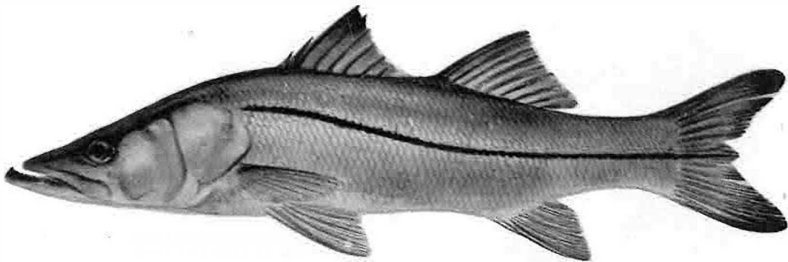




SECRETARIA DE PESCA

Subsecretaría de Fomento  
y Desarrollo Pesquero

Dirección General de Acuacultura



*Centropomus undecimalis*

**Desarrollo Científico y  
Tecnológico del  
Cultivo del Róbalo**

OCTUBRE 1994.

**CONVENIO SEPESCA-CIBNOR**



# **Secretaría de Pesca**

## **Subsecretaría de Fomento y Desarrollo Pesquero**

Dirección General de Acuacultura

### **Desarrollo Científico y Tecnológico del Cultivo de Robalo**

Octubre de 1994.

Convenio Sepesca-Cibnor, S.C.

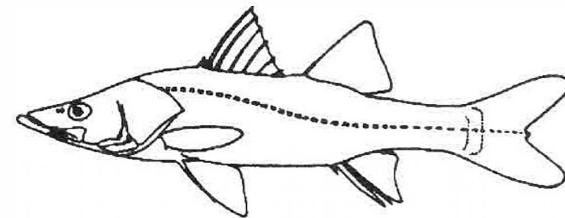


**CiB**

**Secretaría de Pesca**

**Subsecretaría de Fomento  
y Desarrollo Pesquero**

**Dirección General de Acuacultura**



*Centropomus undecimalis*

**Desarrollo Científico y Tecnológico  
del Cultivo de Robalo**

Octubre de 1994.

**SECRETARÍA DE PESCA**

**Lic. Guillermo Jiménez Morales**  
Secretario

**Lic. Carlos Camacho Gaos**  
Subsecretario de Fomento y Desarrollo Pesqueros

**Ing. Rubén Ocaña Soler**  
Director General de Acuicultura

**DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO  
DEL CULTIVO DE ROBALO**

Doctor Arturo Muhlia Melo, Cibnor

Maestro en Ciencias Joaquín Arvizu Martínez, Cibnor

Maestro en Ciencias Jesús Rodríguez Romero, Cibnor

Bióloga Danitzia Guerrero Tortolero, Cibnor

Biólogo Francisco Gutiérrez, Cibnor

Bióloga Adriana Muhlia Almazán, UAEM

## Índice

---

I	Introducción . . . . .	1
II	Mercado . . . . .	3
	Ventajas del cultivo de robalo en México. . . . .	4
	Hábitos de consumo. . . . .	5
	Factores que afectan la demanda . . . . .	6
	Normas de calidad . . . . .	6
	Principales formas de presentación . . . . .	6
III	Características de los sitios de cultivo . . . . .	8
	Áreas potenciales . . . . .	8
	Alternativas del cultivo de robalo en México . . . . .	10
	Problemas asociados al cultivo . . . . .	10
	Sitios adecuados para el cultivo . . . . .	11
IV	Ciclo de vida . . . . .	13
	Aspectos reproductivos . . . . .	13
	Reproductores . . . . .	15
	Estrategias de captura . . . . .	16
	Artes de pesca . . . . .	16
	Equipos de pesca . . . . .	16
v	Biotecnología para el cultivo de robalo . . . . .	17
	Distribución . . . . .	17
	Ecología . . . . .	17
	Limites de tolerancia . . . . .	18

Temperatura . . . . .	19
Salinidad . . . . .	20
Tecnologías de cultivo . . . . .	22
Maduración y desove . . . . .	23
Manejo de huevos y larvas . . . . .	25
Manejo de juveniles y adultos . . . . .	29
VI Alimento . . . . .	30
Cultivos de apoyo . . . . .	30
Fuentes de alimentación y obtención . . . . .	31
Alimento vivo . . . . .	32
Cultivo de organismos como apoyo en la alimentación . . . . .	32
Características de los cultivos de apoyo . . . . .	32
VII Cultivo en unidades acuaculturales denominadas "granjas" o "piscifactorías" . . . . .	35
Estructuración de una granja tipo de ciclo abierto . . . . .	35
Estructura de una granja de tipo cerrado . . . . .	39
Criterios básicos para el diseño de la instalación de una granja de tipo cerrado . . . . .	40
VIII Evaluación económica del proyecto . . . . .	47
Evaluación económica del cultivo de robalo . . . . .	47
Metas de producción . . . . .	48
Metodología . . . . .	48
Presupuesto en material y equipo . . . . .	53
Inversión en pasivos . . . . .	53
Literatura citada . . . . .	57
Glosario . . . . .	61

## I Introducción

La producción de robalo (*Centropomus spp*) en México tiene por único origen la pesca ribereña. El cultivo de estas especies es virtualmente inexistente; los casos conocidos de actividades de esta naturaleza han sido incipientes y aislados. Tampoco se cuenta con trabajos científicos que permitan un diagnóstico de la pesca. Sin embargo, las estadísticas más recientes indican que la producción no satisface la demanda del mercado nacional y que durante ciertos periodos el robalo es escaso o inexistente, ya que la pesca ribereña es estacional, y la afectan las variaciones de la distribución y abundancia del robalo.

Debido a ello y por su calidad, las diferentes presentaciones del producto tienen un alto valor en el mercado nacional (entre 60 y 70 pesos por kilo). También en el mercado internacional se considera un producto de calidad, y alcanza elevados precios: Del mismo modo que en México, en los mercados europeo y asiático los robalos son altamente cotizados, y la producción de sus pesquerías no satisface la demanda.

Dado que México no cuenta con una tecnología de cultivo de las especies nacionales de robalo, la Sepesca y el Cibnor —a través de un convenio de colaboración— elaboraron este manual, cuyo fin es proporcionar a los acuacul-

tores interesados lineamientos básico para cultivar las diferentes especies de robalo en los sitios cuyas características son adecuadas para ello.

El cultivo de robalo en México tiene una gran potencialidad, ya que contamos con extensas áreas con características apropiadas para producir las diferentes especies. Es por ello que la Sepesca -en particular, la Dirección General de Acuicultura- considera que, en otras, es prioritario cultivar las especies del robalo. Por la misma razón, los gobiernos federales y estatales, los productores y las instituciones de investigación y desarrollo están haciendo, por medio del *Programa de investigación y desarrollo tecnológico para el cultivo de robalos*, un gran esfuerzo para difundir e incrementar el conocimiento de tales recursos y de las tecnologías disponibles para cultivarlas.

Este manual es uno de los cuatro documentos derivados del convenio Sepesca - Cibnor: Un informe que responde a los términos de referencia del *Convenio sobre el programa de investigación y desarrollo tecnológico para el cultivo de robalos*; la sinópsis biológica de las especies de robalo; un compendio de la bibliografía comentada y de la recopilación bibliográfica, y este manual.

## II Mercado

La producción actual de robalo es insuficiente para satisfacer la demanda de esta especie en el mercado nacional, por lo que sus precios son altos.

El análisis de la información publicada por la Secretaría de Pesca evidencia que los volúmenes de producción de esta especie presentan dos tipos de variación: La de largo plazo, que afecta la producción nacional de robalo, y la de corto plazo, cuyo efecto es local y de escasa duración.

En el primer caso se observa una clara disminución del robalo en todo el país; en el segundo, el efecto puede quedar encubierto por una producción mayor en otra región. Los dos son importantes, pero en distintos niveles.

La mayor parte de las diferencias de los volúmenes de producción se derivan del éxito reproductivo y de la supervivencia de las crías hasta la etapa prejuvenil (entre cinco y 10 cm.). Ambas son fuertemente influidas por el medio ambiente, en tanto que la supervivencia es adicionalmente afectada por la disponibilidad de alimento; de ser escaso, la supervivencia será baja.

Para el cultivo se escoge áreas con variación ambiental mínima. El hombre asume la responsabilidad de dar alimento a los robalos juveniles, para lo que usa especies que



no son normalmente disponibles para ellos por su tamaño, origen o situación geográfica. Ello permite suponer que la producción natural podría reforzarse con la que eventualmente se obtenga mediante el cultivo, efecto necesario en tanto que la demanda del mercado sobrepasa a la oferta que de estas especies se localiza a lo largo de los litorales, lagunas, esteros y ríos del país.

### Ventajas del cultivo de robalo en México

Los robalos son el grupo de peces marinos de mayor precio en el mercado, resultado de su sabor agradable, la consistencia y blancura de su carne; la facilidad con que se elimina las espinas, y, sobre todo, de la gran cantidad de plátanos que puede cocinarse con ellos, porque su aroma y sabor no contrarrestan los de los guisos.

A pesar del elevado precio que llega a alcanzar el robalo, no se encuentra en todas las pescaderías porque los actuales volúmenes de producción son insuficientes. De hecho, los centros comerciales registran periodos de ausencia de esta especie que no corresponden a las épocas de veda, sino simplemente a la baja disponibilidad del recurso.

Para los países en que se pesca esta especie no es factible exportarlo porque sus volúmenes de producción también son insuficientes para abastecer sus propios mercados.

La exportación de especies equivalentes también ofrece algunos problemas. Por ejemplo, el robalo europeo es una especie cuya producción natural y por cultivo no alcanza para satisfacer las demandas de esa región. El caso del robalo asiático presenta un problema similar, además de que los volúmenes de producción se ven afectados de manera extrema por las condiciones ambientales, como los monzones.

En los Estados Unidos el robalo (Snook) no es objeto de la pesca comercial, ya que está protegido y es considerado exclusivamente para la pesca deportiva, actividad muy popular en ese país. Florida es uno de los estados donde esta especie es abundante; sin embargo, las investigaciones enfocadas en su cultivo tienen por objetivo único reforzar las poblaciones naturales, y no desarrollar una producción a escala comercial.

Es ventajoso cultivar robalo por su veloz crecimiento. Los juveniles pueden pesar 500 gr. entre los seis y ocho meses de edad, por lo que este recurso resulta atractivo para los inversionistas interesados en explotar una especie de gran demanda y amplio mercado internacional.

### Hábitos de consumo

Es importante recordar que, en México, el consumo per capita de productos marinos es inferior al de otros países; sin embargo, el consumo de robalo se ha incrementado en los últimos años como resultado de la frescura garantizada con que llega al mercado.

El constante crecimiento de la población y, sobre todo, el cambio de los hábitos alimentarios han favorecido un aumento considerable en los últimos años del consumo de productos marinos en México.

Para cubrir la demanda de los mercados locales, en ocasiones se envía productos marinos de un puerto a otro; tal es el caso de Acapulco y Cancún.

Las tradiciones alimentarias de los mexicanos no incluían el consumo de pescado durante la mayor parte del año, que se reducía a la cuaresma y ocasionalmente a la Navidad. Actualmente, la clase media consume pescado por lo menos una vez a la semana.

### Factores que afectan la demanda

El consumo de robalo en México varía a lo largo del año según los hábitos alimentarios. Alcanza su máximo en la cuaresma y en Navidad; el resto del año se relaciona con celebraciones especiales. En resumen puede afirmarse que los factores que afectan principalmente la demanda de robalo son su presencia discontinua en el mercado y su alto precio, resultado ambos de la insuficiente producción. Esta situación obliga al consumidor a buscar en el mercado pescados de otras especies.

Desde luego, otros factores también afectan la demanda: La mala manipulación y la inadecuada conservación, etc., son causa de que se rechace el robalo, así como otras especies.

### Normas de calidad

Debido al alto precio del robalo, sólo se acepta en el mercado el producto de buena calidad, de ahí que el pescador lo maneje con cuidado, evitando al máximo maltratarlo y deteriorarlo. Los robalos enteros, sin vísceras, deben llegar al sitio de venta perfectamente enhielados dentro de las 24 horas posteriores a su captura.

Se aplica al robalo las mismas normas de calidad sanitaria que a todos los peces que se comercializan en México.

Las normas de calidad tamaño de los pescados, color de la carne, cantidad de grasa, etc. varían entre el mercado nacional y el internacional.

### Principales formas de presentación

El robalo se comercializa actualmente fresco y enhielado. Se vende entero al público cuando mide entre 30 y 40 cm. Los pescados grandes son adquiridos por restaurantes y familias numerosas. También se presenta rebanado en

rodajas y en filete. Éste llega a tener un precio de hasta los N\$ 70.00 (20 dólares) por kilogramo. El filete de robalo también se vende congelado a un precio considerablemente menor hasta la tercera parte de su valor como filete fresco.

Indudablemente, es posible llevar al mercado diferentes formas de presentación del robalo. La más fácil y accesible es ahumado. Enlatado, en salmuera, seco salado, etc., tendría un mercado interno muy limitado por su precio; lo mismo sucedería en el mercado internacional, sobre todo porque los volúmenes de producción no son suficientes para lograr penetrar y permanecer en ellos.

### III Características de los sitios de cultivo

#### Áreas potenciales

La FAO define el cultivo de una especie como "la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción, teniendo la propiedad de la población bajo cultivo". Esto aún no se practica con el robalo en América.

Brasil, México, Colombia, Venezuela y otros países han llevado a cabo pruebas de engorda de juveniles, mecanismo que puede permitir el aprovechamiento de estos peces en condiciones de estanquería rústica en zonas de manglares. En parte, el origen de las pruebas fueron las larvas de robalo que llegan con el agua que alimenta los estanques en que se cultiva camarón, donde se desarrollan de manera natural. Así, en México existen registros estadísticos de producción de robalo por cultivo en Nayarit, Chiapas, Veracruz y Tabasco. Es necesario aclarar que los registros de Tamaulipas no son de robalo marino (*Centropomus spp*), sino de lobina negra (Familia Centrarquidæ), pez que se caracteriza por vivir permanentemente en agua dulce.

Podría suponerse que si el robalo se desarrolla de manera natural en condiciones de estanquería en los estados mencionados, lo más adecuado es cultivarlo en ellos. Sin embargo, esta premisa no es válida para las 12 especies de

robalo, ya que sus requerimientos de temperatura y salinidad no son iguales. Por ello, el potencial de las áreas para el cultivo es razón de los niveles de tolerancia de las diferentes especies a la salinidad y temperatura. Con esta base, puede considerarse las siguientes zonas:

Golfo de México	Robalo prieto ( <i>Centropomus poeyi</i> ): Veracruz, Tabasco, suroeste de Campeche. Robalo blanco ( <i>Centropomus undecimalis</i> ): Sur de Tamaulipas, Veracruz, Campeche.
Pacífico	Robalo prieto ( <i>Centropomus nigrecens</i> ): Sinaloa, Nayarit, Chiapas. Robalo paleta ( <i>Centropomus medius</i> ): Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Chiapas. Robalito ( <i>Centropomus robalito</i> ): Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Chiapas.

Estas especies son potencialmente cultivables en otros estados bajo condiciones de estanquería; sin embargo, las variaciones de temperatura implican el riesgo de bajos rendimientos o crecimiento lento. Así, por ejemplo, el robalo prieto del Golfo se desarrolla mejor cuando la temperatura promedio mensual del agua se ubica a lo largo del año entre los 22 y 29°C y la salinidad es baja. Si se lleva al sur de Tamaulipas, pueden surgir problemas con la temperatura del agua, que en enero, febrero y ocasionalmente en marzo es en promedio de entre 18°C y 21°C, y eventualmente baja hasta los 17°C.

En Yucatán y Quintana Roo la temperatura promedio del agua es adecuada; sin embargo, la naturaleza de sus suelos disminuye la disponibilidad de agua dulce.

El robalo blanco tolera un margen de temperaturas y una salinidad mayores que el robalo prieto, de ahí que se recomienda cultivarlo en los estados del Golfo de México donde no convenga producir el primero.

La información disponible acerca de los rangos de tolerancia a la salinidad y la temperatura de los robalos del Pacífico mexicano es insuficiente. La única base de las recomendaciones del CIBNOR en materia de especies y estados es la experiencia del personal técnico.

### Alternativas del cultivo de robalo en México

La investigación bibliográfica en que se basa este trabajo evidencia que en México aún no se cultiva robalo a escala comercial. Los principales antecedentes se refieren a las especies del Golfo de México, de las que existen estudios de distribución, evaluación de poblaciones, taxonomía y sistemática; especialmente de la más cotizada en el mercado de esa región, que es el robalo blanco *Centropomus undecimalis*. Hasta el momento no se ha desarrollado una tecnología específica para cultivar esta especie, aunque se ha descrito otras que bien podrían adaptarse tanto a las especies del Golfo como a las del Pacífico. Las estrategias incluyen las jaulas flotantes, la estanquería rústica intermareal y supralitoral, los encierros o *tapos* en áreas protegidas y los criaderos naturales.

### Problemas asociados al cultivo

Las estrategias acuaculturales mencionadas están sujetas y limitadas a las condiciones ambientales propias de cada región donde se pretenda realizar el cultivo; por ejemplo, en la región del Golfo de México es necesario considerar los periodos de ciclones y nortes que se presentan naturalmente una o dos veces al año. Así, la planificación de la granja o piscifactoría tendrá que considerar estas condicio-

nes al elegir la mejor opción de cultivo. En otras palabras, la tecnología útil en una zona no necesariamente funciona en otra: la infraestructura de estanquería supralitoral probablemente se adapte mejor a las granjas situadas en áreas con condiciones ambientales extremas, mientras que donde el ambiente es más estable probablemente se ajuste mejor un sistema de jaulas flotantes o viceversa.

Existen actualmente en México varios centros de investigaciones que asesoran a los inversionistas interesados en el cultivo de peces marinos. Algunas instituciones, como el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC, cuentan con una amplia experiencia tecnológica y de investigación que bien puede servir como plataforma para la prospección de sitios de cultivo, y proporciona la tecnología y asesoría de primer nivel necesarias para desarrollar planes acuaculturales en cualquier región del país.

Toda actividad acuacultural requiere de una infraestructura de apoyo cercana al área en que se ubica la granja; tal es el caso de las vías de comunicación terrestre y aérea —carreteras, caminos bien trazados y pavimentados, aeropuertos—; la energía eléctrica, el agua potable, las estaciones de combustible, los centros de acopio o procesadoras de alimentos marinos y los centros de distribución hacia mercados locales, nacionales y extranjeros.

### Sitios adecuados para el cultivo

Los principales puntos por considerar al seleccionar los sitios de cultivo son los siguientes:

- (a) *Características de los suelos*. Para ser adecuado y eficiente, el suelo debe retener el agua, ser compacto e impermeable y compuesto principalmente de arcilla.
- (b) *Comportamiento de las mareas*. El sitio debe contar con un reservorio que permita bombear el agua durante

lapsos prolongados por lo menos de 8 a 12 hs. Si se trata de un estanque intermareal, se requiere que tenga un buen sistema de intercambio de agua, acorde con el comportamiento de la marea, para mantener buena la calidad del agua.

(c) *Profundidad*. Se recomienda que la profundidad del tirante del estanque de cultivo fluctúe entre 1 y 1.8 m, y cuidar que el cuerpo de agua del sitio de cultivo no sufra sequía por intercambio de marea.

(d) *Disponibilidad de agua dulce*. Se requiere que el sitio del cultivo, en este caso el cuerpo de agua de mar, tenga un ingreso de agua dulce, ya que los robalos requieren en una etapa de su ciclo de vida la del crecimiento salinidades con rangos de 25 a 30 o/oo. Los aportes de agua dulce pueden obtenerse de mantos acuíferos, ríos, presas, etcétera.

(e) *Disponibilidad de juveniles (semillas)*. Es necesario conocer previamente las zonas naturales de distribución y abundancia de juveniles y adultos desde donde puedan trasladarse a los sitios de siembra.

(f) *Oxígeno*. Se requiere que los sitios de cultivo posean un buen sistema de intercambio de agua; además, debe utilizarse sistemas de aireación. Los más recomendables son los de paleta, burbujeo y atómico.

(g) *Características del acceso*. Es necesario que la zona de cultivo cuente durante la construcción, el cultivo de las especies y la cosecha con un buen sistema de transporte de materiales, equipo, traslado de los reproductores, alimentos, etcétera.

(h) *Drenaje*. Se debe contar con un sistema que permita vaciar totalmente los estanques cuando menos una vez por año, para limpiarlos de los excesos de sedimentos y materiales extraños.

## IV Ciclo de vida

### Aspectos reproductivos

Los robalos, igual que la gran mayoría de los peces marinos, tienen fecundación externa, por lo que ni los huevos ni las larvas en cualquiera de sus estadios posteriores reciben ningún tipo de cuidados de los padres.

Hasta donde se sabe, los huevos del robalo blanco (*C. undecimalis*) son esféricos y flotan libremente en el mar; el desove ocurre en la cercanía de la costa. El huevo es pelágico y flota en la columna de agua cerca de la superficie. El huevo de *C. undecimalis* presenta una gota de aceite, corion separado, sin ornamentaciones; tiene un diámetro promedio 0.7 mm. Las larvas eclosionan de 1.4 a 1.5 mm., la flexión se presenta cuando la larva mide de 3.6 a 3.8 mm.; los radios de la aleta dorsal y anal terminan de formarse aproximadamente a los 7 mm.; las primeras escamas aparecen a los 14 mm. El margen posterior del preopérculo, y algunas veces el borde lateral, presentan serraciones y espinas muy pequeñas; en todo este periodo son pelágicos (Johnson, 1984).

Los prejuveniles penetran en las lagunas costeras y esteros aprovechando la infiltración salina efecto de la marea. (Este hecho sólo se ha documentado con el *C. ro-*

*balito* de la boca del canal "de agua dulce" que comunica el mar con la laguna de Huizache y Caimanero, Sin. Green, 1993.)

La variación estacional de las larvas de robalo en el Pacífico mexicano es difícil de indicar porque no existen reportes al respecto. La siguiente información sobre los juveniles y los periodos en que empiezan a aparecer en los cuerpos de agua costeros se infirió de los datos publicados por Chávez (1963) respecto del Golfo de México.

Las larvas de robalo prieto (*C. poeyi*) son abundantes en julio, agosto, septiembre y parte de octubre. La mayoría de ellas se encuentran frente a la costa y en las cercanías de las desembocaduras de los ríos. Los juveniles pequeños de esta especie son más abundantes dos o tres meses después de iniciado el primer desove. El desove principal del chucumite (*C. parallelus*) ocurre en noviembre y diciembre. Se produce un segundo desove en abril. Los juveniles se hallaron en el interior de los cuerpos de agua costero a partir de noviembre y mayo, de manera que en junio es posible capturar ejemplares de 9.4 mm. y en noviembre de 17 mm.

El Constantino (*C. pectinatus*) desova en junio, julio y noviembre; por lo tanto, es posible encontrar larvas y prejuveniles de esta especie en ese periodo; los juveniles, probablemente en el interior de las lagunas costeras a partir de julio.

El desove del robalo blanco (*C. undecimalis*) se inicia en mayo y termina en octubre, en áreas cercanas a la costa y no muy retiradas de la desembocadura de los ríos. La etapa más intensa del desove ocurre en julio. Las larvas y los prejuveniles se encuentran en la zona costera a partir de junio y de noviembre y diciembre, en tanto que los juveniles se hallan en las lagunas costeras a partir de julio.

Sobre los juveniles de robalo de las diferentes especies del Océano Pacífico, no se ha publicado información que permita por lo menos hacer la inferencia correspondiente.

## Reproductores

La especie con potencial de cultivo mejor estudiada es la *Centropomus undecimalis*, característica de las aguas del Atlántico y de gran abundancia en el Golfo de México (Tucker, 1987, 1989; Roberts, 1987, 1989). Es susceptible de cultivo en un ciclo cerrado; es decir, se puede obtener organismos del medio natural, madurarlos y desovarlos en el laboratorio; mantener el desarrollo de crías y juveniles (Roberts, *op. cit.*, Shafland y Koehel, 1979; Lau y Shafland, 1982) y finalmente sembrarlos en estanques o viveros estuarinos, como se ha hecho en la región de Itamaracá, Brasil (De Pavia, 1980; Vasconcelos y Galiza, 1980). La información indica el buen comportamiento y manejo acuacultural de esta especie, y que es frecuente y abundante en las regiones donde existe un gran número de esteros o estuarios, cuyo aporte de agua dulce es muy importante para el desarrollo y abundancia de los juveniles. Conviene subrayar que los animales obtenidos de huevos y larvas provenientes de desoves realizados en el laboratorio son susceptibles de aclimatación y pueden ser alimentados con fórmulas desde estadios juveniles tempranos, y mantenidos así hasta adultos (Tucker, *op. cit.*). Debe aclararse que este proceso no ha sido probado a escala comercial.

De acuerdo con la información disponible, es posible encontrar adultos de todas las especies de robalo que existen en México tanto en el medio marino como en el dulceacuícola. Su abundancia depende de la época del año y el periodo reproductor; así, los individuos maduros que se encuentran en ríos y lagunas de agua dulce regresan al mar a desovar (catádromos); después del desove, los adultos permanecen una temporada en el mar para regresar posterior-



mente a las lagunas costeras. El robalo prieto, entre los del Golfo de México, por ejemplo, regresa en marzo o abril a la laguna de Alvarado, Ver., aunque puede penetrar hasta la cortina de la presa de Temascal, Oax. si entra al río Frontera, puede penetrar hasta los cuerpos de agua situados en las inmediaciones de Catazaja, Chiapas. Las otras especies del Golfo de México se comportan de manera similar, pero el robalo blanco permanece más tiempo en el mar.

La información disponible en relación con los robalos de la costa del Pacífico es escasa; sin embargo, se puede señalar que las especies que se encuentran en la de Baja California Sur son las únicas que no penetran en los cuerpos de agua dulce escasos y ocasionales aunque ingresan a los cuerpos costeros lagunares de la entidad.

### Estrategias de captura

#### *Artes de pesca*

Es posible obtener reproductores cerca de la desembocadura de los ríos durante los ciclos de luna llena y nueva, o en los sitios donde se producen desoves naturales, utilizando trampas, redes de encierro, red agallera y otras artes. Otra estrategia importante para capturar robalos consiste en aprovechar la arrivazón (comúnmente denominada "corrida") de especies que les sirven de alimento como la sardina, anchoveta, mojarra, camarón, entre otros. Los robalos se acercan a la orilla durante el crepúsculo y el anochecer para alimentarse de estas presas.

#### *Equipos de pesca*

Los métodos de pesca que actualmente se emplean para capturar robalo son similares a los prehispánicos; se basan primordialmente en el uso de redes playeras, agalleras (*ahorque*), charangas, tendales y atarrayas.

## V Biotecnología para el cultivo de robalo

### Distribución

La familia *Centropomidae* comprende dos géneros y 15 especies. En México habitan un género y 12 especies. El género *Centropomus* está compuesto por especies tropicales y subtropicales eurihalinas con una fuerte tendencia a alimentarse y crecer en cuerpos de agua de baja salinidad. Se distribuyen al norte del Océano Pacífico desde Bahía Magdalena, BCS, hasta Paita, Perú; penetran en el Golfo de California hasta Bahía Concepción, BCS, en su margen occidental, y Yavaros, Son. en la margen oriental (Gráficos 1 a 12).

Especies que se encuentran en el Pacífico mexicano: *Centropomus medius*, *C. viridis*, *C. armatus*, *C. nigrescens*, *C. robalito* y *C. unionensis*; en el Atlántico (Golfo de México y el Caribe): *Centropomus poeyi*, *C. undecimalis*, *C. mexicanus*, *C. parallelus*, *C. pectinatus* y *C. ensiferus*.

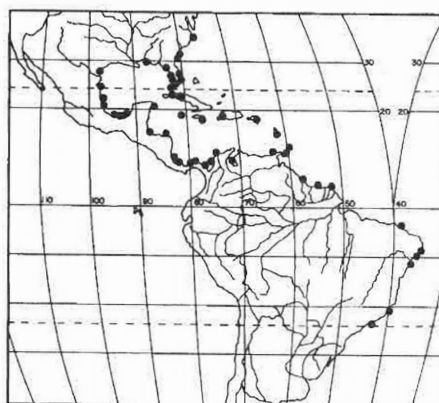
### Ecología

Las lagunas costeras, estuarios y áreas protegidas son zonas de alta productividad primaria y secundaria, y sirven de refugio y crianza para muchas especies de peces (Yáñez - Arancibia, 1978; Boynton *et al.*, 1982; Deegan y Thomson; 1985, Rodríguez - Romero, 1992).

Se suele encontrar robalos con mayor frecuencia en áreas donde abundan los pastos marinos y el manglar, donde los adultos, y principalmente los juveniles, buscan alimento y refugio y protección contra los depredadores. Son por lo general más frecuentes y abundantes en áreas marinas con influencia de agua dulce, comúnmente de fondo arenoso - fangosos; penetran esporádicamente varios kilómetros tierra adentro por los ríos y arroyos, considerados áreas naturales de crianza y alimentación es por ello que la mayoría de las especies son consideradas eurihalinas.

### Limites de tolerancia

Pueden existir varios factores que afectan en alguna medida la distribución geográfica de los robalos; sin embargo los que ejercen mayor influencia son la temperatura y la salinidad.



*Centropomus undecimalis*

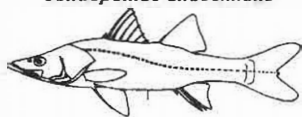
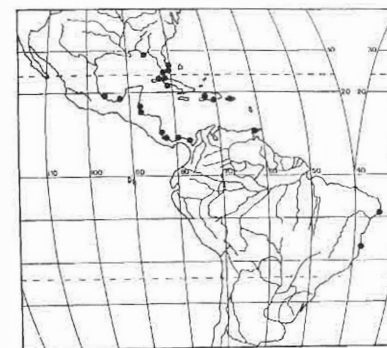


Gráfico 1

### Temperatura

En general, los peces soportan una amplia variación de temperatura. Los dulceacuícolas tienen una mayor tolerancia que los marinos a esas diferencias, ya que el entorno de los cuerpos de agua dulce sufren mayores variaciones de temperatura. Sin embargo, tanto los peces marinos como los dulceacuícolas presentan una respuesta fisiológica similar ante las temperaturas bajas: disminución parcial o total del crecimiento e incremento o decremento del área de distribución total. Por el área geográfica que ocupan las 12 especies de robalo en América se puede afirmar que todas son tropicales. Sólo cuatro de ellas se encuentran también en la región subtropical, y de éstas únicamente dos soportan en una época del año aguas de entre 17° y 20° C. La información



*Centropomus pectinatus*

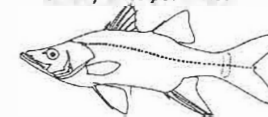
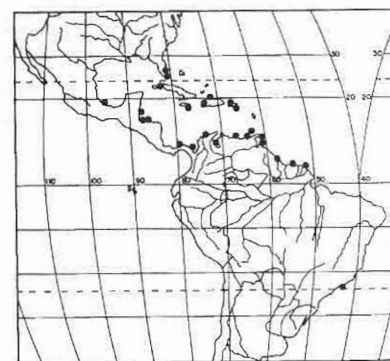


Gráfico 2



*Centropomus ensiferus*

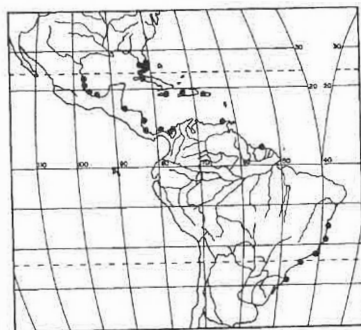


Gráfico 3



disponible en relación con la temperatura sólo hace referencia al robalo blanco (*Centropomus undecimalis*).

Para conocer mejor lo que sucede con el robalo blanco, Shafland (1983) y Howells *et al.* (1990) realizaron una serie de experimentos que revelaron, en resumen, que los individuos de esta especie mueren con temperaturas de 38 a



*Centropomus parallelus*

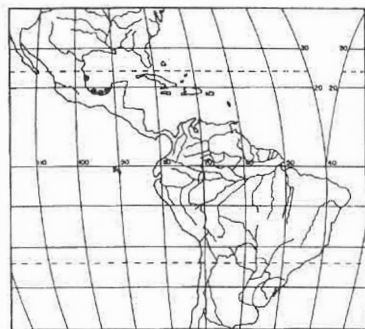


Gráfico 4

42° C; que su metabolismo óptimo se mantiene entre 25 y 29° C, y que algunos mueren y otros se aletargan entre 14 y 16° C. Si esta temperatura se mantiene durante un tiempo prolongado (10 días), todos los peces mueren.

### Salinidad

La salinidad del mar es indispensable para el desarrollo normal de los huevos y larvas de los robalos, en tanto que las aguas salobres e incluso las totalmente dulces resul-



*Centropomus poeyi*

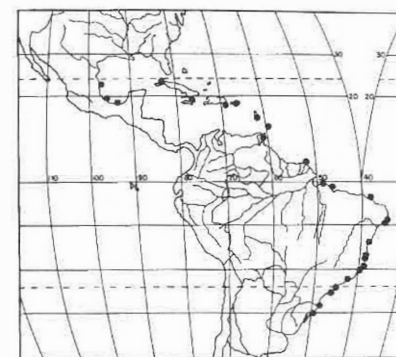


Gráfico 5

tan importantes para el desarrollo óptimo de la gran mayoría de sus especies. La salinidad máxima en que se ha registrado la presencia de robalo blanco (*Centropomus undecimalis*) es de 58.29 ppm, y la mínima de 0.07 (Mago, 1965).

Este mismo autor encontró que el *Centropomus ensiferus* (robalo) se captura en salinidades máximas de 36.11 ppm, pero más comúnmente en mínimas de 0.07 ppm. No

se conocen los valores específicos de salinidad de las otras



*Centropomus mexicanus*

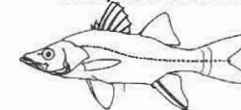
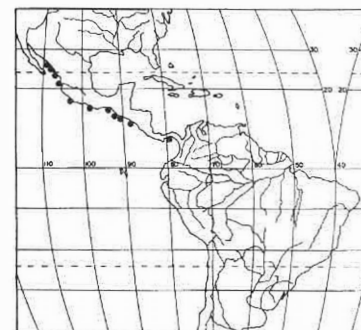


Gráfico 6

10 especies de robalo; sin embargo, se sabe que la mayor parte de ellas llegan a penetrar por los ríos a zonas situadas a muchos kilómetros de la costa como el robalo prieto (*C. poeyi*), que penetra 120 km tierra adentro. Por ello, autores como Chung (1981) consideran a los robalos como especies *osmoconformistas* o *anfídromos*.

Debe señalarse el hecho de que los parámetros ambientales que ac-



*Centropomus robalo*

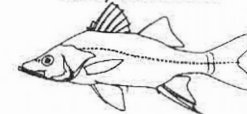


Gráfico 7

túan como determinantes ecológicos pueden influir negativa o positivamente en función del valor de otros; así, el efecto negativo de la temperatura puede aumentar o disminuir en función de la salinidad: El robalo blanco (*C. undecimalis*) es más vulnerable al frío cuando se encuentra en agua de baja salinidad que en el mar.

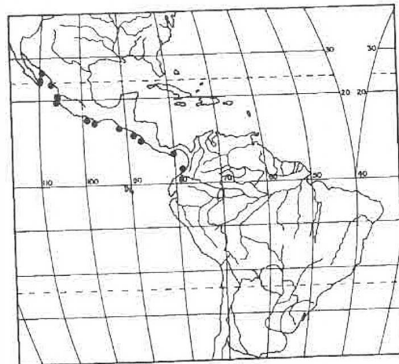
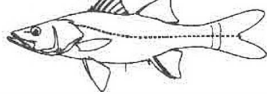
*Centropomus nigriscens*

Gráfico 8

En la costa oriental de la península de Baja California, en el Golfo de California, los robalos no van más al norte de Bahía Concepción pese a que

la temperatura del agua en verano es alta, debido probablemente a la baja disponibilidad de agua dulce.

### Tecnologías de cultivo

Entre las estrategias de cultivo de robalo en condiciones controladas, o de manera natural, es necesario considerar el manejo y desarrollo de varias técnicas actualmente utilizadas para la producción controlada de peces marinos.

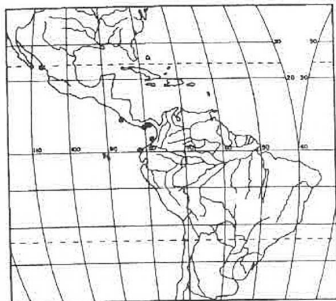
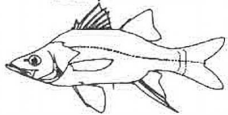
*Centropomus armatus*

Gráfico 9

### Maduración y desove

Los principales estudios acerca de la maduración del robalo, entre otros peces marinos, se enfocan en dos especies principales, una de ellas del Indopacífico el *Lates calcarifer* (Barramundi) y la otra del Golfo de México, el robalo blanco (*Centropomus undecimalis*, Snook). La maduración de ambas especies y su posterior desove implican dos estrategias de manejo de su medio natural. Una consiste en localizar los sitios o lechos de desove natural, donde se captura peces adultos silvestres antes de la temporada de desove estacional para luego confinarlos en estanques donde se realizará el desove espontáneo manteniendo la presencia sexual de dos o tres machos por cada hembra; el otro procedimiento es ubicar previamente las áreas de incidencia de juveniles y larvas para después capturarlos y mantenerlos hasta la madurez, evaluando su

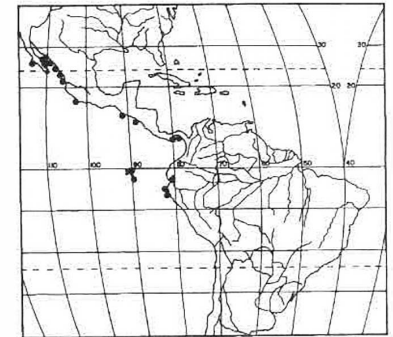
*Centropomus viridis*

Gráfico 10

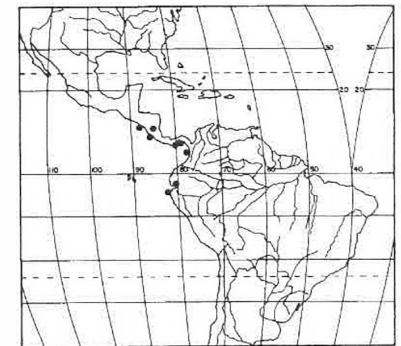
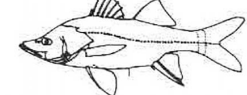
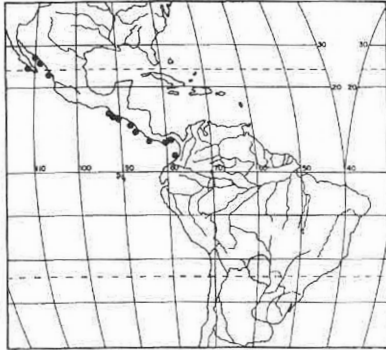
*Centropomus unionensis*

Gráfico 11

crecimiento en condiciones de precría y cultivo en jaulas flotantes o cualquier otro arte de cultivo.

Luego del primer año se selecciona los organismos con mayor crecimiento y que se vean sanos, se les separa y



*Centropomus medius*



Gráfico 12

mantiene hasta el segundo año, cuando es posible distinguir machos y hembras. A partir de este momento se evalúa el tipo de inducción al desove por realizarse ya sea por medio de fotoperiodo natural o bien por medio de tratamiento hormonal. Independientemente de la estrategia que se utilice, se confina a los peces en estanques de concreto o fibra de vidrio, con 10 m<sup>3</sup> de

volumen, salinidad promedio de 30 ppm y recambio de agua de mar filtrada de 80 a 100% alternado por día.

Una vez ubicados los adultos en los tanques para reproductores, es necesario cuidar la calidad del alimento suministrado por lo regular sardina, anchoveta o calamar y que la proporción sea de 1% de la biomasa, una vez al día y procurando que sea por la mañana y a una misma hora diariamente. El exceso de alimento se remueve del fondo mediante sifoneo. Otro aspecto que debe tomarse en cuenta es el fotoperiodo, que puede controlarse con iluminación artificial o de manera natural si los estanques se encuentran a cielo raso o al exterior; los picos reproductivos del robalo están asociados con los periodos de luz verano, por lo que

se puede manejar lapsos de entre 10 y 13 hr/luz. Manipulando el fotoperiodo y la temperatura ésta última se mantiene constante a 28° C, con una variación de 2.0 grados centígrados es posible provocar el desove espontáneo de los peces.

Otra manera de inducir la maduración y desove es utilizar sustancias químicas, específicamente hormonas. Se inyecta una o dos dosis a las hembras; se aplica una sola a los machos, simultáneamente con la última dosis de la hembra. Este mecanismo predispone a los machos y a las hembras confinados en tanques de desove a reproducirse de manera natural, manteniendo el estímulo sexual con la presencia de dos o tres machos por cada hembra.

Si no se reproducen de este modo, se vigila el estadio de gravidez de la hembra y la condición del macho hasta que los dos estén listos, y se desova mecánicamente presionando la parte antero-posterior del abdomen del pez y secándolo ligeramente con una franela (método seco). Se deposita primero los huevecillos de la hembra en una charola de plástico, y después el semen de por lo menos tres machos en la misma charola; con este procedimiento se asegura que la cantidad de células sexuales sea la adecuada para la fecundación.

### Manejo de huevos y larvas

La fertilización tiene lugar una vez efectuado el procedimiento arriba descrito, y los huevos fecundados comienzan la etapa denominada *segmentación* hasta conformar el primordio embrionario. A partir de ese momento se desencadena todo el proceso de desarrollo embrionario que culmina con la eclosión de la larva. Este proceso, según se describe para el *Lates calcarifer*, se realiza en un lapso aproximado de 17 horas después de la fecundación y manteniendo una temperatura constante de 27° C.

La colecta de huevos puede llevarse a cabo mediante dos procedimientos diferentes. Uno de ellos depende de la arquitectura del propio laboratorio: Se determina la fecundación de los huevos en los tanques donde se efectuó el desove natural identificando los huevos que flotan en la superficie los no fecundados por lo regular se precipitan al fondo. Si se establece que el tanque contiene huevos, éstos pueden ser transportados por las corrientes generadas en el propio tanque con la aireación o la recirculación del agua de mar del sistema, para que pasen a través de unas rejillas que permitirán únicamente a los huevos fecundados entrar a otro tanque, denominado *de incubación*.

Otro procedimiento es recogerlos de la superficie por medio de una red de malla fina (jamo) de 0.25 a 0.5 mm y trasladarlos a un recipiente de transporte a los tanques de incubación; es necesario mantener en esta manobra las mismas condiciones de temperatura y salinidad del tanque donde se desovaron.

Si la fecundación se realiza artificial y mecánicamente, se recomienda, una vez lograda la fertilización, colocar los huevecillos en un recipiente de incubación con un volumen de 50 litros, dándoles previamente un baño preventivo con cinco partes por millón de acriflavina o cualquier otro antibiótico durante un minuto, seguido de un enjuague abundante con agua de mar. Se recomienda mantener la salinidad entre 20 y 30 partes por mil, conservar la temperatura entre 26 y 28° C y asegurar que la aireación sea adecuada; con ello, la eclosión se alcanza en 17 o 18 horas.

Se considera que, una vez que el huevo ha eclosionado, el pez se encuentra en la fase llamada *eleuteroembrión*, en que presenta las características típicas de un embrión sin serlo ya propiamente, sino una larva con algunas estructuras características de este estadio como el saco em-

brionario (antes saco vitelino); todavía no se han formado las aletas pares, la boca, ni los ojos y, por supuesto, la larva está desprovista de escamas "desnuda", por lo que en este periodo su sensibilidad a los cambios físicos del medio ambiente es muy alta. En esta fase se ha de procurar reducir al mínimo la aireación para que las larvas no se golpeen en las paredes del tanque; también es necesario, al empezar la eclosión, hacer un fuerte recambio entre uno y dos, y por lo menos 30% de renovación por hora para eliminar las enzimas producto de tal proceso, ya que dañan considerablemente a las larvas. Se sifoneará el fondo de los tanques para eliminar los desechos acumulados.

Se podrá criar las larvas en los mismos tanques de incubación o en otros, *de cría*. A escala experimental, los primeros con un volumen de 200 litros, y de 1 m<sup>3</sup> los últimos; a escala piloto, los tanques tendrán que tener un volumen no menor de 5 m<sup>3</sup>. En cada tanque se coloca generalmente una lámpara de halógeno de 500 W con un regulador de intensidad luminosa, ya que no se debe apagar y prender bruscamente la luz, porque eso daña el desarrollo natural de las larvas.

Para considerar exitoso el proceso, la viabilidad de las larvas recién eclosionadas deberá ser por lo menos de 80 por ciento. Para reconocer las que padecen anomalías o deformaciones, pueden ser analizadas mediante muestras tomadas del tanque y evaluadas por conteo volumétrico y bajo el microscopio. El método volumétrico consiste sólo en capturar un determinado número de larvas en un volumen de agua pequeño y conocido para que el resultado pueda ser extrapolado a un volumen mayor.

Aunque presenta cierto grado de error, este sistema se utiliza comúnmente siempre y cuando el número de larvas en la muestra no sea menor de 100 por cada caja de petri o cámara de conteo utilizada.

El mantenimiento de las larvas se efectúa controlando la calidad de agua y cada uno de los parámetros físico-químicos de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto que requiere la especie de robalo cultivada. Por ello es necesario conocer previamente estas características de manera experimental. La aireación debe ser suave, sólo la suficiente para mantener las larvas bien suspendidas. Es necesario mantener un adecuado aseo mediante el sifoneo continuo de los tanques.

El periodo de la primera alimentación exógena determina el éxito del desarrollo larvario. Tiene que efectuarse una vez que se determina que los órganos sensitivos de las larvas se encuentran bien desarrollados; particularmente, cuando los ojos y la boca estén bien definidos y formados.

En el caso del robalo asiático, *Lates calcarifer*, esta condición se alcanza alrededor de los tres días posteriores a la reabsorción del saco vitelino de la larva. El robalo del Golfo de México, *Centropomus undecimalis*, llega a esta etapa dos días después de la eclosión de la larva. A partir de este momento se tiene que inocular los tanques con dietas mezcladas de fitoplancton y zooplancton; el primero constituido con microalgas del género *Chlorella* y rotíferos; con artemia y daphnia el segundo. Se proporciona estos alimentos alternadamente a medida que el tamaño de la boca crece, hasta que la larva se convierte en juvenil. Éste se alimenta con pescado fresco desmenuzado o bien con alimentos formulados.

Una vez alcanzado el estadio pre-juvenil, los pequeños peces pueden ser transferidos a estanques con un volumen aproximado de 10 m<sup>3</sup>, denominados de *precría*, donde se realizará la fase conocida como *destete*, que es el momento en que se deja de proporcionarles alimento fresco o vivo para suministrarles alimento formulado en forma de microencapsulados, particulados, pellets o migajas.

## Manejo de juveniles y adultos

Se mantiene a los robalos producidos en laboratorio que alcancen la talla de prejuveniles (entre 15 y 17 mm), una vez logrado el destete, en los tanques de 10 m<sup>3</sup> hasta que los pececillos —incorrectamente llamados "alevines"— alcanzan tallas de juveniles (es decir, de 50 mm en adelante). A partir de este momento se decide en qué tipo de técnica acuacultural se "sembrarán" o cultivarán para ser posteriormente engordados, ya sea en jaulas flotantes, estanques supralitorales o estanques intermareales.

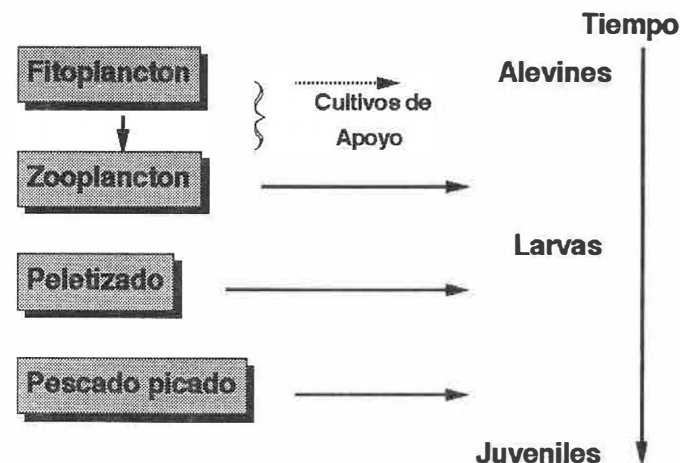
En caso de que los peces juveniles sean capturados del medio natural (es decir, que sean silvestres) procede realizar la siguiente maniobra: Se les aclimata en el área donde se tenga previsto cultivarlos; después, se les coloca en estanques o jaulas de engorda. Este proceso implica un esfuerzo de por lo menos seis o siete meses; mientras dure y hasta que el animal sea adulto o llegue a la talla comercial establecida por el mercado de consumo, será necesario considerar los gastos de alimentación, mantenimiento y aporte de agua. Esto determina en parte el rendimiento o ganancia, descontados los costos, de cualquier tipo de granja, sea de ciclo cerrado o abierto; por lo tanto, sirve para establecer el tipo y cantidad de inversión que el piscicultor debe hacer para que esta actividad se convierta en un negocio atractivo.

## VI Alimento

### Cultivos de apoyo

Cualesquiera que sean los organismos cultivados, la alimentación es el factor que más afecta la tasa de supervivencia de las larvas. Las de robalo no pueden sobrevivir cuando se les proporciona una alimentación inadecuada, que comprende varias especies de organismos vivos en los diferentes estados de desarrollo de las larvas. Por ello resulta indispensable conocer el manejo de cultivos de apoyo cuando se pretende tener sementales para la obtención de semilla de robalo, ya que resulta la única manera de tener éxito en la producción de cualquier especie marina en las primeras etapas de vida. La mayor parte de las especies de peces marinos cultivados pasan su etapa como larvas y juveniles en la columna de agua como ictioplancton, alimentándose de fitoplancton y zooplancton. Los cultivos de apoyo realmente son una cadena trófica muy sintetizada (Figura 1), que requiere conocimiento técnico, laboratorio y áreas o instalaciones de cultivos muy específicas, aparte de de las instalaciones de crecimiento y engorda.

Figura 1



### Fuentes de alimentación y obtención

La principal fuente de alimentación de las larvas de robalo se compone de zooplancton vivo; es decir, de microalgas y rotíferos. Otros alimentos probados durante el desarrollo temprano de larvas en general, han fracasado.

El aprovisionamiento de zooplancton vivo en cantidades y tiempo adecuados es costoso; no planificarlo correctamente origina problemas, ya que requiere de tiempo, instalaciones y técnicas muy particulares. Es más, para que las larvas crezcan con rapidez son necesarios una óptima sincronización y cantidades suficientes de las diferentes especies de alimento vivo que requieren. La tasa de supervivencia alta y el calendario adecuado de alimentación de las larvas de robalo son dos hechos íntimamente ligados.



*Alimento vivo*

La tabla 1 describe claramente el alimento vivo necesario en los diferentes estados de desarrollo de las larvas de robalo. Cada especie se utiliza en relación directa con la capacidad de la abertura oral de las larvas.

**TABLA 1.**  
**Especies de consumo y calendario de alimentación de larvas de robalo<sup>1</sup>**

Tipo de alimento	Días después de eclosionar					
	1	3	8	16	25	30
Chlorella		—				
Rotíferos		—	—			
<i>Artemia salina</i>			—	—		
Moina / Daphnia				—	—	
Pelet / Pescado picado					—	—

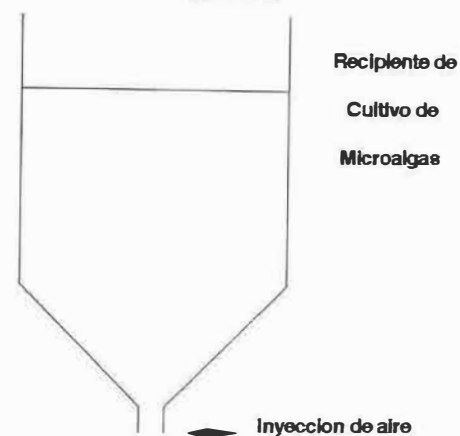
**Cultivo de organismos como apoyo en la alimentación**

Fitoplancton	<i>Chlorella spp</i>
Zooplancton	Rotíferos
	<i>Artemia salina</i>
	Moina / Daphnia

**Características de los cultivos de apoyo**

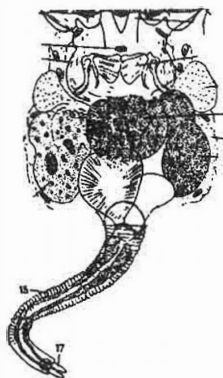
*Chlorella spp.* Especies de microalgas verdes de la división *Chlorophyceae*, entre las que *Chlorella saccharophila* es la más cultivada; de ella existen incluso cultivos masivos a la intemperie. Soporta una variación de temperatura de 12.5 hasta 30° C (Hirata *et al.*, 1974, 1975, 1977; Torrentera,

<sup>1</sup> Contribución de la FAO-UNDP. *Training Course on Seabass Spawning and Larval Rearing held at the National Institute of Coastal Aquaculture (NICA)*. Songkhla, Tailandia. 1-20 de Junio de 1982.

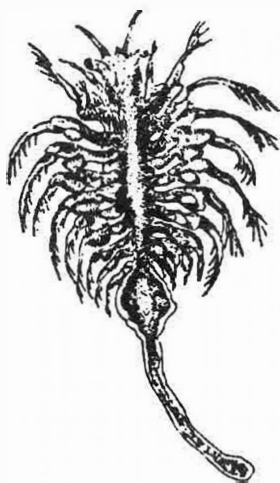
**Figura 2**

1983). Su ciclo de vida es de 7 a 8 horas; la temperatura óptima para su desarrollo es de 25° C. Su diámetro medio es de 5 m (Coll-Morales J., 1983). Para evitar que se depositen en cultivos controlados, se les debe airear por el fondo del recipiente, que debe tener preferentemente la forma de un cono (Figura 2). Para cultivar *Chlorella* es necesario obtener y purificar la cepa utilizando técnicas microbiológicas específicas.

*Brachionus plicatilis*. Especie de rotífero de amplia distribución que soporta amplias variaciones de temperatura (de 5 a 35° C) y de salinidad (de 1 a 60 ppm). El tamaño depende de la variedad, pero en promedio es de 200 m. Se alimentan por filtración y no son selectivos, por lo que su calidad nutricional depende del alimento que se les proporcione; el que más se recomienda es *Chlorella spp.* Se ha intentado cultivarlos a base de levadura, pero los resultados han sido negativos, ya que las larvas de robalo mueren por falta de ácidos grasos esenciales que no obtienen de los rotíferos alimentados únicamente con levadura. El tamaño de especie varía entre 100 y 300 m. En condiciones óptimas de cultivo duplica su población en 24 horas.

Brachionus plicatilis

*Artemia salina*. Crustáceo braquiópodo de distribución cosmopolita en mares tropicales y subtropicales. El límite inferior de la temperatura que soporta es de 6° C, y el superior de 35° C. Los nauplios recién eclosionados miden un poco más de 0.5 mm, y los adultos de algunas cepas alcanzan los 20 mm. Su cultivo es muy sencillo, ya que incluso se venden quistes enlatados que hacen innecesario tener cepas propias o instalaciones. También se alimentan con *Chlorella*. Para obtener buenos resultados, se proporciona como alimento a las larvas de robalo al tercer día a partir de la eclosión.

Artemia salina

## VII Cultivo en unidades acuaculturales denominadas "granjas" o "piscifactorías"

### Estructuración de una granja tipo de ciclo abierto

El aspecto más importante de la planificación de las estructuras de este tipo de granjas es la construcción de bordes para estanques rústicos, sean supralitorales o intermareales. El diseño y construcción de jaulas flotantes, encierros o tapos son también prácticas características de este tipo de piscifactoría, ya que obtienen la semilla del medio natural para después mantenerla y engordarla en estanques. Con este tipo de estrategia los costos se reducen considerablemente, en tanto que abarcan solamente una parte del cultivo. Los principales costos de este esquema se concentran en el alimento y el sistema hidráulico requerido para mantener los peces.

Se considera generalmente que el sitio donde se construye la granja sea cercano a los lechos o mantos de desove natural de los reproductores de robalo, para así disponer de "semilla" silvestre (es decir, de prejuveniles y juveniles de robalo) que se captura con diversos artes de pesca. Así se abastece la granja de manera natural y cíclica de acuerdo con la regulación natural de las poblaciones silvestres de robalo. Esta estrategia, aunque económica, no asegura la dis-



ponibilidad de la semilla durante todo el año, por lo que los ciclos de cría y engorda dependerán de la abundancia del recurso y de la temporada en que éste se encuentre. Esto limita de manera importante la productividad y, por consiguiente, el ingreso de este tipo de granjas, ya que en el mejor de los casos se pueden tener hasta dos ciclos por año (algunas logran entre 1 y 1.5 ciclos / año).

Estas granjas cuentan por lo regular con la infraestructura de más bajo costo. Aunque los costos pueden variar dependiendo del diseño estructural, los siguientes ejemplos describen a grandes rasgos distintos tipos de granjas, desde los de mayor complejidad estructural hasta aquellas en que la infraestructura es sumamente sencilla.

En las granjas que cuentan con estanques supralitorales, la construcción de los bordos es rústica y de forma rectangular, con una proporción de 2:1 de materiales de arcilla y arena compactada con los que se forma una pendiente. Además, requieren de tuberías de PVC de 18 pulgadas de diámetro, así de como un reservorio o *canal de llamada* del que se conectarán las correspondientes motobombas y tuberías para el abastecimiento de agua de mar. Los estanques tendrán regularmente dos compuertas: una de ellas funcionará como aporte de agua de recambio; la otra es la *compuerta de cosecha o de salida*. La construcción de bordos es similar en las granjas que utilizan estanques intermareales, aunque el proceso es un poco más económico porque no se emplea gran cantidad de tubería ni motobombas para el aporte de agua, ya que éste se realiza por intercambio mediante la variación de las mareas. El estanque se construye generalmente al nivel de la línea de marea media de costa, y el flujo del agua se conduce a través de tubos conectores que pasan por el bordo y lo conectan directamente con el mar. De esta manera se obtiene un recambio de hasta 80%. Este tipo de estanquerías permite un considerable ahorro en el suministro de energía eléctrica, por lo que se ha populari-

Figura 3. Estanquería rústica de mareas del Cibnor en BCS

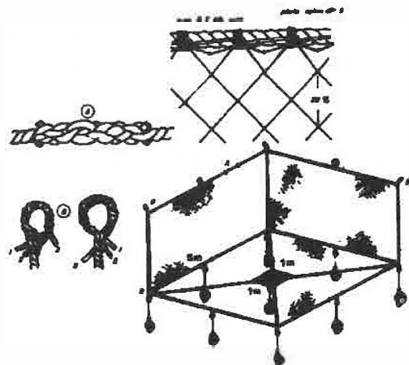


zado principalmente en Asia; tal es el caso de Tailandia (Figura 3).

Algunas granjas emplean jaulas flotantes como estrategia acuacultural. Son tan caras como el material que se utilice para fabricarlas. Regularmente, los piscicultores construyen las jaulas con materiales propios de la región, de tal forma que los costos no se elevan considerablemente y, además, se aprovecha los recursos existentes trabajándolos artesanalmente. Se suele utilizar cabos de amarre de distintos tipos, aristas que pueden ser de materiales rígidos y, como elementos de flotación, bollas o tambos de 200 litros rellenos de espuma o material flotante como polietileno, unicele y otros. Las redes o mallas que forman el cuerpo de la jaula pueden ser hilos plásticos, de algodón o de compuestos sintéticos similares a los que se utilizan en la confección de las redes de pesca (Figura 4). La popularidad de esta técnica es en los países orientales sobre todo Japón donde la producción de especies de peces marinos culti-

cultivados en jaulas flotantes sobrepasa la de las pesquerías— se debe a que la manipulación de estas artes de cultivo es relativamente sencilla, y al considerable ahorro de energía eléctrica que permiten el abastecimiento de agua y la operación de estructuras alternas (bordos, diques, etc.). Su único inconveniente es que las jaulas flotantes tienen que colocarse en áreas protegidas (las denominadas lagunas costeras, bahías, esteros, fiordos, etcétera).

Figura 4.



Entre las estrategias más antiguas pero al mismo tiempo las más económicas y utilizadas en la actualidad se encuentran los encierros de cuerpos de agua, tapos, diques y jamos. El propósito de esta maniobra es limitar y controlar mínimamente los cuerpos de agua potenciales donde se encuentra de manera natural larvas y juveniles de robalo, de tal forma que cuando los peces alcanzan con el tiempo la talla adulta o comercial es posible capturarlos o "cosecharlos" dentro del encierro, para ser vendidos en los mercados regionales.

En este cultivo, conocido como *extensivo*, el aporte del agua, el alimento y, en general, los satisfactores necesarios, es suministrado casi por completo por el medio natural.

Aunque esta actividad resulta atractiva a primera vista porque se considera la más económica en tanto que no requiere de mucho esfuerzo humano y exige un mínimo de mano de obra calificada, en general presenta varios inconvenientes. El más importante es la disponibilidad de la semilla: Por lo regular estos sitios son sobreexplotados, de modo que después de algún tiempo es necesario cambiar de ubicación o abastecerse de semilla proveniente de lugares más alejados. Otro problema es el escaso control sobre el sistema. Éste es influido por los cambios del clima, los depredadores, la disponibilidad de alimento y otros factores que tienden a afectarlo en menor o mayor grado.

Por todo lo arriba señalado se considera que estos sistemas son los de menor costo, pero al mismo tiempo representan el mayor riesgo productivo, ya que no está controlada su eficiencia. Es por ello que los ingresos de los piscicultores que han adoptado esta estrategia es variable; en las regiones en donde este sistema se utiliza, constituye una actividad complementaria de las tareas propias de la actividad pesquera. También se denomina "cultivo rural de especies potenciales".

Los esquemas o estrategias descritas líneas arriba son, básicamente, las necesarias para decidir acerca de un sistema de cultivo piscícola de granja de ciclo abierto. La clave está en el esfuerzo de captura requerido para captar juveniles de robalo; en consecuencia, las artes de pesca por utilizar deberán ser las de mayor eficiencia de captura.

### Estructura de una granja de tipo cerrado

En este tipo de granjas, todas las etapas del cultivo se llevan a cabo dentro de las instalaciones. En otras palabras: Se maneja y manipula todo el ciclo de vida del pez en condiciones controladas en el laboratorio. Esto implica mantener y madurar los reproductores, inducir el desove mediante

métodos artificiales o naturales; manejar los huevos y larvas, el ciclo larvario y la *precría* o alevinaje; producir prejuveniles y juveniles, sembrar juveniles y engordarlos. Como puede notarse, este proceso incluye todos los estadios del ciclo de vida del animal, por eso se considerado como *ciclo completo* o *cerrado*.

Es oportuno mencionar que la infraestructura necesaria para este tipo de granjas tiene un costo considerablemente elevado, ya que se requiere de estructuras específicas para cada necesidad y para cada etapa del cultivo, de modo que tiene que proyectarse en terrenos de extensión más amplia que la necesaria para granjas de tipo abierto. Debe tomarse en cuenta las siguientes consideraciones.

*Criterios básicos para el diseño de la instalación de una granja de tipo cerrado*<sup>2</sup>.

#### i. Criterios técnicos

i.1. Máxima flexibilidad para manejar los parámetros físicoquímicos del agua, especialmente los que implican cambios de salinidad (ppm) y para controlar los factores ambientales: temperatura, luz, fotoperiodo e intensidad; control del tipo de tanques por utilizar: volúmenes, forma, tamaño y número, para realizar diversos experimentos. El personal deberá dominar técnicamente la actividad y ser capaz de realizar las distintas actividades de trabajo sin afectar la eficiencia del sistema.

i.2. Suministros de agua y energía independientes; garantía de continuidad en caso de interrupción.

2 Tomado de Álvarez-Lajonchere L. y O.G. Hernández - Molejón. 1994. *Manual técnico para producción piloto de juveniles de peces marinos*.

i.3. Estructuras con dimensiones suficientes para una producción piloto.

i.4. El centro debe ser concebido y su manejo organizado de modo que haya garantía de higiene máxima y condiciones sanitarias óptimas.

i.5. Mecanización de algunas operaciones.

i.6. Equipos de manejo y mantenimiento sencillos; repuestos adecuados.

i.7. Garantía de suministros de materias primas y refacciones.

#### ii. Criterios biológicos

ii.1. Dieta y condiciones ambientales (tanques, estanques y jaulas) que garanticen la maduración sexual de los lotes de reproductores.

ii.2. Inducción del desove con técnicas naturales (manipulación del fotoperiodo, temperatura y salinidad) y con tratamientos hormonales.

ii.3. Alimento vivo cultivado que cumpla con los niveles nutricionales (selección y enriquecimiento de especies).

ii.4. Formulación y preparación de alimentos artificiales para el destete de las larvas de peces y su *precría*.

ii.5. Integración en el manejo de controles ictiopatólogicos sistemáticos.

#### iii. Criterios constructivos

iii.1. Los materiales deben ser invulnerables a la acción del agua de mar y el ambiente corrosivo: PVC, polietileno, acero inoxidable, cemento con pintura epóxica, aluminio, fibra de vidrio reforzada, etcétera.

iii.2. Las superficies del piso tienen que estar pulidas o cubiertas con baldosas.

iii.3. Las pinturas de las paredes deben ser plásticas, o estar cubiertas con azulejo.

iii.4. Las canaletas de desagüe del piso deben estar cubiertas con rejillas de acero galvanizado o madera dura.

iii.5. Las puertas y ventanas deben ser de aluminio o madera.

iii.6. Falso techo a tres o más metros del piso.

iii.7. Laboratorio seco con aire acondicionado para mantener una temperatura de 22 a 24° C y dotado con el equipo necesario de microscopía, pesaje de precisión, trabajos de química sencillos, etc. Para secar el ambiente, extraer la humedad con deshumificadores.

iv. Bombeo, filtración y esterilización (UV) del agua de mar

iv.1. Para bombear agua de mar de acuerdo con las características y ubicación del lugar, se recomienda usar bombas sumergibles. En caso de emplear otro tipo de bomba, se deberá evitar que la entrada de aire de la bomba o sus conexiones de toma o de salida se sobresaturen de nitrógeno.

iv.2. Se deberá instalar dos grupos de cartuchos de marca, de 5 micras (m) de retención relativa y de 1m de retención absoluta, que deben colgarse en la pared que precede a la lámpara UV, en una posición de fácil acceso, cercana al sector de alimento vivo al que está destinada.

iv.3. La lámpara de UV de flujo continuo para agua deberá asegurar dosis de 40 ml/cm<sup>2</sup> con un factor de penetración de no menos de 0.80 y un flujo de 5 m<sup>3</sup>/h entre 20 y 30° C de temperatura.

iv.4. Cada unidad deberá contar con su propio conector de paso interconstruido para permitir la limpieza y mantenimiento.

v. Distribución del agua de mar

v.1. Las tuberías dentro de la edificación deben estar situadas a no menos de tres metros sobre el suelo, y sostenidas por soportes de acero galvanizado.

v.2. Las tuberías deben ser de PVC unidas con pegamento especial para ese material. Tiene que utilizarse válvulas de bola de PVC.

v.3. Cada tronco o sección de PVC debe comenzar y terminar con una válvula para drenar periódicamente el agua estancada en ella y mantenerla aislada.

v.4. Debe ser posible extraer cada uno de los tubos que llevan agua a los tanques para permitir que la solución desinfectante drene libremente después de un remojado periódico.

v.5. En tanto que no hay una estructura aérea para soportarlas, las líneas principales de tuberías del área de cultivo exterior correrán dentro de los canales de desagüe del piso, colgando de una de sus paredes por medio de soportes de acero galvanizado.

v.6. Las tuberías deben tener un diámetro tal que permitan una velocidad de flujo de 1.5 m / s.

v.7. Cada sector deberá tener una llave de paso o válvula para aislarlo.

v.8. Las tuberías de las redes principales de distribución exteriores deben ser dobles para resolver roturas, mantenimiento, etc. Deben estar expuestas para tener posibilidad de inspeccionarlas, limpiarlas y desmontarlas para su

mantenimiento, por ejemplo, con válvulas al final de cada tramo recto.

#### vi. Distribución del aire

vi.1. Las tuberías de aire pueden estar sostenidas con el mismo sistema del agua salada.

vi.2. Los sopladores deben tener un filtro para el aire de entrada, un silenciador, una válvula de seguridad y una de bola en el extremo de la tubería.

vi.3. Cada sector debe tener una válvula de cabecera para cerrarse cuando no esté en operación, y una al final para el exceso de aire.

vi.4. Los tanques de *Artemia spp.* deben tener una tubería de PVC de 25 mm con una válvula de bola encima del tanque y una salida libre por un tubo desmontable abierto que llegue al fondo del cono, a tres o cinco centímetros de la salida.

vi.5. Debe colocarse a la cabeza de la línea del sector de los inóculos un filtro de 0.22m de retención absoluta.

vi.6. Los puntos de distribución en los tanques y otros contenedores deben tener mangueras transparentes de PVC de 5 a 10 mm de diámetro interior; llave de regulación (pinza Hoffman) y peso de acero inoxidable. Dichas mangueras pueden conectarse directamente a orificios en la propia tubería de PVC, o a válvulas de PVC para tal propósito, según el caso.

#### vii. Electricidad

vii.1. Las pizarras, cajas, canales y tuberías deben ser de plástico autoextinguible.

vii.2. Cada equipo eléctrico (bombas, sopladores, lámparas UV, etc.) debe estar protegido por fusibles.

vii.3. Las bombas deben ser controladas por desconectores con flotadores o electroniveles.

vii.4. Las bombas y los sopladores deben ser controlados por alarmas con un sonido claro y una luz de alarma.

vii.5. La planta eléctrica auxiliar debe tener capacidad para resolver los principales requerimientos eléctricos.

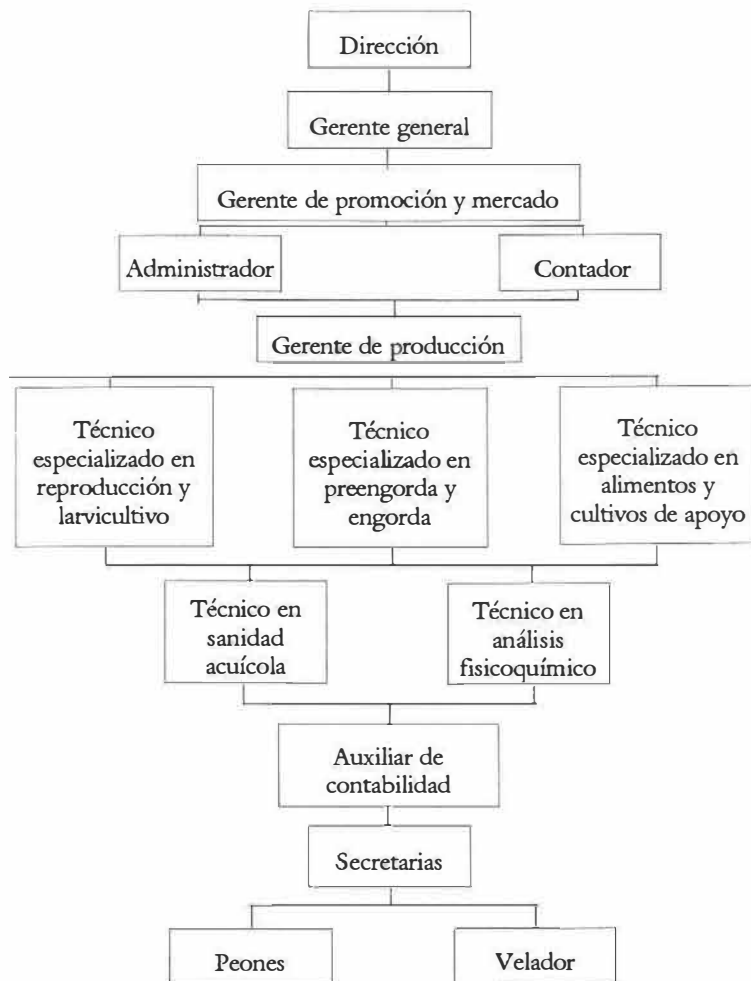
vii.6. Todos los tomacorrientes situados cerca de lugares húmedos tienen que ser del tipo IP 55, protegidos contra el agua. Los tomacorrientes del laboratorio de análisis y los de la oficina serán del tipo IP 45.

vii.7. En cada grupo de tanques de desove y de larvas debe usarse un sistema de control de fotoperiodo con lámparas de halógeno con un panel automático a base de reostatos electrónicos, desconectores automáticos de tiempo y atenuadores de voltaje o un sistema de operación manual con los atenuadores.

Como puede notarse, los criterios mencionados son variados y de gran importancia; es por esto que el acceso al diseño y estructuración de una granja de tipo cerrado queda limitado a quienes realmente tienen interés en invertir en un medio seguro para la producción de peces marinos. Aunque representaría un costo demasiado elevado para cualquier piscicultor, tal inversión se justifica con las considerables ganancias que genera la operación de una granja.

Existe hoy una gran variedad de estrategias para que los costos no recaigan en una sola persona. Es posible crear sociedades de riesgo compartido o asociaciones con diversos grupos promotores, incluso con la participación de organismos gubernamentales. Cualquiera que sea el caso, invertir en este tipo de granjas hace necesario formular un esquema y un organigrama de trabajo con funciones y actividades específicas para cada persona. En una granja de tipo cerrado con las características ya señaladas, el siguiente

esquema operativo distribuye equitativamente el trabajo, de modo que el personal cumpla con determinadas tareas de acuerdo con la capacidad y empeño de cada trabajador. La estructura obedece al criterio de distribución de tareas "en cascada".



## VIII Evaluación económica del proyecto

### Evaluación económica del cultivo de robalo

Los estudios de factibilidad económica de la mayoría de las especies actualmente cultivables —como son algunos moluscos y crustáceos, principalmente los del género *Penaeus*— y que incluyen índices analíticos de sensibilidad, han sido posibles porque existe un paquete tecnológico categóricamente probado de cultivo de la mayoría de esas especies. En otras palabras: Existen en México tecnologías descritas y desarrolladas para cultivar especies como camarón blanco (*Penaeus vannamei*) o azul (*Penaeus stylirostris*), o bien de especies de agua dulce como el bagre de canal, la tilapia y la trucha, entre otras.

Sin embargo, no se ha desarrollado en México una tecnología para el cultivo de ninguna especie particular de peces marinos; por ello no es válido hablar de análisis de sensibilidad de peces marinos susceptibles de ser cultivados, ya que son pocos los trabajos reportados, y todos ellos son de nivel experimental y carecen de pruebas piloto que antecedan a lo que posteriormente se denomina *escala comercial*.

El cultivo de robalo no es la excepción, ya que aunque es una especie ampliamente estudiada por los asiáticos —quienes cuentan con una tecnología de ciclo cerrado para



su producción y engorda—, en México no se han realizado estudios a fondo sobre tecnologías para cultivarla, ni se conoce mucho sobre su biología básica. Es por ello que los estudios de factibilidad económica con indicadores de sensibilidad no han sido abordados por el momento, ya que es prioritario sentar las bases de investigación científica y tecnológica para el desarrollo de tecnologías adecuadas para el cultivo de esta especie en México.

Sin embargo, puede proponerse un esquema general que debe considerarse para la producción por cultivo de cualquier pez marino, por lo que a continuación se describe una adaptación de la metodología usada por instituciones que empiezan a cultivar peces marinos.

### Metas de producción

Cultivo de 30,000 larvas por tanque de una tonelada

Cultivo de 10,000 juveniles de un centímetro por tanque de una tonelada.

Crecimiento y engorda de 5,000 juveniles de 2.5 cm. por jaula flotante de 3 por 3 por 2 metros.

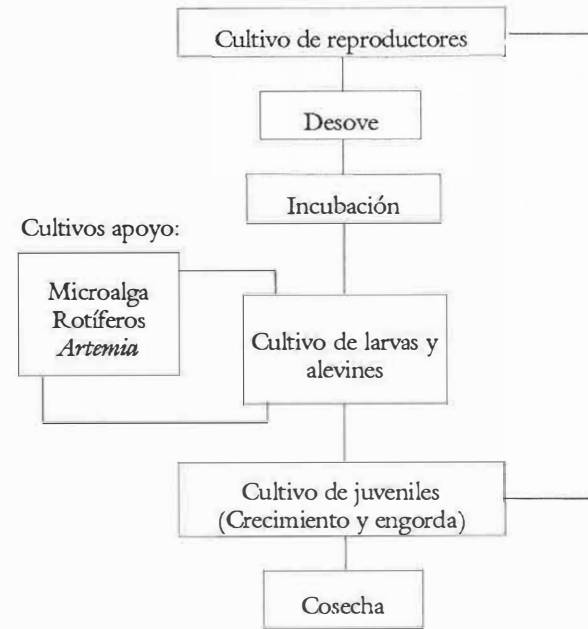
Engorda de 3,500 juveniles de 5 cm. por jaula flotante de 3 por 3 por 2 metros.

Producción final de 3,000 peces de tamaño comercial por ciclo de producción.

### Metodología

Se propone un sistema de cultivo de tipo cerrado intensivo (M. Iisawa, CRIP, La Paz, BCS, 1990) que deberá sujetarse al esquema de la siguiente página.

Este esquema básico implica una serie de actividades en cada fase de cultivo, de tal manera que el buen desarrollo de una asegura el éxito del cultivo completo.



*Cultivo de reproductores:* Implica coleccionar y transportar ejemplares adultos; mantenerlos en jaulas flotantes en una proporción de 1 kg. / m<sup>3</sup>, alimentarlos entre dos y tres veces al día con pescado fresco y alimento artificial compacto, y seleccionar ejemplares para el desove.

*Desove:* Incluye el traslado de los peces maduros a los tanques de 32 m<sup>3</sup> con agua de mar corriente sin filtrar, mantener la distribución de los peces a razón de 1 kg. / m<sup>3</sup> y la proporción de sexos de 1:1; suministrar el alimento en una proporción de 1% del peso total de los peces (el alimento es principalmente pescado fresco y calamari), y vigilar su estado de madurez. Después del desove, los huevecillos se coleccionarán en una bolsa de malla de 400 micras y se incubarán en bolsas de la misma similares, en tanques de 2 m<sup>3</sup>

con agua de mar corriente sin filtrar y aireación ligera, en una densidad de 3,000 - 5,000 huevos / litro.

#### CULTIVOS DE APOYO

*Cultivo de plancton:* Se compone básicamente de microalgas, rotíferos y *Artemia*.

Las microalgas se cultivarán en fase intensiva dentro del laboratorio y masiva a la intemperie. El cultivo intensivo dentro del laboratorio implica mantener cepas y cultivos monoespecíficos axénicos bajo un control estricto de iluminación y temperatura, y preparar medios de cultivo con nutrientes de grado analítico y esterilizarlos. El cultivo masivo se realizará en tanques de fibra de vidrio de 4 m<sup>3</sup> y se preparará con nutrientes de grado industrial (fertilizantes agrícolas como sulfato de amonio, superfosfato de calcio y urea). En esta fase del cultivo se requiere de un registro diario de la densidad microalgal y de una determinación del grado de contaminación.

El *cultivo de rotíferos* se realizará en tanques de fibra de vidrio de 2 m<sup>3</sup>. Se trabaja inicialmente con mil litros de microalgas (con una densidad de 104 cel / ml de *Contrasel-mis spp* y / o 106 cel / ml de *Chlorella sp*), se inoculan rotíferos en una densidad de 30 - 40 / ml y se airea profusamente. Al siguiente día se llena el tanque con agua de mar filtrada y se agrega 0.3 - 1.0 gr. de levadura (de uso en panaderías) por un millón de rotíferos por día. Se cosecha a densidades de 100 rotíferos / ml en mallas de 60 micras. Se recomienda utilizar estos cultivos por un lapso máximo de 10 cosechas para evitar la contaminación con otro tipo de organismos.

El *cultivo de Artemia* se inicia con la incubación de aproximadamente 50 gramos de quistes en tanques cilíndrico - cónicos de 100 litros, aireando profusamente desde

el fondo del tanque. Después de 48 horas se colectan los nauplios del fondo del tanque y se utilizan como alimento.

*Cultivo de larvas:* Las larvas de peces marinos se cultivan en tanques de 1 m<sup>3</sup> llenos hasta 80 - 90% con agua de mar filtrada y aireada ligeramente.

Se mantiene una densidad de 30 - 40 larvas por litro, y se inicia la alimentación con rotíferos (10 - 15 / ml) cuando las larvas tienen dos días de edad; entonces se llena el tanque con 10 - 20% de cultivo de microalgas. Al siguiente día se limpia el fondo por sifón, cambiando 20% del agua por agua de mar limpia y microalgas. Se verifica que la concentración de rotíferos sea de 10 - 15 / ml. Este procedimiento se repite todos los días.

A los siete días, las larvas empiezan a alimentarse adicionalmente con nauplios de *Artemia*, a razón de 1 - 2 / ml, hasta los nueve días. Las larvas de 10 días se alimentan con menos rotíferos (5 - 7 / ml); se les aumenta la concentración de nauplios de *Artemia* de 2 - 3 / ml. Esta cantidad de alimento se mantiene hasta los 14 días.

Después de los 15 días, las larvas grandes (5 - 8 mm) se separan y se mantienen en densidades de 2 - 4 larvas / l y se alimentan dos veces al día con rotíferos (5 - 7 / ml) y nauplios (2 - 3 / ml) hasta los 19 días (las larvas pequeñas continúan con la misma alimentación).

Las larvas grandes de 20 días reciben un cambio de agua de 60% y se alimentan con nauplios y adultos de *Artemia* de 1 - 2 / ml. A los 25 días los alevines de 8 - 10 mm se cultivan en densidades de:



Edad día	Tamaño Larvas / alevines (mm)	Densidad Larvas / alevines / l	Alimentación	Recambio Agua / día (%)	Limpieza de fondo
0			sin alimento	sin cambio	no
1	1.5	30 - 40	sin alimento	sin cambio	no
2	—	—	1 vez por día: 10 - 15 rotíferos / ml, y 10 - 20% microalga	sin cambio	no
3	1.5 - 5	—	igual	20	sí
7	—	—	igual + <i>np. Artemia</i> (1 / ml)	50	sí
10	—	—	< rotíferos 5 - 7 / ml y > <i>np. Artemia</i> 2 - 3 / ml	50	sí
15	—	—	sin alimento (sólo más grandes)	50	sí
16	5 - 8	2 - 4	inicio alimento 2 / día <i>np. Artemia</i> (2 - 3 ml)	50	sí
20	8 - 10	1 - 2	2 veces / día <i>np. Artemia</i> y <i>Artemia</i> adulta (1 - 2 / ml)	80	sí
25	10 - 13	1 - 1.5	igual + pescado macerado en proporción 10 - 15%	100	sí
30	13 - 25	0.5 - 1	se inicia alimentación 4 veces / día con solo pescado macerado	100	sí
35	25 - 30	0.5	s / alimento		

Los alevines se separan por tamaños (grande, mediano y pequeño). Los alevines grandes deben transferirse a las jaulas flotantes aproximadamente a los 35 días, cuando alcanzan el tamaño de 25 - 30 mm. Mientras, los alevines medianos y pequeños continúan su cultivo en los tanques de 1 m<sup>3</sup> en las condiciones antes mencionadas.

## CRECIMIENTO Y ENGORDA DE JUVENILES

Longitud total (cm)	Densidad (ind / m <sup>3</sup> )	Alimentación
2.5	150 - 200	Tres o cuatro veces al día se les suministra pescado picado en una proporción de 3 - 8% del peso total de los peces hasta la saciedad
7.5	100 - 150	Igual
10	50	Igual

## Presupuesto en material y equipo

### Inversión en pasivos

#### COLECTA, TRANSPORTE Y MANTENIMIENTO DE REPRODUCTORES

Lancha de fibra de vidrio, 18 pies . . . . .	6,000.00
Motor fuera de borda de 55 HP . . . . .	9,000.00
Anzuelos diferentes medidas . . . . .	50.00
2 recipientes de fibra de vidrio para transporte de peces con capacidad de 0.5 m <sup>3</sup> . . . . .	1,600.00
Recipiente cilíndrico (fibra de vidrio), de mil litros para transporte de peces . . . . .	800.00
Doce redes de cuchara . . . . .	250.00
Jaula flotante (10 por 10 por 3 m) . . . . .	10,000.00
Quince cánulas plásticas 1 mm . . . . .	75.00
3 termómetros con cubierta metálica, de -10 a 75° C. . . . .	300.00
20 cubetas de plástico de 20 litros. . . . .	400.00
<b>Subtotal. . . . .</b>	<b>28,475.00</b>

## CULTIVO DE PLANCTON

10 tanques de fibra de vidrio, de 4 m <sup>3</sup> para cultivo de microalgas .....	40,000.00
Reactivos grado industrial* .....	3,641.00
Reactivos grado técnico* .....	3,528.00
10 tanques de fibra de vidrio, de 2 m <sup>3</sup> para cultivo de rotíferos .....	30,000.00
Jaula flotante de 3 por 2 por 1 m de malla nylon, (mosquitero), de 1 mm para colecta de copepodos .....	2,000.00
5 tanques cilindro - cónicos de fibra de vidrio, de 100 litros para cultivo <i>Artemia</i> .....	4,750.00
20 lb de quistes <i>Artemia</i> .....	3,500.00
Soplador Turbo Blower, de 4 HP .....	7,168.00
Dos aparatos de aire acondicionado .....	10,000.00
20 garrafones de vidrio, de 600 litros .....	700.00
20 tapones de hule números 8 y 9 .....	100.00
Olla de presión con capacidad de 30 litros .....	650.00
10 matraces vidrio Pyrex de 2000 ml .....	1,400.00
10 matraces vidrio Pyrex de 1000 ml .....	1,200.00
Subtotal .....	108,637.00

## PARA EL DESOVE

3 tanques de concreto de 30 m <sup>3</sup> .....	40,000.00
2 bombas eléctricas con impelente de plástico o acero inoxidable de 5 HP para un gasto de agua de mar de 6 m <sup>3</sup> / h .....	20,000.00
Hormonas HCG y LH - RHa .....	1,140.00
3 probetas de vidrio graduadas (1 lt) .....	450.00
Balanza digital marca Ohaus, con precisión de 0.01 g. ....	1,500.00

Microscopio compuesto contraste de fases ..	4,505.00
<b>Subtotal</b> .....	67,895.00

## PARA EL CULTIVO DE LARVAS

10 tanques de fibra vidrio o lona plástico PVC, de 1 m <sup>3</sup> .....	10,000.00
Bomba de agua marina de 1 / 4 HP .....	1,800.00
Bomba de 12 voltios cap. de 500 gal / h .....	1,350.00
Oxímetro .....	1,680.00
Refractómetro .....	540.00
Kit para NH y NO .....	1,750.00
Extrusor de carne mediano .....	2,500.00
<b>Subtotal</b> .....	20,620.00

## PARA EL CULTIVO DE JUVENILES

Dos jaulas flotantes (12 por 8 por 2.5 m) ..	22,000.00
Suplemento diario de pescado .....	10.00
Motobomba de gasolina de 3.4 HP .....	6,000.00
Subtotal .....	28,010.00
Instalación de red hidráulica y drenaje, construcción de caseta de bombeo y toma de agua de mar ..	30,000.00
<b>Subtotal</b> .....	30,000.00
<b>TOTAL COSTO ACTIVOS FIJOS</b> .....	283,637.00

De acuerdo con este planteamiento, la inversión sólo por concepto de activos fijos para una producción de robalo de 3,000 peces por jaula es de N\$ 283,637.00, aproximadamente. Esta estimación no incluye el costo del terreno, ni los costos de los permisos de uso del suelo y construcción, ya que en México no existe un prototipo o modelo de "granja" actualmente en operación con un ciclo de producción cerrado.

Como ya se dijo, todavía no se ha desarrollado una tecnología de producción masiva. Sin embargo, esto puede subsanarse asociándose a alguna institución o centro de investigación que cuente con la mayor parte de la infraestructura ya instalada. El Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC (Cibnor), como sociedad civil, puede prestar a un inversionista o capitalista interesado instalaciones, infraestructura y asesoría técnica para la incubación de una empresa con capital de riesgo compartido.

Si suponemos una piscifactoría mediana (de alrededor de 500 jaulas) y aplicamos el esquema de producción sugerido, tenemos:

Producción neta: 3000 peces / jaula

Talla comercial: 300 gramos, aproximadamente

Volumen de producción neta / jaula = 450 toneladas

Precio de mercado de robalo a talla 300 gramos =  
N\$ 18.00

INGRESO ABSOLUTO: Volumen de la producción  
neta, a precio de mercado: N\$ 8,100,000.00

## Literatura citada

- Álvarez - Lajonchere L. y O.G. Hernández - Molejón. 1994. *Manual técnico para producción piloto de juveniles de peces marinos*. Ed. C.I.P. Cuba. La Habana, Cuba. 116 pp.
- Boyton, W.R., W.M. Kemp & C.W. Keefe. 1982. *A Comparative Analysis of Nutrientes and other Factor Influencing Estuarine Phytoplankton Production*. pp. 69 - 90 en V.S. Kennedy (Ed.) *Estuarine Comparisons*. Academic Press, Inc. New York. 710 pp.
- Chávez, H. 1963. *Contribución al conocimiento de la biología de los robalos, Chucumite y Constantino (Centropomus spp) del estado de Veracruz (Pisc. Centrop.)* Ciencia, Méx., 22(5):141 - 161.
- Chung, K.S. 1981. *Critical Thermal Maxima of some Tropical Fishes of the Northeastern Venezuela*. 573 - 589. En S. Gómez - Aguirre (ed.) *Memorias VII Simposio latinoamericano sobre oceanografía biológica*. 15 - 19 nov. 1981. 757 pp.
- Coll Morales, J. 1983. *Acuicultura: Marina animal*. Ed. Mundiprensa, Madrid, España, 237 - 371 pp.
- De Paiva, M.E., R.E. De Paiva y Y. Okada. 1980. *Polyculture of Lebranche Mullet (Mugil brasiliensis Agassiz, 1829) White Mullet (Mugil curema velenciennes,*

- 1836) and common Snook (*Centropomus undecimalis* Block, 1792) in *Estuarine Ponds from Itamaraca, Pernambuco*. First Brazilian Symposium on Aquaculture. 141 - 149 pp.
- FAO - UNDP 1982. *Training Course on Seabass Spawning and Larval Rearing Held at the National Institute of Coastal Aquaculture (NICA)*. Songkhla, Tailandia. 1 - 20 de junio.
- Green, Y.A. 1993. *Ictioplancton del canal agua dulce, estero Huizache - Caimanero, Sin.* Tesis maestría CICMAR / IPN. 68 pp.
- Hirata 1975. *Preliminary report on the photoperiodic acclimation for growth of Chlorella cells in synchronized culture*. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 24:1 - 6.
- Hirata H. & M. Murakoshi, 1977. *Effects of aeration volume on the growth of marine Chlorella in culture*. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 26, pp. 15 - 21.
- Howells, R.G., A.J. Sonski, P.L. Shafland, B.D. Hilton. 1990. *Lower Temperature Tolerance of Snook, Centropomus undecimalis*. Northeast Gulf Sci. 11(20):155 - 158).
- Tizawa M. y A. Avilés Q. 1990. *Cultivo de peces marinos de importancia comercial*. Informe interno. Instituto Nacional de Pesca. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras. La Paz, BCS., México.
- Johnson, G.D. 1984. *Percoidei: Development and Relationships*. 464 - 498. En H.G. Moser, W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendal, Jr., S.L. Richardson (eds.) *Ontogenia and Systematics of Fishes*. Pub. Spec. 1 Am. Soc. Ichthyologists and Herpetologists.

- Lau, S..R. y P. Shafland. 1982. *Larval Development of Snook Centropomus undecimalis (pisces: Centropomidae)*. Copeia 1982 (3): 618 - 627.
- Mago Lecia, F. 1965. *Contribución a la sistemática y ecología de los peces de laguna de Unare, Venezuela*. Bull. Mar. Sci. 15(2): 274 - 330.
- Roberts, D.E. Jr, 1987. *Induced Maturation and Spawning of Common Snook, Centropomus undecimalis*. Proceedings 38th Annual Meeting of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute, p. 222 - 230.
- Roberts, D.E. Jr, 1990. *Snook (Centropomidae) and Grouper (Serranidae) Mariculture in the Gulf of Mexico and Caribbean Basin*. En: *Advances in Tropical Aquaculture: Workshop held in Tahiti, french Polynesia*. February 20 - March 4, 1989.; IFREMER. SDP; Plousane (France); p. 48 Actes Colloq. IFREMER. No. 9.
- Rodríguez R.J., Abitia L.A., dela Cruz J. y Galván F. 1992. *Lista sistemática de los peces marinos de Bahía Concepción, Baja California Sur, México*. Ciencias Marinas, 18:(4): 85 - 95 pp.
- Shafland, P.L., y D.H. Koehl. 1979. *Laboratory Rearing of the Common Snook*. Proc. Ann. Conf. S.E. Assoc. Fish & Wildl. Agencies 33: 425 - 431. Copia.
- Shafland, P.L. y K.J. Foote. 1983. *A Lower Temperature for Fingerling Snook, Centropomus undecimalis*. Northeast Gulf Sci., 6,2:175 - 177.
- Torrentera Blanco, L 1983. *Cultivo semicontinuo de Chlorella saccharophila Krüger*. Tesis Esc. Nal. Est. Prof. Iztacala, UNAM, México, DF. 68 pp.
- Tucker, J.W. Jr. 1989. *Research on Coastal Finfish Aquaculture in Florida and Australia*. 415 - 419. En: *Proceed-*

*ings of the Thirty Ninth Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, Hamilton, Bermuda, noviembre 1986. 1989. Proc. G. Caribbean Fish Inst. 39.

Tucker, J.W. 1987. *Snook and Tarpon Snook Culture and Preliminary Evaluation for Commercial Farming*. Prog. Fish - Cult. 49(1): 49 - 57.

Vasconcelos Filho, A de L. y E.M. Braga Galiza. 1980. *Feedings Habits of two Centropomidae Fish (Centropomus undecimalis and C. paralellus, Cultured in vivariums of the Itamaraca Region, Pernambuco, Brazil*. Rev. Nordestina Biol., Vol. 3 No. especial, 111 - 122 pp.

## Glosario

*Acuacultura*. Cultivo de organismos acuáticos bajo condiciones controladas al menos en una fase de su ciclo vital.

*Alevín*. Eleuteroembrión.

*Alimentación exógena*. Primeros alimentos ingeridos después de la eclosión. Coincide con la desaparición del vitelo.

*Ambiente*. Todos los factores bióticos y abióticos que afectan a un organismo en cualquier punto de su ciclo vital.

*Arribazón*. Entrada de uno o más cardúmenes a un área determinada.

*Cadena trófica*. Relación de dependencia alimenticia en la obtención de la energía. En el mar se inicia con el fitoplancton y la cúspide que son los grandes depredadores.

*Comunidad*. Conjunto de poblaciones de organismos vivos en un área determinada.

*Corion*. Membrana extraembrionaria que forma la envoltura externa del embrión y demás capas (cascarón).

*Cría*. Individuo sujeto a crianza.

*Crianza*. Alimentación y crecimiento.

*Desove*. Lanzamiento de óvulos al medio ambiente.

*Destete.* Cambio de alimentación de larvas de peces, de alimento vivo producido en cultivos de apoyo, a peletizados y / o alimento picado, (pescado, calamar, etcétera).

*Eclosión.* Salida al exterior del embrión al romper el corión.

*Eleuteroembrión.* Estadio de vida que se comienza con la eclosión, dura mientras el pez se alimenta de la reserva del saco vitelino y termina cuando la energía se obtiene a partir del alimento ingerido, (alimentación exógena).

*Estacional.* Que se presenta en una estación del año.

*Estuario.* Cuerpo de agua de mar protegido con una alta influencia continental y aporte significativo de agua dulce.

*Eurihalina.* Que soporta un rango muy amplio de salinidad.

*Fecundación.* Formación del cigoto al unirse el espermatozoide al óvulo.

*Fertilización.* En manejo de reproductores, combinar las células sexuales de ambos sexos, o la agregación de nutrientes a estanques o medios de cultivo.

*Fitoplancton.* Conjunto de algas microscópicas que en condiciones naturales son arrastradas por las corrientes.

*Fotoperiodo.* Proporción de tiempo entre el día y la noche que varía estacionalmente. En cultivos se puede inducir al desove porque el fotoperiodo es indicador; controla también salinidad y temperatura que son los disparadores del desove.

*Granja.* Conjunto de instalaciones de producción.

*Granja tipo.* Conjunto de instalaciones ideales en cuanto a características y especificaciones.

*Hábitat.* Lugar físico donde viven los organismos; está relacionado íntimamente con las necesidades biológicas de la especie.

*Hormona.* Sustancia producida por una glándula con una función y efecto específico en un organismo.

*Ictioplancton.* Subconjunto de zooplancton formado por estadios larvarios de peces.

*Incubación.* Periodo de desarrollo dentro del huevo.

*Intermareal.* Entre el rango de mareas, pleamar y bajamar. En estanquería esta característica es utilizada para mantener un nivel deseado al manipularse un control de flujo.

*Jamo.* Tapo.

*Juvenil.* Organismo con todas las características de los adultos, pero no presentan desarrollo gonadal.

*Laguna costera.* Cuerpo de agua de mar protegido con un canal de comunicación al mar abierto reducida y con alta influencia continental.

*Larva.* Estadio que se presenta desde la eclosión hasta la etapa prejuvenil sin incluirla.

*Marea.* Nivel del mar que varía en función de las posiciones astronómicas de la luna y el sol por su atracción gravitacional. Los pescadores le llaman marea a una jornada de captura.

*Metabolismo.* Conjunto de reacciones químicas que se efectúan dentro de un organismo, cubriendo todas las funciones vitales.

*Morfología.* Estudio de la forma, estructura y desarrollo de los organismos.

- Patógeno.* Organismo o microorganismo que ocasiona una enfermedad.
- Pelágica.* División primaria del ambiente marino que incluye toda la columna de agua, excepto la influida por el fondo marino y el fondo mismo.
- Piscicultura.* Conjunto de técnicas para producir especies de peces en condiciones controladas.
- Población.* Grupo de organismos de una especie que ocupan un espacio dado en un momento específico.
- Prejuvenil.* Estadio larvario avanzado donde se tiende a presentar las características morfológicas de los adultos.
- Tapo.* Cuerpo de agua con una boca muy reducida con una trampa de nivel (palos, troncos de mangle, etc.). Con marea alta quedan cubiertos pero al bajar la marea cierran el paso a animales grandes.
- Taxonomía.* Es el estudio de las reglas, principios y práctica del modo correcto de nombrar a las especies.
- Saco vitelino.* Reservorio del vitelo.
- Salobre.* De salinidad intermedia entre el agua de mar oceánica y agua dulce.
- Sistemática.* Es el estudio de las reglas y principios de la clasificación de agrupación de especies en grupos superiores. (Géneros, familias, etcétera).
- Supralitoral.* Sobre el nivel de mareas los estanques con esta característica necesitan un mecanismo de bombeo de agua y control de drenado.
- Sobrevivencia.* Proporción o porcentaje, dependiendo del índice utilizado, de individuos vivos después de un experimento o estadio de vida.

- Vitelo.* Reserva energética utilizada para completar el desarrollo embrionario. En peces persiste después de la eclosión.
- Zooplankton.* Conjunto de microorganismos no sintetizadores y organismos en general que presentan una reducida movilidad horizontal propia; son arrastrados por las corrientes.

**DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DEL CULTIVO DEL ROBALO**  
es una publicación del  
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC  
Apartado Postal 128, La Paz, Baja California Sur, CP 23000

ISBN 968-6837-08-6

Editado e impreso en México