CICESE, proyectó una producción de 100 toneladas, en un ciclo de cultivo de 18 meses, a una talla de cosecha de 1 kg por individuo. Esta proyección es preliminar y está sujeta a los resultados que el propio cultivo arroje, ya que en la actualidad no hay experiencias de cultivo de esta especie.

¿Que densidad de juveniles logran sobrevivir después del destete?

En nuestras últimas experiencias de cultivo, utilizamos una densidad baja, iniciamos con 7 larvas/l y después de la metamorfosis la densidad fue de 1800 larvas/m². La sobrevivencia hasta el día 45 después de la eclosión es del 80%, para entonces, ya ocurrió la metamorfosis, por lo que ya habitan en el fondo del estanque y están totalmente destetadas. Durante el periodo de desarrollo que va de la etapa de huevo hasta la metamorfosis, las larvas se pueden cultivar en densidades tan altas como 70 larvas/l, pero después de la metamorfosis es necesario disminuir la densidad, ya que a partir de este momento, las larvas se distribuyen en el fondo del estanque por lo que la disponibilidad de espacio superficial y no de volumen se vuelve el factor crítico.

Etapa Declarativa



Etapa Declarativa



El objetivo de esta etapa fue el definir, dimensionar, priorizar y desagregar la problemática planteada, a partir del siguiente enunciado:

“CUALES SON LAS LIMITANTES PARA EL CULTIVO DE PECES MARINOS”

Esta etapa fue de asistencia restringida y se contó con la participación de 14 representantes de diferentes instituciones y centros productores de peces marinos, de los cuales 2 fueron productores y los otros provenientes de centros de investigación y dependencias gubernamentales, en esta sesión se buscó la representatividad de los sectores participantes.

La Mesa de Trabajo estuvo conformada por las siguientes personas:

Nombre	Institución
<i>Dr. Antonio Vélez Méndez</i>	<i>Fundación Chile</i>
<i>Biól. Cesar Díaz Luna</i>	<i>CONAPESCA</i>
<i>Dra. Ma. De Lourdes Jiménez Badillo</i>	<i>Universidad Veracruzana</i>
<i>C. Wilbert A. Segovia Cruz</i>	<i>Ixoye Marinos</i>
<i>C. Evelio Segovia Ávila</i>	<i>Ixoye Marinos</i>
<i>Luis Álvarez Lanjonchere</i>	<i>CIAD Mazatlán</i>
<i>Emma Josefina Fajer Avila</i>	<i>Instituto Nacional de la Pesca</i>
<i>Alfredo Emmanuel Vázquez Olivares</i>	<i>ITMAR - Veracruz</i>
<i>Benjamín Barón Sevilla</i>	<i>CICESE</i>
<i>Joaquín Pérez Mellado</i>	<i>ITMAR Guaymas</i>
<i>Ricardo Pérez Enríquez</i>	<i>CIBNOR</i>
<i>Conal David True</i>	<i>UABS</i>
<i>Vicente Gracia López</i>	<i>CIBNOR</i>
<i>Araceli Aviléz Quevedo</i>	<i>CRIP – La Paz</i>

La dinámica de desarrollo de la siguiente manera, se tomó como punto de inicio el Árbol de Problemas generado en la reunión del 2002 (Fig. 2), atendiendo a la propuesta inicial de esta sesión cada representante planteó un problema o necesidad por tarjeta y se incluyó en caso de que no hubiese planteado en el "Árbol" anterior, se leyó en voz alta y colocó de acuerdo a su criterio en el bloque con ideas coincidentes. Asimismo, la mesa revisó todos los planteamientos del "Árbol" y cuando fue necesario se descartaron problemas ya atendidos o que en ese momento no se consideraron prioritarios.

Una vez agotadas las propuestas, se revisaron y sintetizaron en forma conjunta entre todos los participantes de la mesa, asignándoles un nombre o título a cada uno, obteniendo un Árbol de Problemas (Fig. 3) con los siguientes bloques:

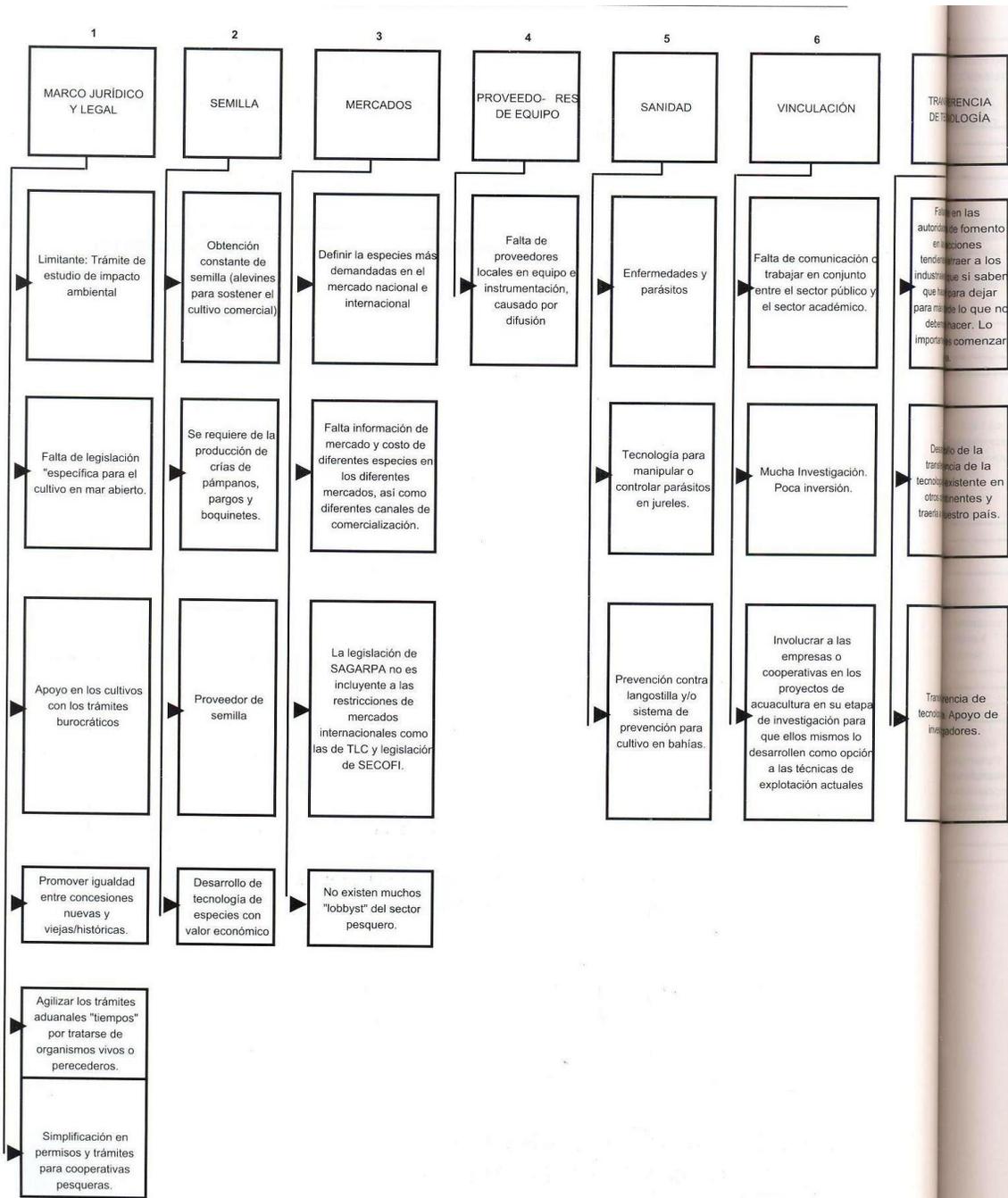
- i. Marco Jurídico
- ii. Proveedores
- iii. Transportación
- iv. Difusión
- v. Paquetes Tecnológicos
- vi. Transferencia de Tecnología
- vii. Sanidad
- viii. Capacitación
- ix. Vinculación
- x. Financiamiento
- xi. Mercado
- xii. Nutrición
- xiii. Planificación
- xiv. Semilla



Posteriormente, en forma individual cada miembro de la Mesa, evaluó uno a uno los bloques de problemas asignándole un valor porcentual de acuerdo a la importancia que para él representa cada tópic. De acuerdo a ese criterio los problemas que resultaron ser los más importantes para esta Mesa de Trabajo fueron los siguientes (no se incluyen los que obtuvieron calificación de cero):

Problema	Valor asignado (%)
Semilla	30
Planificación	14
Nutrición	9
Mercado	9
Financiamiento	8
Vinculación	8
Capacitación	8
Sanidad	5
Transferencia Tecnológica	4
Paquetes Tecnológicos	3
Difusión	2

Como puede observarse en el cuadro anterior el desabasto de semilla, fue el tema que más afecta al sector, esto caracterizado tanto por falta de instalaciones para el desarrollo de las tecnologías a nivel piloto, como de una insuficiente investigación de especies de valor comercial. Por otro lado, el rubro de planificación ocupó el segundo sitio en importancia, resaltando la necesidad de contar con un Programa Nacional sobre las líneas de investigación y especies prioritarias de estudio, así como un ordenamiento para la promoción y planificación del cultivo de peces marinos.



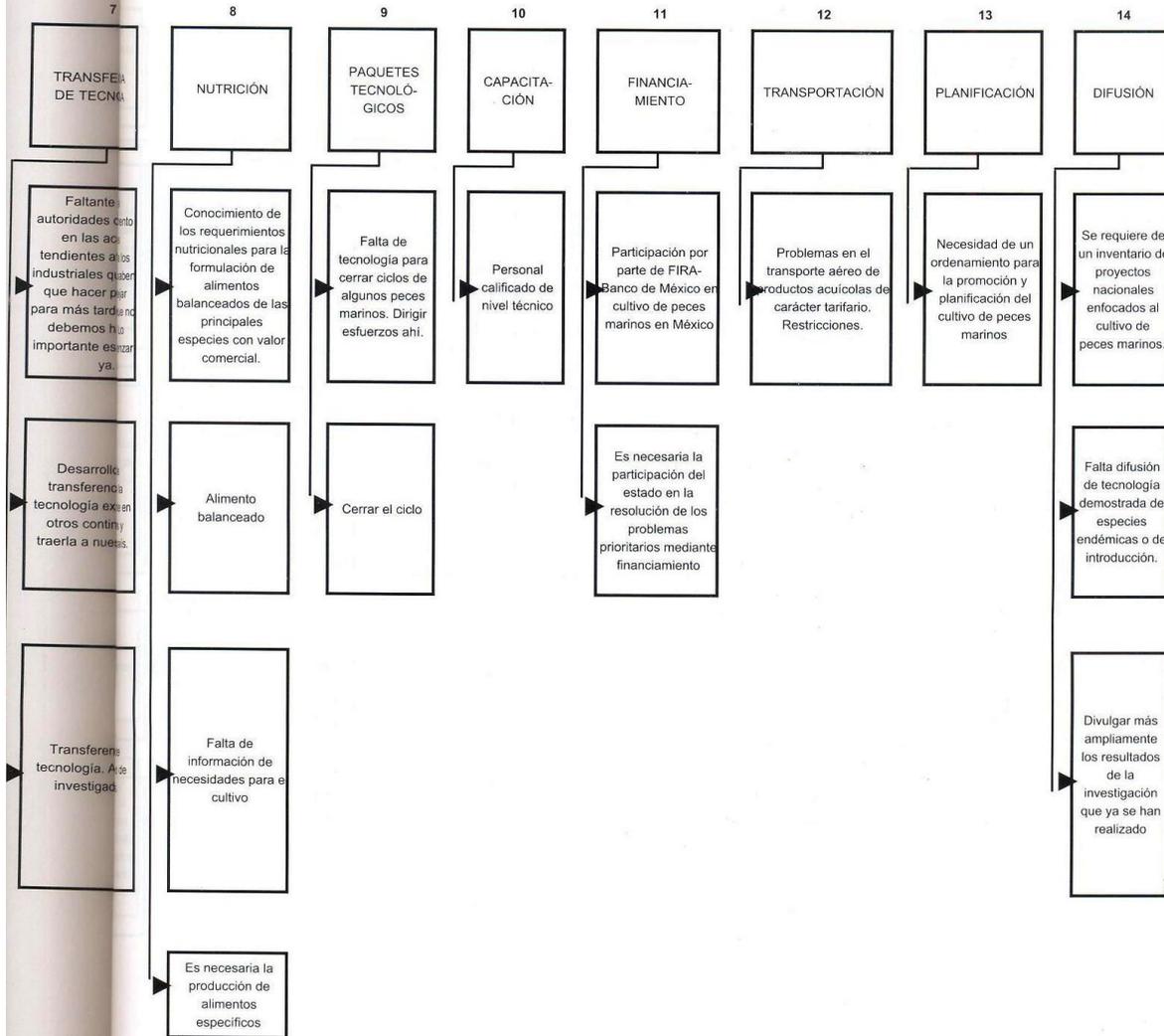
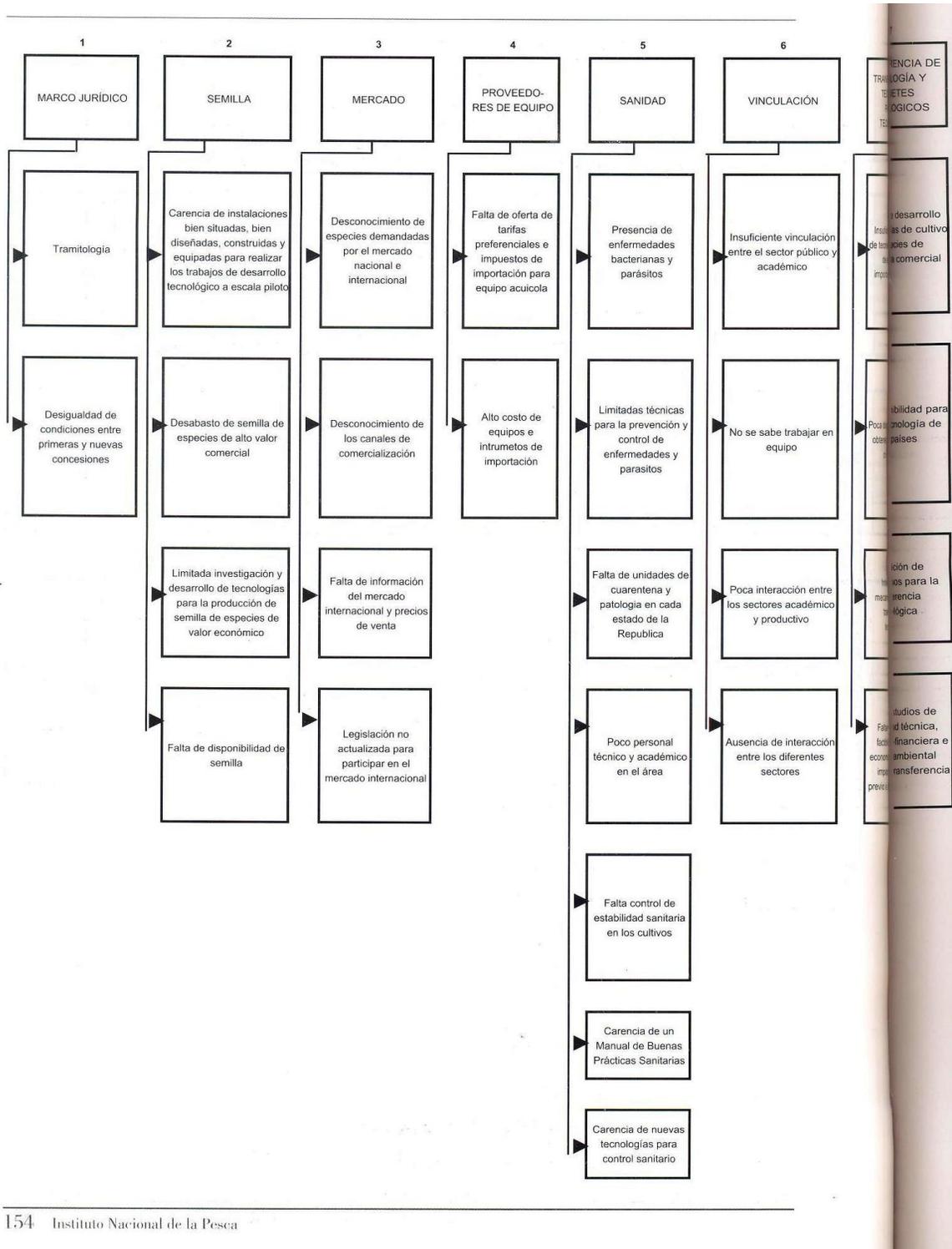


Figura. 1. **Árbol de Problemas**
Reunión Nacional de Peces Marinos, 2002



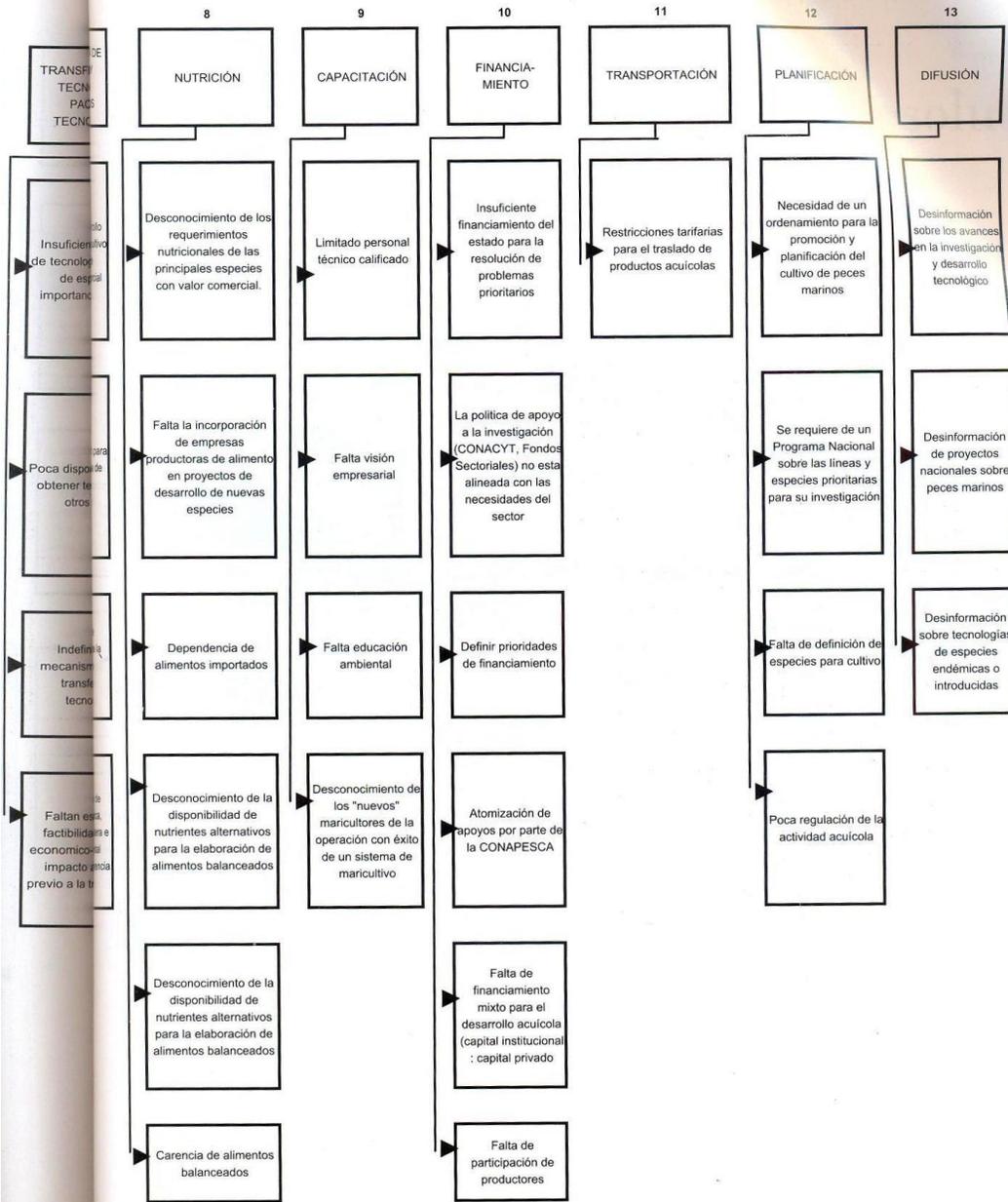
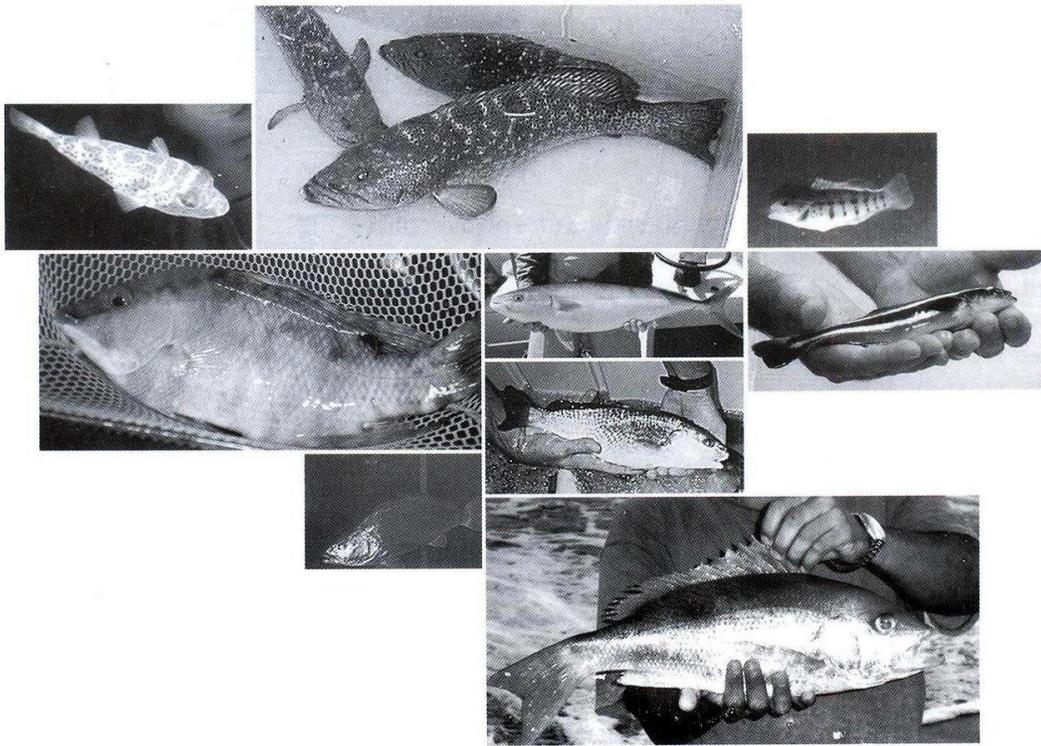
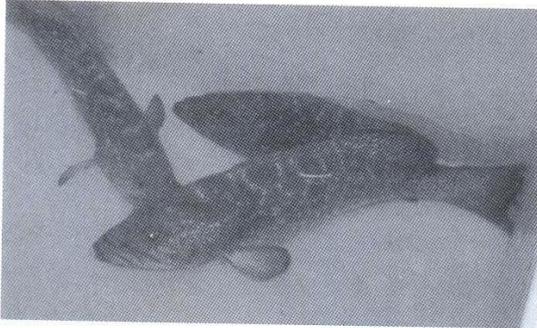


Figura 2. **Árbol de Problemas**
Reunión Nacional de Peces Marinos, 2005

Etapa Resolutiva



Etapa Resolutiva



El objetivo de esta Etapa es integrar un "Árbol de Soluciones", en el que se debe de hacer una revisión del "Árbol de Problemas", que incluya una síntesis y selección de agrupamientos prioritarios, así como la formulación de propuestas de solución para su atención. Sin embargo, debido al nivel de análisis que requieren los problemas detectados durante la reunión, los moderadores de la sala e integrantes que participaron en la Mesa de la Etapa Declarativa, acordaron continuar con este trabajo a través de la Red Nacional de Peces Marinos.

Al tratar la problemática en la Red, de inicio se consideró tratar en forma individual cada problema, pero cuando se abordó el tema de desabasto de "Semilla", debido a comentarios de algunos integrantes se consideró que previo a atender este tema era necesario definir cuales son las especies de peces potenciales de cultivo.

Para lo cual se conformó un Comité dedicado a este tema en particular, integrándose de la siguiente manera:

Pacífico Norte

1. Dr. Benjamín Barón Sevilla
CICESE – Ensenada, B.C.S.
2. Dr. Juan Pablo Lazo
CICESE – Ensenada, B.C.S.
3. Dra. Araceli Avilés Quevedo
CRIP – INP. La Paz, B.C.S.

-
4. Dr. Benjamín H. Anguas Vélez
CICIMAR – La Paz, B.C.S
 5. Dr. Luis Sergio Álvarez-Lanjochére
CIAD - Mazatlán, Sin.

Pacífico Sur

1. M. en C. Pablo A. Pintos Terán
UMAR- Puerto Ángel, Oax.

Golfo de México

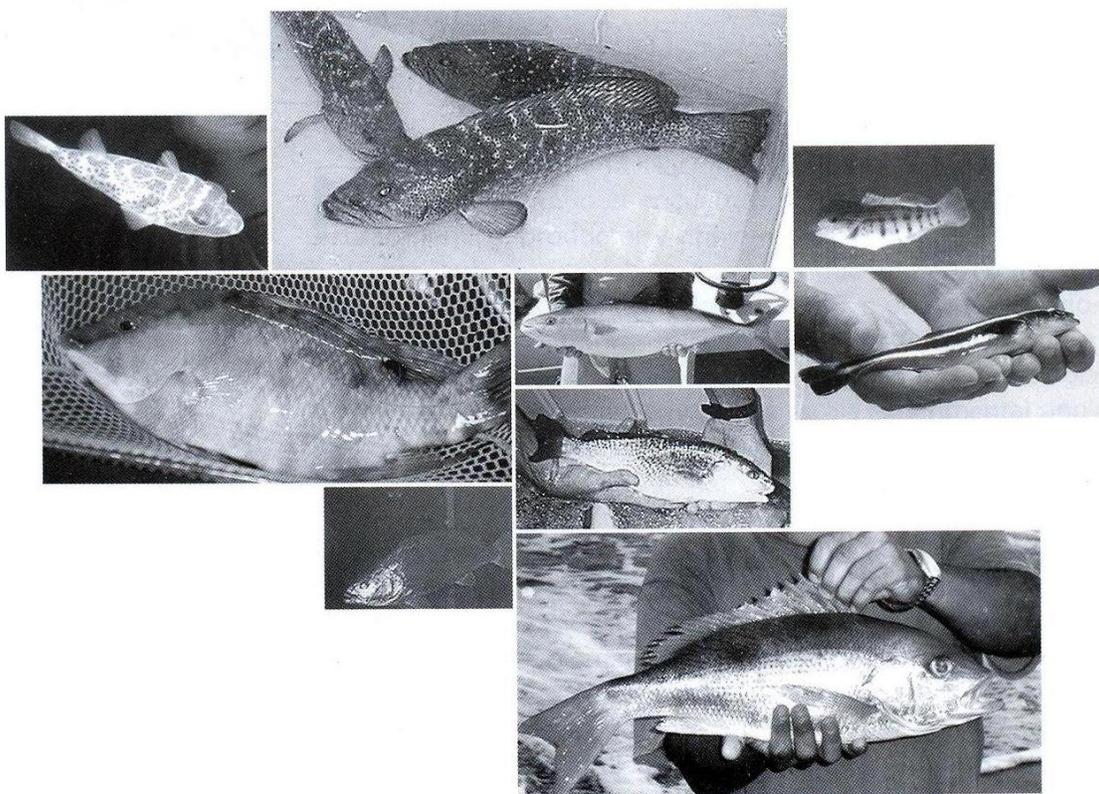
1. Dra. Margarita Cervantes Trujano
ITMAR – Boca de Río, Ver.
2. Dr. Carlos Alfonso Álvarez González
UJAT – DACBIOL. Villahermosa, Tabs.
3. M. en C. Luis Enrique Amador del Ángel
UNACAR - Cd. del Carmen, Camp.
4. Dr. Jorge Alberto Pacheco Campos
UNACAR - Cd. del Carmen, Camp.

Mar Caribe

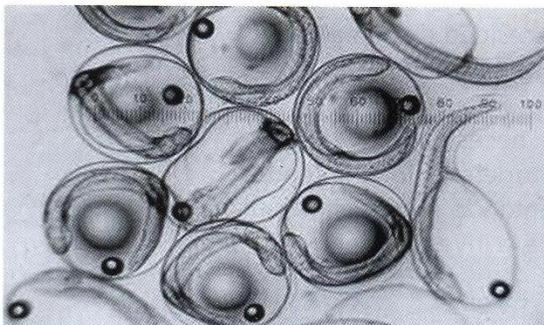
1. Dr. Adolfo Sánchez
UNAM - Sisal, Yuc.

Entre los trabajos a desarrollar por el Comité se encuentran, el delimitar regiones biogeográficas de acuerdo a la distribución natural de las especies, realizar una revisión sobre los avances de cultivo de cada especie propuesta, su adaptabilidad al cautiverio considerando entre otras cosas Tasa de Crecimiento, Factor de Condición, Tasa de Conversión Alimenticia, requerimientos físico-químicos y ambientales y sistemas de cultivo, entre otros aspectos.

Conclusiones



Conclusiones



La Segunda Reunión Nacional de Peces Marinos, fue un foro que permitió el encuentro de especialistas del sector Académico, productor y gobierno, en el que se expusieron los logros, avances y también tropiezos que se han tenido a lo largo de estos años de desarrollo en el cultivo de peces marinos, lo que permitió vislumbrar nuevos horizontes y marcar nuevas metas para contar en el corto y mediano plazo con biotecnologías para el cultivo de especies ya no solo a escala experimental sino a nivel comercial, y ofrecer de esta manera productos de calidad al consumidor.

Durante la reunión, se destacaron los rubros de: "Desabasto de semilla" (30%) y la necesidad de "mejorar la Planificación de la actividad" (14%), como limitantes del cultivo de peces marinos, a diferencia de la problemática identificada en la Primera Reunión Nacional de Peces Marinos, celebrada el 2002, en la que los dos principales problemas fueron la "Transferencia Tecnológica" (17.72%) y el "Marco Jurídico y Legal" (14.09%). Asimismo, el rubro de "Nutrición" se caracterizó como uno de los problemas prioritarios en ambas reuniones, haciendo referencia a un desconocimiento de los requerimientos nutricionales de las especies de peces de valor comercial, incorporación de nuevos ingredientes para la elaboración de alimentos balanceados y un desinterés de las empresas productoras en el desarrollo de nuevas formulas.

En la Etapa Declarativa, de la problemática planteada destacan cuatro problemas más, si bien los integrantes de la Mesa les otorgaron una menor calificación, no por eso dejan de ser importantes, cada uno con un peso específico que justifica su relevancia dentro las limitantes del cultivo de peces marinos, siendo en los siguientes rubros:

-
- a. Mercado (9%).- para este problema se argumentó un desconocimiento de las especies de mayor demanda en el mercado nacional e internacional, un desconocimiento de los canales de comercialización y la necesidad de actualizar la legislación para acceder al mercado internacional.
 - b. Financiamiento (9%).- se planteo la necesidad de que se incremente el apoyo económico por parte del estado, definiendo prioridades de financiamiento y fomentando la participación de los productores para el desarrollo de la investigación.
 - c. Vinculación (8%).- a este respecto se hizo patente la poca interacción entre los sectores académico, productivo y gubernamental, para el desarrollo de trabajos conjuntos, así como la necesidad de fomentar la cultura de trabajo en equipo, especialmente entre el sector académico.
 - d. Capacitación (8%).- en este rubro se señaló que existe un limitado número de personal técnico capacitado y que el sector productivo debe de tener una visión empresarial que les permita operar con éxito sus unidades de cultivo.

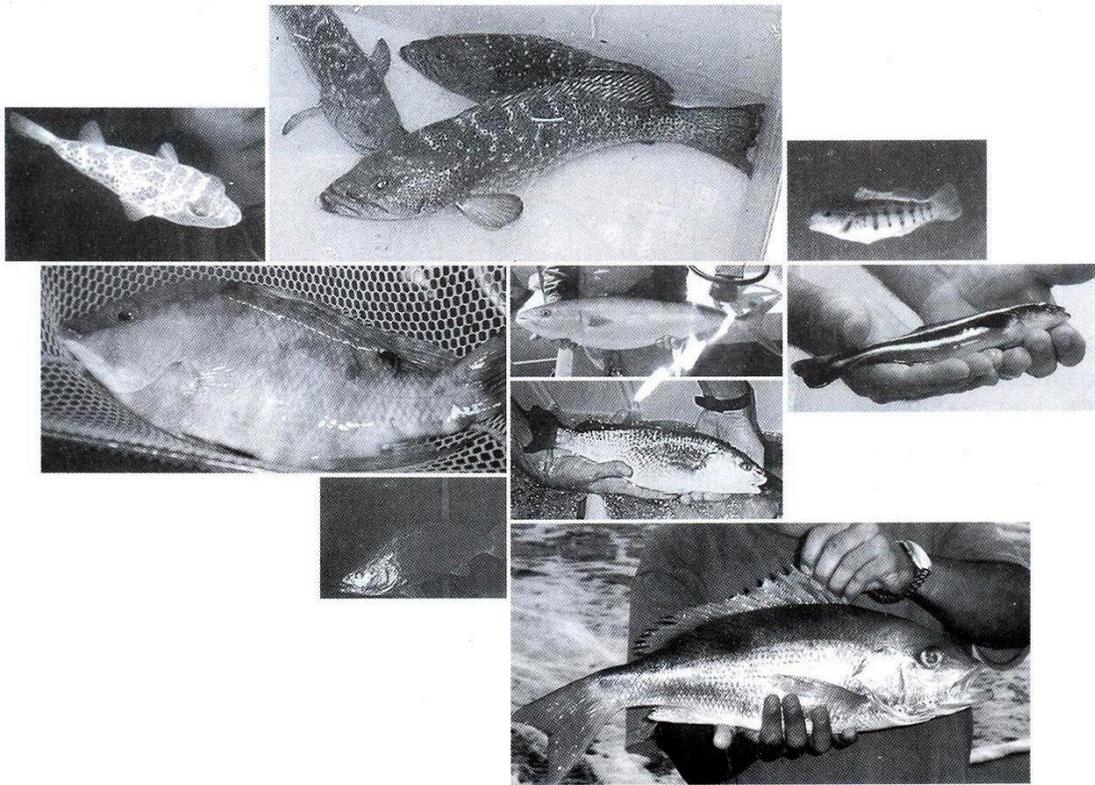
Por otra parte, la participación al evento estuvo representada por 13 entidades federativas siendo: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Distrito Federal y Tlaxcala, internacionalmente por Chile y Puerto Rico.

Fue destacada la participación por parte de los productores de los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Veracruz, Tabasco, Campeche y Tlaxcala.

Por parte del sector académico, participaron diez instituciones y centros de investigación nacional siendo estos: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Centro de Investigaciones Biológicas de Noreste, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán, Centro de Ecología y Pesquerías de la Universidad de Veracruz, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma de Nayarit, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y el Instituto Nacional de la Pesca.

El sector gubernamental, estuvo representado por los niveles estatal y federal de las siguientes entidades: Baja California, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y el Distrito Federal.

Perfil de los asistentes a la Reunión



Perfil de los asistentes a la Reunión



Con base a la información proporcionada por los asistentes a la reunión, se definió el perfil académico de los participantes, así como su especialidad (Tabla 1). Predominó el nivel de licenciatura (47), representado en su mayoría por las carreras de Biología, Oceanología e Ingeniería Acuícola, seguido por los grados de Maestría (9) y Doctorado (8). Cabe señalar que esta actividad está generando interés en profesionistas de otras áreas no afines a la acuicultura (Ej. Licenciados en Idiomas).

Tabla 1. Perfil académico de los asistentes a la reunión.

Carrera	No. de asistentes	Porcentaje
Biólogo	12	18.75
Oceanólogo	10	15.63
Maestro en Ciencias	9	14.06
Doctor en Ciencias	8	12.51
Ing. Acuícola	8	12.51
Médico Cirujano	3	4.69
Ing. Pesquero	2	3.13
Ing. Agroindustrial	1	1.56
Ing. Bioquímico en Rec. Acuáticos	1	1.56
Ing. en Biotecnología Ambiental	1	1.56
Ing. Civil	1	1.56
Ing. Industrial y de Administración	1	1.56

Ing. Industrial y de Sistemas	1	1.56
Ing. en Desarrollo Rural	1	1.56
Ing. Químico	1	1.56
Lic. en Administración	1	1.56
Lic. en Economía	1	1.56
Lic. en Recursos Naturales	1	1.56
Lic. en Idiomas	1	1.56

De acuerdo al lugar de procedencia de los asistentes a la reunión, a nivel nacional destacó la participación de asistentes procedentes de los estados del litoral del Pacífico, siendo estos Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Michoacán. Por otro lado, los estados del litoral del Golfo de México que estuvieron presentes fueron Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche (Figura 1).

Los estados con mayor representación fueron Sonora (26.56%), Sinaloa (14.06 %), Baja California Sur (10.94 %) y Distrito Federal (10.94 %). Asimismo, fue notoria la no asistencia al evento de representantes del Pacífico Sur (Colima, Guerrero, Oaxaca y Chiapas), así como del Caribe Mexicano (Yucatán y Quintana Roo). Por otra parte, se destaca la participación de los países de Chile y Puerto Rico.

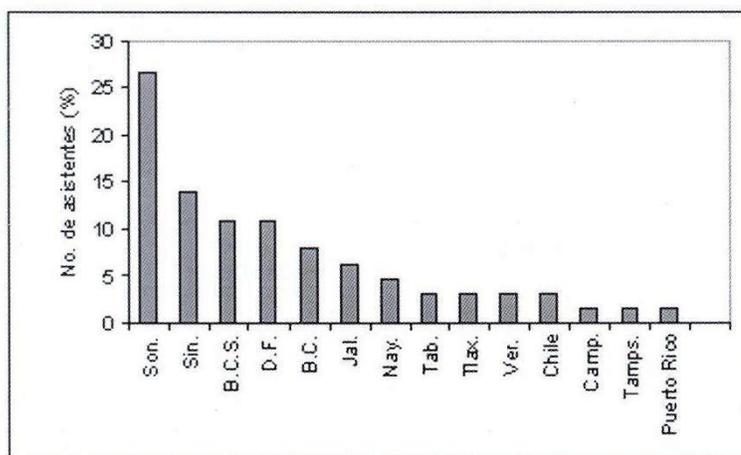


Figura. 1. Lugar de procedencia de los asistentes a la reunión.

Con respecto a la participación de los diferentes sectores involucrados en el cultivo de peces marinos (Figura 2), predominó la presencia del sector académico (37.71%), seguido del

gubernamental (34.43%) y el productor con una importante participación (24.59%), mientras que los proveedores de bienes y servicios estuvieron escasamente representados (3.27%).

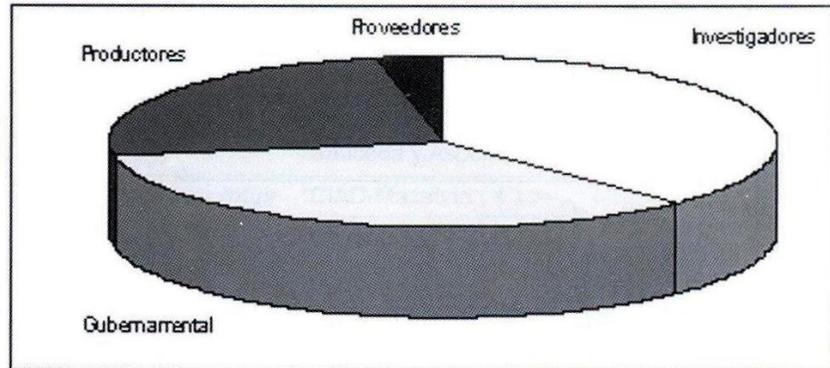


Figura. 2. Participación por sector en la reunión.

Con respecto al lugar de procedencia de los productores participantes a la reunión, sobresale la participación del estado de Sonora (33.33%) del Litoral del Pacífico Norte, siendo homogénea la participación de representantes de los estados de Veracruz (8.33%), Tabasco (8.33%) y Campeche (8.33%) del Golfo de México. Es importante resaltar que la actividad esta despertando el interés de estados del interior del país, como fue el caso de Tlaxcala con una representación del 16.6% (Figura 3).

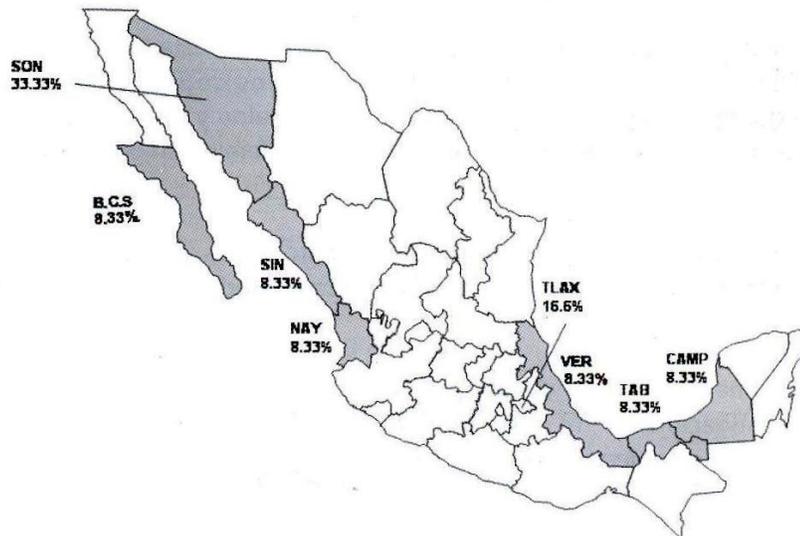


Fig. 3. Participación de productores de acuerdo a su lugar de procedencia.

De acuerdo al lugar de procedencia de los investigadores asistentes a la reunión, fue importante la participación del estado de Sinaloa (22.72%), seguido por el estado de Baja California Sur (18.18%), Distrito Federal (18.18%) y Baja California (13.63%). Otros estados que también estuvieron representados con menor proporción (4.54%) fueron Sonora, Nayarit, Michoacán, Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (Figura 4).

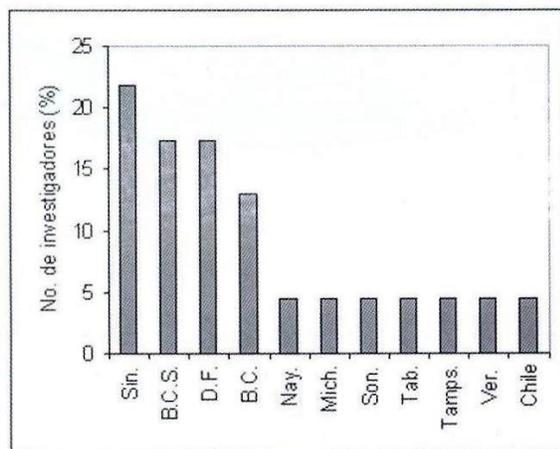


Figura. 4. Participación del sector académico de acuerdo a su lugar de procedencia.

Por otra participación del sector gubernamental en esta reunión, se dio con una amplia representación del gobierno de Sonora (50%), seguido los gobiernos de los estados de Sinaloa y Jalisco (15%), con menor proporción las dependencias Federales en el Distrito Federal (10%), Baja California (10%) y Nayarit (10%).

Por lo que se refiere a los proveedores de bienes y servicios, su participación fue mínima destacando los estados de Sonora y Jalisco.

Finalmente, son 16 las especies de peces marinos sujetas a investigación en 14 centros de investigación y unidades de producción, mientras que solo 6 especies son destinadas al cultivo comercial por cinco unidades de producción (Tabla 2).

Tabla 2. Relación de especies sujetas a investigación y/o cultivo comercial

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	INSTITUCIÓN	CENTRO DE PRODUCCIÓN
Atún aleta azul	<i>Thunnus thynnus</i>	INP SAGARPA-B.C.	
Atún aleta amarilla	<i>T. albacares</i>	INP Sauceda y Asociados	Acuícola México Acuícola "Tatahuila"
Botete diana	<i>Sphoeroides annulatus</i>	CIAD-Mazatlán (4) CONAPESCA-D.G.O.F. IAJAL	
Caballito de Mar	<i>Hippocampus ingens</i>	CICESE (2)	
Cabrilla sardinera	<i>Mycteroperca rosacea</i>	CIBNOR (2)	
Corvina ocelada	<i>Sciaenops ocellata</i>		Ixoye Marinos
Curvina blanca	<i>Atractoscion nobilis</i>	UABC	
Cobia	<i>Rachycentron canadum</i>		Ixoye Marinos
Huachinango	<i>Lutjanus peru</i>	CIBNOR (2) CIAD-Mazatlán (2) UANAY	Cultivos Mar Subcaliforniano
Huachinango del Golfo	<i>Lutjanus campechanus</i>		Ixoye Marinos
Jurel aleta amarilla	<i>Seriola lalandi</i>		Maricultura del Pacífico (2)
Lenguados	<i>Paralichthys olivaceus</i> <i>P. adpersus</i>	Fundación Chile	
Lenguado de California	<i>P. californicus</i>	CICESE	
Lisa rayada	<i>Mugil cephalus</i>	CIAD-Mazatlán	
Lebrancha ó Lisa blanca	<i>M. curema</i>		
Merluza (Hake)	<i>Merluccius australis</i>	Fundación Chile	
Pargo amarillo	<i>Lutjanus argentiventris</i>	CIBNOR (3)	
Pargo lunarejo	<i>L. guttatus</i>	CIBNOR CIAD-Mazatlán (4) CONAPESCA-D.G.O.F.	
Pez payaso	<i>Amphiprion parca</i>	UABC DIPESCAGOBNAY	
Robalo blanco	<i>Centropomus undecimalis</i>	UJATAB CIAD-Mazatlán	
Rodaballo	<i>Scophthalmus maximus</i>	Fundación Chile	
Totoaba	<i>Totoaba macdonaldi</i>	UABC	

Directorio de Asistentes

NOMBRE	INSTITUCION/ EMPRESA	DOMICILIO	CIUDAD/EDO.	TELEFONO (S)	CORREO ELECTRONICO
Adolfo Seldner Torres	SAGARPA-Jalisco	Carretera a Chapala No. 655 Alamo	Tlaquepaque, Jal.	(333) 635-0242	seldner@jal.sagarpa.gob.mx
Alberto Hernández Figueroa	SAGARPA-Sonora	Edificio Gobierno-Sonora Centro C.P. 83000	Hermosillo, Son.	(662) 155-0358	albertoh797@hotmail.com
Alejandro Olivera Bonilla	Greenpeace-México	Dr. Vértiz 646 Narvarte C.P. 03310	México, D.F.	(555) 530-2165 (555) 601-8362	alexolivera_1999@yahoo.com alejandro.olivera@mx.greenpeace.org
Alejandro Ruiz Durón	Acuícola La Tatahuila	Privada San Diego No. 73 Capistrano C.P. 83249	Hermosillo, Son.	(662) 216-6016	aruizd@acuicola2atatahuila.com.mx
Alfredo E. Vázquez Olivares	ITMAR-Mazatlán	Carretera Int. al Sur, Estero La Sirena s/n A.P. 757	Mazatlán, Sin.		alfredoemma@yahoo.com.mx
Anselmo Luis Torres	Procesadora Rikomarg	Moctezuma 2703 Fátima C.P. 90300	Apizaco, Tlax.	(246) 464-0264	
Antonio Vélez Medel	Fundación Chile	Av. Parque A. Rabat Sur Victoria No. 6165	Santiago, Chile	(562) 240-0432 (562) 241-9394	avelez@fundacionchile.u
Aurelio Garibaldi Castro	Fed. Coop. Pesq. Guasave, Sin.	Degollado 179 Centro	Guasave, Sin.	(687) 881-5519 (687) 871-1335	biologoarelio@yahoo.com.mx
Araceli Avilés Quevedo	CRIP-La Paz	km 1 Pichilingue s/n C.P. 23020	La Paz, B.C.S.	(612) 122-1367	maavilesq@yahoo.com
Benjamín Barón Sevilla	CICESE	Carretera Tijuana-Ensenada	Ensenada, B.C.	(646) 175- 0500	bbaron@cicese.mx
		Pedregal Playitas C.P. 22860		(646) 173-6039	
Bernardo Quintero Osuna	DIPESCAGOBNAV	Av. México 325 Sur San Antonio	Tepic, Nay.	(311) 210-1850 (311) 107-5928	berosuna21@hotmail.com
Carlos Ascencio Briseño	Consortio Super	Río Reforma No. 1665 Mirador Alamo C.P. 44890	Guadalajara, Jal.	(333) 635-7176 (333) 677-3501	
Carlos Rangel Dávalos	INP	Pitágoras 1320, Santa Cruz Atoyac C.P. 03310 México, D.F.	Distrito Federal	(55) 5688-4014	crangel@inp.sagarpa.gob.mx
Cesar Díaz Luna	CONAPESCA-D.G.O.F.	Camarón Sábalo s/no. Sábalo Country C.P. 82100	Mazatlán, Sin.	(669) 915-6900	cdiazl@conapesca.sagarpa.gob.mx
Cesar Orozco Medina	CIBNOR	Mar Bermejo 195 Playa de Palo Santa Rita C.P. 23060	La Paz, B.C.S.	(612) 123-8407 (612) 125-1489	corozco04@cibnor.mx
Conal David True	UABC	Carretera Tijuana-Ensenada km 103	Ensenada, B.C.	(642) 174-4570	ctrue@uabc.mx

NOMBRE	INSTITUCION/ EMPRESA	DOMICILIO	CIUDAD/EDO.	TELEFONO (S)	CORREO ELECTRONICO
Edilmar Cortés Jacinto	CIBNOR	Mar Bermejo 195 Playa de Palo Santa Rita C.P. 23060	Ensenada, B.C.	(612) 123-8484	ecortes04@cibnor.mx
Eduardo Maya Peña	UAM-Xochimilco	Calz. del Hueso No. 1100 Villa Quietud C.P. 04970	México, D.F.	(555) 483-7500	mayaeduardo@hotmail.com
Emma J. Fajer Avila	CIAD-Mazatlán	Av. Sábalo Cerritos s/no. Estero del Yugo C.P. 82010	Mazatlán, Sin.	(669) 989-8700 (669) 983-8363	efajer@victoria.ciad.mx
Enrique Felix Estrada	Granja Vizsomar			(686) 577-0666 (686) 577-2530	efelix@telnor.net
Ernesto León Vega	Cultivos del Mar Subcaliforniano	Isabel La Católica No. 2646 - 5 Centro C.P. 23000	La Paz, B.C.S.	(612) 125-4166 (612) 122-7973	ernstleon@yahoo.com.mx
Eugenio Alcocer Aguilar		Av. Anza No. 707 Pitic C.P. 83150	Hillo, Son.	(662) 214-0058 (662) 215-9200	ealag@hotmail.com
Eunice Pérez Enriquez	UJATAB	Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5 Centro C.P. 86150	Villahermosa, Tab.	(993) 358-1579 (993) 312-8787	eunice.perez@dacbiol.ujat.mx
Evelio C. Segovia Valle	Ixoye Tropicales	Av. A. Ruiz Cortinez Local 8 Centro C.P. 86100	Villahermosa, Tab.	(993) 316-9947 (993) 142-8014	eveliosegovia@prodigy.net.mx
Francisco A. Flores Higuera	Maricultura del Pacífico	Higueras No. 16 Fuentes del Mezquital C.P. 83240	Hermosillo, Son.	(662) 217-2214 (662) 268-9217	franflores@uabcs.mx
Guillermo Compeán Jiménez	INP	Pitágoras No. 1320 Santa Cruz Atoyac C.P. 03310	Distrito Federal	(555) 422-3013	compean@inp.sagarpa.gob.mx
Ivan C. Ruiz Moreno	COSAES	Villa de Seris C.P. 83262	Hermosillo, Son.	(644) 415-0805 (644) 415-0806	je_ruiz2002@hotmail.com
Jesús R. Godoy Corrales	Instituto Acuacultura Sonora	Comofort y Paseo del Canal Centro C.P. 83280	Hermosillo, Son.	(662) 216-6016	jrgodoc@yahoo.com.mx
Jorge Sánchez Andrade	COSAES	Veracruz No. 246 Sur Centro C.P. 85000	Cd. Obregón, Son.		jorge_san79@hotmail.com
José G. Colada Durán	CIBNOR	Mar Bermejo 195 Playa de Palo Santa Rita C.P. 23060	La Paz, B.C.S.	(612) 123-8484 (612) 125-0899	gcolada04@cibnor.mx
José Escalante Cruz	COSASIN	Veracruz No. 246 Sur Centro C.P. 85000	Cd. Obregón, Son.	(644) 415-0805 (662) 295-1150	joesca2@hotmail.com jo_escacruz@yahoo.com
José I. Flores Acevedo	Subsria. Pesca-Acuacultura, Son.	Paseo del Lanal No. 2005	Hermosillo, Son.	(644) 213-1165 (644) 254-1259	floresacevedo5@hotmail.com
José A. Ramírez Torrez	CICESE	Carretera Tijuana-Ensenada Pedregal Playitas C.P. 22860	Ensenada, B.C.	(646) 175- 0500	huamelulajart@yahoo.com.mx
Julio A. Cabanillas Ramos	CESASIN	Calz. Aeropuerto No. 7569 Altos Bachigualato C.P. 80149	Culiacán, Sin.	(667) 760-9025 (667) 760-9026	julio.cabanillas@cesasin.org
Larisa Méndez Béjar	CIDESMICH	Av. Juárez No. 1446 Villa Universidad C.P. 58060	Morelia, Mich.	(443) 182-8845 (443) 316-7127	laribam@hotmail.com

NOMBRE	INSTITUCION/ EMPRESA	DOMICILIO	CIUDAD/EDO.	TELEFONO (S)	CORREO ELECTRONICO
Leopoldo A. Alvarez Vera	SAGARPA-Baja California	Calle 11 No. 1470 Maestros	Ensenada, B.C.	(642) 175-9213 (642) 175-9214	laalvarez@bc.sagarpa.gob.mx
Luis M. Aguilar Pérez	CESASIN	Calz. Aeropuerto No. 7569 Altos Bachigualato C.P. 80149	Culiacán, Sin.	(667) 131-0283 (667) 760-3466	cesasin@cesasin.org
Luis Alvarez-Lajonchere G.	CIAD-Mazatlán	Av. Sábalo Cerritos s/no. Estero del Yugo C.P. 82010	Mazatlán, Sin.	(669) 989-8700 (669) 989-8701	alvarezl@victoria.ciad.mx lajonchere@yahoo.com
Luis J. Valdivia Sólis	Sauceda y Asociados	Cristobal Colón No. 3 Ote. Centro C.P. 80000	Culiacán, Sin.	(667) 716-9485 (667) 737-3885	bioljorgevaldivia@yahoo.com.mx
Luz Estela Rodríguez Ibarra	CIAD-Mazatlán	Av. Sábalo Cerritos s/no. Estero del Yugo C.P. 82010	Mazatlán, Sin.	(669) 989-8700 (662) 986-3457	eibarra@victoria.ciad.mx
Marco A. Reina Canéz	CIAD-Mazatlán	Carretera Victoria km 0.6 La Victoria C.P. 23000	Hermosillo, Son.	(644) 280-0083 (644) 216-7805	reina@cascabel.ciad.mx
Margarita Hernández Martínez	INP	Pitágoras 1320, Santa Cruz Atoyac	Distrito Federal	(55) 5688-4014	margaritahernandezmx@yahoo.com
Margarita Aguilar Salamanca	Granjas Aquanova				
Maira A. Juárez Arrizón	CEDES	Reyes y Aguascalientes San Benito C.P. 83190	Hermosillo, Son.	(622) 223-7247	
Manuel González Alcocer	Cría Fresh		Pueblo Viejo, Ver.	(444) 814-8878 (444) 828-0660	proquim@prodigy.net.mx
María I. Abdo de la Parra	CIAD-Mazatlán	Av. Sábalo Cerritos s/no. Estero del Yugo C.P. 82010	Mazatlán, Sin.	(669) 989-8700	abdo@victoria.ciad.mx
María de L. Jiménez Badillo	Universidad Veracruzana	Hidalgo No. 617 Río Samapa C.P. 94290	Boca del Río, Ver.	(229) 956-7542	
María de L. Juárez Romero	Instituto Acuacultura Sonora	Comofort y Paseo de la Cultura Villa del Seris C.P. 83240	Hermosillo, Son.	(662) 217-1937 (662) 215-8168	lourdesjuarez1@yahoo.com.mx
María de L. Murguía Ruiz	Acuícola México	Privada San Diego No. 73 Capistrano C.P. 83249	Hermosillo, Son.	(662) 212-0161 (662) 264-3954	lmurguia19@hotmail.com
Ma. de la Luz Nevarez Pineli	Instituto Acuacultura Sonora	Comofort y Paseo de la Cultura Villa del Seris C.P. 83240	Hillo, Son.	(662) 213-1165 (662) 252-3364	luchyn13@hotmail.com
María I. Sandoval Muy	CICESE	Playa María No. 273 Pedregal Playitas C.P. 22860	Ensenada, B.C.	(642) 422-7576 (546) 174-9536	idaliamuy@hotmail.com isandova@cicese.mx
Maximiliano López Frisbie	CESANAY	Country Club No. 12 - A Versalles C.P. 63138	Tepic, Nay.	(311) 210-1284 (311) 210-1285 (311) 216-9772	mlopez64@yahoo.com
Miguel A. Cabanillas Gómez	Instituto Acuacultura Sonora	Comofort y Paseo de la Cultura Villa del Seris C.P. 83240	Hermosillo, Son.	(662) 413-6432 (662) 252-3364	

NOMBRE	INSTITUCION/ EMPRESA	DOMICILIO	CIUDAD/EDO.	TELEFONO (S)	CORREO ELECTRONICO
Miguel A. Mendivil Baranzin	Tubos Chulavista	Tarasca No. 30 San Lujs C.P. 83160	Hermosillo, Son.	(662) 214-6546 (662) 215-9193	tuboschulavista@prodigy.net.mx
Myriam Ramírez Flores	INP	Pitágoras 1320, Santa Cruz Atoyac C.P. 03310 México,D.F.	Distrito Federal	(55) 5688-4014	myriram27@yahoo.com.mx
Nelida Orozco Santiago	Instituto Acuacultura Jalisco	Hidalgo No. 1435 Americana C.P. 44100	Guadalajara, Jal.	(333) 826-4657	neli_orozco@hotmail.com
Pablo López Domínguez	Inst. Acuacultura y Pesca Jalisco	Hidalgo No. 1435 Americana C.P. 44100	Guadalajara, Jal.	(333) 827-5254 (333) 133-7920	plopezdom@jalisco.gob.mx
Rafael Guillén Lorenzo		Villa Vera No. 103 - A Fracc. Las Villas C.P. 89110	Tampico, Tamps.	(833) 228-1731	rafa1969@prodigy.net.mx
Ricardo Hernández Garza	Maricultura del Pacífico	Higueras No. 16 Fuentes del Mezquital C.P. 83240	Hermosillo, Son.	(662) 217-2214 (662) 268-9217	ricardo@maricultura.com.mx
Ricardo Pérez Enriquez	CIBNOR	Mar Bermejo 195 Playa de Palo Santa Rita C.P. 23060	La Paz, B.C.S.	(612) 123-8552	rpereze@cibnor.mx
Roberto Civera Cerecedo	CIBNOR	Mar Bermejo 195 Playa de Palo Santa Rita C.P. 23060	La Paz, B.C.S.	(612) 123-8407 (612) 125-1489	rcivera04@cibnor.mx
Rosa González Díaz	Procesadora Rikomarg	Moctezuma No. 2706 Fátima C.P. 90300	Apizaco, Tlax.	(241) 417-7864	
Ruperto Chaparro Serrano	Programa Sea Grant	Box 9011 UPR - RUM Mayaguez C.P. 00681	Puerto Rico	(787) 832-8045 (787) 832-3585	rchaparr@uprm.edu
Sergio Castillo Vargas-machuca	UANAY			(323) 231-2120 (323) 285-0336	sergioc@nayar.uan.mx
Wilbert A. Segovia Cruz	Ixoye Marinos	Domicilio conocido s/no. C.P.0 9719	Calkini, Camp.	(996) 963-1857 (993) 160-3162	wilbertsegovia@hotmail.com

**MEMORIAS DE LA SEGUNDA REUNION
NACIONAL DE LA RED DE CULTIVO DE PECES MARINOS**

2DO. FORO INTERNACIONAL DE ACUACULTURA.
UN ENCUENTRO CON LA BIOTECNOLOGÍA

SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EN DICIEMBRE DE 2006
CON UN TIRAJE DE 1000 EJEMPLARES

CIUDAD DE MÉXICO



Diseño e impresión

5673 3127
5598 7148

INSTITUTO
NACIONAL
DE LA PESCA

