

EL OCÉANO Y SUS RECURSOS XI. Acuicultura

Autor: JUAN LUIS CIFUENTES LEMUS / MARÍA DEL PILAR TORRES-GARCÍA / MARCELA FRÍAS MONDRAGÓN

- [COMITÉ DE SELECCIÓN](#)
- [EDICIONES](#)
- [PRÓLOGO](#)
- [NOTA](#)
- [I. ESTADO ACTUAL DE LA ACUICULTURA](#)
- [II. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE LA ACUICULTURA](#)
- [III. PISCICULTURA](#)
- [IV. EL CULTIVO DE MOLUSCOS](#)
- [V. EL CULTIVO DE LOS CRUSTÁCEOS](#)
- [VI. EL CULTIVO DE LAS ALGAS](#)
- [VII. EL CULTIVO DE LAS ESPONJAS](#)
- [VIII. EL CULTIVO DE LAS RANAS](#)
- [IX. LA ACUICULTURA Y LA PROTECCIÓN DE ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN](#)
- [X. EL FUTURO DE LA ACUICULTURA](#)
- [APÉNDICE](#)
- [GLOSARIO](#)
- [BIBLIOGRAFÍA](#)
- [COLOFÓN](#)
- [CONTRAPORTADA](#)



COMITÉ DE SELECCIÓN

Dr. Antonio Alonso

Dr. Gerardo Cabañas

Dr. Juan Ramón de la Fuente

Dr. Jorge Flores Valdés

Dr. Leopoldo García-Colín Scherer

Dr. Tomás Garza

Dr. Gonzalo Halffter

Dr. Raúl Herrera

Dr. Jaime Martuscelli

Dr. Héctor Nava Jaimes

Dr. Manuel Peimbert

Dr. Juan José Rivaud

Dr. Julio Rubio Oca

Dr. José Sarukhán

Dr. Guillermo Soberón

Coordinadora:

María del Carmen Farías

Inicio |



Primera edición (La Ciencia desde México), 1990

Tercera reimpresión, 1995

Segunda edición (La Ciencia para Todos), 1997

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra

—incluido el diseño tipográfico y de portada—, sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento por escrito del editor.

La Ciencia para Todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de la Secretaría de Educación Pública y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

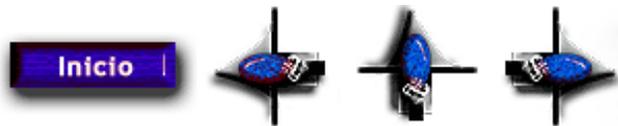
D.R. © 1990 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, SA. DE C. V.

D.R. © 1997 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Carretera Pícasto-Ajusco 227, 14200 México, D.F.

ISBN 968-16- 5242-8

Impreso en México



PRÓLOGO

Fecunda idea es la publicación de *El océano y sus recursos*, primer libro de su índole en México, ya que la extensión y variedad de sus costas, bañadas por los dos mayores océanos del planeta, le ofrecen valiosos tesoros, cuyo aprovechamiento total no podrá lograrse sin que se cuente con un cúmulo de conocimientos científicos sobre el tema.

México, como se ha dicho, ha vivido "de espaldas al mar", dando mínima atención al debido aprovechamiento de sus recursos marinos. Y, desde luego, prácticamente ninguna a la investigación científica de sus variados recursos. Hace apenas seis lustros que se dieron, en 1923 y 1926, los primeros y más modestos pasos al respecto, promovidos por el más brillante biólogo que ha producido México, Alfonso L. Herrera, en la benemérita Dirección de Estudios Biológicos, que había fundado en 1915 y a cuyo frente se encontraba. En tal trabajo participó quien esto escribe, y que posteriormente inició, en 1934, la primera cátedra de hidrobiología y pesca en la Escuela Nacional de Agricultura.

Para entonces ya existían algunos centros de investigación, que paulatinamente fueron creciendo en número. Y también planteles profesionales en que se formaban los nuevos investigadores. Los más activos eran la Facultad de Ciencias (UNAM) y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (IPN).

En la Facultad de Ciencias, desde 1962, el maestro Juan Luis Cifuentes tenía a su cargo —y la tiene aún— una cátedra de zoología de invertebrados, que con sus sólidos conocimientos y dinamismo no tardó en convertirse en polo de atracción para los alumnos que anhelaban formarse bajo las enseñanzas del brillante catedrático, quien en el periodo 1973-1977 fue designado director de la Facultad de Ciencias. Esta institución recibió entonces un notable impulso en sus diversas ramas, en un tiempo que puede ser considerado como la Edad de Oro del Departamento de Biología.

Paralelamente a estos desarrollos, se había ido acumulando una abundante y sólida bibliografía especializada, de gran valor de consulta, para guiar las investigaciones marinas, pero faltaba una obra, escrita por mexicanos, que pudiera servir al lector deseoso de tener una visión panorámica de la materia. *El océano y sus recursos* viene hoy a llenar ese vacío. En esta serie de doce volúmenes, cuidadosamente equilibrados, se enfocan todos los ángulos de las investigaciones oceánicas, con especial referencia a los aspectos biológicos y muy particularmente a la pesca, que cada día va tomando mayor importancia en la economía mexicana.

La solidez y autoridad de la obra la avala el nombre de sus autores: el maestro por antonomasia, Juan Luis Cifuentes, y dos de sus más brillantes discípulas y colaboradoras: la maestra en ciencias María del Pilar Torres García y la bióloga Marcela Farías Mondragón.

Para mí, que he tenido la incomparable oportunidad de ver crecer la biología mexicana desde sus albores hace más de seis décadas, y que di mis primeros pasos de investigador en el campo de la hidrobiología, es una satisfacción y un honor que Juan Luis Cifuentes, mi discípulo de antaño y hoy brillante colega a quien tanto estimo, me haya honrado pidiéndome estas líneas, que con placer he redactado.

ENRIQUE BELTRÁN

Inicio |



NOTA

Al presentar esta serie de doce volúmenes sobre el océano y sus recursos se tiene el propósito de dirigirla a los jóvenes que cursan las enseñanzas media-básica y superior, y dar al público en general una información amena y sencilla sobre el maravilloso mundo que representan los océanos. Todo ello para despertar interés hacia los fenómenos que suceden en la inmensidad de sus aguas y sobre los recursos que contienen.

En este décimo primer volumen se presenta un análisis del desarrollo de la acuicultura a nivel mundial y en particular de lo que se hace en México.

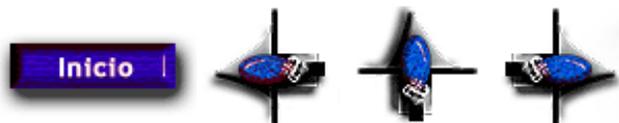
Se pone en conocimiento del lector el estado actual de la acuicultura, así como los procedimientos generales que se emplean en esta biotecnología.

Se describen los principales tipos de cultivo de organismos acuáticos como el de los moluscos, crustáceos, algas, esponjas, ranas) así como el cultivo de peces o piscicultura.

También se analiza la acuicultura, como un medio para la protección de especies en peligro de extinción y se pone de relieve el futuro que representa para que el hombre pueda producir el alimento que tanto necesita.

Con la información que se presenta en este volumen, queda completo el conocimiento sobre los organismos del océano y el lector estará preparado para el próximo libro en que se trata el futuro de los océanos.

Los Autores



I. ESTADO ACTUAL DE LA ACUICULTURA

UNO de los problemas fundamentales a los que se enfrenta la población mundial, que presenta un crecimiento constante, es el de la producción de alimentos, ya que la mayor parte de aquélla se encuentra limitada a una dieta deficiente en proteínas. El problema se complica debido a la diferencia en el poder económico que existe entre los países desarrollados y los que se encuentran en vías de desarrollo.

En los países ricos, donde se consumen productos de alta calidad que resultan escasos y difíciles de conseguir, las exigencias de alimento tienen solución, debido a que cuentan con los recursos económicos suficientes para pagarlos; pero en los llamados del Tercer Mundo es necesario contar con alimentos baratos y en cantidades suficientes para resolver sus necesidades y evitar que su población siga presentando una alimentación deficiente, lo que ha venido ocurriendo desde hace muchos años.

La producción de alimentos se basa en las actividades agrícolas, ganaderas y pesqueras, pero la producción que se obtiene de ellas responde cada vez menos a las necesidades de la población mundial.

El sector pesquero es el que posiblemente tiene mayores problemas, debido a que su actividad principal es la recolección de organismos vivos del mar, dejando a la naturaleza todo el ciclo de producción.

En un principio la cantidad espectacular de alimento que presentaron las capturas mundiales produjo muchas esperanzas acerca de la utilización de los recursos marinos en la solución de la nutrición humana; pero durante los últimos años el problema de la pesca excesiva ha traído como consecuencia la disminución de las reservas naturales, lo que ha demostrado que estos recursos tienen una capacidad limitada, sobre todo las especies que tradicionalmente se capturan. Este proceso, además, ha afectado sensiblemente la economía de los países.

Es evidente que los recursos que existen en el medio acuático no son inagotables y que la presión que se hace sobre ellos es cada vez mayor, debido a que las flotas internacionales de pesca, dotadas de una tecnología perfeccionada, no consideran los trastornos ecológicos que están produciendo, en especial lo relacionado con las cadenas de alimentación y la renovación de las poblaciones de organismos, ya que al capturar un número elevado de posibles reproductores, hacen que las posibilidades de cruce de la especie disminuyan y, por lo tanto, su "mejoramiento genético" es menor, lo que trae como consecuencia que las poblaciones de la especie sean débiles.

Además algunos sistemas de captura, como la pesca de arrastre, ocasionan modificaciones graves en el hábitat de los organismos y a esto se le puede agregar que sólo se aprovechan las especies de alto rendimiento económico y que las otras se regresan al mar. También que la demanda de ciertos productos, como la harina de pescado, hace que se quemen organismos para producirla en vez de consumirlos directamente, todo esto en detrimento de la alimentación humana.

Se tiene que considerar también que, en la industria pesquera, los países desarrollados tradicionalmente han buscado el "colonialismo" de los países en vías de desarrollo y explotado frecuentemente sus caladeros, sin que los Estados ribereños reciban la compensación adecuada a la pérdida de sus recursos.

Los administradores y los científicos pesqueros se dieron cuenta de que el problema de la alimentación mundial no se podía resolver con sólo incrementar la captura de alimentos marinos, y que se tenía que buscar el paso de la "pesca-recolección", hacia el cultivo de los organismos que viven en los cuerpos de agua. Así, de manera paralela con la pesca surgió una nueva rama de la ciencia pesquera, la *acuicultura*.

Los investigadores y los técnicos han estudiado la biología de los recursos pesqueros con el fin de evitar el agotamiento de las especies de interés comercial, para poder desarrollar la acuicultura y así colaborar a conservar estos recursos y tratar de obtener más para solucionar el problema de la mala nutrición.

La definición de acuicultura ha sido muy discutida y puede hacerse de acuerdo con su etimología como el "cultivo de especies acuáticas", sin embargo, esta definición se ha complementado por investigadores como Idyll, quien escribe lo siguiente: "cría de especies acuáticas útiles, controlando de alguna forma los organismos en cuestión con su ambiente."

Estas definiciones resultan generales y vagas y por eso los estudiosos la han ampliado para llegar a un acuerdo, siendo una de las más aceptadas la que dice: "La acuicultura es una biotécnica cuyos métodos y técnicas abarcan el manejo y control total o parcial de los cuerpos de agua y de sus recursos bióticos, con el objetivo de lograr su aprovechamiento socioeconómico, o bien por interés de tipo biológico."

Las primeras noticias que se tienen sobre acuicultura datan del año 2 000 a.C., tiempo en que los japoneses cultivaban ostras en sus zonas intermareales, actividad que, según Aristóteles, también se desarrolló en Grecia y según Plinio en Roma 100 años antes de Cristo.

En China el erudito Fan-Li, en el año 475 a.C., escribió el primer libro sobre acuicultura del que se tienen noticias, con base en la experiencia en la cría y cultivo de peces como la carpa común, que debe haber adquirido del cultivo que montó en Wushi, provincia de Kiangsu, en la China oriental y de quien se dice que sostenía: "Dadme dos peces y llenaré cualquier estanque."

En esta obra proponía a la piscicultura "entre una de las cinco formas, por medio de las cuales el hombre, a partir tan solo de su ingenio y de su trabajo podría enriquecerse en pocos años". Para ello, aconsejaba "la construcción de un estanque de 500 hectáreas, dividido en 9 secciones dispuestas con vegetales apropiados en las que, en las épocas de Luna, se introducían 20 carpas hembras adultas, acompañándolas de cuatro machos; si no se producen disturbios naturales, los peces se reproducen por cientos de millares

En aquella época también se cultivó la acuicultura entre los pueblos egipcios, hindúes, persas y hebreos, que cultivaron peces en estanques bien diseñados.

Después viene un tiempo del que no se cuenta con información y es hasta la Edad Media cuando, en los pergaminos dejados por la Iglesia, se informa que en los conventos de Europa se contaba con viveros de peces donde se lograron cultivar carpas, tinacas y lucios, habiéndose desarrollado técnicas para el cultivo de las truchas que todavía en la actualidad constituyen la base del cultivo de estos peces.

En el siglo XIV el religioso francés Dom Pinchon logró incubar huevos de trucha que recolectó en los ríos, donde estos peces se reproducen. En el siglo XVIII el alemán Jacobi logra fecundar huevos de trucha y de salmón, publicando sus resultados en 1758. Con ellos, los pescadores franceses Joremy y Gehin en 1844 obtuvieron una cantidad considerable de alevines que utilizaron para repoblar.

Por lo anterior, se puede considerar que el inicio formal de la acuicultura se presentó en el siglo XVIII cuando se logra la fecundación artificial de los peces, que permitió aplicar criterios de selección genética, básicos para la cría de animales en cautiverio, y que en el siglo XIX se hace del dominio público, construyéndose la primera estación de piscicultura en Huningue.

A partir de ese momento, la acuicultura se extiende por toda Europa y llega a América, principalmente a los Estados Unidos. En Japón, durante todo este periodo, se avanzó considerablemente llegándose a cultivar no sólo especies de agua dulce, sino también algunas marinas, así como algas comestibles.

En la actualidad, el desarrollo de la acuicultura ha alcanzado en algunos países niveles elevados como es el caso de China, que tiene la mayor producción mundial, y Japón que cultiva una gran variedad de especies acuáticas.

Con estos avances de la acuicultura se está tratando de ayudar a resolver el creciente problema del hambre en el mundo, mediante una zootécnica racional, altamente tecnificada y aplicada en gran escala. Sin embargo, es muy difícil determinar la producción cultivada a escala mundial porque muchos países reportan su captura anual sin distinguir la acuicultura de la extraída de las aguas.

Se estima que actualmente se obtienen cerca de 10 millones de toneladas de especies cultivadas, correspondiendo 66% a peces, 17% a algas 15% a moluscos y 2% a crustáceos; siendo los principales países productores China, Japón, India, Corea del Sur, Unión Soviética, España y Estados Unidos.

China	40.0
Japón	15.0
India	8.0
Corea del Sur	7.0
Unión Soviética	5.0
España	3.5
Estados Unidos	3.0
Indonesia	2.5
Filipinas	2.0
Formosa	2.0
Tailandia	1.5
Francia	1.5
Otros países	9.0

Esta producción representa la de los diferentes países, que cultivan peces y crustáceos, así como ostras de mar, mejillones, almejas y berberechos, que pertenecen a los moluscos; además de algas.

Japón, que cultiva principalmente ostras y algas, además de peces, crustáceos y ostras de mar; y Formosa, que produce peces, crustáceos, almejas, berberechos y algas, son los países con mayor diversidad de cultivos.

La distribución de la producción de la acuicultura en los continentes es como sigue: Asia 81.5% formado por peces, crustáceos, moluscos y algas; Europa 8.5%, peces y moluscos; Unión Soviética 4.0%, peces; América 3.5%, peces, crustáceos y moluscos; África 1.5% de peces y moluscos; y Oceanía el 1% de moluscos.

En América Latina la acuicultura es relativamente nueva, por lo que no existen tradiciones que permitan el desarrollo en otras regiones, pero su potencial es muy grande y con una buena planificación se podrán establecer programas importantes. Los principales países que la desarrollan son Brasil, Cuba, Chile, Ecuador, El Salvador, México, Paraguay y Puerto Rico.

La República Popular de China, con una población actual que rebasa los 800 millones de habitantes, cuenta con 20 millones de hectáreas de zonas de agua dulce, de las cuales la tercera parte es aprovechada en la piscicultura, 60% en estanques piscícolas y 40% en lagos y embalses. En estos cuerpos de agua viven 500 especies de peces, pero las cuatro que predominan en la producción piscícola, llamadas por esto *peces de familia o carpas chinas principales*, son: la carpa herbívora, la carpa negra, la carpa plateada y la carpa de cabeza grande, combinándolas en *cultivos mixtos* con la carpa de fango, la carpa común, el carpín, el pez wuchang y la tilapia, así como con los depredadores pez mandarín y ofiocéfalo.

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	carpa herbívora
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	carpa negra
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	carpa plateada
<i>Aristichthys nobilis</i>	carpa de cabeza grande
<i>Cirrhinus molitorella</i>	carpa de fango
<i>Cyprinus carpio</i>	carpa común

<i>Carassius auratus</i>	carpín
<i>Megalobrama amblycephala</i>	pez wuchang
<i>Tilapia mossambica</i>	tilapia
<i>Tilapia nilotica</i>	tilapia
<i>Siniperca chautsi</i>	pez mandarín
<i>Ophiocephalus argus</i>	ofiocéfalo

La piscicultura que se realiza en China se puede dividir en dos tipos principales: la que se hace en estanques, en los que a las crías producidas se les proporciona alimentación suplementaria, y la piscicultura que se realiza en embalses y lagos.

En los estanques se llega a cultivar hasta nueve especies de hábitos alimentarios diferentes, con el fin de aprovechar al máximo los elementos nutritivos; por ejemplo, se cultiva carpa herbívora, que come plantas grandes que nacen en el fondo, o en las laderas del estanque; carpa cabeza grande, que se alimenta de zooplancton; carpa negra, que come caracoles; carpa de fango, que consume la sustancia orgánica en descomposición que está en el fondo; y la carpa común, cuyo alimento son los invertebrados que viven en los estanques.

Con la experiencia obtenida, en los últimos años han iniciado el cultivo de dos especies de tilapias, la mossambica y la nilótica. Las especies se siembran calculando la cantidad de alimento correspondiente y los peces se trasladan a estanques sucesivos a medida que crecen.

También en China cuentan con granjas donde combinan las actividades agrícolas y ganaderas con las piscícolas, aprovechando los residuos de una de estas actividades para estimular la producción de la otra; es el caso del aprovechamiento del estiércol animal para fertilizar los estanques y abonar la tierra de cultivo. Los chinos han llegado a relacionar su acuicultura con la producción de seda, debido a que en los bordes de los estanques crece la morera, planta que constituye el principal alimento de los gusanos de seda; a su vez, el agua se utiliza para deshilar capullos, así como las heces y restos de los gusanos sirven para fertilizar los estanques.

El objetivo fundamental que China ha marcado en sus programas de investigación, enseñanza y capacitación para la acuicultura, es que tiene que servir a la producción y lo ha logrado integrando los equipos que llaman "tres en uno", es decir, trabajan juntos los directivos, los investigadores y un acuicultor y así resuelven los problemas de la producción juntos, o bien, los maestros, los investigadores y los acuicultores, enseñan unos a otros, aprenden unos de otros.

Por ejemplo las actividades conjuntas permitieron aislar una bacteria que produce unos tumores en las agallas o branquias de la carpa herbívora, impidiéndole su respiración normal y haciendo que su cabeza y boca adquieran color blanquecino. Los estudios prácticos aislaron la bacteria y desarrollaron un método para la profilaxis y curación de la enfermedad.

El costo del pescado en China es menor que el de la carne y el de las aves y, según la FAO, un kilogramo de carne de cerdo de primera calidad está a 2.40 yuan, uno de pollo cuesta entre 2.50 y 3.00 yuan, mientras que el de pescado oscila entre 0.60 y 0.80 de yuan.

Las estrategias utilizadas en la acuicultura de la República Popular de China proceden de una larga tradición y sus ventajas económicas les están permitiendo tener gran difusión, y su adopción por muchos países en vías de desarrollo. Han logrado rendimientos superiores a los 13 mil kilogramos de pescado por hectárea, por año, mientras que en Estados Unidos, a pesar de la tecnología tan avanzada que utilizan, apenas alcanzan 3 mil kilogramos por hectárea, por año.

En Estados Unidos el interés por la acuicultura va en aumento constante, y sus científicos, que consideran que los océanos no son una fuente inagotable, piensan que la solución es la acuicultura, aunque en este país el enfoque es característico, ya que cultivan especies de alto valor comercial. En este país las granjas para cultivar truchas y bagres o barbos, han tenido mucho éxito y se considera que son uno de los negocios más productivos. Además,

cultivan langostinos, camarones y ostras, y según la mayoría de los expertos, este país cuenta con la información y tecnología suficientes para llevar a cabo el cultivo de muchas especies de organismos acuáticos con el éxito asegurado.

En Japón, segundo país en producción acuícola, también está muy desarrollada la investigación y la tecnología y se considera como el país con mayor número de tecnologías para el cultivo de especies acuáticas, siendo por ejemplo, el único país que, de manera rentable, cultiva los abulones llamados también orejas de mar y es también el primero en el cultivo de algas. La acuicultura japonesa es variada y comprende programas con objetivos sociales, así como otros que tienen como finalidad el ganar dinero y cultivar especies para obtener productos de ornato, como es el caso de la concha perlera, que les permite contar con una industria de perlas cultivadas.

En la actualidad, la acuicultura se practica de un modo o de otro en muchas partes del mundo; Francia es famosa por sus cultivos de ostras y por sus zoogranjas para el cultivo de la trucha; los fiordos noruegos se utilizan como pastizales para alimentar a las truchas; en Hungría se crían peces y patos en el mismo estanque; en Italia florecen los criaderos de truchas y otras especies finas.

En la Unión Soviética, en los últimos años, la acuicultura se ha intensificado y se dispone de áreas de embalses naturales y artificiales, que les permiten contar con granjas acuícolas suficientes para suministrar pescado a su población. Uno de los últimos éxitos de la acuicultura soviética es la hibridación de una subespecie de esturión, que no sólo aumentó su producción, sino que alcanza gran talla y mayor velocidad de producción de caviar.



Figura 1. Perlas cultivadas por japoneses.

También los soviéticos están realizando los sistemas de policultivo, es decir, en algunos viveros crían al mismo tiempo el peped, pez parecido al salmón, y carpas con gran éxito.

Asimismo, los técnicos de la Unión Soviética están relacionando la acuicultura con problemas de contaminación, ya sea para combatirla, como los millones de crías de peces herbívoros que se liberan en las presas para combatir las plantas acuáticas, o el cultivo de carpas en las aguas residuales de enfriamiento de las hidroeléctricas, para aprovechar el calor en el cultivo de estos peces.

Los científicos soviéticos consideran que la parte más importante de la acuicultura es su orientación a crear especies marinas, aunque este proceso sea más complicado; por esto están experimentando en los mares Caspio y Azor y tienen grandes viveros para la cría de salmón en el Báltico y en las costas del Pacífico. Actualmente estudian la reproducción y la migración del lenguado, el bacalao, el arenque, así como las ostras y las algas.

En el México antiguo, como en los demás países de Mesoamérica, la utilización del agua incluía prácticas de pesca y algunas actividades que se pueden considerar como de cultivo. En las zonas pantanosas de Tenochtitlán se consumían algas, insectos acuáticos, acociles, peces, salamandras y aves acuáticas.

En lo referente a los insectos, era común el consumo de las larvas de un mosquito con el que se prepara un alimento sabroso llamado *ahuauhtli*, pudiéndose considerar que las semicultivaban, ya que la huevo depositada en el tule por los moscos adultos la colocaban en lugares acuáticos más adecuados para su desarrollo.

El producto recolectado en depósitos de agua poco profundos y estancados, llamado *techilatli* o mata de algas, era utilizado para producir una especie de pan, y se cree que eran algas verde-azules del género *Spirulina*, que probablemente también cultivaron.

Otra actividad acuícola que realizaron los aztecas fue la de producir peces en estanques con fines posiblemente ornamentales o para alimentar a las aves acuáticas que tenían en cautiverio, en lo que se puede considerar como los primeros acuarios del mundo. Entre los antiguos mexicanos, posiblemente sólo los zapotecas cultivaron peces para la alimentación humana.

Durante el periodo virreinal y los primeros años de la Independencia, no se reportan datos precisos sobre la acuicultura, al parecer sólo en los conventos se llegó a cultivar peces en estanques, con fines de alimentación; por ejemplo en algunos monasterios de la ciudad de México, se cultivó el pescado blanco.

En el siglo XVIII Antonio Alzate, considerado el iniciador de la ciencia mexicana, realizó el primer intento formal de desarrollar la *piscicultura* en los lagos de Zumpango y Xochimilco. Posteriormente, en 1883, la Secretaría de Fomento, Colonización, Industria y Comercio inició la piscicultura formalmente en México y posiblemente en Latinoamérica, al encargarse a Esteban Cházari que escribiera un compendio sobre el tema.

El libro fue publicado en 1884 con el título de *Piscicultura en agua dulce*, y a partir de ese momento diversas instituciones inician programas de acuicultura, construyéndose la primera estación de piscicultura en la Hacienda de Tlaxcaltengo, en el Estado de México, y pocos años después la estación piscícola La Condesa que, como señala Cházari, estaba destinada a cultivar peces y realizar experimentos sobre su alimentación utilizando lombrices, moscos y pulgas de agua.

A finales del siglo XIX se hizo un esfuerzo importante que marca el inicio del cultivo de especies marinas y en San José y Cerralvo, Baja California, Gastón J. Vivés cultivó ostras perlíferas, en 1890, con técnicas avanzadas que aún en la actualidad no han sido superadas; sus operaciones se extendieron hasta el estero de San Gabriel, en la isla del Espíritu Santo, en Baja California, donde tuvo mucho éxito. Por desgracia, por problemas de la época se perdieron las ostras y se abandonaron las instalaciones.

En el presente siglo, durante 30 años no se presentaron nuevos programas, y no fue sino hasta 1915, con la creación de la Dirección de Estudios Biológicos por el distinguido biólogo mexicano Alfonso L. Herrera, dentro de la Secretaría de Fomento, que se reinician los programas de acuicultura. El doctor Enrique Beltrán, en 1926, propone se cree una estación en Pátzcuaro, Michoacán, que por causas políticas no llegó a establecerse.



Figura 2. Estación piscícola "El Zarco".

En 1934, aparece en esa misma Secretaría el Departamento Autónomo Forestal de Caza y Pesca, en el cual arranca nuevamente la piscicultura y dos años después, por iniciativa del doctor Matsui, se construye la Estación Limnológica de Pátzcuaro, así como la Estación de truchas "El Zarco", en el Distrito Federal.

A partir de entonces, los programas de acuicultura se multiplicaron y actualmente se cuenta con ambiciosos programas que contemplan el establecimiento de centros de acuicultura en todos los estados del país, así como granjas de producción comercial y centros de acuicultura costera, para aprovechar los 2.8 millones de hectáreas de aguas interiores en donde se pueden establecer cultivos, de los cuales el 56% son salobres, el 27% de aguas dulces naturales y el 17% vasos de almacenamiento. El inventario de cuerpos de agua continentales indica que en el país existen 3 921 de ellos con una superficie total de 933 094 hectáreas.

Las instituciones que han participado en los programas de acuicultura, según Medina Gándara son:

<i>Fecha</i>	<i>Institución</i>	<i>Organismo</i>
1915	Dirección de Estudios Biológicos	Secretaría de Fomento
1923	Dirección de Pesquerías	Secretaría de Fomento
1926	Comisión de Biología Marina	Secretaría de Fomento
1934	Departamento Autónomo Forestal de Caza y Pesca	Secretaría de Agricultura y Fomento
1934	Instituto Biotécnico	Secretaría de Agricultura y Fomento
1934	Instituto de Enseñanza e Investigación Forestales Caza y Pesca	Secretaría de Agricultura y Fomento
1939	Dirección General de Pesca e Industrias Conexas	Departamento de Marina Nacional
1947	Sección de Fomento Piscícola	Secretaría de Recursos Hidráulicos
1950	Comisión para Fomento de la Piscicultura Rural	Secretaría de Marina
1954	Segundo Centro Latinoamericano de Capacitación Pesquera	Banco Nacional de Crédito Ejidal
1958	Comisión Nacional de Piscicultura Agrícola	Banco Nacional de Crédito Ejidal
1958	Comisión Nacional Consultiva de Pesca	Secretaría de Industria y Comercio
1958	Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras	Secretaría de Industria y Comercio
1959	Departamento de Piscicultura	Banco Nacional de Crédito Ejidal
1962	Dirección General de Piscicultura Agrícola	Secretaría de Agricultura y Ganadería
1970	Subsecretaría de Pesca	Secretaría de Industria y Comercio
1970	Instituto Nacional de Pesca	Secretaría de Industria y Comercio
1971	Dirección de Acuicultura	Secretaría de Recursos Hidráulicos
1972	Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática	Secretaría de Industria y Comercio
1972	Dirección General de Educación en Ciencias y Tecnologías del Mar	Secretaría de Educación Pública

1973	Empresas Piscícolas Ejidales FONAFE	Departamento de Asuntos Agrarios y Colonización
1976	Dirección General de Acuacultura	Departamento de Pesca
1982	Dirección General de Acuacultura	Secretaría de Pesca

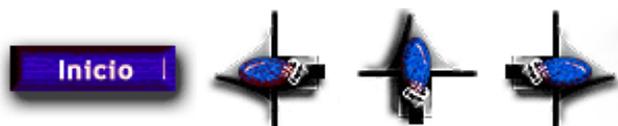
Los avances logrados en la acuicultura mexicana son significativos y cada vez se basan más en la investigación de los técnicos mexicanos, iniciada por don Alfonso Obregón, y que actualmente se desarrolla en la Secretaría de Pesca y en las universidades e instituciones de educación superior, como la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad de Sonora, el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey, etcétera.

Otros países de América Latina en donde la acuicultura ha alcanzado importantes resultados son Chile, con sus programas de maricultura, en los que trabajan con ostras y mejillones, y sus programas de cultivo de agua dulce en los que han llegado a la producción comercial de salmónidos, cultivando también trucha y camarón de agua dulce; y Brasil, donde realizan operaciones de acuicultura comercial de tilapia, curimatapacu, mandí amardo, piau, trucha, anguilas y carpas y tienen proyectos avanzados para camarones de mar y de río y de ostricultura. Este país cuenta con la mayor infraestructura tanto de investigación como de producción en Latinoamérica.

La acuicultura no es una solución milagrosa para resolver el problema de la falta de alimentos en la población humana, pero sí de una biotécnica generosa capaz de colaborar a mejorar en buena medida a la alimentación de los pueblos.

El examen de los éxitos logrados por la acuicultura mundial a través del tiempo, no sólo se ha referido al campo de la producción, sino a otros como la ecología, limnología, oceanografía, parasitología, etc. Todas las ramas científicas y técnicas que requiere el cultivo de los organismos acuáticos han llevado su desarrollo sistemático a través de pasos concretos y ordenados.

Los éxitos están a la vista y de ellos disfrutan comunidades enteras en diversos países. Pronto, en términos históricos la acuicultura alcanzará el sitio que amerita como "despensa" de la humanidad; siempre y cuando el hombre adopte una posición "activa" para ayudar a la naturaleza, para conservar y mejorar su calidad y aumentar los recursos que ella le ofrece.



II. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE LA ACUICULTURA

LA ACUICULTURA constituye una contribución importante para la nutrición de muchas comunidades del mundo debido a que la pesca, consistente en la recolección de organismos acuáticos a partir de las existencias silvestres, está llegando a sus límites máximos por la sobreexplotación de algunas especies, la degradación del ambiente, la contaminación de las aguas y los altos costos producidos por el alza de los precios de los combustibles.

Cada vez son más los países que realizan acuicultura para contar con una fuente suplementaria de proteínas; pero también es utilizada para resolver problemas de conservación de las especies, es el caso del camarón y del pescado blanco, que por sobrepesca están, en algunos lugares, en peligro de extinción; además esta tecnología representa una fuente para desempleados y subempleados, es por estas razones que existe gran interés por desarrollarla.

La acuicultura es una biotecnia cuyos métodos son interdisciplinarios, e incluyen áreas de todas las ramas de la biología, como la morfología, la fisiología, la embriología, la genética, la ecología, la botánica y la zoología; pero también incluye a la biología pesquera que fundamentalmente se encarga de predecir la posible producción; así como a la ingeniería, en especial a la ingeniería pesquera; a la tecnología de alimentos; a la sociología y a la economía.

Para lograr el éxito en el cultivo de organismos acuáticos, se consideran como principios básicos, en primer lugar, la existencia de un adecuado abastecimiento de agua, con características de temperatura, salinidad y fertilidad determinadas; así como las características de los organismos a cultivar y los aspectos socioeconómicos que definen la rentabilidad de cada cultivo.

Debido a que la práctica de la acuicultura requiere del manejo de una o varias especies de organismos, es fundamental el conocimiento de su biología, en especial de su ciclo de vida, hábitos, tipos de alimentación, reproducción, genética, conversión del alimento y migraciones; además es necesario aplicar los conocimientos aportados por la ecología, la limnología y la oceanografía, basados en las cadenas de alimentación, pirámides de biomasa, fertilización, mejoramientos del hábitat; así como los criterios adecuados para la introducción de nuevas especies en los cuerpos de agua.

También se deben de considerar las características que presentan los organismos cultivados, en cuanto a su tamaño, valor nutritivo y aceptación al gusto del consumidor, para asegurar el éxito comercial del cultivo.

Las características biológicas de las especies que se cultivan son: su reproducción fácil y controlable, sobre todo en condiciones de cautiverio; que presenten huevos y larvas resistentes al manejo; que sean organismos de rápido crecimiento y fácil alimentación, lo que permite que aprovechen la mayor parte del alimento para aumentar su talla; que tengan capacidad para adaptarse a vivir en altas densidades, es decir, que acepten que un elevado número de individuos ocupe áreas reducidas.

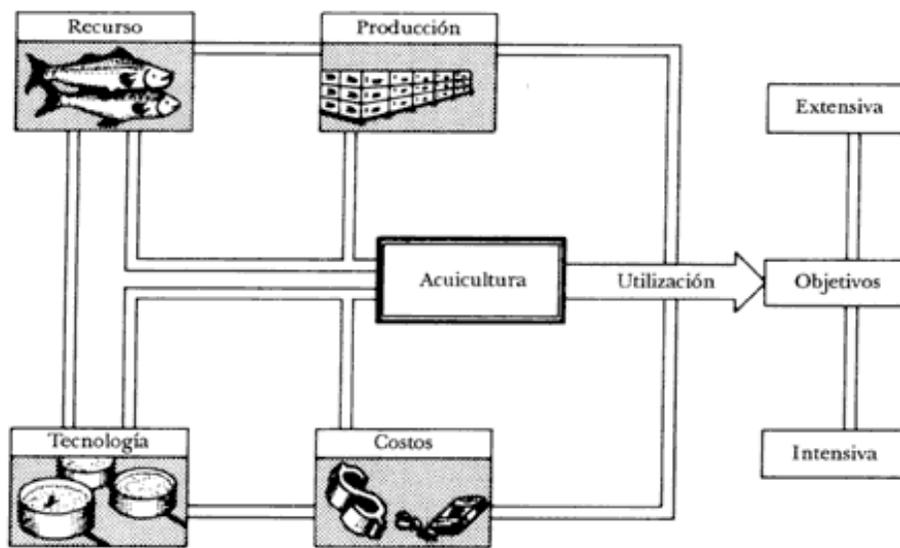


Figura 3. Características que requiere la acuicultura.

Asimismo, es importante que estas especies sean capaces de resistir y hasta de aprovechar la contaminación de los cuerpos de agua; como los excrementos del hombre y de algunos animales que son utilizados para fertilizar el cuerpo de agua donde se cultivan las especies o el aprovechamiento de la *contaminación térmica*.

El conocimiento de todas estas características biológicas se obtiene de las investigaciones desarrolladas por los biólogos, las cuales se han incrementado notablemente, permitiendo el desarrollo de técnicas específicas para resolver los diferentes problemas que se derivan del cultivo de organismos acuáticos. Sin embargo, todavía queda mucho por investigar, lo que representa un reto interesante y estimulante para estos profesionales.

El diseño y la construcción de las unidades de producción o estaciones corresponden a la ingeniería, dando origen a una nueva rama de esta ciencia. La investigación en ingeniería para la acuicultura también se encuentra en pleno desarrollo con el objetivo de lograr la optimización estructural de estas unidades de producción, teniendo como base los requerimientos de las especies a cultivar, el tipo de cultivo a desarrollar y las metas de la empresa acuícola.

El campo de esta rama de la ingeniería tiene grandes posibilidades de trabajo y el ingeniero tendrá que estar preparado para comunicarse con el biólogo, quien también debe entenderlo para asegurar el éxito.

Con el fin de determinar la rentabilidad de los cultivos, la demanda de los productos en el mercado, el beneficio que habrá de obtener el productor, así como las características sociales de los trabajadores y de los técnicos, es necesaria la investigación en economía y sociología. Este nuevo campo de las ciencias sociales está en pleno desarrollo y los economistas y los sociólogos que lo practican tienen que estar preparados para comunicarse con los biólogos y los ingenieros.

Los problemas de salud, tanto de las especies que se cultivan como de los productos que se obtienen, están siendo atendidos por los médicos y los veterinarios, quienes también están desarrollando un nuevo campo para su investigación y actividad profesional.

Por último, también se hace necesaria la participación en acuicultura de los especialistas en nutrición humana, que se encarguen de investigar la conveniencia de incorporar en la dieta los productos que se obtienen del cultivo.

El objetivo final de los esfuerzos de todos estos profesionales: biólogos, ingenieros, economistas, sociólogos, médicos, veterinarios y nutriólogos, es la producción de organismos acuáticos, principalmente para la nutrición humana.

La actividad desarrollada por los científicos y los técnicos, debe estar apoyada por los conocimientos empíricos que tienen los trabajadores, los campesinos y los pescadores, debido a sus años de experiencia, siendo indispensable para el éxito de la acuicultura. Sus resultados tienen gran importancia y su aplicación es inmediata.

Existen muchos ejemplos en diferentes países, en los que por no elaborar proyectos importantes han fracasado. Es indispensable que los encargados de dirigir la política de la acuicultura entiendan el valor que tienen estas investigaciones.

Se recomienda para el desarrollo de la acuicultura que se programe considerando las siguientes actividades:

Elaboración del inventario de los cuerpos de agua continentales y de las lagunas costeras, para conocer la factibilidad de contar con la infraestructura hidráulica necesaria.

Selección de las especies que se van a cultivar con base en sus características biológicas y su relación con el ambiente, así como el mercado que tendrían.

Establecimiento de estaciones de investigación en acuicultura centrales y regionales, para realizar investigación en reproducción, crecimiento, nutrición, parasitismo, enfermedades y mortalidad.

Construcción de estaciones experimentales para elaborar programas a nivel piloto, en los que se midan los costos y la utilización de la energía en el sistema que representa el cultivo.

Realizar pruebas comerciales, con base en estudios socioeconómicos, para establecer la aceptación del producto, los costos, los problemas sociolegales, los precios y, sobre todo, valorar si la empresa es competitiva con otras industrias productoras de alimentos.

Desarrollar programas para la capacitación de funcionarios públicos, investigadores y maestros a nivel profesional y de posgrado, de acuicultores a nivel medio-básico y técnico.

Programar los servicios de extensión adecuados a todos los niveles de la población.

Arreglar la disposición de créditos para el financiamiento óptimo de los programas.

Lograr que todos los trámites sean suficientemente ágiles, evitando al máximo la burocracia, ya que las especies a cultivar tienen sus ciclos biológicos bien definidos y no se ajustan a los caprichos de los funcionarios.

Estas actividades se pueden desarrollar en etapas sucesivas y tomando en cuenta los resultados se puede pasar a la siguiente, o bien rechazar el programa por incosteable y diseñar uno nuevo; pero también pueden ser simultáneos. Los programas deben ser rentables para realmente contribuir a mejorar la dieta del pueblo y a desarrollar fuentes de trabajo.

En los programas de acuicultura, pueden distinguirse dos formas para el manejo de las especies de organismos, el *semicultivo* y el *cultivo*, que se identifican por el grado de control que se establece sobre el ciclo biológico de la especie que se quiere producir.

En términos generales, un semicultivo es aquél donde la especie es manejada sólo durante una parte de su ciclo de vida, como en el cultivo de los moluscos de aguas dulces y salobres, en los que las larvas se colectan utilizando sus tratos adecuados para su fijación y las *semillas* así obtenidas se introducen en áreas apropiadas para su desarrollo hasta que alcanzan la talla comercial.

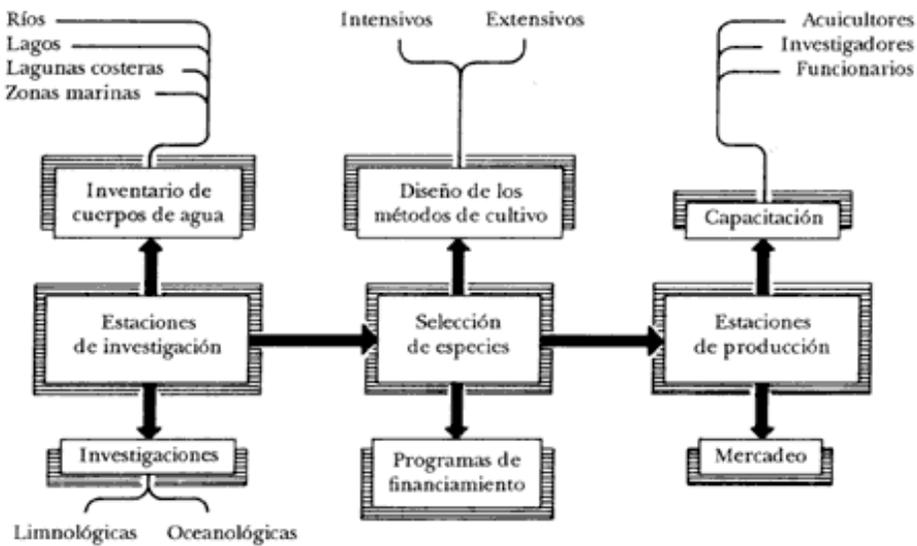


Figura 4. Desarrollo de la acuicultura.

En cambio, se considera como cultivo cuando la especie en producción es manejada y controlada durante todo su ciclo de vida, desde la producción del huevo y el desarrollo embrionario hasta la etapa adulta y su reproducción; es el caso de algunos peces como la trucha y, en algunos países, del camarón.

Los métodos para desarrollar a las especies que se están cultivando pueden ser: de *circuito cerrado*, que consiste en que el técnico o el cultivador tiene un control sobre los organismos desde el huevo hasta el momento del mercadeo; y el de *circuito abierto*, en el cual las crías se recolectan del medio natural para llevarlas a la granja comercial a su engorda y crecimiento.

Ambos métodos presentan ventajas y desventajas; por ejemplo, el de circuito abierto, no desarrolla las complejas operaciones que representa la incubación de los huevos y la cría de larvas, y sólo se ocupa del crecimiento y engorda de los organismos, por lo que su cuidado y manejo son actividades fácilmente asimilables por el personal técnico.

El método de circuito cerrado presenta mayores dificultades técnicas, por lo difícil que a veces resulta que los organismos se reproduzcan en cautiverio, pero tiene grandes ventajas al permitir seleccionar desde el huevo hasta las diferentes etapas de desarrollo del organismo, para asegurar que lleguen a adultos los más aptos. Asimismo, se eliminan las posibilidades de que en el cultivo aparezcan competidores, y se pueden evitar enfermedades y parasitosis, lo que no sucede en el circuito abierto; también se pueden emplear métodos para mejorar genéticamente a las especies que se cultivan.

Según el número de especies que se cultivan en un mismo cuerpo de agua, se puede denominar al proceso *monocultivo* y *policultivo*. El monocultivo, en el que sólo se maneja una especie, puede recibir el nombre del grupo biológico al que pertenezca éste, así por ejemplo, al cultivo de peces se le llama *piscicultura* y cuando es una especie cuyo cultivo está muy extendido se toma el nombre del pez, como en el caso de la trucha al que se le denomina *trucicultura*, al de carpas *ciprincultura*; dentro del grupo de los moluscos al cultivo de ostras *ostricultura* y al de mejillones *mitilicultura*; en los crustáceos al cultivo de camarón, langosta y cangrejos *carcinicultura*; y entre los anfibios al de la rana, *ranicultura*.

En los policultivos se utilizan varias especies que habitan diferentes estratos del cuerpo de agua, y que además tienen distintos hábitos alimentarios, con lo que se evita la competencia por el alimento y se aprovechan los diferentes niveles tróficos del sistema acuático.

Considerando el grado de explotación al que están sujetos los organismos cultivados, así como el cuerpo de agua en que viven, la acuicultura puede ser: extensiva e intensiva. La *acuicultura extensiva* es la que se realiza en áreas

de aguas naturales continentales y protegidas del país, con poco o ningún cambio en el ambiente, alcanzando una producción cuyo límite está dado por la capacidad del medio.

Para desarrollarla, es necesario contar con unidades de producción de crías, las cuales son *sembradas* en los cuerpos de agua apropiados para cada especie, donde aprovechan el alimento natural, creciendo y engordando. Como en estos cuerpos de agua naturales existen otras especies que pueden ser competidoras o depredadoras de las sembradas, el rendimiento de la acuicultura extensiva en ocasiones está limitado.

La *acuicultura intensiva*, considerada como una actividad integral, es aquella en la que, además de alcanzar rendimientos mayores de lo que la capacidad del medio natural permite, se ejerce un alto grado de control y manejo del agua y de los organismos, mediante técnicas y sistemas especializados, con el objetivo de alcanzar el máximo rendimiento de acuerdo con los recursos económicos del productor.

La acuicultura intensiva tiene que estar continuamente apoyada por investigaciones multidisciplinarias que tengan como meta el incremento de la producción, con base en las características biológicas de la especie, y también en el abatimiento de los costos.

Según el tipo de aguas donde se realicen los programas de acuicultura, ésta puede dividirse en dos grandes ramas: la continental y la marina. En la *acuicultura continental*, los recursos naturales que intervienen se identifican dentro de un marco ecológico constituido principalmente por el suelo, el agua y las especies. El suelo es utilizado como un sustrato para establecer un cuerpo de agua. Aunque es posible que al agua se le agreguen directa o indirectamente fertilizantes, como desechos y otras sustancias alimenticias, es el suelo el principal determinante de la productividad del agua, ya que a partir de él se incorporan al agua sales minerales que permiten que los vegetales verdes elaboren la materia orgánica y así se inician las cadenas de alimentación.

Acuicultura		
	<i>Extensiva</i>	<i>Intensiva</i>
Objetivo	Producción con fines sociales	Producción comercial de las especies
Agua	Volumen no controlado	Volumen controlado
Especies	Seleccionadas con fines sociales. A menudo se utilizan poblaciones naturales	Seleccionadas con fines comerciales
Alimento	No controlado. Natural	Controlado. Abonos
Predadores	No se eliminan artificialmente	Se eliminan artificialmente
Producción	Baja, por unidad de superficie cultivada	Elevada, por unidad de superficie cultivada

Figura 5. Acuicultura extensiva e intensiva

Los niveles propicios para la acuicultura continental son los impermeables, de tipo sedimentario lodoso o hasta pantanoso, los cuales generalmente no son útiles para la agricultura, porque el cultivo de vegetales exige mayor cantidad de sustancias fertilizantes.

Además, el suelo es útil para otros requerimientos de la acuicultura; se emplea en la construcción de bordos o

pequeñas represas, como sustrato para que los organismos coloquen sus huevecillos, y para la construcción de las instalaciones en toda la estación acuícola.

Con respecto al agua, la gran variedad de cuerpos de agua continentales que se presenta ha dado como resultado que existan clasificaciones en las que se identifican cerca de 80 tipos diferentes, de acuerdo con el origen de su formación y características limnológicas.

En la mayoría de los países se consideran generalmente dos tipos de agua con respecto a su origen: naturales y artificiales; tres de acuerdo a su contenido de sales: dulces, salobres y salinas; dos respecto a sus dimensiones: mayores o menores de 50 hectáreas.

El agua como recurso indispensable para la acuicultura debe estar disponible en cantidades variables dependiendo del tipo de organismos que se quiera cultivar o del grado de intensidad del cultivo; sin embargo, el razonamiento puede hacerse al contrario, es decir, el tipo de acuicultura y su intensidad estarán de acuerdo con el volumen de agua disponible.

Cualquiera que sea el caso, es necesario destacar la conveniencia de que el agua llegue a las instalaciones con la mayor facilidad, si es posible por gravedad, evitando el uso de bombas y otros sistemas eléctricos, que condicionan el poder contar con los volúmenes de agua necesarios.

En cuanto a las especies que se seleccionan para ser cultivadas, deben ser aquellas que sus características biológicas se adapten mejor a las del área en donde se montará el cultivo, con el fin de reducir al mínimo el índice de mortalidad, haciendo que el cultivo sea rentable.

Una forma simple e indirecta de la acuicultura continental, es el mejoramiento del hábitat, lo que debe entenderse como el control que el hombre puede hacer sobre algunas características del lugar, como: las zonas de protección y desove; disponibilidad de alimento natural mediante fertilización; depredación y algunas enfermedades parasitarias. El control de estos factores incide sobre las especies sujetas a explotación incrementando sus poblaciones. Estos procedimientos se aplican, generalmente, en cuerpos de agua grandes como lagunas y ríos.

Cuando los cultivos de aguas continentales son programados y desarrollados adecuadamente, no sólo representan métodos útiles para aumentar la producción de proteínas de alta calidad, sino que también pueden surtir productos de valor para la exportación; asimismo, se creará oportunidades de empleo en zonas rurales y se permitirá el uso de superficies de tierra y volúmenes de agua que no están siendo utilizados en la agricultura, lo que producirá una actividad remuneradora para los cultivadores y los obreros de la región. Además, los organismos recolectados en los cultivos continentales se mantienen frescos casi hasta el momento de su consumo, y no hace falta refrigerarlos o congelarlos durante largos periodos.

Las ventajas sobresalientes de los cultivos continentales son: la facilidad de manejo del agua para lograr su máxima calidad; la protección contra los depredadores, el control de parásitos; la posibilidad de producir mejoras genéticas en las especies y proporcionar las dietas adecuadas a cada especie, logrando el mejor desarrollo y la máxima sobrevivencia de los organismos cultivados. Cuando todas estas características se realizan correctamente, los cultivos pueden presentar incrementos representativos.

Además de la acuicultura continental, en la actualidad se considera que la parte más relevante de la acuicultura debe ser la que está orientada al cultivo de especies marinas, con el objeto de conservar e incrementar sus poblaciones y así aumentar el beneficio que su explotación represente, a pesar de que la tecnología que se necesita utilizar constituya un proceso más complicado.

País	Especies cultivadas (agua de mar o salobre)	Producción (toneladas)
Japón	Ostras, abulones, vieiras, camarones, serviola, salmones, dorada y otros peces marinos.	más de 400 000
Corea, Indonesia, Taiwán, Filipinas, India y Tailandia.	Ostras, camarones quisquillas, langostinos y sabalotes.	425 000
Estados Unidos	Ostras	150 000
Holanda y Dinamarca	Mejillón	100 000
España y Francia	Mejillón, ostras, alnejas, langostinos, salmónidos y otros peces marinos.	300 000
Noruega	Salmónidos	20 000

Figura 6. Principales países en donde se desarrolla acuicultura marina.



Figura 7. Cultivo de especies marinas o maricultura.

La *acuicultura marina o maricultura*, a pesar de ser una actividad que se inició antes de la era actual, hasta hace poco tiempo se consideraba como algo difícil de alcanzar, pero los avances en la biología marina la oceanografía han hecho que, primero los países desarrollados como Japón, y después los en vías de desarrollo cultiven regiones del mar.

Los sistemas de cultivo para especies marinas cada vez son más evolucionados y aumentan en número, siendo los más comunes, y los primeros que se desarrollaron, los que se montan en las lagunas litorales; después se empezaron a utilizar los sistemas en tierra, que incluyen toda clase de estanques: la construcción de estanques en la zona intermareal, que cambian agua durante la marea alta o pleamar; cercar lugares de la costa en donde la marea tiene influencia y, por lo tanto, se refrescan constantemente; la colocación de jaulas flotantes amarradas cerca de la costa; jaulas a media agua y jaulas en el fondo del mar.

En el sistema de jaulas, se seleccionan zonas abrigadas, ya sea natural o artificialmente, para protección de los organismos que se están cultivando y para los servicios diarios de mantenimiento.

A partir de 1930, tanto en Japón como en Estados Unidos, y con base en las observaciones de los buzos y de los pescadores, de que los peces y otros organismos se acumulaban alrededor de los arrecifes y no en los fondos arenosos abiertos del océano, se inició la construcción de *arrecifes artificiales*, utilizando estructuras especializadas de cemento, así como barcos viejos, tranvías, carrocerías de automóviles y otro tipo de chatarra. En algunos de estos arrecifes construidos por el hombre, se ha observado mayor producción que en los naturales.

La maricultura será, en el futuro, una biotecnología, patrimonio de la humanidad, tan frecuente como la acuicultura continental, con la diferencia de que el potencial productivo de las aguas marinas es superior al de las aguas continentales.

El desarrollo de la acuicultura tiene una amplia perspectiva, pero para lograr avances significativos es necesario establecer paralelamente a los trabajos técnicos, la capacitación de los acuicultores sobre: cría y siembra, artes de captura, vigilancia y manejo de los sistemas, control de calidad, etc., lo que les permitirá criar, sembrar, mantener y aprovechar adecuadamente los recursos que ellos mismos produzcan en las aguas interiores y en las costeras. Una vez que se logra crear la necesidad, se establece la manera de satisfacerla, la tradición se impone por sí misma en pocos años y se puede mantener indefinidamente.

También es importante diseñar y desarrollar los programas de investigación multidisciplinaria que permitan contar con la información que asegure el éxito del cultivo. Los investigadores que participan tienen que estar conscientes de que estos cultivos deben ser rentables, además de tomar en cuenta lo importante que es la experiencia de los pescadores y los cultivadores, por lo que tienen que estar preparados para comunicarse con ellos y así trabajar en conjunto; es imposible que sólo la actividad de los científicos lleve un cultivo al éxito: sin la participación de los cultivadores esto no se consigue.

El creciente interés en la acuicultura hace pensar que en poco tiempo su producción estará colaborando ampliamente con la actividad pesquera en la producción del alimento que la humanidad requiere. Su valor consiste en la posibilidad que ofrece de desarrollarse en todos los sistemas continentales y litorales, como una forma más racional de obtener proteínas, sin poner en peligro los recursos naturales con que cuenta el planeta. Es indispensable acelerar el paso de la **pesca-recolección** hacia la acuicultura.



III. PISCICULTURA

LA ACUICULTURA es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la disponibilidad de alimento y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos.

Esta biotecnia ha permitido, en los últimos años, convertir a numerosos ríos, lagos, lagunas litorales y áreas costeras en una fuente de recursos acuáticos, gracias al trabajo que el hombre ha desarrollado cultivando organismos en estas áreas.

La acuicultura como actividad multidisciplinaria, constituye una empresa productiva que utiliza los conocimientos sobre biología, ingeniería y ecología, para ayudar a resolver el problema nutricional, y según la clase de organismos que se cultivan, se ha dividido en varios tipos, siendo uno de los más desarrollados la *piscicultura* o cultivo de peces.

Los estudiosos consideran que los primeros organismos acuáticos que el hombre comió fueron peces que provenían de los ríos, lagos y otros sistemas de agua dulce y que aprendió a cultivarlos en estanques rústicos, posiblemente desde 2 000 años antes de la era actual.

Los primeros informes escritos indican que la carpa común fue el primer pez que se cultivó, y en el año 475 a.C., en un tratado sobre acuicultura se considera a este cultivo "como un negocio ventajoso"; asimismo, en otros países orientales la práctica de la piscicultura se originó hace muchos años y los métodos practicados que se consideran semejantes a los que en esas épocas utilizaron los romanos, son casi idénticos a los que todavía se usan en Indonesia.

Pasaron muchos años de los que no se tienen datos sobre trabajos de acuicultura, quizá porque las posibilidades de obtener alimento eran muchas con menor esfuerzo que el que se necesita para cultivar peces en estanques. Pero cuando empezó a escasear el alimento por el continuo aumento de la población, se inició nuevamente la piscicultura, como lo indica el hecho que a mediados del siglo XII se informa sobre la introducción de la carpa común en toda Europa.

Posteriormente, en 1600 aparece el libro del inglés John Taverner, en el que señala los métodos para el manejo de estanques para el cultivo de la carpa común, y en el XIX, en 1865, se conoce otro libro inglés en el que se describen los métodos para lograr el desove artificial de los peces. A principios del presente siglo se establecen las bases técnicas y científicas de los sistemas modernos de piscicultura.

Cuando faltó alimento y el hombre comprobó que era más práctico cultivar peces en estanques que capturarlos en lagos, ríos y arroyos, y que podía manejar la cantidad de organismos que necesitaba, se inició el despegue de la piscicultura utilizándola para la subsistencia y comercialmente.

Las ventajas que ofrece la piscicultura son muchas, entre ellas se pueden señalar las siguientes:

El costo de los peces se reduce, debido a que resulta más costoso llegar a los ríos para capturarlos, comprar artes para pescarlos, establecer métodos para conservarlos y llevarlos a los mercados.

Los estanques pueden construirse en terrenos que no son útiles para la agricultura o la ganadería, siempre que exista suministro de agua suficiente, también se pueden usar campos de cultivo como los arrozales.

El piscicultor puede calcular su producción según las necesidades del mercado, mientras que cuando los peces se capturan en el medio natural, es difícil saber cuál será la cantidad de organismos que se obtienen.

El crecimiento y la engorda de peces pueden controlarse, aumentando o mejorando la dieta; asimismo se pueden mejorar genéticamente las especies, como lo que están realizando en Francia al lograr truchas bisexuadas, es decir, que al mismo tiempo los organismos presentan órganos masculinos y femeninos, lo que les permite autofecundarse y obtener generaciones puras con mejores características en cuanto a tamaño y calidad reproductiva.

En los estanques sólo se desarrollan las especies que se están cultivando y se evita la existencia de depredadores y competidores, por lo que la mortalidad natural debe ser mínima. También, al combatir a los parásitos, la calidad de los peces es mayor.

Por último, desde que se establece el cultivo se sabe quién es el propietario de la producción, lo que no sucede con la captura en los lagos y ríos.

Sin embargo, a pesar de todas estas ventajas, es importante subrayar que siempre el cultivo tiene que ser rentable, es decir, que se debe recuperar lo invertido, y obtener una ganancia razonable.

La piscicultura, según sus objetivos se puede clasificar en diferentes formas, por ejemplo, la *piscicultura agrícola industrial*, cuando se ocupa del cultivo de peces con valor comercial y nutricional, partiendo de la producción de huevos o alevines, que son los organismos juveniles, para llegar a organismos de tamaño y peso adecuado para su comercialización.

La *piscicultura de repoblación*, que como su nombre lo indica se encarga de producir, utilizando métodos artificiales, huevos y alevines para sembrarlos en cuerpos de agua donde las poblaciones de estas especies han disminuido por diferentes causas, entre ellas la pesca excesiva y la contaminación.

La *piscicultura ornamental*, que se inició en Japón, tiene por objetivo producir especies bellas y raras para adornar fuentes y estanques de parques públicos y jardines particulares. Esta piscicultura se ha incrementado notablemente en los últimos años por el interés que se ha desarrollado en el establecimiento de acuarios domésticos y públicos.

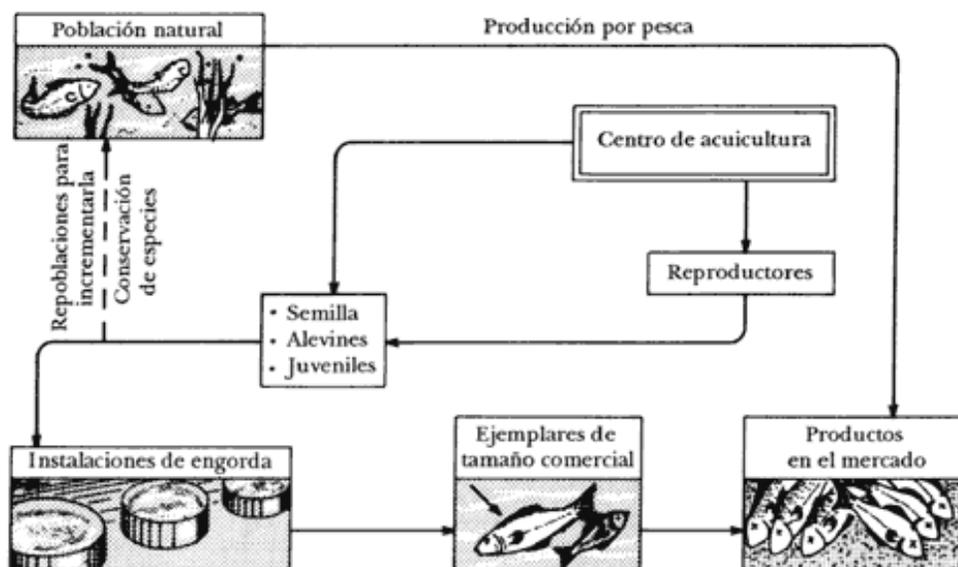


Figura 8. Piscicultura.

Otra clasificación se basa en la temperatura del agua, debido a que las características fisiológicas de los organismos que se van a cultivar exigen diferentes tipos de agua y así se establece la *piscicultura de agua caliente* y la *piscicultura de agua fría*. Un ejemplo es el cultivo de la trucha en el que se necesita agua fría, limpia y rica en oxígeno, que esté en constante movimiento; mientras que para cultivar carpas se usa agua de temperatura más elevada, estancada y con menor cantidad de oxígeno.

Según el número de especies que se cultivan, la piscicultura puede ser un *monocultivo*, cuando es una sola especie o clase de peces, y *policultivo*, cuando se manejan dos o más especies aprovechando los diferentes tipos de

alimentación que presentan.

Según la intensidad con la que se practican los cultivos, la piscicultura se puede denominar extensiva e intensiva.

La *piscicultura extensiva* es aquella en la que se aprovechan racionalmente los cuerpos de agua naturales o los creados con otros fines, como los construidos para riego, producción de electricidad, bebederos para el ganado y actividades recreativas. En este tipo de piscicultura el control que ejerce el hombre es mínimo sobre los organismos que se cultivan.

La piscicultura extensiva tiene como meta la producción de pescado con fines sociales, con el objetivo de que llegue alimento a grupos grandes de la población, en especial los que tienen pocos recursos económicos. En esta piscicultura el agua generalmente se obtiene a partir del caudal de un río; el alimento para los peces que se cultivan se obtiene del que existe en el cuerpo de agua; generalmente no se utilizan fertilizantes y las especies que se manejan comúnmente son las nativas, con la desventaja de que no están protegidas de depredadores, lo que hace que la producción de pescado por unidad de superficie sea baja.

A pesar de que la producción no sea alta, en la actualidad, la piscicultura extensiva está más desarrollada en la mayoría de los países debido a que sus costos son menores y a que las condiciones naturales permiten cultivar un mayor número de especies.

Para realizar piscicultura extensiva se tienen que considerar varios factores, como por ejemplo, el régimen hidrológico, el cual cambia de acuerdo a la utilización que tenga el cuerpo de agua donde se realiza el cultivo y que si es para riego, puede llegar en ciertos casos a secarse totalmente, por lo que el cultivo de peces estará limitado a la temporada de lluvias.

El tamaño de los embalses también representa un factor importante y, por lo general, se observa que la producción por unidad de superficie de un embalse disminuye cuando su superficie aumenta; se ha calculado que en promedio un embalse de una a dos hectáreas produce 200 kg/ha/año, una de 40 hectáreas logra 35 kg y otra de 1 000 hectáreas sólo produce siete kilogramos.

La profundidad del embalse también interviene en su productividad; los más recomendables son aquellos que tienen de uno a tres metros, debido a que la luz del Sol penetra en todo su volumen y los vegetales verdes llevan a cabo la fotosíntesis, produciendo alimento para los peces. Sin embargo, se debe señalar que si la profundidad disminuye se corre el peligro de la invasión de plantas acuáticas que crecen fijas en el fondo y que producen el asolve del embalse.

Entre los problemas más comunes en la piscicultura extensiva se encuentran la competencia y depredación: muchas aves acuáticas llegan a los embalses a alimentarse. También es un problema la presencia de insecticidas en el agua del embalse, debido a su proximidad con terrenos de cultivo.

Por último, representa cierta dificultad la recolecta de los peces una vez que están listos para consumirlos. Esta captura se puede realizar vaciando el cuerpo de agua, lo que en ocasiones es difícil de hacer, o utilizando artes de pesca como redes de arrastre o chinchorros, atarrayas, trampas, etcétera.

La *piscicultura intensiva* consiste en cultivar peces en estanques u otras estructuras como jaulas y corrales, construidos especialmente para los tipos de especies que se trabajan, con un control lo más completo posible de toda la operación. Según algunos autores, como Hickling, este tipo de piscicultura puede ser comparado con la cría intensiva de ganado.

La piscicultura intensiva requiere de una serie de elementos indispensables como las características de los cuerpos de agua, los cuales pueden ser naturales o artificiales, siendo su unidad de producción el estanque, la jaula, o el corral entre otros y deben tener un suministro de agua conveniente y localizarse en un terreno apropiado.

Asimismo, es indispensable el control que se ejerce sobre la masa de agua. Se tiene que disponer durante todo el año de la cantidad suficiente de agua, y ésta debe llegar a las instalaciones por medios naturales evitando, hasta donde sea posible, el uso de bombas y otros mecanismos para moverla. El vaciado y el llenado debe realizarse fácilmente.

La calidad del agua representada por los caracteres fisicoquímicos como su transparencia y color, su temperatura, las sales disueltas, cantidad de oxígeno y grado de acidez o alcalinidad, conocido como pH, también es muy importante y la producción de este tipo de piscicultura puede cambiar de acuerdo a estos caracteres.

El terreno donde se establece la piscicultura intensiva tiene que caracterizarse por su impermeabilidad, por ser fácil de cavar y por presentar un declive que permita que el agua llegue a las instalaciones por gravedad, debido a que la fuente de abastecimiento se encuentra más arriba que la zona de los estanques.

Los estanques pueden ser *de presa*, es decir, los que se localizan en el fondo de un valle, construyendo un dique que permita almacenar agua, y los *de derivación*, que se construyen cerca de la fuente de agua y se alimentan por la derivación de un canal, por lo que el caudal del agua que les llega puede ser controlado en todo momento.



Figura 9. Estanques en un terreno en declive para el mejor manejo del agua.

Los de presa tienen la ventaja de que su construcción es más barata, pero su mayor inconveniente es que no se puede regular el caudal, por lo que siempre existirá el peligro de que se rompa el dique, además no se pueden usar fácilmente los abonos y el alimento artificial; mientras que los de derivación, aunque son más caros, permiten el control de la cantidad de agua y esto posibilita manejar las condiciones ambientales y el alimento.

La forma y el tamaño de los estanques varía de acuerdo a las características del terreno y a las necesidades de las especies que se van a cultivar.

En los de presa la forma es impuesta por la configuración del terreno; en cambio, en los de derivación se puede escoger de acuerdo a las necesidades y los costos. Sin embargo, se recomienda, de manera general para ambos que la superficie sea amplia; que la profundidad sea superior a 50 centímetros para evitar que crezca vegetación fija en el fondo, pero sin llegar a ser profundo, debe tener de 1.5 a 3 metros; y que los materiales de construcción permitan dar las mejores condiciones a los peces del cultivo.

Las instalaciones para alimentación y vaciado de los estanques, se construyen de acuerdo a las necesidades del cultivo, pero se tiene que asegurar que dispongan del caudal mínimo, que para algunos expertos es de 10 litros por segundo por hectárea, para estar seguros de no tener dificultades. Todo estanque, y en especial los de derivación, deben llenarse y vaciarse fácilmente en cualquier época del año.

Para fertilizar los estanques se utilizan abonos orgánicos, como el estiércol o las aguas de alcantarilla, donde abundan restos vegetales y animales, así como excremento y abonos inorgánicos como los preparados a base de fosfato y de sulfato de amonio.

El alimento artificial, según el tipo de cultivo, es recomendable, pero se tiene que calcular su costo comparando la cantidad de alimento distribuido con el peso de los peces cosechados, y así obtener el *coeficiente de conversión* de alimento, que generalmente se recomienda que sea de 3 a 1, es decir, que por cada tres kilogramos de alimento se

obtiene uno de pescado; si se gasta más y se obtiene menos el cultivo no es rentable.

Para elegir el pez que se va a cultivar, se toman en cuenta varios factores, como el que tenga carne de buena calidad y, por lo tanto, que sea aceptada por la población; que sus características biológicas permitan el fácil manejo de la especie, principalmente en cuanto a la reproducción, logrando en ocasiones la reproducción inducida artificialmente; y que su crecimiento sea lo más rápido de acuerdo a la cantidad de alimento, para lograr que el precio de venta sea razonable.

Lo más recomendable es que se haga piscicultura con las especies locales, por la aceptación que tradicionalmente tienen y por lo adaptadas que se encuentran con el medio; pero en algunos países ha sido necesario llevar especies que presentan ventajas de cultivo sobre las nativas, como es el caso de las carpas y las tilapias, que han tenido gran difusión en México, Centroamérica y América del Sur.

El lugar para establecer un programa de piscicultura debe escogerse con base en el tipo de pez a cultivar, la disponibilidad de mano de obra y capital, el desarrollo agropecuario de la zona y las condiciones socioeconómicas de la población.

Cada día es mayor el número de especies que se cultivan en el planeta y para distinguirlas se han agrupado en conjuntos de especies llamados por nombres genéricos, por ejemplo, al cultivo de diferentes especies de carpas se le denomina *cultivo de carpas o ciprinicultura*.

Las carpas, en especial la carpa común, *Cyprinus carpio*, cuentan entre los peces más importantes que el hombre ha cultivado desde hace mucho tiempo y constituyen la piscicultura más extendida en la actualidad. Esto se debe a que las carpas son especies de ciclo energético corto, su régimen de alimentación es variado, su potencial reproductivo elevado y sus huevos y larvas resistentes y están adaptados a los climas templados, soportando los semitropicales.

Se ha calculado que la producción mundial de carpas sobrepasa los tres millones de toneladas, de los cuales China cultiva el 75%; se tiene que considerar que en muchos países en vías de desarrollo no se registra la producción total de estos peces, porque representan un producto de subsistencia y, al no venderse, la producción no se registra.



Figura 10. Carpa herbívora.

La República Popular de China es el principal productor de carpas, y se estima que produce entre 1.5 y 2 millones de toneladas. Sus métodos, que datan de hace 2 000 años, han experimentado importantes innovaciones con base en dos principios fundamentales que fueron establecidos durante la dinastía Tang en los años 618 a 904 a.C., y que consisten en considerar al cuerpo de agua como un espacio tridimensional que, por lo tanto, admite que se cultiven varias especies de peces de acuerdo a sus hábitos alimentarios. "El crear una sola especie no es sólo un

desperdicio alimenticio, sino también de espacio.

Con estos principios, los chinos han establecido sus *policultivos*, utilizando alrededor de 20 especies de peces, tomando en cuenta sus diferentes hábitos alimenticios, lo que se llama *policultivo multigrado*, o su edad, en cuyo caso se denomina *policultivo mezcla de edades*. Estos policultivos los montan con una especie principal, como por ejemplo la carpa plateada que se alimenta de fitoplancton y siempre nada en la capa superior de agua, junto con la carpa cabezona que come zooplancton, la carpa herbívora que nada a media agua y se alimenta de la vegetación del estanque, la carpa común que es omnívora y el pez wuchman o pez mandarín que es depredador y nada en el fondo.

Con la carpa herbívora se cultivan también la carpa plateada y la cabezona; mientras que con la carpa negra, se combinan la herbívora, la plateada, la cabezona, la común, el carpín y el pez mandarín.

Los chinos han logrado conocer a fondo los hábitos alimenticios de las carpas en cautiverio y con el adecuado manejo de estas características biológicas logran incrementar la biomasa de sus cultivos, por lo que en la mayor parte de China el pescado de agua dulce es un producto alimenticio muy apreciado. Lo preparan de diferentes formas para llevarlo a la mesa, siendo su consumo promedio de 48 kg por persona. Pero como no han logrado satisfacer totalmente la demanda, siguen trabajando, de manera incansable, para aumentar su producción.

Carpas chinas

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre Común</i>
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	carpa plateada
<i>Aristichthys nobilis</i>	carpa cabezona o cabrilla cabezona
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	carpa hervívora
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	carpa negra
<i>Cirrhinus molitorella</i>	carpa de lodo
<i>Cyprinus carpio</i>	carpa común
<i>Siniperca chuatsi</i>	pez mandarín
<i>Parabramis pekinensis</i>	brena

La India es considerada como el país que necesita producir más proteínas para satisfacer las necesidades de una población en constante crecimiento. Allí el cultivo de peces representa una de las posibilidades más prometedoras para resolver este problema, porque poseen especies de peces nativas apropiadas para el cultivo y se calcula que en la actualidad los hindúes están produciendo alrededor de dos millones de peces cultivados, sin embargo, todavía cuentan con aguas potencialmente ricas aún no aprovechadas, además, la tecnología de cultivo se basa en métodos tradicionales.

Las carpas nativas de la India son separadas en dos grupos, el llamado carpa mayor, que son los peces cultivados de mayor aceptación; y la carpa menor, grupo formado por varias especies que cambian en las diferentes regiones y que presentan tallas más pequeñas y son menos requeridas en el mercado.

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>
--------------------------	---------------------

	<i>Catla catla</i>	catla
	<i>Labeo rohita</i>	rohu
Carpas mayores	<i>Cirrhinus mrigala</i>	mrigal
	<i>Labeo calbasu</i>	calbasu
	<i>Cirrhinus rebar</i>	reba
	<i>Osteochilus thomassi</i>	nagendram
Carpas menores	<i>Thynnichthys sandkhol</i>	sandkhol
	<i>Labeo bata</i>	bata
	<i>Barbus carnaticus</i>	carnatic

En México el cultivo de carpas está bien desarrollado y se inicia con la incubación de los huevecillos hasta llegar a la cosecha de los peces que han alcanzado la talla comercial. Se cuenta en el país con varios centros productores de crías distribuidos en diferentes estados, destacando la granja integral de policultivo en Tezontepec de Aldama, Hidalgo.



Figura 11. Granja piscícola en Tezontepec de Aldama, Hgo.

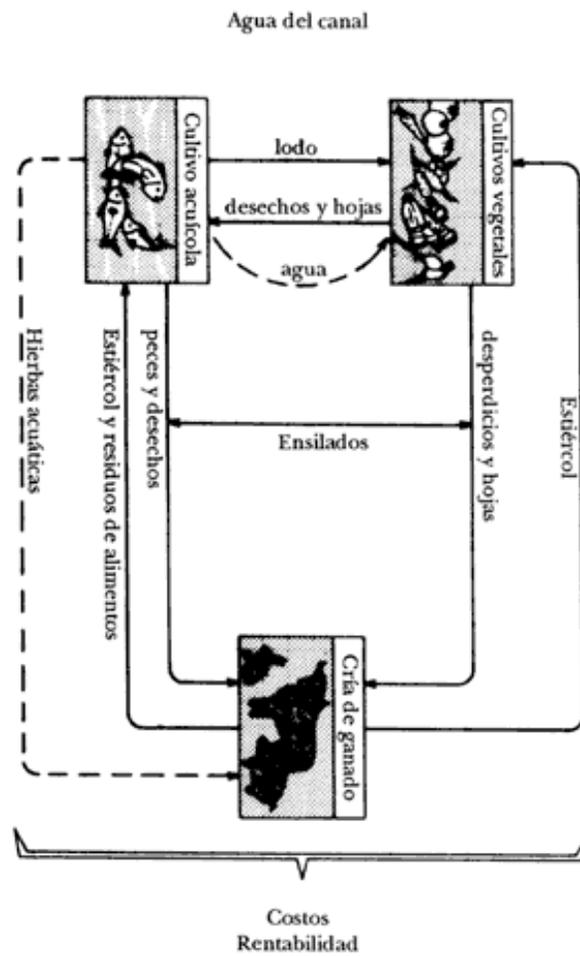


Figura 12. Granja integral.

Las principales especies de carpas que se cultivan en nuestro país son la común, la espejo, también llamada "carpa de Israel", la dorada, la herbívora, la plateada y la cabezona. Utilizando estas especies, se están desarrollando programas de "granjas integrales" en las que se manejan carpas, hortalizas y cerdos, aprovechando mejor el espacio, los subproductos y los desechos en el incremento de la producción.

Carpas que se cultivan en México

<i>Cyprinus carpio comunis</i>	carpa común
<i>Cyprinus carpio</i>	carpa barrigona
<i>Carassius auratus</i>	carpa de Israel, dorada o espejo
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	carpa hervívora
<i>Hypophthalmichthys molotrix</i>	carpa plateada
<i>Aristichthys nobilis</i>	carpa cabezona
<i>Mylopharyngodon piceus</i>	carpa negra
<i>Algansea</i>	acúmara
<i>Megalobrema amblycephala</i>	brema

El cultivo de truchas o truticultura, que data de 1741, cuando Stephen Ludwig Jacobi construyó su primer criadero en Alemania, comprende principalmente tres especies de salmónidos de agua dulce.

La trucha arco iris, *Salmo gairdneri*, que es la más ampliamente cultivada, sobre todo por su importancia para la pesca deportiva, la trucha europea, *Salmo trutta*, y el salmerino americano, llamado en México "trucha de arroyo", *Salvelinus fontinalis*.

Las investigaciones científicas y tecnológicas que se han realizado sobre estas especies, han permitido enormes progresos en el cultivo de esos peces, sobre todo en países asiáticos como Paquistán, en los Estados Unidos y en países europeos como Italia, Francia y Dinamarca donde se ha establecido todo un complejo industrial que maneja alrededor del 90% de la producción mundial calculada en un millón de toneladas anuales.

Actualmente, Estados Unidos está considerado como el país con los métodos científicos y técnicos más avanzados. Cultivan peces utilizando principalmente métodos de fertilización artificial, se alcanzan producciones enormes de huevecillos que son incubados para la producción de alevines, o que son vendidos a otros productores nacionales y extranjeros. Una de las principales compañías que cultivan truchas bajo condiciones óptimas es la "Compañía de Trucha del Río Snake", considerada como la más grande del mundo, situada en el sur del estado de Idaho.

En nuestro país, se cultivan las truchas arco iris y las de arroyo. Se tiene gran experiencia adquirida en más de 35 años de trabajo constante, principalmente en la estación "El Zarco", situada en la carretera que comunica el Distrito Federal con Toluca en el Estado de México. Su principal objetivo es la repoblación de los lagos y ríos, sin embargo, en los últimos años se cuenta con cultivos comerciales en varios lugares.

El cultivo de mojarras reúne peces de diferentes grupos, entre los que se encuentran los llamados cíclidos, como las Tilapias, pertenecientes a los géneros *Tilapia* y *Sarotherodon*; las mojarras de los géneros *Cichlasoma* y las tenhuayacas del género *Petenia*.

El consumo de las tilapias se halla ya consignado en los primeros registros históricos de la humanidad, y se dice que "los peces que recogió San Pedro en el Mar de Galilea y que Cristo dio a las multitudes eran tilapias". También se ha interpretado que, en el friso de una tumba egipcia de antigüedad calculada en 2 500 años a.C., se representa el cultivo de estos peces.

Las tilapias han formado parte de la dieta de la humanidad desde finales del siglo pasado, sobre todo en el Cercano Oriente y en África y en la década de los años 20 se inicia activamente su cultivo en Kenya y en Java; nuestro país lo establece en 1965, en su estación piscícola de Temascal, Oaxaca.

Por lo menos 14 especies de tilapia han sido cultivadas en todo el mundo, debido a su resistencia, su facilidad de crianza, su rápido crecimiento y la calidad de su carne. Realizando cruza entre diferentes especies también se ha logrado que presenten colores llamativos como los rojos, que son más aceptados por la gente que el negro característico.

Las tilapias son consideradas como peces más o menos herbívoros, aunque algunas de las especies prefieren el plancton y otras llegan a aceptar alimento animal. Son generalmente voraces, por lo que las herbívoras pueden ser utilizadas para el control biológico de malezas acuáticas.

Estos peces tienen la posibilidad de adaptarse a las aguas salobres y algunas pueden llegar a vivir en agua marina, lo que es una gran ventaja para su cultivo. También soportan cambios de temperatura; esencialmente viven en aguas de zonas bajas tropicales con temperatura entre 20 y 25°C, pero algunas se les puede cultivar en temperaturas bajas, entre los 10 y 15°C.

La reproducción en las tilapias no representa problemas, pueden tener varias generaciones durante el año, y el cultivador obtiene sus peces sin necesidad de habilidades especiales y tecnologías muy avanzadas. Lo único que se debe cuidar durante el crecimiento es la cantidad de espacio de agua y alimento por individuo para evitar el enanismo. Es importante considerar de qué está construido el fondo, debido a que el macho cava hoyos donde las hembras depositan sus huevos y él los fertiliza, estos hoyos pueden complicar la recolección de individuos.

Por estas características es peligroso *sembrar* las tilapias en los cuerpos de agua sin controlar su cultivo, ya que se pueden convertir en competidores de las especies nativas y destruirlas. Las hembras protegen a los huevecillos y a los recién nacidos colocándolos en su boca, hasta que se abre el saco vitelino y todavía 10 a 15 días después, los juveniles se protegen en la boca materna. Actualmente para cultivar a las tilapias, se ha desarrollado el método de cultivo en *jaulas*, que hace más eficiente la operación.

La tilapia además de representar un pez importante para la alimentación humana dentro de programas de piscicultura extensiva, es cultivada para la alimentación de otros peces, como sucede en Estados Unidos donde la cultivan para dársela a los bagres y las lobinas.

África es la región en donde el cultivo de la tilapia tiene mayores perspectivas por la necesidad de su población de alimentos; también en Asia "cumple una importante función, principalmente en Taiwán e Indonesia"; esto mismo sucede en América Latina, en donde los programas de cultivo se están incrementando, pero existe la preocupación de su introducción en aguas naturales por el peligro para su ecología; en los Estados Unidos se estudian las diferentes especies, sobre todo en la Universidad de Auburn, sin embargo, no se le ve utilidad en un futuro próximo y cuenta con la oposición de los grupos ecologistas; en Europa y en el Cercano Oriente, el cultivo de tilapia está poco desarrollado y sólo se hacen experimentos en Inglaterra, Unión Soviética, Francia y Alemania.



Figura 13. Tilapia protegiendo sus huevos en la boca.

En México se trabaja con la tilapia melanopleura, *Tilapia rendalli*; tilapia mossambica, *Sarotherodon mossambicus*; y tilapia nilótica, *Sarotherodon aureus*, traídas de África.

Los bagres también conocidos como pez gato o cuatete, pertenecen a la familia Ictaluridae, siendo el más común el bagre de canal, cuyo cultivo se ha incrementado intensamente en los Estados Unidos, gracias a programas de investigación que permitieron desarrollar la tecnología adecuada.

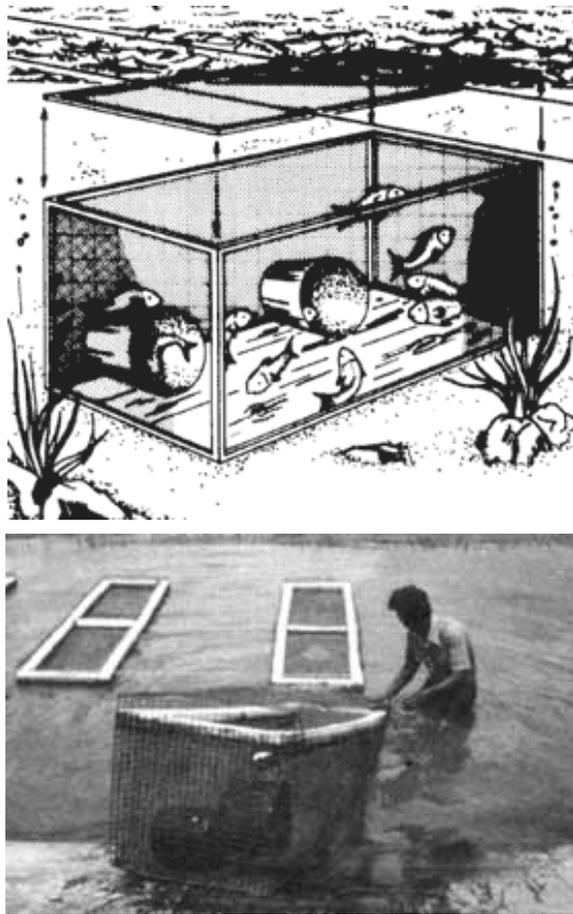


Figura 14. Jaulas de reproducción de tilapia. Estación de Puerto Ceiba, Tab.

Principales especies de bagres

<i>Ictalurus punctatus</i>	bagre del canal
<i>Ictalurus furcatus</i>	bagre azul
<i>Ictalurus catus</i>	bagre blanco
<i>Ictalurus lupus</i>	bagre cabezón
<i>Pylodictis olivaris</i>	bagre cabeza chata
<i>Ictalurus nebulosus</i>	barbo café
<i>Ictalurus natalis</i>	barbo amarillo
<i>Ictalurus melas</i>	barbo negro
<i>Siluris glanis</i>	bagre silúrido

Los bagres se han cultivado en Asia, Australia, Europa y América Latina, principalmente dentro del programa de piscicultura extensiva, para proporcionar alimento a la población, mientras que en los Estados Unidos su mayor actividad la realizan comercialmente como *piscicultura intensiva*, existiendo grandes granjas para la producción de estos peces.

En México, como en otros países, se inicia la piscicultura intensiva del bagre y ya se cuenta con granjas como la

"Granja Acuícola Múltiple" de El Rosario, Sinaloa, donde se cultivan tres especies que son el bagre del canal, la nativa de Sinaloa, *Ictalurus melas*, y otra procedente del Lago de Chapala en Jalisco, *Ictalurus dugesi*, que tienen gran aceptación entre la población.

Uno de los problemas que se logró resolver en el cultivo de estos peces es el de su alimentación, ya que en el medio natural comen hierbas, por lo que presentan un sabor a humedad, mientras que al cultivarse se les proporciona alimento flotante y esto se evita. Por otra parte, se desarrolló de manera paralela la industria productora de alimentos balanceados para el bagre.

Otros peces de agua dulce que también se cultivan son las percas, las lobinas y los hueros, que pertenecen al grupo de los centrarquidos y son organismos muy voraces, por lo que se debe tener mucho cuidado cuando se introducen porque pueden transformarse en depredadores.

Uno de los más cultivados es la lobina negra *Micropterus* que es un pez que pelea con el anzuelo, por lo que se utiliza en la pesca deportiva.

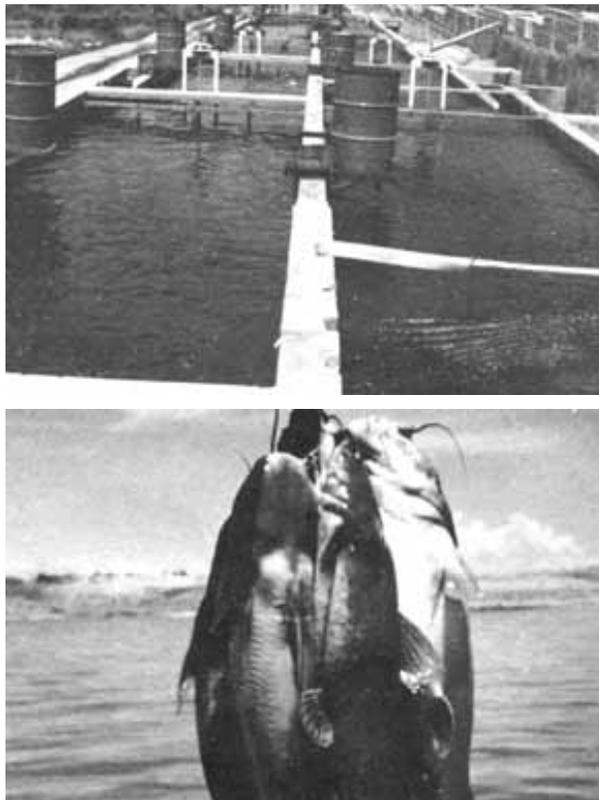


Figura 15. Estanques de crecimiento y ejemplares de bagre que se cultivan en El Rosario, Sinaloa.

Los peces conocidos como pejerreyes, pescados blancos y charales, son también cultivados en varios países, por ejemplo los del género *Odonthestes* en Argentina y los del género *Chirostoma* en México.

En nuestro país se cultiva, con la piscicultura extensiva, el pescado blanco de Pátzcuaro, *Chirostoma ester*, y en los lagos de Pátzcuaro y Chapala, los charales *Chirostoma bartoni*, *Chirostoma grandoculae* y *Chirostoma patzcuaro*.

Las lisas, pertenecientes al grupo de los mugílidos, son peces que viven en el mar, pero que atraídos por la alimentación se adaptan al agua salobre de los esteros y a la dulce de los ríos, siendo la lisa rayada *Mugil*

cephalus, la que presenta la distribución más amplia en los esteros del planeta.

Se informa que su reproducción artificial se logró por primera vez en Italia en 1930 y posteriormente en 1964 en Taiwán, lo que ha permitido el desarrollo del cultivo de estos peces. Actualmente se cultiva comercialmente también en Israel, en los países del Mediterráneo, en la región Indopacífica y en la Unión Soviética, en América Latina y en África.

Otro pez que se cultiva en aguas salobres es el sabalote, *Chanos chanos*, que es un organismo muy resistente y de gran calidad como alimento. Se cultiva en Indonesia, Filipinas, Taiwán, Hawai y la India.

La anguila típica es un pez catádro, es decir, que vive en aguas dulces y va a desovar en el mar; pertenece al género *Anguilla* y en algunos países como Japón y Taiwán representa uno de los alimentos más apreciados, mientras que en otros como los Estados Unidos, es un platillo de lujo, sobre todo sus crías o angulas.

La *Anguilla japonica* es cultivada en Japón y Taiwán, alcanzando alta producción y rendimiento, y en Israel. En la República Árabe Unida y en Dinamarca se practica también su cultivo pero con menor intensidad. Otros países de Asia y Europa que cuentan con estos peces no han iniciado su cultivo por considerarlo poco costeable. En la Unión Soviética el Instituto de Zoología de la Academia de Ciencias de Bielorrusia ha obtenido huevos de anguila viables bajo condiciones de laboratorio, lo que representa un paso importante para el cultivo de esta especie.

El cultivo de peces marinos se está iniciando en muchos países, sin embargo, la pesca sigue siendo el método más utilizado para obtener el alimento que proporcionan los océanos. Son pocos los cultivos de peces marinos debido a que su implementación presenta muchas dificultades de carácter biológico, tecnológico, económico, social y político, pero existe esperanza que estos problemas se solucionen y la piscicultura marina llegue a ser fuente importante de alimentos.

Entre los peces marinos que se están cultivando se encuentran los salmones del Pacífico que son el salmón real, el salmón plateado, el salmón de Alaska, el salmón carnada, el salmón rosa y el salmón cereza.

Los salmones son peces anádromos, es decir, que viven en el mar y van a reproducirse a los ríos, a veces hasta más de mil kilómetros río arriba, cuyas poblaciones se han visto disminuidas por la sobrepesca, la contaminación y la construcción de presas en los ríos, por lo que se ha hecho indispensable su cultivo.

Principales especies de salmones

<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	salmón real
<i>Oncorhynchus kisuth</i>	salmón plateado
<i>Oncorhynchus nerka</i>	salmón de Alaska o rojo
<i>Oncorhynchus keta</i>	salmón carnada o cara de perro
<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	salmón rosa o jorobado
<i>Oncorhynchus masu</i>	salmón cereza

En muchos países, como en la Unión Soviética, el cultivo de los salmones tiene como finalidad la protección de las especies, repoblando las áreas naturales donde se encuentran y se ha edificado un enorme criadero de salmones en la región de Kamchatka, al noreste de Siberia.

En otros países, como los Estados Unidos, para la protección de las especies se está cultivando a los salmones también con interés comercial, por lo que se han construido áreas artificiales de reproducción o se han mejorado las existentes; también se instalan criaderos de juveniles, estaciones de desarrollo y crecimiento de alevines, y granjas para el cultivo integral.

Los países que iniciaron el cultivo de los salmones fueron Canadá y Estados Unidos en 1857, y 20 años más tarde las técnicas fueron introducidas al Japón extendiéndose posteriormente a otros países. Su perspectiva es muy alentadora, ya que se espera que cultivándolo no sólo se incrementarán las existencias sino que se conservarán las especies.

El cultivo del esturión se ha iniciado en varios países, como la Unión Soviética, Estados Unidos, Japón y Canadá, debido a la preocupación que han externado los biólogos en relación con la disminución de las poblaciones de estos apreciados peces.

Se han identificado 25 especies de esturión en el mundo, de las cuales 13 son nativas de la Unión Soviética. Estos peces se localizan en las aguas templadas del Atlántico y del Pacífico, así como en los ríos y lagos de los Estados Unidos, Canadá y la Unión Soviética; varias de las especies son anádromas, por lo que viajan durante la primavera desde el mar reproducirse en agua dulce.

El esturión ha sido apreciado, desde hace mucho tiempo, por el delicioso sabor de su hueva, la cual ha sido llamada caviar, palabra de origen turco que significa hueva de pescado, y que según la historia se comía años antes de la era actual. En los textos aristotélicos se hace referencia a él. Posiblemente en un principio fue parte de la dieta de los pescadores, pero conforme fue escaseando, su precio se elevó e hizo que sólo quedara al alcance de la población con suficiente desahogo económico.

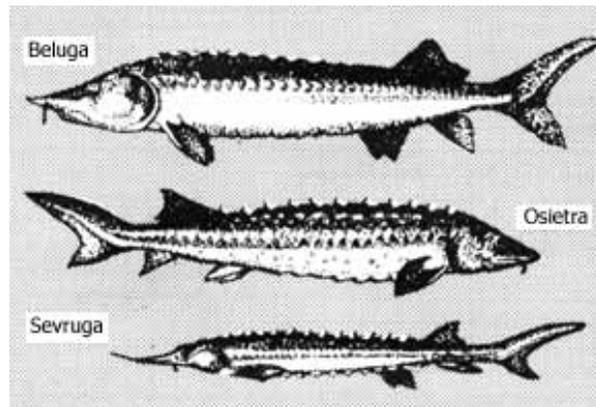


Figura 16. Principales especies de esturión.

Dos países son los principales productores de caviar, la Unión Soviética e Irán, considerándose como auténtico caviar al que procede de tres especies de esturión: el beluga que es el de mayor tamaño y peso llegando en promedio a los 500 kg, pero se han capturado hasta de una tonelada; el osietra, que llega a pesar 50 kg, y el sevruga o esturión ruso que alcanza 25 kg; también son utilizados el esturión de espina y el esturión estrellado.

Principales especies de esturión

<i>Huso huso</i>	Beluga o huso
<i>Acipenser ruthenus</i>	Osietra
<i>Acipenser guldenstadti</i>	Sevruga o esturión ruso
<i>Acipenser nudiventris</i>	Esturión de espina
<i>Acipenser stellatus</i>	Esturión estrellado
<i>Acipenser fulvescens</i>	Esturión de lago

La hueva representa aproximadamente el 10% del peso del animal y con ella se produce el alimento más caro del mundo, que es el caviar, pero a su vez también uno de los más nutritivos, contiene 28% de proteínas, 17% de materia grasa y 4% de minerales; su valor energético es de 2 700 calorías por kilogramo, que representa el doble de lo que produce la carne de ternera.

La carne de los esturiones también es consumida en forma de filetes frescos o congelados, entero, ahumado, enlatado en aceite, salado, asado y envasado con vino, vinagre y especias. El sabor depende del lugar de donde provenga el pez y los viejos pescadores rusos opinan que la carne del esturión presenta hasta cinco diferentes sabores.

La Unión Soviética produce el 90% del esturión mundial y sus principales pesquerías están localizadas en el Mar Negro, el Mar de Azov, el Mar Caspio y el Mar Aral y desde 1913 han iniciado su cultivo, primero sólo incubando huevos naturales, pero después han logrado la reproducción inducida por métodos artificiales utilizando hormonas, con lo que incrementan considerablemente las poblaciones. Actualmente la Agrupación Científica e Industrial de Economía Pesquera de la Unión Soviética ha calculado que existen aproximadamente once millones de ejemplares de esturión en el Mar de Azov.

Mediante grandes y avanzadas obras hidráulicas que en cierto modo modifican las características de la costa en el Mar Caspio, así como con un severo control de la contaminación ambiental, los soviéticos están protegiendo y cultivando el esturión de esta región y han establecido 16 instalaciones de acuicultura en las que se producen de 50 a 60 millones de crías.

Otro pez marino que se está cultivando es el pámpano *Trachinotus carolinus*, especie muy apreciada por lo fino de su carne y que se distribuye en el Atlántico desde el norte de Estados Unidos hasta Brasil; contando con poblaciones reducidas, lo que hace que sea uno de los pescados más caros considerándose un alimento de lujo.

Desde 1957, varias instituciones gubernamentales, universidades y empresas privadas, iniciaron el cultivo experimental del pámpano, estudiando su biología y logrando su reproducción artificial, sin embargo, todavía no alcanza su nivel comercial.

El jurel de cartilla o jurel japonés, *Seriola quinqueradiata*, es el pez marino comestible que primero se cultivó con éxito comercial. Los japoneses, que desde 1928 iniciaron la experimentación para cultivar las especies nativas que viven en sus aguas, lograron producir con gran éxito el jurel japonés, en las aguas que rodean la isla de Shikoku, en el Mar Interior, llegando a producir 50 mil toneladas.

Los lenguados constituyen un grupo de peces marinos caracterizados por su forma aplanada, que comprenden varias especies comestibles, recibiendo también los nombres de: platija, guarache, hipogloso, soles y turbo.

Se capturan utilizando redes de arrastre, las cuales causan deterioro ambiental y esto, unido a la sobrepesca que se realizó en el siglo pasado, llevó a los técnicos a desarrollar en 1890 técnicas para propagarlos artificialmente y sembrar sus larvas en ambas costas del Atlántico.

El gran aprecio que se tiene por estos pescados en Europa, hizo que se establecieran criaderos en varios países, siendo Noruega en 1960 la que inició el cultivo de la platija *Pleuronectes platessa*.

Después de la segunda Guerra Mundial el Reino Unido empezó el cultivo de varias especies de lenguado en especial de la platija, obteniendo notables progresos a la fecha en su Laboratorio de Pesca de Lowestoft en Inglaterra, y posteriormente en una estación de cultivo comercial que establecieron a un lado de la estación generadora de electricidad de Hunterston, Ayrshire, en donde aprovecharon el agua caliente de desecho para estimular el crecimiento de los peces.

Otro lenguado que se está cultivando en el Reino Unido, es el lenguado de Dover, *Solea solea*, que es uno de los peces más estimados por los consumidores de todo el mundo. También se cultivan el turbo *Scophthalmus*

maximus y el sol *Microstomus kitt*.

Para mejorar las especies de lenguados, los científicos y técnicos del Reino Unido y de Noruega, están experimentando con el mejoramiento genético del lenguado y han logrado obtener híbridos, cruzando dos especies del género *Pleuronectes*, que tienen mayor tolerancia a los factores del ambiente, lo que permite que sea más fácil su cultivo.

La investigación para el cultivo de peces marinos se intensifica cada día más en todos los países del mundo con el objetivo de llegar a establecer una piscicultura intensiva, y los resultados cada vez estimulan más a la industria, por lo que se espera que en pocos años se alcance el nivel de la piscicultura de agua dulce.

Los japoneses han tenido éxito cultivando comercialmente peces erizo *Fuga nubripes* y *Fuga vermicularis*, pargo rojo, *Chrysophrys major* y el pargo negro, *Mylio macrocephalus*, estos peces marinos constituyen aproximadamente el 25% de toda la piscicultura del país.

CULTIVO DE PECES DE ORNATO

El cultivo de peces de ornato, también llamado *piscicultura ornamental o acuariofilia*, consiste en el mantenimiento y reproducción de peces en acuarios tanto domésticos como públicos en los cuales se colocan especies de agua dulce o marina, ya sean de agua fría o caliente.

En algunos países como Japón, Estados Unidos, Inglaterra, Italia, Francia y Alemania, la piscicultura de ornato ha alcanzado gran desarrollo y se ha convertido en una actividad comercial.

Los acuarios públicos son famosos en estos países y alcanzan inversiones millonarias, siendo visitados por millones de personas al año; como por ejemplo Sea World en San Diego, el Acuario de Tokio en Japón, Acuario del Museo Oceanográfico del Principado de Mónaco y en nuestro país el acuario de Mazatlán, Sinaloa.

Los acuarios domésticos constan generalmente de un recipiente que puede ser de hierro, aluminio y vidrio o plástico. Son de diferentes tamaños, pero se procura que la superficie de contacto con el aire atmosférico sea amplia y su altura menor que su ancho; además están dotados de filtros que se diseñan según las especies que se van a cultivar, calentadores, aireadores, iluminación eléctrica y adornos. También llevan vegetales acuáticos con el fin de establecer el ciclo biológico adecuado.

Otro tipo de piscicultura de ornato se realiza usando estanques y fuentes para colocar a los peces y plantas, como sucede con las carpas doradas y los peces japoneses como el pez dorado, el cola de velo y el cabeza de león.

La piscicultura de ornato es una actividad recreativa de gran utilidad para educar a los niños y jóvenes, permitiéndoles observar los procesos biológicos como la alimentación, la reproducción, la cruce genética, etc., así como el equilibrio que se establece entre los vegetales que aportan el alimento y el oxígeno y los animales que proporcionan las sustancias inorgánicas y el bióxido de carbono que las plantas utilizan en sus actividades fisiológicas. Cuando el acuario se mantiene por periodos largos sin hacer necesaria la intervención del hombre se dice que llegó a su clímax.

La piscicultura tiene un potencial muy alto para la producción de alimento, por lo que es indispensable que los gobiernos y la industria comprendan que hay que invertir en las investigaciones necesarias para poder diseñar las tecnologías que permitan el cultivo a nivel comercial de los peces de aguas dulces, salobres y marinas y así se pueda colaborar a la solución del problema de llevar alimento nutritivo y barato a la población mundial.



IV. EL CULTIVO DE MOLUSCOS

LOS moluscos son, después de los insectos, el grupo de animales más extendido sobre el planeta; se han clasificado aproximadamente 200 mil especies. Se les encuentra lo mismo en la copa de los árboles que en las profundidades marinas y su estudio ha ofrecido a los científicos temas por demás interesantes, por lo que constituye uno de los grupos mejor entendidos en la actualidad.

También se cuenta con los conocimientos aportados por los coleccionistas, que motivados por el interés que les despierta la belleza de las conchas, se han adentrado en el estudio de la biología de estos animales. Otros aficionados se dedican a conocer a los moluscos con un interés puramente culinario, porque además de ser altamente nutritivos, tienen sabores especialmente agradables.

Varios investigadores, como Rioja, señalan que muchos de estos animales fueron utilizados desde tiempos prehistóricos como alimento, así lo demuestra el hecho de que en las cavernas y albergues en los que vivieron los pueblos primitivos durante el Paleolítico, se encontraron abundantes restos de conchas de moluscos que seguramente les sirvieron de alimento, como es el caso de la conocida cueva de Altamira, en el norte de España, donde se encontraron cantidades realmente extraordinarias de conchas de bígamos, *Littorina littorea*, y de lapas, *Patella vulgaris*.

Poco a poco los moluscos se fueron incorporando a la dieta del hombre y así aumentó el consumo de algunos de ellos, como las ostras, los ostiones, las almejas, los caracoles, los calamares y los pulpos; sin embargo, en la mayoría de los casos, su explotación fue artesanal y para consumo doméstico. Tiempo después, se inició la utilización industrial de algunos moluscos, como el de las ostras y los mejillones, sobre todo desde que se desarrollaron las técnicas para su cultivo, lo que se intensificó a finales del siglo anterior e inicios del presente.

En la última década, se han producido cambios importantes en las pesquerías mundiales de moluscos, sobre todo en el caso de los pulpos y calamares, al intensificarse la explotación de estos recursos en la plataforma continental, con mejores equipos de pesca, embarcaciones y métodos de detección y cosecha y con la ampliación del mercado de estos organismos al ser incorporados como productos convencionales del consumo del hombre.

Este incremento en la producción y en el consumo estimuló la necesidad de desarrollar las técnicas de cultivo de estos organismos para aumentar las poblaciones silvestres. En la actualidad se cultivan las ostras, las almejas, los mejillones, el abulón y los caracoles tanto marinos como terrestres.

Principales países productores de moluscos

<i>Países</i>	<i>Especies</i>
España, Francia, Holanda y Filipinas	Mejillones <i>Mytilus edulis</i> <i>Mytilus smaragdinus</i>
Japón, Corea, España, Francia, Portugal, Gran Bretaña, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos	Ostras <i>Ostrea edulis</i> <i>Crassostrea angulata</i> <i>Crassostrea gigas</i> <i>Crassostrea virginica</i> <i>Crassostrea commercialis</i>
Sudeste Asiático, España, Francia, Gran Bretaña,	Almejas <i>Tapes decussata</i>

Estados Unidos

Tapes pullastra

Tapes japonica

Mercenaria mercenaria

Japón

Abulones

Haliotis discus

EL CULTIVO DE LAS OSTRAS

Se considera que la acuicultura marina se inició con el cultivo de las ostras, que ya se practicaba en Europa en los tiempos del Imperio romano; y seguramente se originó debido a que el aumento de la captura disminuyó las poblaciones naturales.

Las ostras tienen una amplia distribución especialmente en aguas templadas, y en muchas regiones, además de las especies nativas, se encuentran otras introducidas por el hombre al darse cuenta que pueden crecer y madurar mejor en estas áreas.

Entre las ostras se pueden distinguir los géneros *Ostrea*, llamado propiamente ostra, y *Crassostrea*, que recibe el nombre de ostión, los cuales han sido mejorados por el esmerado y escrupuloso cultivo a que han sido sometidos desde la antigüedad.

La ostra comestible más difundida en el mundo es la *Ostrea edulis*, conocida como ostra nativa de Europa u ostra plana por tener la valva derecha o superior plana y la izquierda o inferior cóncava, siendo ambas redondas. Entre los ostiones, *Crassostrea virginica* llamada ostión americano y *Crassostrea gigas*, ostión japonés, son las más conocidas y presentan sus valvas abombadas de contorno alargado.

Ostras y ostiones de interés comercial

<i>Ostrea edulis</i>	Ostra plana
<i>Ostrea lurida</i>	Ostra de California
<i>Ostrea angulata</i>	Ostra portuguesa
<i>Ostrea crynusi</i>	Ostra de Córcega
<i>Ostrea commercialis</i>	Ostra de Argentina
<i>Ostrea nippona</i>	Ostra de Japón
<i>Crassostrea virginica</i>	Ostión americano
<i>Crassostrea rhizophorae</i>	
<i>Crassostrea gigas</i>	Ostión japonés
<i>Crassostrea madresensis</i>	Ostión de Filipinas

Los romanos popularizaron el consumo de ostras y llegaron a convertirlas en el plato indispensable en todo banquete de alcurnia. Se cuenta que uno de los más conocidos glotones de ostras fue el emperador Vitelio, de quien se asegura comía gran cantidad de ostras antes de continuar con el resto de su abundante menú.

Posteriormente el consumo siguió aumentando y llegó a su máximo en el siglo XVIII, que es considerado como la gran época de las ostras.

Fue un patricio romano nacido en Nápoles, Serguis Orata, hacia el año 140 a.C., quien inició la ostricultura en las cercanías del Lago Lucrino. Más tarde este cultivo lo continuaron en el Lago Fusan, antiguo Acherób de los poetas, el cual contiene agua salobre y ocupa el antiguo cráter de un volcán extinguido; los procedimientos que se siguieron han sido la base de los que se han practicado posteriormente.

En diferentes áreas del lago se colocaban montones de piedras con ostras adheridas para formar una especie de banco artificial. Alrededor de cada uno de ellos se colocaban círculos de pilares de madera unidas entre sí por cables, de los que colgaban cuerdas con ramas que tenían la misión de recoger las larvas.

En estos colectores, las ostras crecían hasta determinado tamaño y, llegado el momento, se colocaban en una especie de cestas que se mantenían sumergidas en otras áreas del lago, donde engordaban hasta adquirir el tamaño adecuado para ser enviadas al mercado.

En la actualidad la ostricultura se ha extendido por todo el mundo gracias a que los biólogos han llegado a conocer profundamente la biología de estos moluscos. Se aprovechan dos características fundamentales, la primera, su alto índice de fecundidad, según algunos autores la ostra americana puede soltar en cada puesta de 14 a 114 millones de huevecillos y, en segundo término, el haber observado que las áreas en que las ostras se reproducen, generalmente no son buenas para su crecimiento y engorda, hecho que se logra debido a que las ostras pueden ser transportadas vivas a través de largas distancias, aunque no tengan agua, con la condición de mantenerlas frescas.

La reproducción de las ostras y ostiones se inicia cuando el agua alcanza la temperatura adecuada para cada especie, que comúnmente es alta, por lo que en los trópicos pueden presentarse durante todo el año. En los ostiones, los productos de las gónadas de ambos sexos, es decir, óvulos y espermatozoides, son liberados en el agua y la fecundación y la incubación se llevan a cabo fuera de la concha; en las ostras las hembras retienen óvulos dentro de su concha y hasta ellos llegan los espermatozoides para fecundarlos; el desarrollo embrionario se hace también adentro, liberando posteriormente a la larva.

Las ostras, como los demás moluscos bivalvos, pueden cambiar de sexo durante su vida, pudiendo ser hembras o machos alternadamente.

La pequeña larva, llamada *veliger*, es microscópica y flota formando parte del plancton durante dos o tres semanas, hasta que se fija a una superficie relativamente limpia mediante un pie pequeño y fuerte e inicia el desarrollo de la concha, recibiendo el nombre de semilla; incrementa su alimentación haciendo pasar corrientes de agua entre sus valvas, reteniendo los microorganismos que van en ellas, los cuales digieren y asimilan permitiéndoles crecer y engordar.

Temperatura en la que se reproducen las principales especies de ostras comerciales

Especies	Época de reproducción	Temperatura en grados C.	Salinidad (‰)
<i>Ostrea edulis</i>	Junio-septiembre	20 o+	25 o+
<i>Ostrea commercialis</i>	Junio-diciembre	21-23	15-30
<i>Crassostrea virginica</i>	Abril-noviembre	20 o+	10-32
<i>Crassostrea rizophorae</i>	Mayo-septiembre	20 o+	22-40
<i>Crassostrea gigas</i>	Mayo-septiembre	19-25	23-28

Durante estas etapas del ciclo vital de las ostras y los ostiones la mortalidad es elevada debido, entre otras causas, a la competencia con otras especies por el espacio para fijarse o por depredación; a enfermedades, a cambios en la concentración de sales del agua y a variaciones de temperatura.

El tiempo que dura el desarrollo hasta alcanzar la madurez sexual es, generalmente, de un año y el que necesitan para llegar a la talla comercial, en la mayoría de los países entre 8 y 9 centímetros, es de 3 a 4 años, pudiendo reducirse con el aumento de la temperatura, siendo de 2 años en aguas tropicales.

La ostricultura se basa en cuatro actividades principales, que van relacionadas con momentos diferentes de la biología de estos moluscos: producción de huevecillos y larvas; recolección de larvas; crecimiento y engorda; y cosecha. Se tiene además que estudiar los factores fisicoquímicos que influyen en forma directa en el cultivo, como el oxígeno, la salinidad, la temperatura, etcétera.

La producción de huevecillos y larvas se incrementa en el medio natural con el aumento de la temperatura, y desde 1879, cuando el investigador norteamericano Brooks demostró que los huevos de ostra podían ser incubados en el laboratorio, al inducirlos artificialmente, se establecen criaderos comerciales que se dedican a vender la semilla a los ostricultores; por ejemplo, el que existe en la Bahía Oyster, en Nueva York, que produce alrededor de mil millones de semillas de ostras al año.

La recolección de semillas en el medio natural se realizó empleando diferentes técnicas que pueden ser de tres tipos principales: en suspensión, en el fondo y en ramadas.

El cultivo en suspensión se realiza utilizando *balsas* que se hacen flotar por medio de tambos que se localizan en sus extremos y en ellas se cuelgan los colectores. Este método es muy utilizado por la facilidad de poder transportar las balsas a las zonas de fijación y crecimiento. También se puede hacer este tipo de cultivo por el método de *estanterías*, que consiste en poner postes de concreto que soportan travesaños de mangle, de los cuales cuelgan los colectores de semilla.

Estos colectores pueden ser de diferentes tipos, por ejemplo simples varas, generalmente de mangle o trozos de alambre de dos metros de largo que pueden estar rectos o en forma de collar, en la que se colocan de 50 a 70 conchas secas, grandes y perforadas llamadas *sartas*, separadas por tubos de hule, para que en ellas se peguen las semillas. Una vez que esto sucede, se quitan los competidores y se llevan a los lugares de crecimiento y engorda, en donde las características fisicoquímicas y biológicas del lugar favorecen el desarrollo de las ostras. Los collares de crecimiento se hacen también con alambre galvanizado, de 13 a 16 separadores de poliducto, ensartando de 12 a 15 conchas con semilla fijada.





Figura 17. Parque ostrícola de Mecoacán, Tab., con su estantería y sargas para coleccionar la semilla.

El diseño de los colectores ha variado mucho, algunos técnicos han confeccionado colectores con bolsas de plástico o vexar, que llenan de conchas del mismo ostión y las cuelgan en las balsas o en los travesaños. También se utilizan aros de madera preparados con una mezcla de cal, cemento y arena.

Otro método de suspensión es el de *long-line*, también llamado de líneas o cimbras, que consiste en el tendido de grandes líneas de cultivo, que se hacen flotar por medio de tambos, con una separación de 6 metros entre cada tampo y de estas líneas se suspenden las sargas. Este método es utilizado en zonas donde la corriente es muy fuerte, incluso en mar abierto, y se ha desarrollado principalmente en Japón.

Para el crecimiento y engorda, las semillas son llevadas a zonas donde abunda el plancton, y en especial algas y bacterias, y se colocan en collares de engorda en bandejas o en cestas de alambre que cuelgan. Durante este periodo se procura tener organismos con tamaño uniforme y en número suficiente para evitar la competencia y los ostricultores las vigilan constantemente para limpiar los parásitos y competidores.

La engorda se inicia cuando la semilla alcanza una talla de tres centímetros, y su concha es más gruesa, lográndose ésta en un lapso de cuatro meses. Existe una característica propia de este método a la que se ha llamado *enverdecimiento*, provocado por las algas que causan desgarramientos internos al ostión, que a su vez favorecen la secreción de gran cantidad de lípidos, confiriéndole un sabor muy característico. Al cumplir el primer año de vida, el ostión tiene ya de 5 a 8 centímetros, dependiendo de la especie y de las condiciones de salinidad, aglomeración de ostiones, cantidad de alimento disponible en el agua y otros factores.

En la cosecha, una de las características propias de los métodos de suspensión es su facilidad de manejo, por lo que se puede extraer el producto con el menor esfuerzo, y se realiza colectando a las ostras de los collares, las bandejas o las cestas.

En los cultivos de fondo, los colectores se colocan sobre el suelo de las áreas de cultivo, el cual se prepara depositando diferentes materiales, siendo el más utilizado la misma concha de las ostras que se ha quitado al animal para su comercialización. Se procura que no pase mucho tiempo entre el desconchado y su colocación en el fondo para aprovechar que estas valvas, llamadas *conchas verdes*, todavía lleven larvas vivas que pueden continuar su desarrollo.



Figura 18. Método de tejas para cultivo de ostión.

Uno de los sistemas de fondo para propiciar la fijación del ostión es el de *camas* que origina nuevos bancos ostrícolas. Las camas se preparan depositando conchas vacías en el fondo, sea éste lodoso o arenoso. Cada cama debe medir unos 10 metros de largo por 5 de ancho. El espesor de la capa de conchas depositadas no debe ser menor de 30 centímetros. Para obtener mejores resultados y no desperdiciar material se recomienda balizar el sitio. Esto, facilitará posteriormente determinar la ubicación de los nuevos bancos.

Otro método de fondo utilizado es el denominado francés, que consiste en colectores de tejas, compuestos de 12 a 15 sobrepuestas de 3 en 3, transversales unas con respecto a las otras, unidas con alambre galvanizado y en el extremo superior un dobléz a manera de asa para aparejo. Estas tejas son cubiertas con cal, cemento y arena que favorecen la fijación de las larvas y el desprendimiento de los adultos en la cosecha.

El método de fondo presenta como principal problema la acumulación de sedimento, que es peligroso sobre todo para los ostiones jóvenes que pueden asfixiarse o no alimentarse adecuadamente; también los competidores representan un grave peligro, particularmente los caracolillos barrenadores de ostras, las planarias y las estrellas de mar.

El cultivo en ramadas consiste en insertar ramas de bambú o mangle en las zonas de colecta de semillas con el fin de que las larvas tengan una superficie para fijarse. Este método es el más primitivo, y de él llegan a derivarse todas las demás técnicas.

El cultivo de ostras se ha desarrollado considerablemente en muchos países del mundo, gracias a los conocimientos de los biólogos, entre los que se pueden mencionar al doctor T. Imai, pionero del cultivo en Japón; Havinga y Korringa, en Holanda; Costé en Francia; Yonge en Inglaterra; Stafford en Canadá; Galtsoff, Loosanoff, Hopkins, Nelson y Kincaid en Estados Unidos; María Luisa Sevilla, Margarita Lizárraga y Sergio García en México. Los países que utilizan los sistemas más complejos y productivos son Japón, Estados Unidos, Francia, Canadá, Corea y Taiwán.

En Japón se cultivan nueve especies de ostras, siendo la más importante el ostión japonés *Crassostrea gigas*, para el cual utilizan los sistemas de balsas y líneas o cimbras.

En el Mar Interior del Japón se emplean balsas de bambú o de cedro que hacen flotar con barriles de madera, de las cuales cuelgan los colectores y las orientan de acuerdo con las corrientes, alimentos y salinidad. El tiempo que tarda este cultivo es de 18 meses, desde la recolección de larvas hasta la cosecha.

El método de líneas, también llamado palangre o cimbra japonesa, se utiliza principalmente en el norte de Japón y tiene la ventaja de que resiste vientos, olas y corrientes, lo que permite realizar cultivos en mar abierto, donde no se pueden usar balsas.

La mayoría de los cultivadores japoneses compran las semillas a laboratorios especializados, localizados en el nore del país, y son pocos los que las recolectan en el medio natural. Esta producción es la mayor reportada en el mundo y nunca se les han presentado problemas de mortalidad masiva producida por enfermedades, parasitismo, depredación, cambios climáticos o contaminación.



Figura 19. Cultivo de ostión por balsas en Japón.

En los Estados Unidos se ha alcanzado también mucho éxito utilizando cultivo de fondo, para la *Crassostrea gigas* en la costa del Océano Pacífico. Las conchas con semillas, que se pueden adquirir en el país o importarlas del Japón, se rompen y se esparcen en los lechos para su engorda.

En ambas costas de los Estados Unidos existen compañías que realizan ostricultura por medio de cultivos de flotación; utilizando balsas o bateas, obteniendo ostras de excelente calidad a los tres años de cultivo. Entre las principales empresas se pueden mencionar la Compañía Pacific Mariculture, en Pigeon Point, California y el Centro de Ciencias Marinas de la Universidad de Oregon en Newport, Oregon.

En Francia, se utiliza el cultivo de fondo para la ostra plana y para la ostra portuguesa, y es el principal país productor de esta última que, siendo de origen portugués, fue introducida en Francia en 1868.

La recolección de larvas se lleva a cabo en la costa sur de Bretaña en el Golfo de Morbihan, así como a lo largo de la costa suratlántica de Francia, por medio de tejas semicilíndricas de cerámica que se apilan por pares y se cubren con una capa delgada de cal.

Después de la recolecta, la semilla se coloca en *viveros* especialmente preparados en bahías y estuarios, llamados *pacos*, en donde se cuidan de los depredadores y competidores, quitándoselos durante la marea baja. En los pacos, que generalmente miden varias hectáreas, viven los ostiones durante año y medio y después se les pasa a áreas de mayor profundidad, de 3 a 10 metros, en donde se les mantiene durante dos años, para que alcancen la talla comercial.

Antes de su venta en el mercado, las ostras son colocadas en *estanques de purificación*, que contienen agua potable que mata a las bacterias. En estos estanques se les puede engordar con alimentos especiales como la diatomea, *Navicula ostrearia*, que les proporciona un sabor muy apreciado por los consumidores; a este método se le denomina *claire* que significa temperatura.

Otro país en donde la ostricultura se ha desarrollado es Australia, en donde se cultiva la ostra de roca de Sydney *Crassostrea commercialis*. La semilla se recolecta utilizando cuadros de madera dura, que se construyen a manera de tomar una escalera, la cual se recubre con brea para evitar que se peguen otros organismos y para asegurar una superficie lisa para las larvas. Los cuadros se colocan uno sobre de otro formando una pila en forma de *java o guacal*.

Una vez recolectada la semilla, las jivas se desclavan y se trasladan a lugares de engorda durante un año y medio o dos años y medio, limpiándolas de competidores como percebes y después son llevadas al mercado.

Una de las plantas ostrícolas más importantes de Australia se encuentra en la Bahía del Pelicano, en la Isla de Tasmania, en donde producen 30 millones de ejemplares de gran calidad.

Los principales países tropicales donde se ha iniciado la ostricultura son Nigeria, Cuba, Venezuela y México. En Nigeria se cultivan la *Ostrea gasar* y la *Ostrea tulipa*, y en Cuba y Venezuela *Crassostrea rhizophorae*.

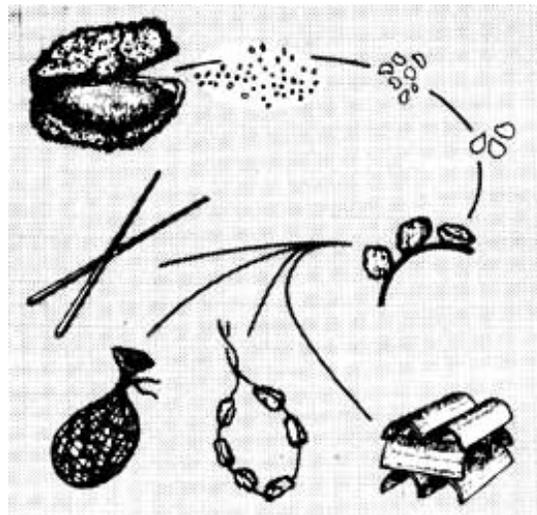


Figura 20. Diferentes métodos de cultivo del ostión.

En México, la ostricultura se realiza en lagunas litorales y esteros, utilizando tanto métodos de fondo como de suspensión, según las características de cada una de ellas. Las especies que se cultivan son las autóctonas *Crassostrea virginica*, *Crassostrea chilensis* y *Crassostrea corteziensis*, y la introducida *Crassostrea gigas*.

En el Golfo de México la ostricultura se hace principalmente en la laguna de Tamiahua, en el estado de Veracruz, que mide 340 kilómetros cuadrados y que es la que tiene la mayor producción de ostión del país; también en las lagunas Del Carmen, Machona y Mecoaacán en Tabasco; y la Laguna de Términos en Campeche.

En el litoral del Pacífico se cultivan ostiones en las lagunas de Nayarit y Sinaloa, así como en las aguas de las bahías de San Quintín en Baja California Norte. Para la producción de semillas se cuenta con el Centro Reproductor de Moluscos de San Blas, Nayarit, el cual tiene como objetivo producir las larvas que permitan repoblar los sitios donde las existencias naturales de ostión han disminuido por sobreexplotación o por el deterioro de las condiciones ambientales.

México, por las características de sus costas, en las que abundan las lagunas litorales y esteros, con una extensión de 1 500 000 hectáreas, si se pusieran a trabajar en conjunto los técnicos y los pescadores podría llegar a ser el país número uno en producción de ostras del mundo.

Con el continuo avance que han presentado las técnicas de ostricultura, en especial las que permiten la reproducción selectiva y el mejoramiento genético de las ostras, los resultados positivos de los programas ostrícolas son cada vez más continuos. Esto permite llevar a los consumidores un alimento de alta calidad nutritiva y sólo falta lograr que los precios sean menores, para que núcleos mayores de población lo puedan aprovechar.

Sin embargo, se tiene que considerar que cada día el hombre contamina más los esteros y las lagunas litorales; por esto es importante convencer a los responsables de que eviten esta contaminación y así aprovechar todas las posibilidades de producir alimento que estas áreas nos brindan.



Figura 21. Excelentes resultados cuando se trabaja en conjunto. Tamiahua, Veracruz.

CULTIVO DE MEJILLONES Y ALMEJAS

Dentro del grupo de los bivalvos son también importantes como alimento los organismos de la familia Mytilidae conocidos con el nombre común de mejillones; éstos son moluscos que viven fijos a las rocas de la zona intermareal y que quedan al descubierto en las bajamares de las costas templadas de América, Europa y el Oriente.

Los mejillones son especies cosmopolitas, abundan en las costas occidentales de México, el mejillón común, *Mytilus edulis*, y el de California, *Mytilus californianus*, especie fecunda que pone hasta 100 mil huevos durante la época de su reproducción. En los esteros de las costas del Golfo de México, se localiza el mejillón encorvado *Brachidontes recurvus*.

En Cuba se consumen el *Mytilus exustus* y el *Brachidontes citrinus*, y en Brasil los mejillones del Plata, *Mytilus platensis*, a los que llaman sururus. En Argentina y Chile se hace gran consumo de las cholgas o mejillones del sur, *Mytilus chilensis* y *Mytilus ater*, y del mejillón grande o raizado llamado también "mejillón de Magallanes", *Aulacomya magallanica*.

Ninguna de estas especies compete con el choro de Chile, *Choromytilus choro* especie de gran aceptación que se distribuye por el Atlántico hasta Argentina y por el Pacífico hasta Perú; alcanza 20 centímetros de longitud, por lo que se les llama mejillones gigantes y representan un estupendo alimento.

En España y el Mediterráneo los mejillones, mocejones o mazajones, pertenecen a las especies mejillón común, *Mytilus edulis*, y mejillón rubio, *Mytilus gallo provincialis*. En las costas africanas, sobre todo en Mauritania, existe el mejillón salvaje, *Mytilus perna*; en el Oriente el mejillón verde, *Mytilus smaragdinus*, es el más

abundante.

Estos moluscos han sido un alimento muy apreciado por el hombre desde la antigüedad y se cuenta que el excéntrico epicúreo romano Apicio, en el siglo I de la era cristiana, diseñó su propia receta de mejillones cocidos en caldo de puerco, cominos y vino de pasas.

Los mejillones son organismos típicamente filtradores, poseen un poder enorme de bombeo para alimentarse de plancton; su crecimiento es rápido, dependiendo de la cantidad de alimento disponible y de las condiciones ambientales que regulan su metabolismo, lo cual se aprovecha para cultivarlo.

El mejillón común alcanza su madurez sexual al año de vida y se reproduce durante la primavera y el verano, por el incremento en la temperatura del agua donde vive. Los huevos y el esperma son liberados en el medio y la fecundación se realiza en alta mar. Las larvas forman parte del plancton durante 10 a 15 días, en busca de un lugar para fijarse, siendo altamente sensibles a la luz, lo que explica su distribución en la zona intermareal.

La fijación la llevan a cabo mediante una estructura fibrosa que secretan, en forma de barbas, llamada *biso*, y prefieren para adherirse materiales duros o fibrosos, como rocas, piedras y cuerdas; comportamiento que se utiliza para su cultivo; en ellos permanecen 18 meses, llegando a su estado adulto y midiendo 4 centímetros de largo.

Entre los grandes criaderos naturales se pueden citar los del litoral del Mar del Norte, en donde se localizan los mejillones holandeses que son muy apreciados; los del litoral de La Mancha; los de la región de Boulogne; así como los de Bretaña.

Los mejillones han sido cultivados a partir del siglo XIII por el irlandés Patricio Walton, sobreviviente del naufragio de su barco en las costas cercanas a Rochela, en la punta de L'Escaie, en donde tuvo que vivir de la caza y la pesca. Walton observó que los mejillones crecían más sobre los soportes de madera que utilizaba para sostener sus redes y que durante la bajamar quedaban al descubierto, que los que vivían a niveles inferiores, por esto comenzó a colocar empalizadas y a fijar en ellas a los mejillones, obteniendo magníficos resultados que fueron la base del cultivo.

A las estacas con mejillones las llamó *bout choat*, que significa estaca llena, y por eso en la actualidad se les llama a los mejillones desarrollados en estaca *bouchots* y a los trabajadores *boucholeurs*.

En algunos países de Europa, como Francia, España y Holanda, se ha logrado el dominio total de las técnicas de cultivo, con base en el hecho de mantener a los animales siempre sumergidos y separados del fondo, produciéndose grandes cantidades de mejillón en sus parques de cultivo, lo que les permite contar con estos organismos para mantener la actividad de la industria del mejillón durante todo el año. Para cultivarlo se toma en cuenta que es una especie que vive fija, y de acuerdo al sustrato que se elija para su fijación, existen tres modalidades de cultivo: sobre el fondo, sobre estacas clavadas o sobre cuerdas de bateas flotantes.

Cuando se *cultiva sobre el fondo*, el animal se fija directamente en la arena gruesa o cascajo del fondo, con la ventaja de que se utiliza poca mano de obra, pues sólo requiere que se coloque el cascajo limpio y que se mantenga un movimiento abundante de las aguas. Como inconveniente de este método se tiene el fácil acceso de los depredadores a estos parques, entre ellos las estrellas de mar y algunos copépodos parásitos.

Para el *método de estacas*, éstas se clavan en las zonas de mareas donde los mejillones se fijan, sujetos a periodos de inmersión y emersión, por lo que el fácil acceso a ellos durante la bajamar permite realizar los cuidados necesarios. Este método tiene la desventaja de que el tiempo que los organismos pasan fuera del agua cesan de alimentarse y el crecimiento disminuye, y que si se presentan cambios de temperatura bruscos, la mortalidad aumenta. En las estacas, que son tiras de roble descortezadas de cinco metros de largo, se atan gruesas cuerdas en las que se fijan los mejillones y una vez que esto sucede, se amarran en otras estacas para su engorda. En un buen año, una sola estaca puede producir 30 kilos de mejillones.

El método de cultivo del mejillón que mejores resultados aporta es el de *cuerdas que cuelgan de bateas flotantes*, en estas cuerdas se fija al animal, con la ventaja de que siempre permanece emergido y separado del fondo, lo que hace que todo el tiempo se alimente y su crecimiento sea rápido, además de estar a salvo de sus depredadores del fondo, aunque es el método que necesita de mayor empleo de mano de obra. Cuando se levantan las cuerdas, se procede al desconchado definitivo y a su preparación para la expedición. El peso de cada cuerda a nivel comercial

en España puede llegar a ser de 90 a 110 kilogramos.

El cultivo de los mejillones pasa por tres fases: la recolección de la semilla, que se hace por medio de las cuerdas, que le sirven como medio de fijación a la crías; la engorda, que consiste en llevar los cordeles con la fijación de larvas a lugares donde abunda plancton para que los organismos cuenten con suficiente alimento; y la cosecha, que se lleva a cabo cuando el mejillón ha alcanzado la talla comercial.

Durante el cultivo el organismo, al no emplear toda la energía que utiliza en su medio natural para fijarse fuertemente a las rocas y soportar los embates y endurecer su concha como defensa a las condiciones del medio, usa esta energía para su crecimiento y es por esta razón que si en el medio natural sólo alcanzó tallas de 8 centímetros, en cultivo pueden llegar hasta los 12 centímetros de longitud.

En Francia el cultivo de mejillón está muy desarrollado y se realiza en la costa atlántica, alcanzando una producción mayor a las 50 mil toneladas, encontrándose el parque más grande de cultivo cerca del norte de St. Michel, que tiene un promedio de 25 mil colectores. Sin embargo, este cultivo no es suficiente y Francia importa, principalmente de España y Holanda, otras 80 mil toneladas anuales para completar su consumo.

En España se hace el cultivo mediante tres procedimientos: empalizadas, estanques y balsas flotantes; siendo este último el más difundido por los óptimos resultados que se obtienen, debido a las características de las costas y al régimen de marea. Sus principales parques de cultivo se encuentran en las rías gallegas, costas de Galicia y Cantabria y en los puertos de Barcelona y Valencia, donde se cultivan de 300 a 400 mil toneladas anuales. Su mayor parte se localiza en la ría de Arosa, considerada la más grande del mundo, ya que ella sola produce 125 toneladas.

Las especies frecuentemente cultivadas en Francia, España y Holanda son el mejillón común y el mejillón rubio. En el Mediterráneo el mejillón de Tarent, y en Italia el *cozze mare*, que es el común y el *cozze pelose*, que es la especie *Mytilus odiolus barbatus*.

En las costas de Morbihan hay criaderos de más de 2 000 hectáreas. También los encontramos en Calicut, India y el Golfo de Siann, Tailandia. En Holanda han logrado cultivar 10 mil toneladas por año.

En menor proporción se cultivan en Inglaterra, Italia, Portugal, Noruega, Escocia, Alemania y Yugoslavia; en América Latina apenas se inicia en México y en Cuba, y está más desarrollado en Venezuela y en Chile.

Su consumo se hace fresco o procesado, generalmente por ahumado, en diferentes tipos de guisos. Cuando se consume fresco al igual que con las ostras, se debe tener cuidado de depurarlos antes de comercializarlos y consumirlos, para evitar que sean transmisores de gérmenes patógenos, como bacterias que producen la tifoidea. Cuando sus conchas están firmemente cerradas, se puede asegurar que cuando se consuman frescos se haga el mismo día de su colecta y si se cocinan lo hagan dentro de los tres días siguientes.

Los métodos de depuración son: tratamiento por radiaciones ultravioletas; tratamiento con agua previamente esterilizada con ozono o cloro durante 24 horas y el mantenimiento de los mejillones en agua potable y renovada durante tres o cuatro días, tiempo en el cual destruyen los gérmenes digiriéndolos, "se purgan", siendo el método más cómodo, barato y eficaz y al decir de los cultivadores el que los deja en excelentes condiciones para ser consumidos.

También los mejillones pueden resultar peligrosos si se desarrollan sobre el metal de las planchas de cobre de los cascos de los barcos. Producen entonces sales de este metal las cuales acumulan en su glándula digestiva y que son sales muy tóxicas que causan envenenamientos. Asimismo, cuando en las aguas donde viven aumenta el número de peridinias, pequeños organismos que viven en el plancton a los que se deben las llamadas *mareas rojas*, estos organismos se acumulan en el mejillón y entonces se convierte en un alimento tóxico y peligroso.

En Estados Unidos, se cultiva para investigar la utilización del mejillón en la medicina, explorando las posibilidades de usarlo como adhesivo quirúrgico en la cicatrización de heridas o en la restauración de rodillas o de caderas dañadas, ya que se ha observado que refuerza la capacidad del tejido óseo blando para desarrollarse sobre articulaciones artificiales y también facilita la readhesión de los tendones a los huesos.

EL CULTIVO DE ALMEJAS

Otros bivalvos que constituyen un alimento de origen marino importante son las almejas, cuyo cultivo es tan antiguo como el de las ostras, pero que se ha desarrollado debido a que algunas especies son muy abundantes y fáciles de recolectar en sus poblaciones naturales.

El cultivo de las almejas se originó en Japón, existiendo referencias de que en el siglo VIII se hacían trasplantes de almejas de las áreas nativas a otras donde se desarrollaban rápidamente. Este cultivo prosperó, pero se siguen utilizando los mismos métodos que se aplicaban en el siglo XVIII cuando se estableció formalmente su cultivo.

En el Japón se cultivan principalmente las especies haigai, *Anadara granosa*; sarubo, *Anadara subcrenata*; tairagi, *Atrina japonica*; hokkigai, *Macra sachalinensis*, y asari, *Tapes japonica*. Los métodos de cultivo son de fondo y las técnicas varían según la especie de que se trate.

En el sureste de Asia, en China, Filipinas, Tailandia, Borneo y Malasia, se cultivan las almejas llamadas berberechos que pertenecen al género *Anadara*.

En los Estados Unidos se realiza con éxito el cultivo de la chirla, *Mercenaria mercenaria*, y de la almeja suave, *Mya arenaria*, así como de almejas de agua dulce. Se considera que este país se encuentra en el liderato del cultivo de almejas.

En México se ha iniciado el cultivo de la almeja catarina o escalopa, *Argopecten circularis*, en aguas de Baja California, con fines de repoblación y de explotación y se ha logrado producir dos millones de almejas por año, lo que representa más de dos toneladas de carne, así como sus conchas que también se comercializan.

El cultivo de la almeja voladora que pertenece a varias especies del género *Pecten*, se ha iniciado a nivel experimental, como por ejemplo el programa que se realiza en Brest, Francia, para cultivar la almeja voladora europea, *Pecten maximus*, y en la costa atlántica norteamericana donde se experimenta con la almeja voladora de bahía *Argopecten irradians*.

EL CULTIVO DE PERLAS

Los relatos históricos permiten conocer que desde la antigüedad las perlas han sido apreciadas como objetos de gran valor. Las perlas son diminutas esferas nacaradas que se forman dentro del cuerpo de los moluscos bivalvos, llamados ostras perlíferas, como la japonesa, *Pinctada martensii*, y la margarita *Pinctada emarginata*.

A los lugares donde había una gran concentración de estas madreperlas, se les llamó placeres, como los que se dice existieron en el Mar Rojo, y cuando los romanos extendieron su imperio las llamaron "lágrimas de las diosas", por lo que Julio César emitió un decreto que prohibía el uso del "llanto divino" a las plebeyas.

Fue tal la exageración en su uso que los placeres del Mar Rojo se agotaron y sólo quedaron los que se descubrieron en el Golfo Pérsico y en el Estrecho de Mannar, que durante siglos cubrieron la demanda. El descubrimiento de América proporcionó nuevas posibilidades de explotación de las perlas en las aguas de California, Golfo de México, Panamá y Venezuela.

Una de las más notables perlas encontradas en América es la *peregrina*, que tiene 134 kilates y el tamaño de un huevo de paloma, que se recolectó en las costas de Panamá y se mandó a Felipe II de España.

En México, la utilización de las perlas era común en las culturas que existían antes de la llegada de los españoles; existió un comercio regular con las que se traían desde las costas de Nayarit hasta el altiplano. Después de la conquista, Baja California se convirtió en la fuente principal de perlas para España; en el siglo XVII la explotación se realizó en Loreto, y a partir de 1880 fue en La Paz, Baja California Sur. Sin embargo, a principio del presente siglo las poblaciones de madreperla sufrieron una disminución, llegando casi hasta su extinción.

El cultivo de madreperla se inició en Japón, y consiste en introducir en el cuerpo de la madreperla viva, *núcleos* esféricos y pequeños que se fabrican utilizando la concha de un bivalvo de agua dulce llamado concha de Mississippi, ya así, se coloca en cestas de alambre colgadas en balsas de bambú y en áreas donde el plancton abunda.

La madreperla secreta en su glándula hepática sustancias nacaradas que recubren el núcleo y se inicia la formación de la perla; se van depositando nuevas cargas uniformes y el cultivador las deja hasta obtener el diámetro y la calidad requeridas. Durante este proceso expertas buceadoras se encargan del cuidado de la madreperla, eliminando los competidores y los parásitos.

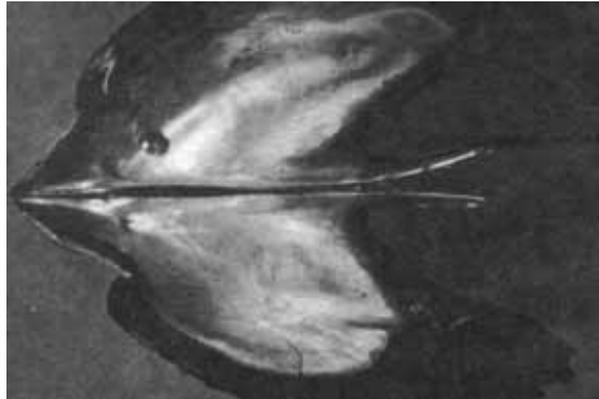


Figura 22. Madreperla.

La zona donde se encuentra la mayor concentración de parques de cultivo es Toba y se calcula que existen alrededor de 5 mil cultivadores de perlas, siendo su iniciador Korichi Mikimoto que se convirtió en el "rey de las perlas". La producción perlera de Japón es exportada a varios países del mundo, siendo sus principales compradores Estados Unidos, Suiza y Alemania.

EL CULTIVO DEL ABULÓN Y DE OTROS CARACOLES

El abulón, como los caracoles, pertenece a los moluscos llamados gasterópodos, y las especies importantes desde el punto de vista económico se distribuyen en las aguas templadas de la costa de Japón, China, la costa del Pacífico de Estados Unidos y México, África del Sur, Nueva Zelanda y el sur de Australia.

Como su explotación se ha realizado en exceso, las poblaciones están constantemente disminuyendo y su escasez hace que alcance precios muy elevados, esto ha originado que se realicen cultivos, principalmente en Japón y Estados Unidos, encontrándose en experimentación en otros países como Australia y México.

En el Japón los cultivos se iniciaron con el trasplante de semillas de abulón desde Hokaido y del norte de Honshu a las diferentes áreas de pesca del país. En la actualidad en su Estación Experimental de Pesca de la Prefectura de Kanagawa, se producen con éxito grandes cantidades de abulones juveniles de 1.5 a 2.0 centímetros de talla, que se venden a los pescadores para que los lleven a sus áreas de operación.

El abulón que se cultiva en Japón es el *Haliotis discus*, que se reproduce a temperaturas entre 15° y 20°C, el macho produce el esperma, lo que estimula a la hembra para liberar de 10 a más millones de óvulos, que son fecundados. Los huevecillos que se forman se hunden hasta llegar al fondo, en donde se desarrollan las larvas que nadan en el plancton para después irse nuevamente al fondo y transformarse en juveniles que inician su crecimiento.

Abulones comerciales

Japón

Haliotis gigantea

Haliotis discus
Haliotis diversicolor
Haliotis sieboldi

México y
Estados Unidos

Haliotis cracherodii
Haliotis rufescens
Haliotis corrugata
Haliotis fulgens

A los criaderos se llevan abulones adultos que son desovados en acuarios, para lograr la fecundación y el desarrollo de las larvas. A continuación se pasan a recipientes de plástico para su fijación en sus paredes y después son pasados a estanques exteriores para su engorda. Los abulones juveniles son alimentados con diatomeas y su crecimiento permite obtener semillas de dos centímetros en 8 meses.

En la estación de cultivo de Kanagawa se producen cerca de un millón de abulones juveniles por año. En el Instituto Japonés de Investigaciones Ostrícolas se ha logrado cultivar abulón hasta el estado adulto.

En Estados Unidos la explotación del abulón se inició en 1849 con la llegada de los trabajadores chinos que realizaron la explotación del oro en California, quienes no sólo lo consumían, sino que lo mandaron a China; posteriormente se estableció la pesquería del abulón a nivel comercial.

A mediados del presente siglo se llevaron a cabo los primeros esfuerzos para cultivarlo, lográndose en la Bahía del Morro, California, en donde cultivan el abulón rojo *Haliotis rufescens*, a producir 250 mil abulones juveniles por año.

En Australia se hace cultivo en la Estación Experimental Adelaide, en la que se pretende lograr el cultivo total del molusco. En México se realizan cultivos en la Estación de Investigación Pesquera del Sauzal, Baja California, y se han repoblado zonas abuloneras con los juveniles que se obtienen.

Otro gasterópodo que se está cultivando es el caracol de la especie *Murex trunculus* en la costa de Túnez y se le engorda en el lago de Bizerta, que tiene agua salobre. En nuestro país, en Isla Mujeres, Quintana Roo se ha estado trabajando con el fin de cultivar el caracol gigante *Strombus gigas* para repoblar las zonas donde antiguamente abundaba.



Figura 23. Abulón.

CULTIVO DE CALAMARES

Los calamares y los pulpos son moluscos cefalópodos, que cada día cobran mayor interés desde el punto de vista comercial. En la actualidad se están explotando las poblaciones naturales.

En Japón se están haciendo los primeros esfuerzos para cultivar a los calamares y se trabaja con dos especies, *Sepia subaculeata* y *Sepioteuthis lessoniana*, logrando mantenerlos en cautiverio y obtener una primera generación en cultivo en la Estación Experimental de Pesca de la Prefectura de Fukuoka.



V. EL CULTIVO DE LOS CRUSTÁCEOS

LOS crustáceos son animales que pertenecen a los artrópodos, caracterizados por tener sus *patas formadas* por segmentos articulados y presentar su cuerpo protegido por una cubierta gruesa de quitina, a lo que deben su nombre, y la cual necesitan cambiar o mudar para poder crecer.

Viven en aguas marinas, salobres y dulces, distribuidos en todo el mundo, y muchas especies como los camarones, las langostas, los cangrejos, los percebes y los langostinos, son explotadas comercialmente y forman parte de la alimentación humana, siendo en muchos países la base de su economía pesquera por los altos costos que estos organismos han alcanzado en los mercados internacionales.

En la actualidad la captura de algunos de estos crustáceos como los camarones y las langostas se ha convertido en una actividad cara y complicada y en algunas ocasiones, cuando se utilizan las redes de arrastre, destructivas del medio, su cultivo se presenta como una magnífica alternativa que permite incrementar las poblaciones y hacer más racional la explotación de estos recursos.

EL CULTIVO DEL CAMARÓN

La producción mundial de camarones, llamados también quisquillas, langostinos o gambas, se ha estabilizado en 1.5 millones de toneladas anuales, siendo India, China continental, Estados Unidos, Tailandia, Indonesia, México, Malasia, Japón, Vietnam y Brasil los diez principales países en la pesca de camarón. México se localiza como el sexto productor con una captura anual de 73 mil toneladas, pero sólo el 5.7 proviene del cultivo.

Como el consumo de estos animales experimenta cada año un incremento moderado, se presenta un déficit que sólo se puede resolver a través del cultivo. Así se podrían atender los principales mercados que son Japón, Europa Occidental y Estados Unidos.

El cultivo de camarón o camaronicultura apenas representa el 10% de la producción total anual, es decir, alcanza la cifra de 150 mil toneladas y varios países están haciendo esfuerzos considerables para incrementarla.

Se sabe que el inicio del cultivo de camarón se llevó a cabo en el sureste de Asia, hace más de cinco siglos, utilizando métodos rudimentarios consistentes en capturar y encerrar camarones juveniles en estanques con agua salobre durante algunos meses para esperar su engorda y así poder cosecharlos.

El cultivo intensivo de camarón lo inició en Japón el doctor Motosaku Fujinaga, en el año de 1933, en las salinas de la isla de Seto al sur de Hiroshima, donde logró la reproducción en cautiverio del camarón japonés o kuruma, llamado *Penaeus japonicus*.

Fujinaga pasó más de diez años estudiando la biología del camarón, que para ese entonces no se conocía, y en 1955 inició el cultivo comercial comprándole a los pescadores las hembras maduras que estaban listas para poner de 400 mil a 1.2 millones de huevecillos. Luego las transportaba hasta sus instalaciones sobre aserrín húmedo; colocaba los huevecillos en estanques interiores hasta que salían las larvas, a las que alimentaba con algas microscópicas y pequeños crustáceos. Una vez que llegaban al estado juvenil las trasladaba a grandes estanques que había construido en las salinas donde les proporcionaba almejas, gusanos y trozos de calamar hasta obtener las tallas comerciales listas para preparar el *témpura* y el suki platillos populares en Japón.

El cultivo de los camarones se basa en su ciclo vital, el cual es muy semejante en todas las especies de este crustáceo. Los camarones son abundantes en áreas de aguas tropicales y subtropicales, en donde la plataforma continental desciende gradualmente y está cubierta por una capa de fango o de arena fina; se reproducen en alta mar y pasan sus etapas larvares y juveniles en las lagunas litorales y en las estaciones, que han sido denominadas "criaderos o campos nodriza"; algunas especies no entran a estas zonas y pasan las primeras etapas de su vida en aguas de poca profundidad cercanas a la playa.

La entrada de las larvas a las lagunas es facilitada por las corrientes, debido a que no cuentan los organismos con la suficiente fuerza para nadar y entrar por sí solas; los juveniles también son ayudados por estas corrientes para llevar a cabo su largo viaje y regresar al mar a reproducirse.

Las larvas y los juveniles cambian sus requerimientos de alimento y sus características fisicoquímicas según van desarrollándose, y el conocimiento específico de estos cambios es lo que permite tener éxito en el cultivo de los camarones.

Cuando los animales llegan a aguas marinas con profundidades de 14 a 45 metros, maduran sexualmente, siendo fácil reconocer a las hembras que están a punto de desovar ya que antes de liberar los cientos de miles de huevecillos los ovarios son visibles a través del caparazón gracias a su coloración. El apareamiento se realiza cuando la hembra cambia la cubierta de su cuerpo; el macho pega un paquete de células reproductoras sobre el cuerpo de la hembra y en ese momento se lleva a cabo el desove y la fecundación se hace en el agua.

La puesta de huevecillos es más intensa cuando la temperatura empieza a elevarse, pero puede presentarse durante todo el año. El embrión perfora la cubierta del huevo con una espina especial después de doce horas, quedando libre el primer estado larvario o *nauplio*, que cambia cada dos días pasando por cinco estadios larvarios que se alimentan de las sustancias nutritivas que trae el huevo o *vitelo*. A continuación se transforma en una nueva larva llamada *protozoa*, la cual tiene que conseguir su propio alimento por lo que éste es un momento crítico de su vida; su comida consiste en organismos microscópicos de los grupos de las algas verdes y de los dinoflagelados, principalmente.

Después de tres semanas de desarrollo alcanzan los estados poslarvarios, que se van al fondo y, arrastrados por las corrientes y las mareas, llegan a las lagunas costeras y estuarios; ahí permanecen de tres a seis meses alcanzando 7.5 centímetros de largo y alimentándose de organismos del fondo así como de algunos desechos, e inician su retorno al mar para terminar su ciclo.

Para su cultivo es importante conocer en detalle este ciclo, presentándose el problema de que es difícil identificar los estados larvarios de las diferentes especies y también es complicado distinguirlos de los de otras especies, lo cual complica el separarlos para el cultivo.

Entre las características favorables para el cultivo de los camarones se pueden mencionar su rápido crecimiento, ya que llegan al estado comercial en menos de un año; su desarrollo larvario, que dura aproximadamente dos semanas, es corto, facilitando los cuidados que deben tener durante esta etapa crucial de su vida; y el hecho de que alcanzan alto valor en el mercado, lo que hace rentable al cultivo.

El cultivo de camarón presenta las mismas tres etapas que maneja la agricultura, es decir, la *siembra*, el *crecimiento* y la *cosecha*, las cuales se han logrado reproduciendo en cautiverio los procesos biológicos naturales de estos crustáceos.

Dependiendo del grado de desarrollo de la tecnología utilizada para la camaronicultura ésta puede ser: *extensiva*, como la que se está haciendo en Ecuador, que consiste en capturar las larvas y llevarlas a estanques rústicos; *semi-intensiva* como la que se desarrolla en Taiwán; e *intensiva* como en Japón, en la cual producen desde las larvas. En estos países, gracias a sus condiciones geográficas y socioeconómicas, los tres sistemas de cultivo son altamente rentables.

Para cultivar camarones en estanques rústicos o semirrústicos, se hacen llegar poslarvas y juveniles para su crecimiento, engorda y cosecha, con densidades de siembra de 5 a 7 camarones por metro cuadrado, y se les alimenta con dietas balanceadas; es un requisito que el estanque sea fertilizado con anterioridad para que se puedan establecer las cadenas de alimentación naturales, necesarias para el desarrollo de estos animales.

Para establecer una *granja camaronera* con este tipo de estanques es necesario considerar los siguientes factores:

Que existan suficientes larvas o *semillas* de las especies que se quiere cultivar. Estas larvas pueden ser conseguidas de las que viven en zonas naturales cercanas, pero se debe evaluar su población para no agotarla y no sólo perjudicar a los cultivadores, sino a los pescadores comerciales. También se puede producir la larva desovando artificialmente los camarones en estanques especiales. Los centros de recolección o compra de la semilla deben estar muy cerca de la granja para disminuir los costos y la mortalidad que se puede presentar si se transportan a grandes distancias.

Que el suelo, que debe ser impermeable, tenga una constitución de arcilla dura, mezclada con arena fina y detritus orgánicos, formando un limo que no debe pasar de 50 centímetros de grosor, porque se ha observado que si es mayor su

densidad, disminuye la producción; también se debe vigilar que no aumente la materia orgánica en descomposición, para evitar que se produzca anaerobiosis, es decir, falta de oxígeno, el cual debe existir de 3-9 ppm, y aumento de bióxido de carbono, porque esto traería una mortalidad masiva de los camarones.

Se recomienda que las dimensiones de los estanques sean de entre 10 y 15 hectáreas, por la facilidad de su manejo, control y los rendimientos obtenidos. Su profundidad debe ser entre 70 centímetros y un metro, lo que permite mantener el espejo de agua conveniente para que la temperatura no aumente, recomendándose que se mantenga entre 20 y 34°C.



Figura 24. Estanques naturales en las lagunas costeras del Pacífico mexicano

Es importante considerar el régimen de mareas, así como la localización de los estanques en relación con su distancia de la costa, para aprovechar el flujo y reflujos de la marea para llenar y vaciar los estanques con mayor facilidad y para evitar las inundaciones.

También se debe tomar en cuenta la cantidad de agua dulce en la zona, ya que una gran afluencia puede reducir la salinidad, la cual debe mantenerse entre 10 y 25‰ (partes por mil), siendo la óptima la comprendida entre 18 y 24‰.

La vegetación que rodea a los estanques generalmente está representada por diferentes tipos de mangle, que pertenecen a los géneros *Rhizophora*, *Avicennia* y *Conocarpus*, e interviene en mantener la concentración de ácidos y sales estables para proporcionar el pH adecuado para el camarón.

Es obvio que la calidad del agua de los estanques tiene que cuidarse estrictamente, ya que todo el sistema de cultivo depende de este factor. El contar con un fácil acceso de agua salobre salada o dulce proporciona al cultivador la ventaja de controlar la salinidad, la temperatura y el pH, entre otros factores. Es indispensable realizar constantemente análisis químicos del agua para detectar la presencia de metales como cobre, estaño y plomo cuyos niveles de tolerancia por el camarón son muy bajos. Asimismo, se debe evitar la contaminación por pesticidas, plaguicidas y otras sustancias químicas.

El sistema de la granja debe diseñarse en función con la cantidad de camarón que se va a manejar, la cual cambia de acuerdo a si se les agrega alimentación suplementaria, o si se utilizan o no sistemas de oxigenación mecánica.

Las larvas o semillas a veces se siembran directamente en los estanques y en otras ocasiones se colocan antes en estanques de precriaderos antes de introducirlas a los de crecimiento y engorda y la ventaja que esto representa es que las larvas se adaptan durante las etapas más críticas de su desarrollo.

Los métodos para la captura, el manejo y el transporte de la semilla, cambian de acuerdo con las diferentes especies y las épocas del año en que se está trabajando.

La alimentación es otro de los factores del cultivo de gran importancia y para el camarón que es omnívoro, es decir, que come alimento de procedencia tanto vegetal como animal, se han diseñados diferentes dietas y fórmulas

de alimentos balanceados que permitan tener cubiertas sus necesidades alimenticias.

De acuerdo al estado de desarrollo del camarón se aplican diferentes porcentajes de proteína, siendo en las primeras etapas los *alimentos iniciadores*, que generalmente contienen 30% de proteína proporcionada por harina de pescado, sorgo, trigo y soya; contienen el 5% de grasas que forman energía para la engorda y se obtienen del aceite de soya; presentan el 2% de hidratos de carbono o azúcares que ayudan a la digestión y a obtener energía; además llevan fibras y sustancias compactantes como la bentonita y el lubri-pellet, que permite que el alimento se mantenga compacto, por lo que se le llama *pelet*, y tiene la propiedad de que se hunde rápidamente, evitando que las aves se lo coman y a la vez dura un tiempo en el fondo del estanque antes de desbaratarse y así lo puede comer fácilmente el camarón.

El suministro total de alimento se determina con base en su tipo y marca, y en cantidad y peso de los individuos que se están manejando en el estanque. También se debe tomar en cuenta el tamaño del estanque y los factores fisicoquímicos como oxígeno disuelto, pH, temperatura y turbidez. Generalmente la dieta se reparte en dos raciones, una por la mañana a las 5 o 6 a.m. y otra por la tarde a las 5 o 6 p.m., para evitar pérdidas por efecto de la disolución del pellet y que el camarón lo aproveche.

Se entiende por *conversión alimentaria o eficiencia de alimento* la relación que se presenta entre la cantidad de alimento proporcionado contra el peso de los animales que se cultivan; y en el cultivo extensivo se han llegado a obtener relaciones de 1:1.5, es decir que para producir una libra de camarón, se emplean 1.5 libras de alimento balanceado y pelletizado.

Además, también se agregan al estanque abonos que pueden ser inorgánicos, como los que contienen fosfatos y nitratos, y orgánicos como la gallinaza o el estiércol de ganado. Estos abonos permiten que en el estanque se establezcan las cadenas de alimentación.

Un problema grave en los cultivos extensivos es el control de depredadores, es decir, de otros organismos que se comen al camarón, como las jaibas, los peces como la lisa y los chihuiles y las aves como los patos y las garzas. El control debe ser ejercido estrictamente para evitar que se conviertan en plagas y destruyan todo un ciclo de reproducción.

Una vez que el camarón crece, engorda y alcanza la talla comercial, se inicia la faena de pesca; se hace un muestreo para conocer el tamaño, así como si los animales no se encuentran mudando; y si está listo se saca del estanque a través de las compuertas para facilitar la captura, que se hace generalmente en redes de copo; después los animales son colocados en gavetas con suficiente hielo para bajar la temperatura y evitar la descomposición del organismo.

Después de la captura los estanques se secan totalmente, durante 10 o 15 días, con el objeto de que reciban directamente los rayos solares y se destruyan los microorganismos que pueden ser nocivos para los futuros camarones. También se aprovecha para agregar los fertilizantes y revisar y arreglar las instalaciones.

En el *cultivo intensivo*, todas las etapas del ciclo vital del camarón suceden en cautiverio, manejándose distintas densidades de individuos por metro cuadrado hasta alcanzar la talla comercial. Se llega a obtener un promedio de 2 a 6 toneladas por hectárea en un tiempo cercano a los 200 días.

La primera fase del cultivo intensivo es la de reproducción y producción de poslarvas, que comprende la captura de los reproductores y su colocación en estanques de concreto que tienen un flujo continuo de carga y el equipo necesario para mantener constantes la salinidad, el pH, la temperatura y el oxígeno disuelto.

Una vez que las hembras son fecundadas por el macho se llevan a los estanques de desove en donde, después de 12 o 15 horas, van a nacer las primeras larvas o nauplios, con un promedio de 30 a 50 mil por hembra. En este estado, que generalmente dura 40 horas, no requieren una alimentación especial.



Figura 25. Estanques artificiales de Japón.



Dr. Motosaky Fujinaga junto con Juan Luis Cifuentes y otros, en Japón.

Antes de que se terminen los cambios que presentan los nauplios, éstos son trasladados a otros estanques, llamados de producción de poslarvas, donde se transforman en el segundo tipo de larvas o protozoa, las que son alimentadas con algas de la especie *Skeletonema costatum*, en una proporción de 50 mil células por milímetro cúbico de agua. Después de tres cambios, adquieren la forma del tercer estado larvario o mysis, al que se le da de comer un pequeño crustáceo del género *Artemia*, en una concentración de 3 individuos por milímetro cúbico, y después de algunos días se obtiene la fase de poslarva.

La siguiente fase es la de preengorda, que se realiza en estanques de corriente rápida o *race ways*, en donde se les proporciona alimento balanceado, variando la dosis de acuerdo al tamaño de los organismos.

La etapa final es la fase de engorda, que se lleva a cabo en estanques de corriente rápida agregando el alimento balanceado rico en proteínas. Se espera que los camarones tengan la talla requerida y se dejan tres días sin comer para que el intestino esté limpio y no se tenga que quitar, a lo que se le llama *desvenado* y luego se saca para enhielarlo o congelarlo y comercializarlo.

Una de las grandes ventajas del cultivo intensivo es que no se presenta el problema de los competidores y de los depredadores, y si se llegara a presentar alguna enfermedad producida por bacterias o por parásitos, es fácilmente controlable.

Entre el cultivo extensivo y el intensivo existen una serie de métodos que se denominan semi-extensivos o semi-intensivos, que pueden ir desde sólo mejorar las bocas de las lagunas así como la calidad del agua que éstas tienen, hasta metodologías un poco más complicadas.

La camaronicultura, como toda tecnología relativamente nueva, requiere del apoyo de la investigación científica y tecnológica, que deben realizar profesionales especializados; además se necesita capacitar a los técnicos que manejan los cultivos y contar con las industrias conexas que se requieren, así como del apoyo financiero necesario.

Cuando lo anterior no se hace, los fracasos están asegurados y esto se puede observar cuando los programas se hacen con demagogia, en lugar de con bases técnicas adecuadas. Por desgracia, esto ha sucedido en muchos países del mundo entre ellos el nuestro.



Figura 26. Hembras de camarón transportadas en aserrín para el cultivo.

El principal país productor de camarón cultivado es Japón, en donde se lleva a cabo el cultivo intensivo del camarón kuruma, *Penaeus japonicus*, al cual capturan en el mar. Después de bajar la temperatura a los organismos para disminuir su metabolismo, son colocados en cajas de cartón con aserrín de cedro japonés, que es repelente natural a los insectos, y son llevados a los estanques de reproducción para iniciar el cultivo.

En Malasia y Singapur existe gran demanda por el camarón, por lo que han desarrollado el cultivo utilizando gran variedad de métodos que van desde el mejoramiento de los esteros hasta el cultivo extensivo. Las especies que manejan son el langostino banana, *Penaeus merguensis*; el langostino de la India, *Penaeus indicus*; el langostino sugpo o langostino tigre gigante, *Penaeus monodon*; el langostino tigre verde *Penaeus semisulcatus* y el langostino amarillo, *Metapenaeus brevicornis*, entre otros.

En la India cultivan el langostino de la India utilizando los campos de cultivo del arroz durante los seis meses en que no crece este vegetal, llegando a producir hasta tonelada y media por hectárea.

En Filipinas se cultiva el langostino sugpo, en combinación con el pez llamado sabalote, *Chanos chanos*, y cuando abunda la semilla de este langostino, realizan el monocultivo intensivo.

En Corea del Sur, el cultivo del camarón *Penaeus orientalis* ha tenido gran éxito, convirtiéndose en el segundo

país de zonas templadas que cultiva camarón comercialmente.

En Estados Unidos, gracias a las investigaciones de John H. Knox y otros biólogos, se está realizando el cultivo de camarón blanco del Golfo, *Penaeus setiferus*, en la costa de Florida, donde la compañía Marifarms Inc. cuenta con una moderna granja. En este país se está investigando, y han logrado reproducir en cautiverio con éxito, el camarón café del Golfo, *Penaeus aztecus*, el camarón rosado, *Penaeus duorarum*, el camarón siete barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, y el camarón café del Caribe, *Penaeus brasiliensis*, en los laboratorios de biología de la Oficina de Pesca Comercial de Estados Unidos en Galveston, Texas y en el Instituto de Ciencias Marinas de la Universidad de Miami, utilizando un sistema adoptado del Japón.

En Europa están desarrollando el cultivo de especies de camarones en aguas frías, y en Alemania Federal han tenido buenos resultados con el camarón de arena *Crangon crangon*, que se localiza en el Mar del Norte y en el Mar Báltico; en el Reino Unido han logrado cultivar el langostino de agua profunda *Pandalus borealis*, así como la especie de camarón *Palaemon serratus*; y Francia está trabajando con el camarón kuruma que importó del Japón.

En África el cultivo de camarón es mínimo y sólo Nigeria ha llevado a cabo un programa apoyado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO .

En Latinoamérica, Ecuador, Panamá y México son los países más adelantados en el cultivo de estos crustáceos.

Ecuador es considerado como el primer país latinoamericano productor de camarón cultivado. Inició sus actividades en 1969, y está trabajando con el camarón blanco, *Penaeus stylirostris*. Existen en este país alrededor de 95 granjas que ocupan 72 928 hectáreas con un tipo de cultivo que puede ser considerado extensivo, si se le compara con Japón, pero que presenta diferentes niveles de tecnología.

La producción en 1985 fue de 21 600 toneladas, siendo 20% menos de lo que se esperaba; posiblemente esta disminución se deba a la falta de poslarvas en el medio natural y al exceso de estanquería que este país tiene.

En Panamá cuentan con la granja de la Compañía Agromarina de Panamá, donde se está cultivando principalmente el camarón blanco, *Penaeus vennamei*, en estanques rústicos.

En México se puede decir que el cultivo de camarón se inició desde épocas prehispánicas, cuando los indígenas hacían encierros en las lagunas de Sinaloa y Nayarit; pero ya con bases técnicas a mediados de los años 60, gracias al esfuerzo del biólogo Héctor Chapa y de las cooperativas de Sinaloa, con métodos rudimentarios se dedicaron a mejorar las condiciones de las lagunas litorales de Caimanero y Huizache, en Sinaloa, abriendo las bocas, conectando a los ríos Presidio y Baluarte y canalizando los esteros; lo cual permitió que la producción se elevara considerablemente.

En 1967, se inició un programa de investigación para el cultivo de camarón propiciado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, en el que participaron el Instituto de Investigaciones Biológico Pesqueras, de la Dirección de Pesca de la Secretaría de Industria y Comercio, el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad de Sonora y el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey.



Figura 27. Unidad experimental para cultivar camarón de Puerto Peñasco, Sonora.

Los trabajos continuaron y en la Universidad de Sonora, los técnicos del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológica

s (CICTUS), en su Unidad Experimental de Puerto Peñasco, Sonora, lograron tener éxito a partir de 1970 en el cultivo intensivo del camarón azul, *Penaeus stylirostris*, con el método de estanques de corriente rápida. Actualmente se cuenta con un equipo de técnicos altamente calificados y con la mejor tecnología para cultivar este crustáceo.

Posteriormente se fueron estableciendo varios programas para cultivar camarón y, según el biólogo José Luis Arredondo, de la Secretaría de Pesca, contamos en el país con 20 granjas camaronerías distribuidas de la siguiente manera: Estado de Chiapas, dos; Nayarit, siete; Sinaloa, dos; Sonora, tres y Tamaulipas, seis, siendo los siguientes camarones los que se pueden cultivar:

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Distribución</i>
<i>Penaeus aztecus</i>	camarón café	Golfo de México
<i>Penaeus duorarum</i>	camarón rosado	Golfo de México
<i>Penaeus setiferus</i>	camarón blanco	Golfo de México
<i>Penaeus brasiliensis</i>	camarón rosado	Atlántico
<i>Penaeus californiensis</i>	camarón café	Pacífico
<i>Penaeus occidentalis</i>	camarón blanco	Pacífico sur
<i>Penaeus stylirostris</i>	camarón azul	Pacífico
<i>Penaeus vannamei</i>	camarón blanco	Pacífico

Sin embargo, en la actualidad sólo se cultivan el azul y el blanco del Pacífico.

Por la situación geográfica y por las características de nuestras costas, México es el país con mayor futuro en el cultivo de camarón; se cuenta con todo lo necesario para desarrollar una poderosa industria en camaronicultura, ya que existen técnicos de alto nivel, lugares idóneos para instalar cultivos y pescadores entusiastas; sólo falta resolver problemas de índole socioeconómica y, antes que nada, sortear los obstáculos políticos.

El futuro crecimiento a nivel mundial de la industria del cultivo del camarón, será el resultado de las innovaciones en las técnicas y en el empleo de nuevas especies, así como de los países que las utilicen. Su incremento no sólo traerá grandes ganancias a los cultivadores, sino que hace concebir la esperanza de que, al aumentar el volumen, los precios puedan ser menores y así un mayor número de personas de la población mundial podrán comer este exquisito alimento, a lo cual tienen derecho, y que por el momento sólo es posible que lo consuman las clases acomodadas.

EL CULTIVO DE LA LANGOSTA

Uno de los recursos marinos más codiciados es la langosta, por su sabor tan delicado que hace tengan mucha demanda por parte de los *gourmets*. Dentro de las langostas se pueden distinguir varios géneros diferentes de crustáceos, como las langostas americanas, provistas de fuertes pinzas que pertenecen al género *Homarus*, y las langostas rojas que carecen de estas pinzas y que son del género *Panulirus*; otras langostas de menor tamaño son

las llamadas cigalas del género *Ibacus*.

El cultivo de las langostas se inició con las del género *Homarus*, por presentar un ciclo biológico menos complejo y tener desarrollo larvario más simple que el de las langostas rojas. Los primeros trabajos los realizaron biólogos de Estados Unidos, en 1885, con la finalidad de obtener larvas de la langosta americana, *Homarus americanus*, para liberarlas en el mar y así proteger al recurso; a principios del presente siglo, en la costa noreste, establecieron centros para la crianza de langosta en cinco estados. Canadá y Terranova también iniciaron un programa semejante, sin embargo, por no ser económicamente rentable, la actividad proteccionista disminuyó, pero constituye la base para el cultivo comercial de estos crustáceos.

En 1921, se establecieron en Europa los criaderos para la langosta europea, *Homarus vulgaris*, principalmente en Noruega, Suecia, Dinamarca, Alemania, Francia, los Países Bajos y el Reino Unido, con mejores resultados que los que se obtuvieron en América.

Los programas de investigación y los de cultivo de langosta han seguido desarrollándose intensamente en varios países, pero se puede considerar que la crianza de langostas hasta alcanzar las tallas comerciales todavía no alcanza el éxito deseado tanto en Europa como en los Estados Unidos, encontrándose en una etapa especulativa y de exploración.

Los ciclos reproductores de las langostas americana y europea son similares, presentándose el apareamiento sexual en el verano y produciendo las hembras de 5 mil a 125 mil huevos que se atorán en las cerdas de las patas de su abdomen y ahí permanecen de 10 a 12 meses hasta que termina el desarrollo embrionario. En condiciones naturales, desde el apareamiento hasta el nacimiento de las crías pueden pasar dos años, sin embargo, los cultivadores han logrado reducir el tiempo a 11 meses, controlando la temperatura.

Los primeros estados larvarios de las langostas viven como parte del plancton, y, después de varias mudas, forman sus tenazas bien desarrolladas pareciéndose a los individuos adultos y se dirigen ya al fondo e inician su vida en el bentos, donde empiezan a crecer alcanzando su madurez sexual a los 6 años en que presentan una talla superior a los 20 centímetros de longitud; para la especie americana se ha calculado que tienen un promedio de vida entre los 50 y 100 años y pueden llegar a pesar hasta 19 kilogramos.

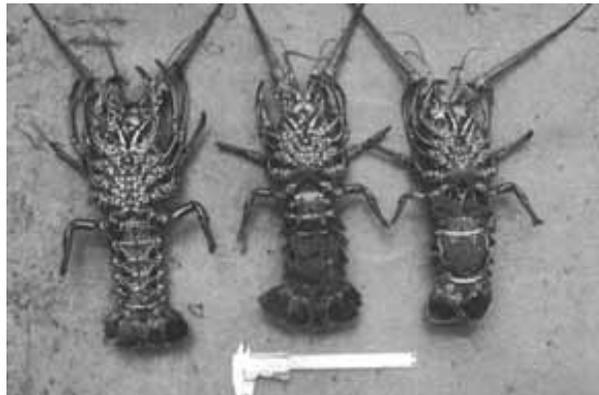


Figura 28. Langosta hembra con sus huevecillos.

En un principio los cultivadores de langosta utilizaban a las mismas hembras como incubadoras, colocando a las cargadas en los estanques. Actualmente en la granja langostera de la isla de Martha's Vineyard en Massachusetts, han logrado aparear langostas en cautiverio, aunque también utilizan las capturadas; los animales se colocan en estanques de tres metros de largo, uno de ancho y 30 centímetros de profundidad, que están divididos en 70 compartimientos en donde se colocan las langostas para su cuidado, evitando que se lesionen o rompan sus huevos. Se alimentan con vísceras de peces o de otros crustáceos, manteniéndolas a la temperatura de 150° C.

Cuando las larvas salen del huevo son arrastradas por la corriente hasta llegar a cajas fabricadas con tela de alambre, después se colocan en estanques circulares de fibra de vidrio de fondo cónico, en los cuales se produce una corriente de agua circular, para evitar que las larvas se estanquen en el fondo y se destruyan por canibalismo.

Cuando las langostas jóvenes alcanzan su cuarta etapa, se liberan en puntos seleccionados de la costa y rápidamente se dirigen al fondo, disminuyendo la mortalidad. Los técnicos han demostrado que en esta cuarta etapa es cuando un mayor número de individuos se establecen en el fondo y pueden iniciar su crecimiento y maduración.

En otros lugares se está trabajando con juveniles de langosta del género *Homarus*, que son llevados a estanques de crecimiento y engorda, logrando producir adultos hasta de 10 años, alimentándolos con pescado fresco y otros crustáceos y se mantienen entre 10 y 15°C de temperatura. Este tipo de cultivo se encuentra en la fase de experimentación, debido a que su costo todavía es elevado.

El cultivo de langostas del género *Panulirus* se encuentra también en experimentación, ya que sus ciclos vitales son más complejos. El apareamiento se lleva a cabo en aguas someras, cerca de la orilla, generalmente dos veces en el año; la hembra carga sus huevos en sus patas del abdomen, pudiendo ser entre 50 mil y 4 millones, y su tiempo de incubación varía según la especie y la temperatura, pero se cree que es menor que para las langostas del género *Homarus*.

Las larvas flotan en el plancton y en algunas especies se presenta una reacción contraria a la luz, durante el día se encuentran en aguas profundas. Después de 6 meses se presenta el segundo estado larval, que es semejante al adulto, pasando a vivir en el fondo; durante esta etapa las posibilidades de que sobrevivan son muy bajas, debido a que son depredadas y sólo llegan a salvarse las que se pueden esconder en las rocas. La frecuencia de crecimiento varía según el tipo de alimento y la especie; los machos aumentan de talla más rápido que las hembras. En la especie *Panulirus interruptus* llegan a pesar entre 5 y 15 kg, con talla de 27 centímetros, alcanzando estas dimensiones a los 9 años de edad; sin embargo, *Panulirus argus* puede hacerlo a los 3 años.

Los intentos para cultivar a estas "langostas rojas" se iniciaron en 1911, por biólogos del Departamento de Caza y Pesca de California, que trabajaron con *Panulirus interruptus*; posteriormente lograron avances con esta misma especie los investigadores del Instituto Scripps de Oceanografía en la Joya, California. También los científicos soviéticos reportan cultivos en estanques con *Panulirus elephas*; desde el huevo al adulto; los japoneses con *Panulirus japonicus*; en África del Sur con la especie de langosta *Jasus lalandii*; en Florida con *Panulirus argus* y en México con *Panulirus inflatus* y *Panulirus argus*.

Los programas de cultivo de las langostas rojas que han alcanzado mayor éxito son aquellos que se basan en la crianza y engorda de estados larvarios avanzados y juveniles; por ejemplo en Estados Unidos, en su costa occidental, capturan juveniles de la especie *Panulirus longipes* y los tienen en engorda hasta que alcanzan la talla comercial, alimentándolos con pescado y abulón. En Australia también se trabaja con esta misma especie y con *Panulirus japonicus*, utilizando estanques o bahías poco profundas y alimentándolas con desperdicios de pescado. Aunque estos cultivos indican que pueden ser factibles, todavía no son económicamente costeados.

Las cigalas son langostas de menor tamaño, que en algunos países como España, son comercialmente importantes y se obtienen de la captura, ya que su cultivo apenas se inicia, por ejemplo en Japón se está trabajando con cigalas de las especies *Ibacus ciliatus* y *Parribacus antarcticus*, que para cultivarlas tienen la ventaja de que su desarrollo embrionario es más corto.

En Estados Unidos han tenido éxito con la especie *Scyllarus americanus*, llegando a obtener juveniles; alimentan a las larvas con el pescado crustáceo del género *Artemia*; sin embargo, todavía no se ha podido pasar de la etapa experimental para el cultivo de las cigalas.

EL CULTIVO DE LOS LANGOSTINOS Y DE OTROS CRUSTÁCEOS

En las desembocaduras de los ríos y en ríos y lagos se encuentran los llamados langostinos, cuaques, o acamallas que pertenecen al género *Macrobrachium*, que llegan a medir 25 centímetros los machos y 15 centímetros las hembras, y por la calidad de su carne son considerados un excelente platillo.

Su cultivo es posible debido a que las hembras llegan a reproducirse 3 o 4 veces en el año, y cada vez producen

hasta 120 m huevecillos, que quedan adheridos en las patas de su abdomen, aireándolos cuando las agitan; su desarrollo embrionario requiere de 20 días a temperaturas entre los 25 y 30°C. Las larvas son planctónicas y pueden ser barridas por las corrientes hacia las zonas de mayor salinidad, se alimentan del plancton o de desechos vegetales y animales.

Los juveniles de algunas especies, como los del llamado langostino gigante, *Macrobrachium rosenbergii*, llegan a medir de 5 a 6 centímetros de largo y se dirigen a vivir en el bentos, alimentándose de pequeños animales, y de restos orgánicos en descomposición y si les falta alimento, se pueden presentar casos de canibalismo. Estas larvas inician su migración río arriba buscando las aguas con menor concentración de sales, alcanzando su madurez sexual a los nueve meses, después de los cuales migran nuevamente río abajo.

Estos langostinos han sido cultivados, desde hace mucho tiempo, con métodos rústicos que consisten en enramar dos o tres kilómetros de un río, y colocar en esta zona a hembras cargadas que capturan utilizando trampas fabricadas con materiales de la región, y en las que se colocan pedazos de pescado o coco cocido para atraerlos; también pueden ser capturados durante la noche con redes de mano, aprovechando que salen de sus guaridas con el fin de alimentarse; para facilitar su captura con este método, se les alumbraba con una luz fuerte y así se les inmoviliza por un momento.

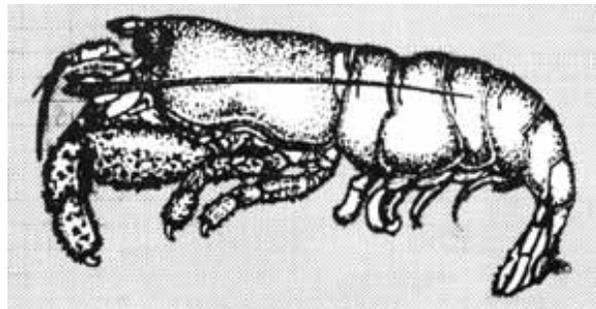


Figura 29. Langostinos.

La zona se limpia de depredadores y se vigila el desarrollo de los langostinos para, si es necesario, agregar alimento y evitar el canibalismo. Conforme van llegando al estado adulto, se capturan para su comercialización produciendo de dos a tres toneladas de estos animales.

El cultivo completo del langostino gigante se ha logrado en Tailandia, ya sea iniciándolo a partir de la captura de hembras cargadas o de aparear hembras y machos para producir los huevecillos. El transporte de langostinos vivos es fácil, ya que pueden sobrevivir varias horas fuera del agua, con la condición de que se les mantenga húmedos entre capas de plantas verdes, pero si el tiempo es largo, se tienen que colocar en recipientes con agua que tenga buena aireación.

Las hembras se mantienen en estanques bien aireados con capacidad de 200 litros, cuidando separarlas con tela de alambre cuando mudan y así evitar que sean atacadas cuando aún tienen su caparazón blando. Como los machos en cautiverio pelean en cualquier momento, se les coloca en estanques individuales o subdivididos. Cuando llega el momento del apareamiento, se colocan 4 machos con 20 hembras, en estanques de 3 metros de largo, por 1.5 metros de ancho y 40 centímetros de profundidad.

Las hembras en promedio producen cerca de 50 mil larvas, que son transportadas a estanques de crianza de 3 metros de largo, de 70 centímetros de ancho y 20 centímetros de profundidad, a temperatura de 25 a 28°C y con aireación abundante, alimentándolas con larvas de *Artemia* y huevos de peces, agregándole una mezcla fortificada de vitaminas y natilla de huevo vaporizado.

El tamaño del alimento tiene que estar en relación con la talla de los organismos, siendo conveniente que tenga

abundante fitoplacton, lo que los cultivadores llaman *agua verde*; también se ha probado con bastante éxito la sangre de pollo seca y pulverizada.

Es importante que cuando se utiliza el alimento preparado, los estanques se limpien cuando menos cada 15 días, para evitar su descomposición y la proliferación de bacterias y otros organismos patógenos, que producirían mortalidad en los langostinos. También, como son sensibles a la nicotina, debe estar prohibido fumar en el área de crianza de las larvas.

Cuando empiezan a crecer lo hacen por medio de mudas, es decir, cambiando la corteza de quitina que protege su cuerpo. Se colocan en estanques de 10 metros de largo por 5 metros de ancho y 1 metro de profundidad; para evitar el canibalismo, se colocan piedras y conchas en el fondo de modo que los juveniles puedan protegerse. En esta etapa se les alimenta con materia animal fresca como trozos de pescado, de moluscos y de gusanos, tantas veces como sea económicamente rentable y según las tallas que se requiera obtener.

En las granjas de Tailandia han logrado que los juveniles del langostino gigante aumenten en promedio 5 centímetros en 30 días, con un índice de supervivencia del 50%. Conforme crecen van siendo colocados, los de la misma edad, en estanques de mayores dimensiones, primero en 200 metros cuadrados hasta llegar a 1 000 metros cuadrados, siendo 1 metro o metro y medio la profundidad más recomendada, a los cuales se les agrega estiércol de vaca y cal para fertilizarlos.

En la etapa de engorda, uno de los problemas más graves que se presenta es la falta de oxígeno y cuando se observa que mueren lentamente y se dirigen a las orillas, se tienen que aplicar medidas terapéuticas para evitar mortandades grandes.

En los cultivos de langostinos gigantes de Tailandia éstos llegan a su talla adulta en 5 meses, cuando miden 15 centímetros de longitud, momento en que están listos para ser cosechados. Con tal fin se drena el estanque o se utilizan redes de arrastre. En este país también cultivan el langostino en los arrozales y en ocasiones combinan su cultivo con el de peces principalmente herbívoros, para que no compitan por el alimento, como la cabrilla cabezona, *Aristichthys nobilis*, la carpa herbívora, *Ctenopharyngodon idellus*, y el rohu, *Labeo rohita*, entre otros.

Además del langostino gigante, que se cultiva principalmente en Tailandia, Japón y Estados Unidos, se cultivan en la India el *Macrobrachium rude*, el *Macrobrachium malcolmson* y *Macrobrachium carcinatus*; en Paquistán el *Macrobrachium malcolmson*; en Barbados el *Macrobrachium carcinus*; y en Perú el *Macrobrachium caementarius*.

En México se están realizando varios programas de cultivo de langostinos en los ríos y cuerpos de agua de las regiones costeras tanto del Golfo de México como del Pacífico, siendo el camarón prieto o mano de carrizo, *Macrobrachium acantharus*, uno de los más cultivados en las regiones del Golfo de México desde Tamaulipas hasta el sur de Campeche.

En nuestro país fue introducido el langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*, en 1973, pero a la fecha no ha presentado los resultados esperados. Se está experimentando con langostinos nativos, en los que se tiene mucha esperanza, que son el *Macrobrachium acantharus*, el *Macrobrachium carcinus* y el *Macrobrachium americanum*; se considera que el problema a resolver es disminuir el costo para competir con la producción natural.

Otros crustáceos de agua dulce, parientes de los langostinos, son los cangrejos de agua dulce, de la familia Astacidae, muy apreciados como alimento, de los cuales se está cultivando en los Estados Unidos el cangrejo rojo, *Procambarus clarkii*, y el cangrejo blanco, *Procambarus blandingi*.

El cultivo de estos animales se practica en estanques de poca profundidad, con el suelo plano y blando para que puedan hacer sus madrigueras, alimentándolos con restos vegetales y animales. Los langostinos llegan a medir 21 centímetros y pesar hasta 45 gramos. En las granjas del estado de Luisiana obtienen las tallas comerciales a los 14 meses de edad.

En las lagunas costeras y en los esteros, viven gran cantidad de cangrejos, algunos de los cuales son aprovechados como alimento y otros empiezan a ser cultivados en diferentes países del mundo, como los cangrejos nadadores *Scylla serrata*, en Filipinas, en Taiwán, en Java, en Malasia y en Ceilán.

Otro de estos cangrejos, y posiblemente el más consumido, es la jaiba, que pertenece al género *Callinectes*. En nuestro país se consume en grandes cantidades en los estados del Golfo de México, como Veracruz y Tamaulipas, siendo poco aprovechada en los del Pacífico, en los cuales apenas se inician sus pesquerías en Nayarit y Sinaloa.

Las jaibas se están cultivando en Estados Unidos, donde principalmente trabajan con *Callinectes sapidus*, en la costa atlántica y con la jaiba pata colorada del Pacífico, *Callinectes bellicosus*. Los japoneses trabajan con las jaibas de las especies *Portunus trituber*.

También se ha experimentado con el cangrejo moro, *Menippe mercenaria*, que representa una importante pesquería para Estados Unidos, México y Cuba. Este crustáceo es cultivado por los científicos de la Universidad de Miami.

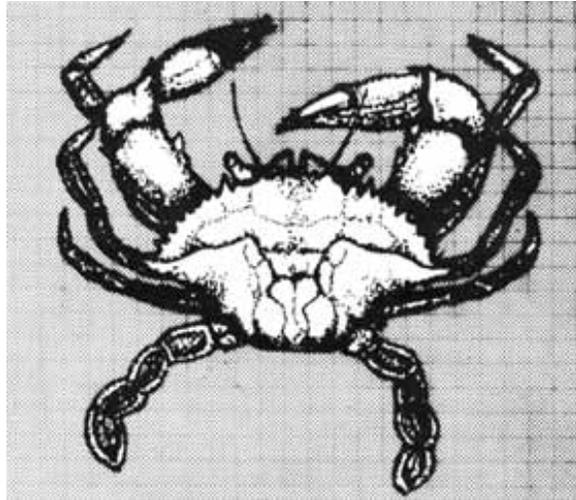


Figura 30. Jaiba.

Asimismo, los técnicos de la Universidad de Oregon, están trabajando con otro cangrejo de importancia pesquera para Canadá, Estados Unidos y México, el cangrejo dungeness, *Cancer productus*, que en México se le llama cangrejo de roca.

El cultivo de los crustáceos, en general, ha cobrado gran impulso en las últimas décadas, ya que al ser especies con ciclo de vida corto y de gran producción de crías, las posibilidades de éxito son muchas, pero además, se hace cada vez más necesario, por la disminución que han sufrido las poblaciones naturales a causa de la pesca excesiva; por lo tanto, el aumento en la producción de estos recursos depende del trabajo del hombre, esperando que cada vez se llegue a conocer más y así la población humana cuente con mayor cantidad de alimento.



VI. EL CULTIVO DE LAS ALGAS

LA DEMANDA de algas, ya sea para el consumo humano o para la elaboración de diferentes productos industriales, como algunos medicamentos, cosméticos, pinturas, productos textiles, etc., se ha intensificado en los últimos años, llegando la producción mundial en 1985 a 3 583 000 toneladas.

Las algas han sido utilizadas como alimento desde tiempo inmemorial en los países orientales como Japón y en algunos países americanos como México; es probable que las tradiciones y gustos mantengan este consumo y posiblemente puedan sustituir a algunas hortalizas como la lechuga y el apio, por su contenido nutricional y porque sus precios pueden ser más bajos. Su principal valor nutritivo radica en las vitaminas y minerales que contienen, entre las que se encuentran la A, la B₂ y la B₁₂, además de hierro y yodo.

Por ejemplo, el alga japonesa *nori*, que pertenece al género *Porphyra*, contiene una elevada cantidad de proteínas, vitaminas y minerales, principalmente yodo, y las tres cuartas partes de sus hidratos de carbono son digeribles por el hombre; el wakame del género *Undinaria* y el kombu, del *Laminaria*, contienen cantidades importantes de proteínas.

En los últimos tiempos se han realizado muchas investigaciones sobre las posibilidades de obtener proteínas de algas unicelulares, en especial, las algas verdeazules y las algas verdes, que son vegetales microscópicos cuyo cuerpo está formado por una célula como la especie *Spirulina maxima*, que es un alga verde, las cuales contienen hasta un 50% de su peso formado por proteínas.

Sin embargo, muchas algas son difíciles de digerir, por lo que son consumidas como suplemento alimenticio, mezclándolas con harinas, y también sometiénolas primero a digestiones artificiales, aunque esto las encarece y hace que puedan llegar a ser antieconómicas.

Algunas algas son utilizadas como suplementos de los piensos destinados a alimentar animales, como la del género *Ascophyllum*, que en el norte de Europa y en Norteamérica se usa para complementar el alimento de cerdos y vacas.

También las algas se pueden emplear para abonar los terrenos de cultivo, preparando con ellas fertilizantes líquidos de gran utilidad; asimismo se utilizan en la industria química. Sin embargo, el principal aprovechamiento de estos vegetales se tiene en la preparación de productos farmacéuticos, como la de anticoagulantes o de medicinas que sirven para expulsar parásitos intestinales. También se ha comprobado la actividad antibacteriológica de algunas algas. Se emplean mucho en bacteriología para preparar medios de cultivo con el agar-agar que se obtiene de ellas.

La creciente demanda de algas ha estimulado que los científicos y técnicos hayan iniciado los programas para cultivarlas, especialmente de aquellas que se utilizan para el consumo humano. En algunos países como Japón y China, el cultivo de las algas representa una industria que se encuentra en expansión y en otras partes del mundo se está trabajando intensamente para lograr cultivarlas tanto con fines alimenticios como industriales.

El cultivo no sólo está resolviendo el problema de la sobre explotación que algunas poblaciones naturales de algas han sufrido, sino que facilita su colecta, además de utilizar aquellas especies que viven en zonas de difícil acceso; también se reducen los costos de la operación y se asegura que la materia prima que la industria requiere se tenga de manera uniforme.

La mayoría de las especies de algas producen gran cantidad de elementos reproductores, llamados esporas, y pueden incrementarse notablemente si se mejoran las condiciones del medio donde se están cultivando.

Los cultivos deben localizarse en áreas protegidas, con características fisicoquímicas y biológicas adecuadas, según la especie que se trabaje, y que no tengan contaminación; asimismo las algas se tienen que proteger de los depredadores, como algunos peces, erizos de mar, y de parásitos; el manejo de los vegetales jóvenes debe hacerse con gran cuidado; y la recolección tiene que organizarse de manera de sostener la máxima productividad. Además es indispensable conocer la biología del organismo, en especial su reproducción y desarrollo.

Los primeros cultivos de los que se tienen noticias fueron los del alga nori *Porphyra*, que se iniciaron en Japón, durante el siglo XVII, utilizando ramas de árboles o de bambú para recoger las esporas, colocándolas posteriormente en las áreas de crecimiento. Los investigadores británicos descubrieron en el cultivo de esta alga una fase de su desarrollo a la que llamaron *conchocelis*, que es capaz de fijarse en las conchas durante el verano y soltarse en el invierno, lo que aprovechan los cultivadores para recogerla en redes colectoras, para llevarlas a las zonas de crecimiento.

El cultivo del nori ha alcanzado el mayor desarrollo en el Japón, donde se considera como la más rentable de las actividades pesqueras, y en los Estados Unidos.

En Japón también se está cultivando el alga parda wakame, perteneciente al género *Undinaria*, utilizando el sistema de cuerdas y la *siembra* en praderas. Esta alga libera un gran número de esporas que se recogen en cuerdas de fibra sintética, que se fijan en marcos de madera hasta finales de otoño, cuando las algas alcanzan un milímetro de longitud, se trasladan en balsas flotantes al mar y crecen rápidamente en las aguas frías durante el invierno, llegando a tallas de un metro y produciéndose 10 kilogramos de algas húmedas por cada metro de cuerda de cultivo. En zonas donde crece el alga wakame de manera natural se colocan piedras o bloques de cemento para que se fijen las esporas y el alga se desarrolle.

En Japón y en Corea se cultiva el alga kombú, *Laminaria japonica*, a la cual los chinos llaman jaidai y la están cultivando también con gran éxito, llevándola desde las frías aguas oceánicas del norte de Japón, noreste de Corea y Siberia, hasta la costa norte del Mar Amarillo adyacente a China, que presenta características semejantes.

El cultivo de esta alga se lleva a cabo en las bahías cuyas aguas tienen una profundidad de alrededor de 10 metros. El alga crece en cuerdas envueltas a largas varas de bambú flotantes sujetas a manera de estacas, o bien, descansando sobre el fondo del mar por medio de pesas. El primer paso consiste en recoger las esporas de las plantas maduras a fines de otoño y colocarlas en una especie de escalerillas hechas de pedazos de bambú que penden de las varas. En el mes de enero, las esporas se convierten en retoños que luego se trasplantan y fijan en las cuerdas a intervalos regulares y después de 4 o 5 meses son algas de 3 o más metros de largo, para ser recogidas.

Una serie de dificultades tuvieron que superarse para que el cultivo resultara comercial; incluso después de experimentos satisfactorios con este método, la producción era baja y el costo resultaba alto. La colocación estrecha de los retoños ha demostrado ser uno de los medios para aumentar el rendimiento y en las zonas experimentales la producción en gran escala ha elevado su rendimiento de un 30 a un 50%.

También se puede incrementar el cultivo por medio de la fertilización del agua. Sin embargo, el fertilizante vaciado a las aguas del mar que están en constante movimiento sería pronto arrastrado de la zona de cultivo; fue así que se idearon métodos especiales para su aplicación, empleando vasijas de arcilla porosa que permiten que el fertilizante escurra lentamente.

Los experimentos realizados en una área extensa demuestran que la aplicación de un kilogramo de nitrato de amonio aumenta considerablemente la cantidad de alga, probando de esta forma que el fertilizante distribuido tiene igual efecto que cuando se aplica en los cultivos agrícolas.

Otro país que está cultivando algas con gran éxito es Filipinas, principalmente las del género *Eucheuma*, en la zona de Mindanao-Tawitawi, para la producción de ficocoloides. En este país se ha establecido un sistema familiar de cultivo, en el que el cultivador y su familia aportan la mano de obra, así como los materiales naturales, como los construidos con mangle, y las empresas productoras de ficocoloide proporcionan los materiales de mayor costo, como las redes, la asesoría técnica y aseguran la adquisición de la producción.

En los Estados Unidos están cultivando la especie *Eucheuma isiforme* en Florida, en la Bahía de Puget y el Estrecho de Juan de Fuca, en el estado de Washington. También han iniciado su cultivo controlado en estanques, con un rendimiento potencial muy alto por hectárea, pero sus costos son más elevados.

El cultivo de algas en estanques, que rinde formidables incrementos en la productividad, abre importantes perspectivas a esta industria mundial, gracias a experimentos realizados por científicos norteamericanos y japoneses. Lograron establecer una granja donde al alga roja común, también llamada líquen de Irlanda y que pertenece a la especie *Chondrus crispus* puede producirse en cultivo en cantidades 60 veces más altas que las que

reditúa su rendimiento natural. El alga roja contiene el coloide químico conocido como *carragenano*, sustancia gelatinosa que se emplea en la elaboración de productos químicos, alimenticios, farmacéuticos y pinturas.

Aunque la producción de este agente químico se cuadruplicó en los últimos años, su disponibilidad en el mercado mundial es limitada a pesar de los cultivos que se realizan en Filipinas. Por tal motivo, los precios de las algas que lo contienen se han incrementado notablemente. Para el cultivo de estas algas, los científicos recomiendan que se utilicen tanques de madera prensada y cubierta con fibra de vidrio o plástico, con un área de superficie de 3 metros cuadrados, a ellos debe circular constantemente aire llevado por compresoras. En cada estanque se pueden colocar 20 kilos de algas y al cabo de 30 días recolectarse 36, lo que rinde un peso neto de 7.2 kilogramos; cada año pueden obtenerse hasta 10 cosechas, o sea, 72 kilos de producto seco.

Los principales productores de algas rojas son Indonesia y Filipinas; este último las cultiva en granjas que rinden más de 30 toneladas de producto seco por hectárea al año, y el método de desarrollo consiste en amarrar pequeñas ramas de estas algas a una red de monofilamento, justo bajo el nivel de la marea baja y en lagunas protegidas; en sólo 3 meses una rama de 50 gramos puede alcanzar hasta 5 kilogramos.

Como se ha observado que existen grandes posibilidades de cultivar algas, en muchos países se han iniciado programas con este fin y así por ejemplo en la India se está experimentando con la especie *Gracilaria edulis*, fijando fragmentos de plantas sanas y de crecimiento rápido, a cuerdas de benote extendidas en el mar, logrando que en diez meses y medio llegaran a la talla comercial.

En Francia se están desarrollando programas para el cultivo del *kelp* o sargazo gigante *Macrocystis pyrifera*, para contar con la materia prima que su industria necesita para la producción de alginatos. El principal problema que tuvieron que vencer los investigadores franceses fue el miedo de llevar a sus aguas una especie extraña que podría proliferar de manera incontrolada, produciendo daños en el ecosistema natural.

El cultivo de algas microscópicas como las de agua dulce de los géneros *Chlorella* y *Scenedesmas*, y la que vive en aguas salobres, *Spirulina*, ha cobrado gran impulso en los últimos 20 años, en que los científicos del Instituto Francés del Petróleo empezaron a cultivar *Spirulina* en África.

La *Spirulina* ha sido consumida desde hace más de 500 años por los aztecas en México y los kanenmbu en África, los cuales recogían el producto y lo colocaban en cestos y jarros a fin de secarlo expuesto al Sol. En África todavía su consumo es común en forma de una salsa llamada *die* a la que se le agrega grasa de res, cebolla frita, pimientos, gramíneas silvestres y lengua de vaca, y esta salsa sirve para acompañar las albóndigas de mijo.

El cultivo de *Spirulina* lo iniciaron los técnicos franceses y belgas en la árida región de Tchad en el año de 1962 y esto trajo como resultado que otros países se interesaran en producir esta alga; por ejemplo, en México la compañía Sosa Texcoco, S. A., aprovechando las aguas que sobran de su proceso industrial ricas en sosa cáustica, sal industrial, carbonato de sodio, carbonato de calcio, y utilizando un evaporador solar, la cultivó en la región conocida como "El caracol" en Texcoco, produciendo tabletas de concentrado del alga que se exportan a Inglaterra, el resto de Europa, Japón y Estados Unidos, y así el viejo *tecuitlatl* de los aztecas volvió a resurgir después de cinco siglos.

En la actualidad, Sosa de Texcoco extrae sales de sodio del lago semiseco, para uso industrial; mientras una planta piloto anexa permite obtener la *Spirulina*. Una hectárea de alga rinde una cosecha de 30 toneladas de proteína seca. El Instituto Nacional de Nutrición fabricó sopas, atoles y flanes con la *Spirulina* y los probó en seres humanos, comprobando que no provoca ningún tipo de enfermedades.

En 1985, en los Estados Unidos se estableció una granja para cultivar *Spirulina* dotada de instalaciones con la más alta tecnología, que puede producir una tonelada diaria de esta alga. La granja pertenece a la empresa Earthrise Farms, localizada en la región del Valle Imperial, al sur de California, y utiliza tierras no aptas para otro tipo de cultivo, y agua con alta concentración de sales que tampoco se puede utilizar en agricultura. El producto lo están empleando para producir complementos alimenticios para atletas, naturistas vegetarianos y gente que desea tomar una dieta balanceada.

Conforme se desarrolla la tecnología para el cultivo de las algas, los costos de producción se abaratan de manera sorprendente, lo que significa un estímulo para los países pobres, ya que pueden conseguir alimento sin que esto implique un gasto grande, lo que es muy importante para los pueblos de África Asia y América Latina

principalmente pues, con esto se puede colaborar a resolver el problema de falta de alimento que en estas naciones se presenta.



VII. EL CULTIVO DE LAS ESPONJAS

LAS esponjas son consideradas como los animales pluricelulares más simples que existen, ya que están formados por conjuntos de células especializadas, que empiezan a diferenciarse en tejidos pero sin llegar a formar órganos.

Son conocidas desde tiempos remotos. Los griegos las pescaban en las aguas del archipiélago heleno y las utilizaban en su aseo personal y para acolchonar sus cascos de bronce y sus pesadas armaduras de guerra.

En su inmensa mayoría son animales marinos, aunque algunas viven en lagos y lagunas; se les encuentra fijas al fondo o a los objetos sumergidos. Entre las distintas especies de esponjas se presentan grandes variedades de color, tamaño y forma.

El cuerpo de las esponjas está recorrido por un sistema de canales, que se inicia en poros pequeños por donde penetra el agua, y termina en poros más grandes por donde sale. En las paredes de su cuerpo se encuentra el esqueleto, formado por espículas y fibras de una sustancia elástica llamada espongina.

Cuando se sacan del mar, las esponjas son viscosas y pesadas y para aprovecharlas se les tiene que quitar la materia orgánica y las espículas, por diferentes métodos, dejando sólo el esqueleto de fibras de espongina.

Las esponjas comerciales representan una pequeña porción de las diferentes especies que forman a este grupo y se venden para usos de limpieza; se calcula que se explotan alrededor de 300 toneladas de esponjas al año.



Figura 31. Esponja de baño

Estos animales presentan dos tipos de reproducción, la sexual por gametos y la asexual por la separación de pequeñas porciones del cuerpo denominadas *yemas*, las cuales son capaces de formar una nueva esponja, y cuando no se separan, forman una colonia.

La reproducción asexual es la base de los métodos para cultivar esponjas, y se reporta que en el siglo XVIII se inició el cultivo de esponjas en el Mediterráneo, estableciéndose la primera granja en el Adriático, cerca de Trieste.

Actualmente existen granjas en Miami, Bahamas, Argelia e Italia, en donde se producen esponjas de tamaño

comercial en periodos de 4 a 7 años.

El método para cultivar esponjas es muy sencillo, y consiste en cortar a las esponjas adultas en pequeños trozos, los cuales se sujetan en alambres que se fijan dentro del agua con piedras o discos de cemento en áreas donde el alimento, que es plancton, abunde y la temperatura y la luz sea adecuada.

La principal esponja que se cultiva es la de baño, *Spongia officinalis*, pero su lento crecimiento hace costosa la obtención de ejemplares de talla comercial, y si además se considera que es más barato producir esponjas sintéticas, el cultivo de esponjas no ofrece grandes posibilidades y sólo sería de gran utilidad para conservar las especies.



VIII. EL CULTIVO DE LAS RANAS

LAS ranas son animales que pertenecen a los cordados, por estar dotados de una columna vertebral o cuerda dorsal, y dentro de éstos se les considera dentro del grupo de los anfibios, porque durante su ciclo vital presentan sus etapas juveniles adaptadas a vivir en el agua, respirando el oxígeno disuelto en ella, mientras que en el estado adulto son terrestres y lo toman del aire.

Muchos pueblos han consumido tradicionalmente como alimento a estos anfibios, tal es el caso de los indígenas mexicanos que desde hace muchos años comían ranas, ajolotes y renacuajos; y debido a que ha disminuido su número por el exceso de caza se ha perdido la costumbre de este sector de la población, convirtiéndose, sobre todo las ancas de rana, en un platillo costoso.

En Japón, en la región de Hiroshima, y en Estados Unidos, en el estado de Michigan, la están cultivando utilizando métodos semejantes. La rana verde, *Rana clamitans*, la rana común, *Rana palustris*, y la rana tigre, *Rana pipiens*, son muy utilizadas como alimento.

La India mantiene un cultivo extensivo de ranas en estanques rústicos en Bhavanisagar, trabajando con las especies *Rana hexadactyla* y *Rana tigrina*, cuyas ancas tienen gran demanda para la exportación. En estos cultivos inducen la reproducción artificial y en ocasiones establecen policultivos con peces.

En China, Cuba y México se hacen cultivos de rana a pequeña escala, con el fin de establecer las metodologías que hagan rentable el proceso.

En nuestro país se ha trabajado con la rana toro, *Rana catesbeiana*, en los estados de Sonora, Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, México y Morelos; pero la producción está basada en las capturas de las poblaciones silvestres que viven en los canales de riego de corrientes lentas.

Ranas que se localizan en México

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Distribución</i>
Rana tigre	<i>Rana pipiens</i>	Todo el país
Rana leopardo	<i>Rana tarahumara</i>	Sonora, Chihuahua, Zacatecas y Querétaro
Rana	<i>Rana palmipes</i>	Chiapas y Oaxaca
Rana	<i>Rana pustulosa</i>	Zacatecas y Durango
Rana toro	<i>Rana catesbeiana</i>	Frontera norte, cuenca del Río Bravo, Coahuila; introducida en: Sinaloa, Sonora, México, Morelos, Tamaulipas Veracruz, Tabasco, y Michoacán
Rana verde	<i>Rana montezumae</i>	Valle de México, Toluca, Puebla y otros estados del centro del país

La rana toro es una de las más recomendadas para el cultivo, debido a su tamaño, que permite obtener ancas de medidas adecuadas para el consumo y además por su longevidad, ya que ha llegado a vivir hasta 30 años, realizando hasta 15 puestas, con un promedio de 10 mil huevecillos, de los cuales de 1 500 a 5 mil tienen la

posibilidad de llegar a adultos. Esta especie presenta una metamorfosis que dura 90 días, se acelera con el incremento de la temperatura y alcanza la madurez sexual y el tamaño comercial a los dos años.

Cuando el renacuajo inicia su desarrollo, se alimenta del vitelo o clara del huevo, y 24 horas después empieza a comer hierbas, aunque puede aceptar cualquier alimento suave, ya sea de origen vegetal o animal, entre los más empleados para el cultivo cuentan las papas hervidas, trozos de carne y vísceras de pollo, a veces se les ofrece las mismas vísceras y carne de las ranas que se mueren en el propio cultivo.

Cuando al renacuajo se le desarrollan las extremidades posteriores y ya presenta respiración pulmonar, su alimentación se hace omnívora, es decir, come pequeños insectos, crustáceos y caracoles, que captura cuando sale a respirar, además de vegetales. Al completar su metamorfosis se hace predominantemente carnívoro rechazando el alimento vegetal, capturando entre la maleza a sus presas, y cuando permanece en el agua, devora caracoles y pececillos.

Las ranas regulan su actividad vital de acuerdo con la cantidad de alimento, cuando éste abunda están activas, inquietas y croan fuerte; pero como consumen más de lo que digieren, se tiene que estar alerta para evitar pérdidas económicas por el consumo inadecuado de comida.

Cuando se tiene a las ranas en cultivo, se puede alimentar al renacuajo con panes a base de harina de maíz, alfalfa, hueso y carne de pescado, aglutinándolos con gelatina, además se les puede agregar en la dieta avena. El exceso de alimentación en esta etapa puede hacerlos crecer más, pero alarga el tiempo de desarrollo, por lo que quedan expuestos a infecciones y parasitosis; es importante que se agregue yodo, debido a que éste es necesario para estimar el crecimiento.

Para alimentar a los jóvenes y a los adultos del cultivo, es importante conseguir alimento vivo como moscas, mosquitos, mariposas, cochinillas, acociles, pequeños peces, los cuales capturan utilizando su lengua bífida que es proyectable y pegajosa. Para atraer a los insectos se colocan lámparas de luz blanca de 100 a 200 watts o lámparas de petróleo, en las primeras horas de la noche cerca de la orilla de los estanques. Durante el crecimiento y engorda se tienen que agregar carbohidratos y grasas y durante la fase de reproducción, proteínas.

Debido a que los adultos pueden devorar sus huevecillos y sus propias crías, es fundamental separar a los adultos de los renacuajos y de los juveniles para evitar el canibalismo.

Los terrenos propicios para establecer granjas ranícolas se deben localizar en zonas pantanosas, en las que se puedan controlar fácilmente la fuga de ranas o la entrada de depredadores; se tiene que contar con terrenos impermeables para poder construir los estanques de reproducción y crianza, así como una buena dotación de agua corriente y clara, con cloruro de sodio, en una concentración de 500 partes por millón, calcio en 300 partes por millón, un pH de 6.5 a 7.5, es decir, neutro y temperatura de 20 a 35°C.

El agua debe mantenerse limpia, ya que las ranas no soportan la sustancia orgánica en descomposición y los renacuajos, cuando toman el oxígeno del agua, necesitan que este elemento abunde.

Para el cultivo es indispensable contar con diferentes tipos de estanques donde colocar los huevecillos y las fases larvarias, los juveniles, los adultos y aquellas ranas que se seleccionan como sementales, además de los que se utilicen para producir alimento.

Estos estanques deben tener poca profundidad, la cual varía según el clima, con el fin de mantener la temperatura y un talud amplio para que queden áreas someras con profundidades de 5 a 15 centímetros, y poseer vegetación acuática emergente y flotante para producir el ambiente natural de las ranas y asegurar que el agua se mantenga clara y oxigenada; además tienen que estar rodeados por árboles, como el laurel de la India, que mantienen el ambiente húmedo a su alrededor.

Los estanques angostos y largos son los más fáciles de manejar, recomendándose que se calcule de 1.0 a 1.5 m² por rana que se cultive, por lo que en un estanque de 4 mil metros cuadrados se pueden colocar hasta 4 mil individuos. Es indispensable cuidar que en cada estanque se coloquen organismos en el mismo estado de desarrollo y de la misma edad.

Durante el cultivo se deben vigilar las enfermedades y las parasitosis, en especial las producidas por bacterias

como la llamada *pata roja* y las parasitosis producidas por el hongo del género *Saprolegnia*, que ataca la piel y el tubo digestivo; además de amebas y gusanos que les producen disenterías. Las medidas que se recomiendan son: separar a los animales enfermos, matarlos e incinerarlos, vaciar el estanque y desinfectarlo con agua de cal y mantenerlo vacío por un tiempo, para que quede expuesto al aire y al Sol.

El tiempo de desarrollo y crecimiento de las ranas varían según las condiciones del ambiente, observándose que, para alcanzar la rana toro el tamaño comercial de 20 centímetros, con las ancas estiradas y un peso de 130 gramos, se tardan alrededor de 12 meses.

Uno de los principales obstáculos para el desarrollo de los cultivos de ranas es la actitud del público que no la acepta fácilmente como alimento; lo cual hace necesario que se realicen campañas de promoción para que el consumo de este delicioso alimento se incremente.

La carne de rana tiene un excelente sabor y es de fácil digestión, haciendo que sea de gran utilidad en la alimentación de personas con problemas digestivos; además tiene cantidades bajas de carbohidratos y grasas, pero altas en proteínas, y su mayor contenido en agua, que es de 84% de su peso, la mantiene jugosa y con un grado muy bajo de acidez, lo que le da ventajas sobre las carnes de res, pollo, cerdo, etc.

En la actualidad se está aprovechando integralmente a las ranas, al industrializar su piel, para fabricar carteras, cinturones y zapatos; con sus vísceras y el esqueleto se prepara alimento para animales y, con el resto de su carne, se hacen caldos y jugos para sazonar alimentos.

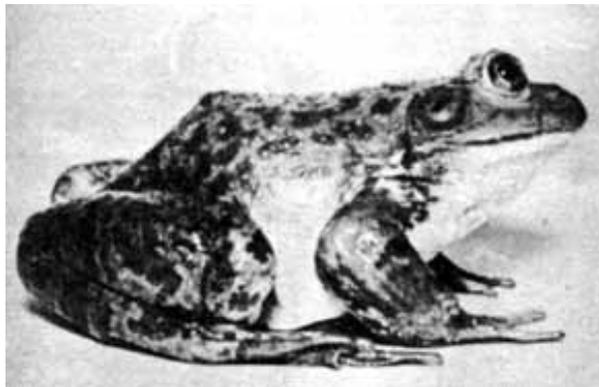
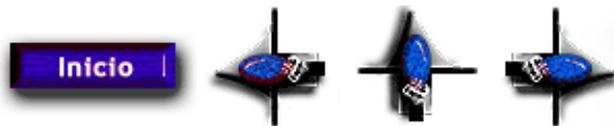


Figura 32. Rana toro.

Las posibilidades que ofrece el cultivo de las ranas, nos hacen pensar que pronto dejará de ser un "alimento de lujo", para pasar a ser un elemento de la dieta del campesino y de la población en general, lo único que hace falta es resolver algunos detalles técnicos para bajar los costos y lograr que la gente la acepte.



IX. LA ACUICULTURA Y LA PROTECCIÓN DE ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

LA ACUICULTURA se ha considerado principalmente, tanto en las naciones ricas como en las que se encuentran en vías de desarrollo, como una actividad para incrementar su producción de alimento.

En los países ricos la acuicultura ayuda a ofrecer una mayor variedad de alimento y así solucionar el problema de una población que demanda nuevos tipos de comida conforme su riqueza y educación se elevan. En los países en vías de desarrollo el problema es totalmente diferente, ya que en ellos es indispensable producir alimento urgentemente a bajo costo, en lo que la acuicultura puede resultar de gran utilidad.

Como la población mundial se ha seguido incrementando, la demanda futura de alimento de origen marino será mayor, y se calcula que para el año 2000 se necesitará casi el doble de la producción actual, es decir, rededor de 150 millones de toneladas, por lo que, además de aprovechar racionalmente las existencias del océano, se tendrán que intensificar los programas de acuicultura.

El doctor Shelbourne, del Laboratorio de Pesquerías de Lowestoft, Inglaterra, ha señalado que aunque los países todavía cuentan para su suministro con las reservas naturales, éstas cada vez van disminuyendo, por lo que él cree que es indispensable llegar al cultivo y domesticación de las especies marinas a escala industrial, lo más pronto posible; incluso las grandes naciones pesqueras.

Por lo anterior, parece ser que ha llegado el momento de iniciar el cultivo de los organismos acuáticos en gran escala con el fin de alimentar a la humanidad, por lo que los programas de acuicultura tienen que multiplicarse en todos los países del mundo.

La acuicultura, además de colaborar en el aumento de las poblaciones que viven en las aguas, tiene la posibilidad de ayudar a conservar las especies que, por haber estado expuestas a una excesiva explotación, se hallan en peligro de extinción, como es el caso de algunos crustáceos como la langosta; el abulón entre los moluscos; la totoaba en los peces; los cocodrilos y las tortugas entre los reptiles; y las focas entre los mamíferos.

En el caso de las langostas, los abulones y los peces, por contar con una reproducción más rápida y eficiente, la situación no es grave y sólo con programa adecuado de protección se puede solucionar, pero en el de los cocodrilos, las tortugas y las focas, por su lenta reproducción, el problema es grave y sólo con su cultivo se podrá incrementar a las poblaciones naturales para conservar el recurso.

En la actualidad, las veinte diferentes especies de cocodrilos que existen se encuentran amenazadas, e incluso están al borde de la extinción debido a la caza intensiva para el comercio de sus pieles y a la distribución de sus hábitos por la expansión demográfica humana.

Los cocodrilos viven en las zonas húmedas de las regiones tropical es y subtropicales y pertenecen a los géneros *Alligator*, *Caiman*, *Crocodylus* y *Osteolaemus*; siendo más comunes en África, Centroamérica y las zonas litorales del Océano Pacífico las especies *Crocodylus acutus*, *Crocodylus moreletii*, *Caiman sclerops* y *Osteolaemus tetraspis*. Este último es el cocodrilo enano de África.

Los cocodrilos han sido cazados desde hace mucho tiempo, no sólo para aprovechar sus pieles sino por razones de superstición y miedo, siendo común en algunos países que los niños presuman, por falta de educación, cuando matan una cría de cocodrilo.

Su piel es utilizada en la fabricación de artículos de peletería como carteras, zapatos, cinturones, bolsas, etc., siendo Francia el país que ocupa el primer lugar en las industrias de transformación, ya que produce el 80% de los artículos fabricados con el cuero de estos animales, le siguen Italia y la República Federal de Alemania.

La protección de los cocodrilos se basa principalmente en regulaciones establecidas por un convenio internacional que rige con un control muy estricto el comercio de estas especies amenazadas; sin embargo no todos los países se han adherido al convenio, a pesar de los esfuerzos de la Unión Internacional de la Conservación de la

Naturaleza.

Por esto, se ha pensado que la mejor solución para evitar la extinción del cocodrilo es su cría. Se realiza ya en varios países el esfuerzo para lograrla, ya sea recogiendo los huevos y las crías del medio natural, para sólo asegurar su crecimiento, o llevando reproductores a cautiverio y lograr su reproducción.

Se considera que sólo logrando el cultivo total se podrá solucionar satisfactoriamente la amenaza de la desaparición de las especies de cocodrilos, mas para lograrlo todavía hace falta investigación sobre los distintos aspectos fisiológicos, ecológicos y etológicos de estos animales. En cuanto a la reproducción y a la biología en general, son bien conocidos el cocodrilo del Nilo, el *alligator* de Mississippi y los cocodrilos mexicanos; para las demás especies faltan muchos datos.



Figura 33. Crías de cocodrilos en cautiverio.

Se ha observado que los cocodrilos son buenos reproductores y presentan una tasa de fecundidad natural, a pesar de que en su etapa juvenil la mortalidad es elevada debido a la depredación entre ellos; calculándose que sólo 3 o 4 de cada cien cocodrilos recién nacidos llegan al estado adulto; sin embargo, se considera que la especie está bien adaptada y que no desaparecerá en un futuro próximo si se respeta la población natural.

Para su cultivo es indispensable proporcionarles las condiciones del ambiente natural y la cantidad y calidad adecuadas de alimento, que tienen que ser aproximadas a lo que come en su medio, sobre todo en sus etapas juveniles, ya que a los adultos se les puede liberar en zonas abiertas en donde encuentren las condiciones adecuadas.

Actualmente se están llevando a cabo en varios países programas de cultivo con el objetivo de conservar las especies, tal es el caso de algunos zoológicos como el de Bronx de Nueva York y el de Atlanta, en los Estados Unidos; el del Ganges en India donde se cultiva el gavial; el de China que protege el alligator y en México en el zoológico "Miguel Álvarez del Toro" en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; así como en el de Chilpancingo, Guerrero.

En Cuba se estableció, en la Península de Zapata, que cuenta con una ciénaga en la boca de la Laguna del Tesoro, localizada en la parte centrooccidental de la isla, un criadero de cocodrilos y el gran centro turístico de Guanamá, donde se protegen las especies *Crocodylus acutus* y *Crocodylus rhombifer*, este último originario de Cuba y difícil de encontrar en otras partes del Caribe.

En el criadero de Guama, los biólogos cubanos concentraron ejemplares adultos en una zona de 3.5 kilómetros cuadrados, que en pocos años fue insuficiente, pasando el criadero al control de Combinado Avícola Nacional, que está experimentando la fecundación y la producción de crías bajo incubación artificial y así el cultivo se ha extendido a diferentes áreas del país y no sólo con el fin de la protección de estas especies en peligro de extinción, sino con el de explotar comercialmente la valiosa piel.

Los científicos cubanos están estudiando a fondo aspectos de la reproducción artificial, el control genético y los problemas que causan la mortalidad de las crías y han logrado reducir esta mortalidad, que en condiciones naturales alcanza hasta un 70%, a sólo un 20%, por lo que se piensa que no está lejano el día en que Cuba se convierta en uno de los mayores exportadores de pieles de cocodrilo de gran calidad.

Uno de los aspectos más importantes a subrayar es que las autoridades han logrado que el pueblo cubano entienda la importancia que tiene conservar las especies en peligro de extinción y respetar a los seres vivos en su propio beneficio. Sin esta educación, que lleva al respeto por el recurso, es imposible pensar en su conservación y mucho menos en su explotación racional.

En México se ha protegido desde hace años al *Crocodylus moretti* gracias a las acciones emprendidas por el doctor Enrique Beltrán, director del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, quien demostró al licenciado Jorge Echániz Ruvalcaba, entonces director de Pesca, la necesidad de establecer una veda total para esta especie, lo cual se dictó en el año de 1968, dentro del programa que esta dependencia inicio para proteger a las especies en peligro de extinción.

Posteriormente, la Secretaría de Pesca ha continuado con los esfuerzos y, gracias a la gran experiencia que sobre cocodrilos tenían los biólogos mexicanos, en la actualidad se cuenta con criaderos en Ciudad del Carmen, Campeche; Villahermosa, Tabasco y en Cancún, Quintana Roo, en donde se protege al *Crocodylus moretti*, al *Crocodylus acutus* y al caimán *Sclerops chiapasius*.

También se han iniciado los programas educativos para lograr que la población colabore a la protección y conservación de estas valiosas especies; cuando esto se logre, se podrá pensar en el cultivo de cocodrilos con fines comerciales.

En los Estados Unidos se está trabajando a nivel experimental con algunas especies en el Departamento de Pesca, y en programas comerciales con el *alligator* de Mississippi, contando con numerosos ranchos o granjas. Hay diez en Louisiana y quince en Florida, donde han logrado producir 1 000 individuos por año, cuota que es considerada como rentable para este tipo de granjas. Los cocodrilos alcanzan la talla comercial a los 4 o 5 años.

Otras granjas comerciales existen en Bangkok, Tailandia y África del Sur. Francia a pesar de contar con la industria más desarrollada de piel de cocodrilo, no ha desarrollado programas de cultivo y sólo cuenta con un proyecto en la delegación regional de Auvernia, del Ministerio Francés de la Investigación y la Tecnología.

En cuanto a las tortugas, varios países, entre ellos México, Estados Unidos, Cuba, Costa Rica, Panamá, tienen programas de protección de las diferentes especies de tortugas, consistentes en recolectar los huevos que son depositados por las tortugas en las playas, para llevarlos a zonas protegidas en las que eliminan los depredadores como los cangrejos, las jaibas, los perros, las aves, etc.; pero principalmente los defienden del hombre que los comercializa.

Una vez que nacen, después de 1.5 meses, las pequeñas tortugas se mantienen en estanques hasta que la concha se endurece y se liberan en zonas protegidas como en esteros o en lugares con rocas para que se puedan defender, calculándose que después de 6 o 7 años, regresan a las mismas playas a depositar sus huevos.



Figura 34. Cultivo de crías de tortuga.

Sin embargo, todavía no se establecen programas para el cultivo a nivel comercial de estos recursos, sólo se mantiene el objetivo de su protección. Aunque se hacen esfuerzos para llegar a lograr estos cultivos comerciales como la "Granja de tortugas de Gran Caimán", localizada en esta isla al sur de Cuba, que tiene una extensión de 4 hectáreas donde se cultiva la tortuga verde *Chelonia mydas* y que tiene como finalidad producir alimento para la población y explotar todas las pieles, que se exportan para contribuir a la economía de las islas.

En nuestro país se ha establecido el Programa Nacional para la Protección de la Tortuga, en el que participan la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, la Secretaría de Pesca, la Facultad de Ciencias, UNAM y varias universidades e instituciones de educación superior, así como algunos grupos ecologistas y que se desarrolla en ambos litorales del país.

En cuanto a otros organismos relacionados con la pesca, como los salmones y ciertos invertebrados como el abulón, sólo se les protege con reglamentación que generalmente consiste en períodos de prohibición de su captura llamados vedas, o con el establecimiento de tallas mínimas de captura, pero no se tienen programas para su protección.

La acuicultura, como un medio para la conservación de las especies acuáticas en peligro de extinción, es una realidad y sólo se necesita intensificar los programas de investigación que permitan conocer mejor sus ciclos biológicos. Estas investigaciones y sus aplicaciones permitirán conservar una fauna que participa en el equilibrio ecológico y que tiene no sólo interés científico sino también comercial.

Así como el aprovechamiento racional de las especies es un derecho, su conservación es una obligación de todo ser humano.



X. EL FUTURO DE LA ACUICULTURA

EL 90% DE los alimentos que se obtienen de los océanos, lagos y ríos, proviene de la pesca; pero el estancamiento que ha presentado la captura mundial en los últimos años, debido a que algunas especies, las más buscadas, ya han sido sobreexplotadas y sobre todo por el aumento en los costos de la operación, la captura y proceso de las especies, hace que la acuicultura se contemple como la actividad que permita incrementar en un futuro próximo la producción acuática.

La acuicultura no ha alcanzado su plenitud porque todavía no se domina el ciclo biológico de la mayoría de las especies, lo cual hace que los cultivos tengan costos muy elevados, que no pueden competir con los que se producen en la captura de organismos en su medio natural.

Sólo en algunas especies, como las truchas y las carpas, puede desarrollarse el ciclo completo en cautiverio, pudiéndose comparar con la cría industrial de ganado y de aves; pero en otras, únicamente se capturan los juveniles en el mar para engordarlos en estanques, con el fin de llevarlos a la talla comercial; en otros casos, como en los salmones, es más ventajoso repoblar los ríos con juveniles que emigran y engordan en el mar, para después regresar al río de origen, en donde son capturados para seguirlos engordando o para comercializarlos si ya alcanzaron el tamaño adecuado.

Uno de los objetivos de la acuicultura contemporánea es iniciar la cría intensiva de especies silvestres, principalmente marinas, lo que permitirá aumentar la disponibilidad de recursos alimentarios.

Los científicos y los granjeros han empezado a ponerle atención a los millones de organismos microscópicos que flotan en las aguas formando parte del plancton, los cuales, debido a su enorme número y a sus pocas exigencias de alimentación, presentan grandes posibilidades para su cultivo.

Su riqueza en proteínas y grasas hace del plancton un magnífico alimento para el hombre, por ejemplo algunas de las algas microscópicas del fitoplancton tienen el 10% de su peso de grasas y los pequeños crustáceos llamados copépodos presentan 7.7% de proteínas y 20% de grasas.

Aunque algunos investigadores han logrado que grupos de personas coman plancton, se han encontrado con el problema de que, aunque nutritivo, no es sabroso y que algunos de los organismos que lo forman pueden llegar a ser tóxicos; pero el mayor problema es su recolección, ya que el sistema de bombear agua para concentrar y separar a los individuos del plancton es muy costoso.

A pesar de que existen en el océano áreas donde el plancton es muy denso, como el Ártico y el Antártico y las zonas de surgencias donde las aguas frías, ricas en nutrientes, suben a la superficie (ver volumen III de esta obra), es difícil predecir que el hombre a corto plazo vaya a diseñar la tecnología adecuada para recolectarlo de manera costeable, por lo que se están haciendo esfuerzos para cultivarlo.

Sin embargo, el cultivo de plancton en estanques o lagos salobres todavía no se domina por la falta de conocimientos de la biología de las diferentes especies que lo forman y hasta el momento los programas están enfocados a su producción para alimentar peces y otros organismos marinos como moluscos, más que para el consumo humano.

El cultivo de invertebrados principalmente del camarón y del ostión y de los peces de agua dulce, en las lagunas litorales o en estanques, está bien establecido y en la actualidad se trabaja para mejorar su tecnología y así incrementar su productividad.

La supervivencia de los organismos durante el cultivo, sobre todo a nivel comercial, depende de las características fisicoquímicas del medio; de su resistencia a los agentes patógenos que en los estanques pueden ser más abundantes que en el medio natural, y a los ataques que se produzcan debido a su agresividad y comportamiento territorial, que pueden ser nefastos en cautiverio.

En los cultivos se tiene como principales ventajas: la eliminación de los depredadores; la facilidad de proporcionar a los organismos la alimentación más adecuada en cuanto a cantidad y contenido de los alimentos, lo

que permite incrementar el crecimiento que es el factor clave para la rentabilidad del cultivo; y el poder intensificar la fertilidad de las especies, que si en el medio natural es elevada, ya que algunos peces llegan a producir hasta decenas de millones de huevecillos, en los programas de cultivo se puede hacer todavía mayor, estimulando a las hembras con diferentes métodos.

En la actualidad los biólogos están desarrollando investigaciones en genética de diferentes especies para responder a las necesidades de la piscicultura moderna y lograr producir especies con ventajas biológicas sobre las que se desarrollan en el medio natural. Los métodos que utilizan para *manejar* las características genéticas de los organismos se basan en la selección y cruzamiento y son semejantes a los que se emplean para la "mejora" de vegetales y animales terrestres.

Estos métodos consisten en intervenir en la reproducción de los individuos mediante procedimientos que hasta el momento sólo se usaban en las biotecnologías para vegetales. Así se ha llegado a producir "ejemplares gigantes"; organismos hermafroditas, es decir, que pueden actuar indistintamente como ejemplares masculinos o femeninos; poblaciones estériles o formadas únicamente por machos o hembras que, al no gastar energías en reproducirse, la aprovechan en su crecimiento; y poblaciones resistentes a diferentes tipos de enfermedades.

La mejora genética se ha transformado en uno de los puntos claves en la evolución de algunos programas de cultivo, como en los de truchas, carpas y tilapias y se está iniciando en los de ostión, abulón y otros peces; está apoyada en un número grande de métodos que se utilizan individualmente o en conjunto y que tienen la finalidad de lograr organismos con ventajas sobre los que se desarrollan en el medio natural.

Las investigaciones en genética de los organismos acuáticos, no sólo se están haciendo para mejorar las especies en cultivo, sino que los biólogos están trabajando para encontrar los métodos de mejora de las poblaciones sometidas a explotación, que como se están capturando intensamente, no permiten los suficientes cruzamientos que mantengan su calidad biológica, observándose que en algunas de ellas se presentan procesos de degeneración.

El cultivo de las especies marinas en alta mar está menos evolucionado que el de aguas dulces y salobres, siendo uno de los principales problemas el que es muy difícil mantener a las especies en *cautiverio* hasta que alcancen un tamaño apropiado para ser recolectadas, y hasta el momento actual no se ha logrado diseñar métodos eficientes, también es difícil el mantenimiento de los cultivos debido a que el hombre no puede trabajar por largos períodos de tiempo sumergido en el mar.



Figura 35. Mejora de las especies en cultivo.

Para resolver el del *cautiverio* se han probado diferentes métodos, como la implantación de jaulas submarinas, pero éstas sólo se pueden colocar cerca de la costa y como el tamaño es relativamente pequeño, generalmente no son rentables, ya que los individuos tardan demasiado tiempo en alcanzar las tallas comerciales por lo que los costos se elevan.

Se han realizado experimentos con *burbujas de aire* o con *vallas eléctricas*, para mantener a los peces en *cautiverio* en bahías; como ha sucedido en los Estados Unidos que han logrado *encerrar* a los arenques con telones de burbujas de aire, que se producen con tubos de polietileno perforados y conectados a un compresor colocado en la playa, que tiene que estar trabajando continuamente. En este método el principal problema se presenta cuando el agua está turbia y la cortina se hace menos visible, lo que permite que los peces escapen.

Las *vallas eléctricas* se logran produciendo un campo eléctrico, con un cúmulo de corriente alterna que repele a los organismos y los mantiene en un área determinada. Su problema es que el voltaje requerido es muy alto, ya que la fuerza de la corriente eléctrica se disipa rápidamente en el agua del mar y esto eleva costos.

En cuanto a la permanencia del hombre en el mar, se han diseñado cámaras y vehículos que le permiten actividades submarinas que anteriormente se consideraban como imposibles, tal es el caso de los refugios submarinos *Sealab* de la marina de Estados Unidos (consultar volumen I de esta obra), que permiten la permanencia prolongada del hombre bajo el agua.

Otros métodos que los biólogos están probando se basan en la capacidad de aprender que tienen los delfines que, convenientemente entrenados, pueden usarse para mantener a bancos de peces en áreas cerradas por redes u otros métodos, semejantes a lo que hacen los perros pastores con el ganado. Un ejemplo que se puede mencionar, son los delfines amaestrados, que llevan instrumentos y herramientas a los técnicos del *Sealab* en las costas de California.

Un experimento más ambicioso es el que se realiza para probar si la especie humana es capaz de respirar los gases disueltos en el agua. Los científicos han comprobado que el perro, el hamster y la rata pueden extraer oxígeno del agua del mar, por lo que surge la pregunta si el hombre podrá también hacerlo y así la labor de los buzos en los cultivos profundos sería más fácil, al no tener que usar equipos voluminosos.

Como un método de cultivo se están utilizando desde hace mucho tiempo los llamados arrecifes artificiales, ya que el hombre ha observado que muchos organismos son atraídos por las estructuras sumergidas permaneciendo en su vecindad. Los buzos, desde los que usaban los primitivos trajes con escafandra, reportaban que alrededor de los arrecifes o de los barcos sumergidos se concentraban peces, lo que no sucedía en fondos arenosos abiertos.

Los científicos no se han explicado totalmente cuál es la causa de este comportamiento; se cree que acuden a estos sitios buscando el alimento que se fija, así como la protección que los huecos les ofrecen y lo llaman *tactismo*, definiéndolo como la respuesta a estar cerca de un objeto sólido. Las observaciones se incrementaron después de la segunda Guerra Mundial, debido a la gran cantidad de barcos y aviones que quedaron hundidos.

Se considera *arrecife artificial* a una estructura sumergida formada por materiales de desecho o prefabricados, cuyo objetivo es proporcionar un sustrato para su fijación a organismos bentónicos y albergue a los pelágicos; colocándose estas estructuras en sitios de poca productividad; comprobándose que se convierten en sitios productivos para la pesca comercial y para la deportiva.

En la década de los años setenta se inició la construcción de arrecifes artificiales y actualmente existen en Japón, Estados Unidos, Hawai y México.

Japón es uno de los países más adelantados. Ha colocado una gran cantidad de estructuras de diversos materiales en la zona de la plataforma continental con gran éxito; por lo que han dejado el uso de materiales de desecho para utilizar estructuras —diseñadas por técnicos especializados— de concreto armado, con formas geométricas o de otros materiales, según el tipo de organismos que desean capturar.

Entre los materiales que se emplean para formar estos arrecifes coralinos se pueden considerar como de poca duración a las llantas, los enseres domésticos, las carrocerías de automóviles y los contruidos con fibras de

vidrios y plástico reforzado; y como de alta duración a los carros de ferrocarril, los barcos, los tanques de almacenamiento, las plataformas petroleras y los fabricados de concreto armado con acero.

Como se puede observar, se utilizan muchos desechos de la actividad propia de la humanidad que, además de ser útiles para incrementar las poblaciones de organismos marinos, ofrecen una solución a la utilización de la basura sólida, que en la actualidad representa un gran problema, como es el caso de muchos barcos inservibles que existen en varios países y que sólo están ocupando muelles y ocasionando costos innecesarios.

Para hundir estos materiales es indispensable limpiarlos de toda sustancia tóxica, para evitar la contaminación de las aguas y además hacerles orificios para que los organismos puedan llegar a su interior y refugiarse. También es importante colocarlos en zonas donde no estorben a la navegación, a menos que se quiera que los barcos arrastreros no trabajen en determinada zona, por lo que los arrecifes artificiales también pueden colaborar con la protección de los recursos.

En Estados Unidos los primeros arrecifes que tenían como objetivo incrementar la pesca se colocaron en Nueva Jersey en 1930 y desde ese momento se fueron multiplicando. Hacia 1950 existían doce en las costas de diferentes estados, en donde tanto los pescadores comerciales como los deportivos realizaban su actividad.

La compañía norteamericana Tenneco Oil Exploration and Production, desde 1982, desarrolla un programa de construcción de arrecifes artificiales, utilizando las plataformas petroleras, construyendo el primero a cien kilómetros de la costa de Louisiana y el segundo entre Fort Lauderdale y Miami, en Florida. Estos arrecifes son utilizados principalmente para la pesca, y conservan una zona para practicar el buceo.

Los arrecifes artificiales están demostrando su eficacia, ya que no sólo aumentan las capturas, sino que permiten reutilizar desechos y así evitar que se transformen en chatarra contaminante, por lo que se están multiplicando los esfuerzos en diferentes países, esperando con esto colaborar en el incremento de poblaciones de organismos acuáticos.

Durante siglos, la acuicultura se ha desarrollado de manera empírica, transmitiéndose los conocimientos de padres a hijos, avanzando más en los países tropicales, como por ejemplo en Java donde el 60% del pescado consumido se produce en estanques que ocupan cientos de kilómetros cuadrados.

Pero conforme se demostró su utilidad y su necesidad para colaborar en la industria pesquera, aumentando las posibilidades de captura, los técnicos iniciaron las investigaciones que permitieran solucionar los problemas que se presentan en el cultivo de especies acuáticas.

La acuicultura en las aguas de ríos y lagos se ha logrado dominar casi en su totalidad, y sólo queda aprovechar integralmente las posibilidades que ofrece para llevar alimento barato a un mayor número de personas.

En cambio, la acuicultura de aguas salobres y en especial la *maricultura* o cultivo de organismos marinos depende del avance de los conocimientos científicos y tecnológicos que permitan ir solucionando la problemática que presenta. Hasta el momento, se han logrado resultados positivos en el cultivo de especies marinas en los estuarios, en las zonas intermareales y en algunas bahías, debido a que el hombre puede llegar a estas áreas con facilidad y en ellas puede encerrar y proteger a los organismos que está cultivando.

Para un futuro cercano, los científicos y técnicos calculan que se podrán cultivar organismos en zonas abiertas del océano y así lograr que la producción de las *granjas marinas* colabore con la pesca comercial y se transforme la acuicultura marina en una industria importante.

El reto de cultivar a los organismos que viven en los océanos tendrá que ser atendido por las generaciones jóvenes, lo que debe ser un estímulo, porque al lograrlo colaborarán a llevar alimento a un mayor número de personas y así asegurarán que la humanidad no presente problemas de desnutrición.

Esperamos que las futuras generaciones de científicos y técnicos resolverán los problemas para llegar al dominio de la acuicultura tanto en aguas continentales como marinas.

Início



**INSTITUCIONES VINCULADAS CON EL
APROVECHAMIENTO DEL OCÉANO Y SUS RECURSOS:
INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Y EDUCACIÓN SUPERIOR
EN EL DISTRITO FEDERAL**

Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

Fue establecida en 1973, como organismo descentralizado del Estado y sus actividades relacionadas con las Ciencias del Mar las realiza en los planteles Iztapalapa y Xochimilco.

Plantel Iztapalapa

Dentro de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud se imparte la carrera de biología con especialidad en hidrobiología, en donde se incluyen aspectos biológicos y económicos de los recursos marinos. También tiene las especialidades de botánica, zoología y geología, en donde tratan temas de biología marina.

Plantel Xochimilco

Desde 1976, en el Departamento del Hombre y su Ambiente, se ofrece la carrera de biología, en donde tratan temas relacionados con la biología marina, y en especial con pesquerías apoyados en sus programas de investigación. Se han realizado esfuerzos para establecer la maestría en ciencia pesquera.

INSTITUCIONES ESTATALES

Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Cuenta con la Unidad de Ciencias Marinas en el puerto de Ensenada, integrada por la Facultad de Ciencias Marinas y el Instituto de Investigaciones Oceanológicas, creados en 1960.

La Facultad ofrece el título profesional de oceanólogo, equivalente a la licenciatura, en cuatro especialidades: geología, física, química y biología; además, a partir de agosto de 1988, la maestría en oceanografía biológica. El Instituto realiza investigaciones en biología marina, oceanografía física, oceanografía química y pesquerías y publica la revista *Ciencias Marinas*.

También en Ensenada, esta universidad ofrece la carrera de biología en donde se estudian los recursos acuáticos.

Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS)

En 1975 se fundó el Área de Ciencias del Mar en la que ofrece, en La Paz, Baja California Sur, las carreras de biología marina, geología marina e ingeniería en pesquerías, además tiene varios proyectos de investigación entre los que se pueden mencionar: los de oceanografía física, geología marina, biología marina, plancton y pesquerías.

Universidad de Colima (UC)

Cuenta con la Escuela Superior de Ciencias Marinas, que inició sus actividades en 1981 y ofrece cuatro carreras profesionales: oceanología física, oceanología química, ingeniería oceánica y administración de recursos marinos, en el puerto de Manzanillo, Colima, en colaboración con el Instituto Oceanográfico de Manzanillo de la Secretaría de Marina. Estas carreras otorgan la licenciatura.

Universidad Autónoma de Guerrero (UAG)

En 1972 creó la Escuela Superior de Ecología Marina, que ofrece en el puerto de Acapulco, la licenciatura de ecología marina y realiza investigaciones en ecología de lagunas costeras y en pesquerías. Además, la Universidad tiene en Chilpancingo la carrera de biología, en donde también se hacen estudios sobre el mar.

Universidad Autónoma de Nayarit (UAN)

En 1970 se estableció la Escuela Superior de Oceanografía, con la carrera profesional de ingeniería oceanográfica, pero atinadamente en 1971 se transformó en la Escuela Superior de Ingeniería Pesquera, siendo la primera en el país en impartir la carrera de ingeniería pesquera.

Sus instalaciones se localizan en la Bahía de Matanchén, a 14 km del puerto de San Blas, Nayarit, y cuenta, además del equipo de artes de pesca, como por ejemplo una almadraba, con varias embarcaciones menores, así como con cuatro barcos de capacitación en investigación pesquera: el *Matanchén*, el *Miguel López*, el UNICAP y el *Salvador Villaseñor*.

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)

En la Facultad de Ciencias Biológicas, fundada en 1952, se cursa la licenciatura en biología y se hacen investigaciones en ictiología, acuicultura, pesquerías, parasitología, cuyos resultados permitieron crear, en 1984, el Departamento de Estudios Superiores, en el que se ofrece la maestría y el doctorado en pesquerías. Cuenta con instalaciones de campo en Laguna Madre, Tamaulipas, en donde realiza cultivo de camarones y langostino.

Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS)

En el puerto de Mazatlán, Sinaloa, se encuentra la Escuela de Ciencias del Mar, fundada en 1970, en la que se imparte la carrera de biología pesquera y se desarrollan programas de investigación en pesquerías, coordinándose con el Sector Social y con la Secretaría de Pesca.

Universidad Autónoma de Sonora (U de S)

En 1962 fue creado el Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Hermosillo, Sonora, con su estación de biología marina y pesquera en Puerto Peñasco, en donde se inició en México el cultivo de camarón. Actualmente cuenta además con instalaciones en Bahía Kino y Puerto Libertad, en donde se llevan a cabo investigaciones en acuicultura, ecología y geología marina, así como de impacto ambiental.

Universidad Autónoma del Noreste (U de T)

Esta universidad ofrece en la Facultad de Comercio la licenciatura en administración agropecuaria y pesquera y en la Facultad de Ingeniería la maestría en ingeniería portuaria.

Universidad Veracruzana (UV)

Cuenta con la Facultad de Ingeniería Naval en el puerto de Veracruz, en la que ofrece la licenciatura y además tiene tres escuelas de biología, la de Xalapa, la de Córdoba y la de Tuxpan, en donde se cursa la carrera de biología con la especialidad en hidrobiología.

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Unidad Guaymas, Sonora (ITESM)

En 1966 fue creada la Escuela de Ciencias Marítimas y Tecnología de Alimentos en el puerto de Guaymas, Sonora, y en ella se imparten cuatro carreras a nivel licenciatura: ingeniería bioquímica, administración de recursos acuáticos, procesamiento de alimentos y servicios alimentarios. Además cuenta con las maestrías en: ciencias alimentarias y ciencias marinas.

Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE)

Fue creado en 1973 en el puerto de Ensenada, Baja California, y tiene los departamentos de Oceanografía, Geofísica y Física Aplicada en los que desarrolla programas de investigación de alto nivel. Imparte la maestría en oceanografía física y en ecología marina.

Otras universidades de los estados que desarrollan programas relacionados con el océano y sus recursos son:

Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Biología y acuicultura.

Universidad Autónoma de Guadalajara (UA de G). Biología. Dispone de una estación en Barra de Navidad, Jalisco.

Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Biología, acuicultura.

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNR). Biología, acuicultura. En Zicuaran, Michoacán, cuenta con una estación de biología acuática.

Universidad de Guadalajara (U de G). Biología, acuicultura.

Universidad de Yucatán (U de Y) Biología, acuicultura y biología marina.

Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas (ICACH). Biología y biología marina.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Biología, acuicultura y biología marina.

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Biología.

Universidad del Carmen (U del C). Ingeniería pesquera, ingeniería en acuicultura.

Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C. (CIB). Fue establecido en 1975 en La Paz Baja California Sur y en él se desarrollan programas de investigación en biología marina y en pesquerías.

Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP). Fundado en 1978, imparte carreras técnicas terminales, con 135 planteles en todo el país vinculadas con el sector productivo.

Relacionadas con el mar, imparte las carreras de administración pesquera, procesos de producción pesquera, administración portuaria y mantenimiento de equipos pesqueros, construcción naval y producción acuícola. En sus planteles de Mazatlán, Sin.; Navolato, Sin.; La Reforma, Sin.; Lázaro Cárdenas, Mich.; Ensenada, B.C.; Tampico, Tamps.; Coatzacoalcos, Ver. y Paraíso, Tab.

Instituto Interdisciplinario. Dirección General de Institutos Tecnológicos, SEP. En Cancún, ingeniería pesquera.



GLOSARIO

abiótico. Sin vida.

acuariofilia. Afición a conservar animales, vegetales o ambos, que viven en cautiverio en el medio acuático en depósitos acondicionados para varios fines.

acuicultura. Biotecnia cuyos métodos y técnicas abarcan el manejo y control total o parcial de los cuerpos de agua y de sus recursos bióticos con el objeto de lograr su aprovechamiento socioeconómico o por interés de tipo biológico.

adulto. Organismo que adquirió su estructura definitiva y que está en condiciones de reproducirse.

agalla. Nombre común de las branquias que sirven a los peces para respirar.

aguas continentales. Cuerpo de agua que no tiene conexiones con el mar.

aguas lénticas. Cuerpo de agua que se caracteriza por la ausencia de corrientes bien diferenciadas: lagos, bordos, presas, etcétera.

aguas lóxicas. Cuerpo de agua caracterizado por sus corrientes rápidas: ríos, arroyos.

aguas protegidas. Cuerpo de agua que tiene conexión con el mar y a su vez recibe la influencia de aguas continentales.

aionomorfos. En ciencia pesquera, cualquier estadio del ciclo de vida de los organismos: huevo, alevín, larva, postlarva, juvenil, adulto, reproductor.

aletas impares. Se encuentran en el plano sagital medio del organismo. Son las dorsales, las anales y las caudales.

aletas pares. Se localizan a los lados del cuerpo del organismo. Son las pectorales y las pélvicas.

alevín. Etapa de la vida de la cría de peces en que todavía conservan la bolsa vitelina.

atmósfera. Cubierta gaseosa que rodea la superficie de la Tierra.

a.t.p. (Adenosín trifosfato.) Compuesto orgánico que actúa como portador de energía química en los sistemas biológicos.

autótrofo. Organismo que se autoalimenta al elaborar una gran variedad de compuestos a partir de moléculas simples de nutrientes.

biocenosis. Conjunto de vegetales y animales de diferentes especies que forman una comunidad y ocupan un territorio definido.

bioma. Comunidad biótica grande que tiene asociaciones vegetales y animales similares.

biomasa. Cantidad total de materia viva en un área determinada. biósfera. Parte del planeta Tierra en la que se encuentran los organismos vivos.

biótico. Viviente.

biotopos. Ambiente ocupado por una biocenosis, cuyas condiciones de hábitat son relativamente uniformes.

cadena de alimentación. Serie de relaciones de alimentación entre organismos, iniciada por los productores y seguida por los consumidores.

caladero. Lugar donde por la abundancia de animales se acostumbra pescar.

camaricultura. Cultivo de camarones y especies afines.

carnívoro. Animal que come carne y así obtiene su energía en forma indirecta a partir de los productos primarios.

ciclo biogeoquímico. Reciclaje de los elementos entre los organismos biológicos y su medio.

ciprínidos. Familia de peces que comprende un número grande de especies que viven en aguas dulces del hemisferio boreal y que se caracterizan por presentar dientes faríngeos, mandíbulas sin dientes y a menudo con barbas, ejemplo: carpas, percas, etcétera.

cloaca. Dilatación o cámara de salida del tubo digestivo-genital y excretor de los vertebrados.

comensalismo. Tipo de interacción positiva de dos poblaciones de especies en la cual una población se beneficia y la otra no resulta afectada en grado mensurable.

competencia. Tipo de interacción positiva de dos poblaciones en la cual ambas se disputan el mismo recurso limitado.

competencia interespecífica. Competencia entre individuos de diferentes especies.

competencia intraespecífica. Competencia entre individuos de la misma especie.

comunidad clímax. La etapa final en el proceso sucesional, formando un ecosistema maduro.

comunidad biótica. Las poblaciones de organismos que existen e interaccionan en un área determinada.

cosecha establecida. Cantidad de biomasa presente en un momento particular.

consumidores. Organismos que se nutren ya sea directamente a partir de vegetales (herbívoros), o indirectamente, a partir de un productor representado por los seres herbívoros (carnívoros).

contaminación térmica. Cambios de temperatura en un cuerpo de agua ocasionados por descargas de plantas industriales que utilizan el agua como refrigerante en sus sistemas de calentamiento.

crecimiento de población. Aumento del número total de organismos de una población debido a la acción recíproca entre su potencial biótico y la resistencia ambiental.

cultivo de ciclo completo. Cuando los organismos se cultivan desde el huevo hasta la talla comercial.

cultivo de ciclo incompleto. Cuando los organismos sólo se cultivan hasta la talla de cría o juvenil.

depredador. Organismo que se alimenta de otro.

detrito. Material orgánico muerto.

diatomea. Vegetal microscópico formado por lo general por una sola célula rodeada de una cubierta de sílice, que vive en agua dulce o salada.

dinoflagelado. Organismo unicelular cubierto por una membrana de celulosa, generalmente dividida en dos partes por un surco, en el que se implantan dos flagelos. Forman parte del plancton y pueden presentar color rojizo o amarillo.

ecología. Ciencia que estudia las interacciones de los organismos vivos y su ambiente.

ecosistema. Sistema de seres vivos y del medio con el cual intercambian materia y energía.

ecotipo. Raza o subespecie con diversas características genéticas adaptadas a su hábitat.

embriogénesis. Origen y desarrollo del embrión para originar los tejidos y los órganos de nuevos individuos.

energía. Capacidad de producir trabajo.

entomófago. Animal que se alimenta principalmente de insectos.

epiaxial. Porción dorsal de la musculatura metamérica de los vertebrados.

epidermis. Capa de células externa de la piel que conforma un epitelio.

epilimnio. Capa superficial del cuerpo de agua limitada por dos factores: la intensidad de penetración de la luz y una línea imaginaria donde la temperatura declina bruscamente, llamada termoclina.

erosión. Cuando se pierde la capa superficial de tierra por acción del tiempo y del agua.

escama. Estructura en forma de placa de naturaleza dura, ósea o córnea que, en número variable, recubre parte o todo el cuerpo de algunos animales como peces, reptiles, aves y mamíferos.

especie autóctona diseminada. Especie que existe en un país y cuya distribución es empleada mediante la introducción de lotes en nuevas áreas, ya sea por importación o a partir de la redistribución de poblaciones existentes previamente.

especie de ciclo energético corto. Organismo que por sus características fisiológicas y tipo de alimentación aprovecha un elevado porcentaje de la energía almacenada por los productores primarios, como los que comen fitoplancton y los herbívoros.

especie de ciclo energético largo. Organismo que presenta pérdidas considerables de energía como consecuencia de su relación productor-consumidor primario y consumidor secundario, como por ejemplo los peces carnívoros.

especie exótica (especie alóctona). Organismo que no es nativo de una región determinada y que artificialmente se introduce en ella.

estrategia amorosa o cortejo. En piscicultura, es la conducta que presentan los peces, particularmente en algunos casos, previa al desove.

estratificación. Formación de capas. Serie de separaciones que dividen un ecosistema.

estuario. Desembocadura de un río donde se mezclan las aguas dulces con las marinas.

etimología. Ciencia que estudia el origen de las palabras y sus derivaciones.

etiología. Estudio del comportamiento de un animal en su ambiente natural.

eutrofia. Envejecimiento natural de las comunidades acuáticas que da por resultado la disminución de la productividad y el aumento gradual del gasto de nutrientes.

exócrino. Relacionado con la secreción externa de una glándula.

fenotipo. Representación externa del genotipo y del ambiente de un individuo.

fertilización. Agregar abonos al agua que permitan que en ella se desarrollen organismos que serán la base para el establecimiento de las cadenas de alimentación.

fisoclisteos. Peces en los que la vejiga gaseosa no se comunica con su aparato digestivo.

fisóstomo. Peces en los que la vejiga gaseosa se comunica con el aparato digestivo a través de un conducto de aire.

fluvial. Relacionado con los ríos.

foresis. Acción por lo cual los organismos se adhieren o se sujetan en el exterior del cuerpo de otro, sin más consecuencia que el transporte.

fotosíntesis. Proceso mediante el cual los vegetales verdes transforman sustancia inorgánica: agua y sales minerales, en sustancia orgánica: glúcidos, lípidos y prótidos, interviniendo la clorofila y fijando la energía del Sol.

gasterópodos. Clase de moluscos acuáticos o terrestres conocidos como caracoles. La cabeza está bien diferenciada y tiene dos pares de tentáculos; su pie está bien desarrollado y adaptado a la reptación, aunque en algunas especies es nadador. Su concha está enrollada en espiral sobre un eje, en pocos casos es plana o cónica o no existe.

genotipo. Conjunto de genes característicos de un individuo recibidos a través de los gametos de sus progenitores.

hábitat. Características fisicoquímicas y biológicas de un lugar donde se encuentra una especie vegetal o animal.

hematosis. Oxigenación de la sangre.

heterodoncia. Presencia de distintas clases de piezas dentarias: incisivos, caninos y molares.

hibernación. Estado de letargo en que se reducen las actividades vitales, que se presenta en ciertos animales, durante la estación invernal.

híbrido. Organismo que resulta de la cruce entre dos especies diferentes.

hidrósfera. Capa de agua que cubre la superficie sólida de la Tierra.

hidrostática. Rama de la mecánica que se encarga del estudio de la estática de los líquidos.

hipoaxial. Las porciones ventrales de la musculatura metamérica de los vertebrados.

hipofización. Inyección de extractos o macerados de la glándula hipófisis a peces que se desea se reproduzcan fuera de su época natural. La hipófisis se extrae de otros peces y se conserva en glicerina o liofilizada.

hipogeo. Cavernícola. Organismo que vive o pasa largo tiempo debajo de la superficie del suelo.

hipolimnio. Capa de agua que se localiza por debajo de la termoclina, caracterizada por la ausencia de rayos luminosos y por su baja productividad.

holoblástico. Huevo que contiene escaso vitelo y que presenta segmentación total.

homeotermo. Animal que regula su temperatura, manteniéndola constante, independientemente del medio externo.

huevo. También llamado cigoto; es la célula que resulta de la unión de un óvulo con un espermatozoide.

ictiología. Rama de la zoología que estudia a los peces.

índice de crecimiento de población. Velocidad del cambio en el número de los individuos de una población. Se calcula restando el índice de mortalidad al de natalidad.

índice de fertilidad. Número de nacimientos, según el número de organismos que se halla en la etapa de reproducción.

intrahepático. Dentro del hígado.

intra-peritoneal. Dentro de la cavidad peritoneal.

iridosoma. Cromatóforo que contiene el pigmento guanina, que es un producto metabólico de color blanco plateado.

lacustre. Relacionado con los lagos o lagunas.

larva. Periodo en el ciclo de desarrollo de los animales entre embrión y adulto.

leucóforo. Cromatóforo con gránulos de pigmento blanco.

limnología. Ciencia que se ocupa del estudio de los lagos.

línea lateral. Nombre que se da a los órganos sensoriales que se localizan a lo largo de los costados del cuerpo de los peces.

limoso. Con limo o lodo.

litología. Rama de la geología que estudia a las rocas, en especial las sedimentarias.

litoral. Región de la costa cubierta por aguas superficiales, entre la línea de pleamar y la de bajamar.

litósfera. Parte sólida de la Tierra.

melanóforo. Célula que tiene o transporta a los pigmentos. Cromatóforo con granulaciones de pigmento.

metabolismo. Conjunto de las reacciones químicas que se desarrollan en un organismo.

metamorfosis. Cambios de algunos animales durante el desarrollo; por lo general, los que marcan la separación entre la etapa juvenil y adulto.

miómero. Masa muscular que se encuentra entre dos vértebras adyacentes.

miosepto. Tabiques de tejido conjuntivo que separan a los miómeros entre sí.

monocultivo. Sistema de cultivo que produce un solo tipo de cosecha.

mucilaginoso. Sustancia viscosa de mayor o menor transparencia que se halla en ciertas partes de los vegetales.

necrófago. Animal que come carroña.

necton. Comunidad de animales grandes que viven en la parte superior de la columna de agua.

nerítica. Zona del mar cercana a la costa que se encuentra cubriendo a la plataforma continental. También se dice de los organismos que viven en esta zona.

neotenia. Reproducción de los individuos antes de alcanzar el estado adulto.

notocorda. Estructura de tejido conjuntivo que se sitúa en la región dorsal de los cordados, ya sea en estado embrionario, larvario o adulto. En la mayoría de los vertebrados dará origen a la columna vertebral.

oceanografía. Ciencia que se encarga del estudio integral del océano.

omnívoros. Organismos que se alimentan tanto de vegetales como de animales.

ontogenia. Desarrollo del individuo desde el huevo hasta la madurez.

ostricultura. Cultivo de ostras y ostiones.

otolito. Estructura calcárea del oído; en algunos peces sirve para conocer la edad.

ovovivíparo. Animal cuya cría se desarrolla dentro del oviducto materno.

palmípeda. Ave que presenta membranas interdigitales.

pepsina. Enzima secretada por las glándulas de la mucosa gástrica.

phylum. Grupo de organismos que presentan el mismo plan estructural. Grupo taxonómico que está formado por varias clases.

piscicultura. Biotecnia que tiene como finalidad el cultivo de peces.

plancton. Comunidad de organismos microscópicos que vive flotando en las aguas.

pleópodo. Apéndice nadador que presentan los crustáceos decápodos, como el camarón y la langosta, en su abdomen y que la hembra puede utilizar para sostener y proteger sus huevecillos.

poiquilotermo. Animal cuya temperatura corporal se mantiene próxima a la del ambiente.

policromía. Fenómeno que se presenta cuando un organismo presenta varios colores.

policultivo. Técnica de acuicultura en la que, utilizando el régimen alimenticio de diferentes especies, se cultivan juntas sin que se presente competencia por alimento, conducta territorial o canibalismo. Se originó en China.

potencial biótico. Capacidad que presentan los organismos para reproducirse en condiciones óptimas.

potencial reproductivo. Estimación de la capacidad que tiene un organismo de tener descendencia.

precipitación. Caída de agua sobre la superficie de la Tierra. Lluvia. productividad primaria (producción primaria). Velocidad con que se fija la energía o a la que se elabora la materia orgánica durante la fotosíntesis.

productividad primaria bruta. Velocidad total de la fotosíntesis, incluyendo la energía que se fija y que posteriormente se utiliza en la respiración, así como la energía que se gasta en la formación de nuevos tejidos de los organismos.

productividad primaria neta. Velocidad con que los vegetales almacenan, en forma de materia orgánica, la energía que les sobra después de su respiración.

productores. Organismos capaces de convertir la energía que fijan del Sol en energía química, elaborando compuestos con carbono ricos en energía.

productores primarios. Organismos que fijan la energía solar y transforman sustancias inorgánicas: agua y sales minerales en orgánicas: glúcidos, lípidos y proteínas. Las algas y los vegetales verdes realizan esta función.

respiración. Proceso químico que se desarrolla en el interior de la célula, consistente en la liberación de energía, lo que le permite llevar a cabo los procesos metabólicos.

sacciforme. En forma de saco.

saco vitelino. Anexo embrionario en forma de bolsa que tiene sustancias nutritivas de las que se alimenta el embrión o la larva.

selección natural. Proceso que lleva a la sobrevivencia de los organismos vegetales y animales mejor adaptados a las condiciones de vida.

simbiosis. (Literalmente "vida en unión".) Todas las relaciones positivas que presentan los organismos de diferente especie.

sucesión ecológica. Proceso dinámico mediante el cual los organismos del ecosistema se modifican paulatinamente.

taxón. Unidad de clasificación como: especie, género, familia, orden, clase y phylum.

tensión. Nombre de las reacciones corporales que presenta un organismo como representante ante muchos estímulos diferentes.

territorio. Área en la que un organismo se defiende contra los intrusos.

topografía. Características de la superficie terrestre.

trófico. Relativo a la nutrición. Nivel trófico: cada uno de los eslabones de las cadenas de alimentación.

vermiforme. Animales alargados más o menos cilíndricos con forma de gusano.

vertiente. Región completa o área de drenaje que contribuye a un punto de suministro de agua.

vestigial. Estructura de un organismo pequeña, imperfectamente desarrollada, con tendencia a desaparecer y que por lo general no ejerce su función característica.

vitelo. Sustancia nutritiva que contiene el cigoto o huevo.

xantofícea. Alga, por lo general unicelular, que posee cromatóforos verde amarillentos.

xantóforo. Cromatóforo con pigmento amarillo.

zooides. Cada uno de los individuos que forman una colonia.

zooplancton. Plancton formado por animales: protozoos, larvas de esponja y cnidarios, gusanos, equinodermos, moluscos, crustáceos y otros artrópodos acuáticos y huevos y larvas de peces.



BIBLIOGRAFÍA

- Aburto, D. *et al.* *Spirulina*. Departamento de Pesca. México. 1978.
- Aguilera, P. y P. Noriega. *¿Qué es la acuicultura?* Fondepesca. Secretaría de Pesca. México. 1986.
- Álvarez-del Villar, J. *Peces mexicanos*. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México. 1970.
- Los cordados*. Editorial Texto e Imagen. México. 1973.
- Amlacher, E. *Manual de enfermedades de peces*. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 1964.
- Anónimo. *Report to the Fish Farmers Bureau of Sport Fisheries and Wildlife*, EUA, 1970.
- Anónimo. *Investigación de la Anchoeta*. Instituto del Mar del Perú. 1975.
- Anónimo. *La piscicultura en el medio rural mexicano*. Fideicomiso para el Desarrollo de la Fauna Acuática. México. 1976.
- Anónimo. *El cultivo de peces marinos*. White Fish Authority. Edimburgo, Escocia. 1978.
- Anónimo. *Esquema de un programa de investigación aplicada y desarrollo experimental para el Centro Regional Latinoamericano de Acuicultura*. FAO. Roma. 1978.
- Anónimo. *Enfermedades de la tilapia*. Dirección General de Organización y Capacitación Pesquera. Secretaría de Pesca. México. 1982.
- Armijo, A. *et al.* *Piscicultura*. Dirección General de Organización y Capacitación Pesquera. Secretaría de Pesca. México. 1982.
- Glosario de términos de acuicultura*. Secretaría de Pesca. México. 1988.
- Arredondo, J. L. *Análisis preliminares del estado del cultivo de camarón en México*. Secretaría de Pesca. México. 1986.
- Arredondo, J. L. y R. Rodríguez-Palacios. *Manual de ciprinicultura. (Cultivo de carpas.)* Secretaría de Pesca. México. 1986.
- Arriaga, R. y C. Rangel. *Diagnóstico de la situación actual y perspectivas del cultivo del ostión en México*. Secretaría de Pesca. México. 1988.
- Arrigon, J. *Ecología y piscicultura en aguas dulces*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 1984.
- Cría del cangrejo de río*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1985.
- Bard, J.; J. Lemasson y P. Lessent. *Manual de piscicultura destinado a la América Tropical*. Centre Technique Forestier Tropical, Francia. 1970.
- Bardach, J.; J. Ryther y W. Maclarney. *Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. AGT. Editor. México. 1986.
- Bautista, C. *Crustáceos. Tecnología de cultivo*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 1988.
- Berdegue, F. "Descripción de los sistemas de cultivo de camarones del género *Penaeus spp* en las costas de Ecuador". Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 1986.
- Chakroff, M. *Piscicultura. Cultivo de peces en estanques de agua dulce*. Editorial Concepto. México. 1983.

Cházari, E. *Piscicultura en agua dulce*. Reproducción facsimilar. Secretaría de Pesca. Miguel Angel Porrúa Librero-Editor. México. 1984.

—*Piscicultura en agua dulce*. Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México. 1884.

Cerda, J. *Curso de acuicultura y patología de los animales acuáticos*. Editorial Bilbilis, Palma, España. 1988.

Cifuentes, J. L. "Ciclo energético en el mar". *Revista Técnica Pesquera*. México. 1978.

Conroy, D. A. y G. Armas de Conroy. *Manual de métodos y diagnósticos en ictiopatología con especial referencia a los salmónidos*. FAO, Roma. 1987.

Contreras, L. *Manual de prevención de enfermedades que afectan a los organismos en cultivo*. Secretaría de Pesca. México, D. F. 1988.

Espinosa de los Monteros, J. y U. Labarta. (Editores.) *Nutrición en acuicultura I y II*. CAIYT. Industrias Gráficas de España. Madrid. 1987.

—(Editores). *Alimentación en acuicultura*. Industrias Gráficas de España. Madrid. 1987.

—(Editores). *Reproducción en acuicultura*. Industrias Gráficas de España. Madrid. 1987.

—(Editores). *Genética en acuicultura*. Industrias Gráficas de España. Madrid. 1987.

Fenucci, J. L. *Manual para la cría de camarones peneidos*. FAO. Roma. 1988.

Ferre, R. *Acuicultura, pesquería y petróleo*. Congreso Internacional de Americanistas. Departamento de Pesca. México. 1979.

García-Badell, J. J. *Tecnología de las explotaciones piscícolas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 1985.

González, F. *La perspectiva de los cultivos marinos*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. 1984.

Guzmán-Arroyo, M. *et al. Análisis del estado del arte de la acuicultura en México*. Departamento de Pesca. México. 1980.

Hepher, B. y Y. Pruginin. *Cultivo de peces comerciales*. Editorial Limusa. México. 1985.

Humbert, A. *Piscicultura*. Pratique Libraire Larousse, Paris. 1913.

Iversen, E. S. *Cultivos marinos*. Editorial Acribia, Zaragoza. España. 1982.

Juárez-Palacios, R. y G. Palomo. *Acuicultura*. Compañía Editorial Continental. México. 1985.

Lizárraga, M. *Bases técnicas del proyecto de granja acuícola múltiple de El Rosario, Sinaloa, México*. FAO. Roma. 1974.

Mann-Borgese, E. *Sea Farm. The story of aquaculture*. Harry N. Abrams, Inc. Publishers, Nueva York. 1980.

Márquez, A. *et al. Piscicultura marina*. Fundación del Instituto Nacional de Industria. Madrid. 1982.

Mas-Álvarez, B. y A. Tiana. *Acuicultura marina*. Servicio de Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid. 1986.

Mayes, I. *Folleto instructivo para la cría artificial de la rana comestible, rana-toro (Rana catesbeiana Shaw)*. Banco Nacional de Crédito Ejidal. México. 1968.

Morales, A. *El cultivo de la tilapia en México*. Instituto Nacional de Pesca. México. 1974.

- Morales, H. L. *¿La revolución azul?, Acuicultura y ecodesarrollo*. Editorial Nueva Imagen. México. 1978.
- Moya, R. (Editor.) *Revista Técnica Pesquera*. Vol. I-XX. Ediciones Mundo Marino. México. 1968-1978.
- Naylor, J. *Producción, comercio y utilización de algas y productos derivados*. FAO . Roma. 1976.
- Needham, J. y P. Needham. *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. Editorial Reverté. Barcelona. 1978.
- Palomo, G. y R. Arriaga. *Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizados en la planificación y desarrollo de la acuicultura en México*. Secretaría de Pesca. México. 1988.
- Perdomo, A. *et al. Principios básicos de piscicultura*. Departamento de Pesca. México. 1978.
- Río del E. *et al. Algunos aspectos de la piscicultura china de interés para México*. Instituto Nacional de Pesca. México. 1975.
- Rodríguez de la Cruz, M. C. *Manual de técnicas para la operación de granjas camaroneras*. Secretaría de Pesca. México. 1988.
- Sasso, L. "Cultivo intensivo de *Artemia salina* (Leach). Su importancia y aplicación en acuicultura". Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 1974.
- Sorgeloos, P. *et al. Manual para el cultivo y uso de Artemia en acuicultura*. FAO . Roma. 1986.
- Tacon, A. G. *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Nutriente sources and composition*. FAO . Roma. 1987.
- The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Feeding methods*. FAO . Roma. 1987.
- Tacon, A. G., G. Macioci y J. E. Vinatea. *National Agriculture Feed surveys (NAFS) for aquaculture planning and development in Latin America and the Caribbean*. FAO . Roma. 1987.
- Tapiador, D. D. *et al. Pesquería de agua dulce y acuicultura en China*. FAO . Roma. 1978.
- Torrentera, L. y A. Tacon. *La producción de alimento vivo y de importancia en acuicultura*. FAO . Roma. 1989.
- Turok, M. *et al. El caracol púrpura*. Secretaría de Educación Pública. México. 1988.
- Vinatea, J. E. *Formación profesional en acuicultura*. FAO . Roma. 1974.
- Vollmann-Achipper, F. *Transporte de peces vivos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1978.



COLOFÓN

Este libro se terminó de imprimir y encuadernar en el mes de agosto de 1997 en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso, SA. (IEP SA) , calzada de San Lorenzo 244, 09830 México, D.F.

Se tiraron 3 000 ejemplares.

La Ciencia para Todos es una colección coordinada editorialmente por *Marco Antonio Pulido* y *María del Carmen Farías*.



Escribir sobre el mar es una empresa tan vasta como los confines oceánicos. En principio, la vida surgió del mar y en consecuencia todos somos sus hijos; la relación hombre-mar se ha dado en todas las manifestaciones de la actividad humana, de las más altas, la literatura y la ciencia hasta las cotidianas —y no menos importantes— como buscar el sustento diario.

Por eso mismo, este trabajo de divulgación científica, que busca "dar al público en general una información amena y sencilla sobre el mundo maravilloso que constituyen los océanos" —pensado, planeado y escrito por Juan Luis Cifuentes y sus colaboradoras Pilar Torres García y Marcela Frías Mondragón—, tomó doce libros de la colección La Ciencia desde México. Libros en los que se enfocan todos los ángulos de la investigación oceánica, con referencia especial a los aspectos biológicos y muy particularmente a la pesca.

El presente tomo, penúltimo de *El océano y sus recursos*, estudia la acuicultura, que se define como "una biotécnica cuyos métodos y técnicas abarcan el manejo y control total o parcial de los cuerpos de agua y de sus recursos bióticos, con el objeto de lograr un aprovechamiento socioeconómico o bien por interés de tipo biológico". Parece una ciencia nueva, pero las noticias que tenemos de la acuicultura datan del año 2000 a. C., en que los japoneses cultivaban ostras en la zona intermareal de sus zonas costeras. Por otra parte, Fan-Li, estudioso chino, apuntaba hacia 475 a. C.: "Dadme dos peces y llenaré cualquier estanque."

En nuestro tiempo, como se afirma en este libro, la acuicultura no sólo ha alcanzado un nivel de gran complejidad, sino que se ha revelado como una de las soluciones al problema del hambre que aflige a la humanidad, mediante el uso de una zootécnica racional, altamente tecnificada y de aplicación en gran escala.

Juan Luis Cifuentes Lemus, catedrático universitario, director de la Facultad de Ciencias de la UNAM (1973-1977), y sus dos discípulas y colaboradoras María del Pilar Torres-García y Marcela Frías Mondragón se abocaron a la gran tarea de presentar al lector una obra panorámica, en doce volúmenes, en que los tres autores abordan los temas de las investigaciones oceánicas de mayor interés y actualidad.

