

TRABAJOS ZOOLOGICOS

N.º 5
DIC. 87

TRAZOS

CONFERENCIAS SOBRE ACUICULTURA



Laboratorio de Zoología
Facultad de Ciencias
Universidad de las Islas Baleares
07071 Palma de Mallorca (Spain)

Revista TRAZOS

Editada por: Laboratorio de Zoología
Facultad de Ciencias
Universidad de las Islas Baleares
07071 - Palma de Mallorca (Spain)
Teléfono 971/207111, ext. 313

Dirección: Dr. Luis Gállego (Zoología)

Consejo de Redacción:

Dra. Ana Alemany (Zoología)
Dr. Rafael Alvarado (Zoología)
Dra. M^a. Carmen Alvarez (Genética)
Dra. Carmen Bach (Zoología)
Dr. Ismael Camacho (Zoología)
Dr. José Fernandez (Genética)
Dra. M^a Carmen Escala (Zoología)
Dr. Enrique Gadea (Zoología)
Dra. Isabel Moreno (Biología Marina)
Dr. Miguel Morey (Ecología)
Dr. Jacinto Nadal (Zoología)
Dr. Francisco Novoa (Zoología)
Dra. Elvira Ocete (Zoología)
Dr. Eduardo Petitpierre (Genética)
Dr. Ruben Rial (Fisiología Animal)
Dr. Celso Rodriguez - Babio (Zoología)

La correspondencia relacionanda con artículos para publicar debe dirigirse a la Dirección de la revista. Para solicitar números atrasados o cualquier otra publicación del Laboratorio de Zoología o de la U.I.B. deben dirigirse a cualquiera de las siguientes direcciones:

C.I.D.A.
Patronato Obrero, 30
07006 - Palma de Mallorca

Distribuciones de Enlace, S.A.
Bruc, 49
08009 - BARCELONA

ISSN: 0213 - 098X

CONFERENCIAS SOBRE ACUICULTURA



Laboratorio de Zoología
Facultad de Ciencias
Universidad de las Islas Baleares
07071 Palma de Mallorca (Spain)



UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS



5102860508

CONFERÈNCIES SOBRE ACULTURA

ISSN: 0213 - 098X

Impreso en España - Printed in Spain
Imprès a Balears per Antiga Impremta Soler,
Carrer de Sant Francesc, 2 - Tel. 971-71 44 31
07001 Palma de Mallorca

INDICE

| | |
|--|----|
| Iniciación a la acuicultura | 9 |
| Isabel Moreno (Profesora Titular de la U.I.B.) | |
| El cultivo de los moluscos | 27 |
| Antonio Figueras (Profesor de Investigación del C.S.I.C. en el I.I.P. de Vigo) | |
| Cultivo de crustaceos: el langostino | 53 |
| José M ^a . San Feliú (Colaborador Científico, del C.S.I.C. en el I. de Acuicultura de Torre de la Sal, Castellón) | |
| Aspectos biotecnológicos generales del cultivo de peces marinos de interés comercial | 79 |
| Alberto M. Arias (Colaborador Científico del C.S.I.C. en el I.I.P. de Cádiz) | |

BIBLIOGRAFIA

Hay muchos libros y revistas que tratan de Acuicultura Marina, a continuación se dan unos cuantos títulos modo de orientación de obras en castellano.

ARNAL, J. I. 1982. Posibilidad de la Acuicultura en el litoral Español. Rumasa. Madrid.

COLL MORALES, J. 1983. Acuicultura marina animal. Ed. Mundo-Prensa. Madrid.

IVERSEN. S. 1981. Cultivos Marinos: Peces, Moluscos, Crustáceos. Ed. Acribia. Zaragoza

MARQUES, A; MAS, B; PALLA, O y TIANA, J.A. 1982. Piscicultura marina. Fundación Instituto Nacional de Industria

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. 1984. Ley 23/84, de 2 de Junio de Cultivos Marinos.

VERA KIRCHNER, J. 1983. La Cartilla del Marcultor. Secretaría General de Pesca Marítima.

WALNE. P.R. 1980. Cultivo de Moluscos Bivalvos. Ed. Acribia. Zaragoza.

La serie de INFORMES TECNICOS DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PESQUERAS del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y algunos números del BOLETIN DEL INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFIA tratan muchos temas relacionados con cultivos acuáticos.

PRESENTACION:

En marzo de 1985 se realizó en la Universidad de las Islas Baleares un ciclo de conferencias sobre acuicultura. Uno de los objetivos era que sirviera de catalizador para potenciar una línea de investigación interdepartamental. La organización y coordinación de las conferencias corrió a cargo del Departamento de Zoología de aquellos tiempos, con el apoyo de los Departamentos de Microbiología, Fisiología Animal, Botánica, Bioquímica y Biología Marina. Hoy, debido a los cambios de la Universidad Española estamos todos en el mismo Departamento y existen ya varios proyectos en los que intervienen profesores e investigadores de varios de aquellos antiguos Departamentos. Lentamente se va logrando esa integración de la que se esperan abundantes frutos, lo que es de particular interés en una Universidad pequeña como la nuestra, que es la que nos atañe y preocupa de modo directo.

La coordinación del ciclo de conferencias fué fácil gracias a la total colaboración que encontramos en todos los investigadores invitados y que desde aquí agradezco. También fué importante la colaboración que prestaron los doctores Ana Alemany y Mateo Bosch, miembros del Departamento, cuya ayuda deseo agradecer desde estas líneas.

La publicación estaba previsto que se realizara hace tiempo y así se tenían preparados los originales pero los imponderables nunca previstos, estuvieron a punto de dar al traste con la publicación. De hecho los originales pasaron largo tiempo archivados con el grave riesgo de caer en el olvido más absoluto. En este punto, el decisivo interés que mostró Toni Sastre, uno de los alumnos asistentes, ha sido el determinante para que no fuera definitivamente olvidado el proyecto. Así pues, él es el responsable en última instancia de que hoy vean la luz, gracias.

Palma de Mallorca, diciembre de 1987

Luis Gállego

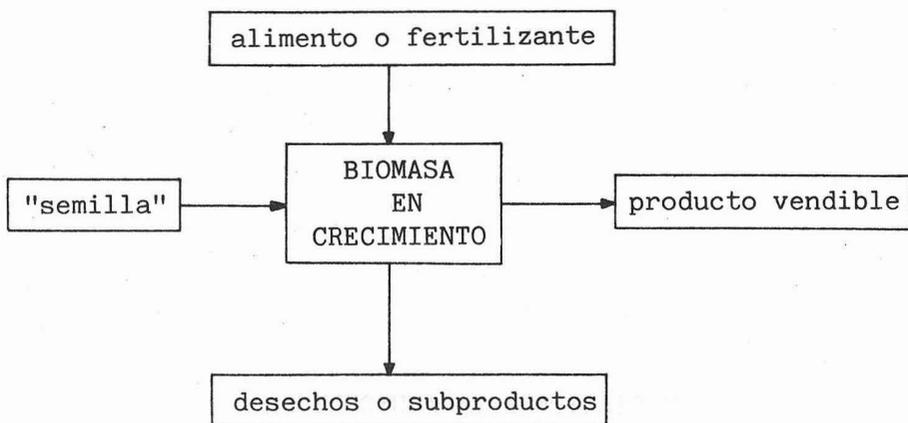
INICIACION A LA ACUICULTURA

Isabel Moreno Castillo

Esta charla intenta ser una portada al ciclo sobre Acuicultura marina que va a tener lugar estos días, y como tal, quiero esbozar un poco el tema en los distintos aspectos que abarca, con el objeto de que las demás charlas, más especializadas, puedan integrarse en el contexto de toda la problemática planteada sobre el cultivo de organismos marinos.

Parece lógico comenzar pues el ciclo preguntándonos ¿Qué es la ACUICULTURA?. De todas las definiciones dadas por los diferentes autores, creo que la más clara y sencilla es la de REAY (1979) que dice que desde el punto de vista biológico la acuicultura se puede considerar como "el intento del hombre de mejorar la producción de organismos acuáticos útiles, mediante trabajo y consumo de energía, interfiriendo deliberadamente en su tasa de crecimiento, mortalidad y reproducción."

Naturalmente la Acuicultura será tanto más rentable cuanto menor sea el trabajo y la energía gastada y mayor la biomasa producida. Siguiendo a este autor la acuicultura puede esquematizarse como sigue.



En este sentido entendemos por semilla los organismos originarios, de los cuales parte el cultivo, sean huevos, larvas o jóvenes.

La acuicultura es pues el equivalente acuático de la agricultura y lógicamente comparte con ella muchos de sus principios y sus problemas, aunque presenta problemas propios derivados de las peculiaridades del medio acuático, y que por ser el hombre un animal aéreo dificulta y complica todas las actividades relativas al agua.

El hombre tiene una larga historia de cultivador, con objeto de procurarse alimento y placer estético y más tarde se añadieron otros beneficios como trabajo, materias primas, compañía, etc. Las primeras plantas terrestres fueron cultivadas ya en una época anterior al Neandertal y los primeros animales lo fueron hace más de 100.000 años cuando el hombre empezó a domesticar el perro. La cría de vacas y ovejas, que probablemente comenzó en el lejano oriente, en Europa se hizo importante en la Edad de Piedra. Los caballos se comenzaron a criar alrededor del año 3.000 A.C., las gallinas en

el 1.500 y los gatos en el 1.000 A.C. Hace 4.000 años parece que los chinos ya cultivaban peces de agua dulce, especialmente carpas, aunque el primer tratado sobre el tema no apareció hasta el 475 A.C.

Los griegos y los romanos también llevaban a cabo ciertas prácticas de este tipo e incluso se habla de que mantuvieron parques de ostras y durante la Edad Media en muchas zonas de Europa se cultivaban peces de agua dulce en estanques para ser consumidos cuando el alimento de otro tipo escaseaba, desarrollándose cierta tecnología de puesta, eclosión y engorde.

De todos modos, durante este tiempo, la cría de animales acuáticos estaba considerada más como arte que como ciencia y quizás por la razón antes apuntada de ser el hombre un animal aéreo la agricultura y ganadería terrestres recibieron mucha más atención.

Durante el siglo XIX las pesquerías marinas se desarrollaron mucho y los métodos de conservación se mejoraron notablemente, así como la fiabilidad y rapidez del transporte, el pescado fresco pudo llegar a muchas zonas de tierra adentro y con ellos las prácticas de cría de peces de agua dulce en estanques fue abandonada.

El cultivo de moluscos, crustáceos, esponjas y algas apareció algo más tarde y parece ser que lo hizo también en el Oriente. Hace 300 años ya se cultivaban ostras en el Japón y mejillones en Francia.

A comienzos de este siglo aparece el problema del descenso del rendimiento de pesquerías, tradicionalmente de alta rentabilidad y todos los problemas derivados de la sobrepesca. Especialmente después de la Segunda Guerra Mundial se comenzó de nuevo a dar importancia a la cría de organismos acuáticos en Europa y se empezó a poner en marcha verdaderas "granjas marinas" que pudieran ser manejadas como las terrestres, en las que se mantienen animales y vegetales en condiciones controladas para aumentar su cantidad, disminuir su estacionalidad y reducir los costos de la "búsqueda y captura" de la pesca convencional.

Hoy, a pesar de ser una ciencia en expansión en todos los países más o menos desarrollados, muchos fines de la

Acuicultura son un deseo más que una realidad.

De todas las especies acuáticas, sólo un 2% han sido cultivadas y en 1975, según estadísticas de la FAO, sólo un 10% de los productos acuáticos comercializados procedían de cultivo en mayor o menor grado. En contraste con la agricultura se han logrado criar más especies animales que vegetales y los animales son de los grupos taxonómicos más diversos, peces, esponjas, crustáceos, etc. Curiosamente, a pesar de que algunas han sido criadas, como hemos visto, desde hace mucho tiempo, no se puede hablar de una "domesticidad" como en los animales terrestres.

Dentro de la Acuicultura hay dos aspectos bien delimitados, pero que en la práctica se solapan que son:

1. ACUICULTURA CIENTIFICA considerada como la cría de organismos acuáticos con fines de investigación.

2. ACUICULTURA COMERCIAL enfocada a la producción de alimentos, materias primas y satisfacción estética para el hombre. El progreso de la segunda depende de la primera y lógicamente se solapan. Ambos tipos se basan en la biología de la especie y en sus requerimientos ecológicos, pero persiguen fines distintos.

La ACUICULTURA CIENTIFICA tiene como objetivos:

- a.- Aumentar el conocimiento básico de los sistemas vivientes, por ejemplo verificar la respuesta de un organismo a las variaciones ambientales, análisis de la dinámica intra o interespecífica, investigar el ciclo vital, taxonomía y evolución.
- b.- Determinar las necesidades nutricionales.
- c.- Ensayar la cría de organismos para el uso en el laboratorio de genética, bioquímica, etc.
- d.- Producir alimento para organismos cultivados.
- e.- Establecer las necesidades ambientales de poblaciones mono y poliespecíficas.

Los objetivos de la ACUICULTURA COMERCIAL son:

- a.- Producir beneficios.
- b.- Desarrollar técnicas que minimicen los costos de energía, equipamiento, inmuebles y personal para la producción de alimento, materias primas y satisfacción estética.

- c.- Modificar el ambiente y el patrimonio genético de los organismos para acelerar el crecimiento, dar mejor sabor, aumentar la tolerancia al stress, etc.
- d.- Buscar alternativa a la recogida de alimento en el mar.
- e.- Aumentar y manejar los recursos necesarios para una población que amenaza con sobrepescar los recursos naturales.

Ambos tipos de actividades se diferencian también en las dimensiones en las que se trabaja y a menudo se usan técnicas muy diferentes, pero el desarrollo de la una estimula el de la otra.

Puesto que el cultivo implica retirar y aislar subsistemas de los complejos sistemas naturales deben tenerse en cuenta todas las limitaciones que esto acarrea. Es de sobra conocido que los componentes aislados no se comportan de la misma manera que cuando están integrados en el sistema completo. En el cultivo el ambiente y la nutrición son diferentes de los de su hábitat natural, por eso se debe ser muy prudente en la interpretación de los resultados. Lo que realmente proporciona este tipo de estudios es una información sobre el potencial fisiológico del sistema viviente en cuestión, y para que tenga algún sentido, se deberá definir qué parte de ese potencial es de hecho usado en condiciones naturales.

Estas consideraciones, claro está, no tienen nada que ver con la acuicultura comercial, que modifica el ambiente, las necesidades nutricionales y la constitución genética, siempre que produzca alimento de mejor sabor o materias primas más adecuadas con menor costo. El éxito de la acuicultura comercial se basa en los conocimientos ecológicos, pero se mide por los beneficios que reporta.

Una vez esbozada la contestación a la pregunta ¿Qué es la Acuicultura? quisiera dar respuesta a otra pregunta que se plantea ¿Por qué la acuicultura?. Para evitar apasionamientos subjetivos creo que lo mejor es echar mano de datos concretos: se considera que somos un poco menos de 5.000 millones de habitantes sobre el planeta y que para fin de este siglo seremos casi mil millones más, de los que unas dos terceras partes pertenezcan a zonas económicamente

deprimidas, por lo tanto mal alimentadas. No se prevee un aumento paralelo de las cosechas de origen terrestre. Según las estadísticas de la FAO en el año 1980 se comercializaron 72.190.800 toneladas métricas de productos marinos, que en los últimos años los valores absolutos de las capturas aumentan algo pero el esfuerzo pesquero aumenta exponencialmente. Ya muchos países han esquilado sus pesquerías cercanas a la costa y no se prevee una recuperación rápida. En cuanto a nuestro país, hacemos el número 18 en el ranking mundial de capturas con 1.240.000 toneladas métricas de capturas en 1980 y desde entonces aumentan nuestros problemas pesqueros. Todas estas cifras demuestran el nivel de sobrepesca a que está sometido el mar sin posibilidad de recuperación.

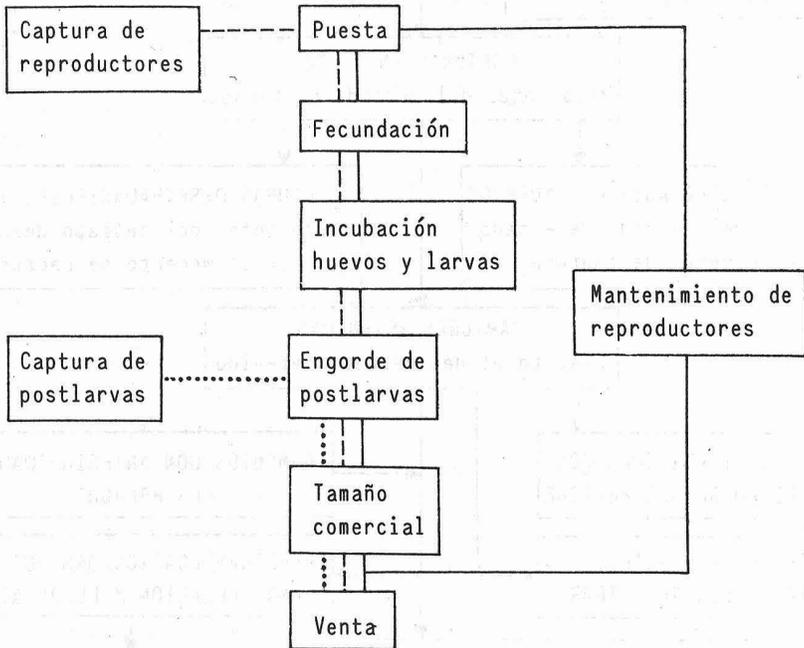
En este sentido hay que tener en cuenta que estas cifras corresponden a los desembarcos o la comercialización porque según el siguiente esquema (Fig. 1), también de la FAO, las capturas verdaderas darían lugar a unas cifras muchísimo mayores. Como ejemplo del estado verdaderamente preocupante de las pesquerías se puede ver el estado de las pesquerías de los peces demersales y pelágicos, de los atunes y cefalópodos, de los crustáceos y de las ballenas.

En el apartado de los modos o métodos para llevar a cabo el cultivo hay una gran variedad. La elección de un tipo u otro depende de los objetivos principales del cultivo, la zona donde se va a instalar, las especies a cultivar, las costumbres del lugar y el criterio con que se lleva a cabo el cultivo.

Haré una rápida revisión de los tipos según los distintos criterios, por ejemplo: según el número de especies que se cultiva será Monocultivo o Policultivo. Dentro del Policultivo las especies pueden estar simplemente compartiendo el espacio físico, pero sin ninguna relación entre ellas por lo que será un policultivo no integrado o por el contrario las especies pueden tener alguna relación trófica o de otro tipo y se habla de un cultivo integrado.

En cuanto a las fases del ciclo biológico que se cultiva, si se capturan larvas o jóvenes y se mantienen estabulados, proporcionándole alimento o agua de donde los

puedan extraer hasta que alcancen la talla comercial, es un cultivo de ciclo incompleto y solo se está llevando a cabo un cultivo de engorde. Si se capturan adultos reproductores y en cautividad tiene lugar la puesta, la fecundación, la incubación, la eclosión, y el desarrollo de las larvas y postlarvas, además del engorde, es un cultivo de ciclo completo abierto (Fig. 2). Si los reproductores también proceden del propio cultivo se hablará de cultivo en circuito



.....Cultivo de ciclo incompleto
 -----Cultivo de ciclo completo abierto
 —————Cultivo de ciclo completo cerrado

Figura 2: fases del ciclo biológico de las especies que se desarrollan en cautividad

cerrado. La etapa del cultivo correspondiente al desarrollo y eclosión del huevo y del desarrollo de las larvas se llama "hatchery" de la palabra inglesa eclosionar y el cultivo de las postlarvas hasta alcanzar el estado de madurez se denomina "nursery", también de la palabra inglesa, del "sitio donde están los niños" o "cuarto de jugar" (Fig. 3).

BIOLOGIA

CULTIVO

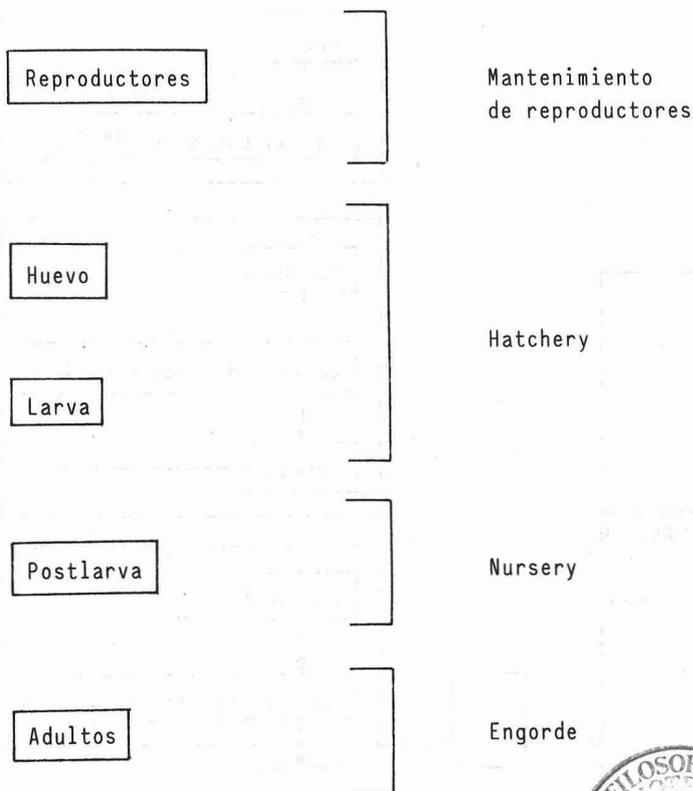


Figura 3: Etapas del desarrollo de una especie



Según si se les proporciona alimento a los organismos estabulados, también se consideran diferentes tipos: En muchos casos no se proporciona alimento directamente sino que los organismos lo retiran del agua ambiente como en estado natural, por ello se habla de una alimentación natural. Otras veces, se añaden al agua donde están los organismos, algún tipo de sustancia, que permite una mayor abundancia de alimento en el agua, esto se llama alimentación suplementada. En otro tipo de cultivos se les proporciona a los organismos todo el alimento, bien en su forma

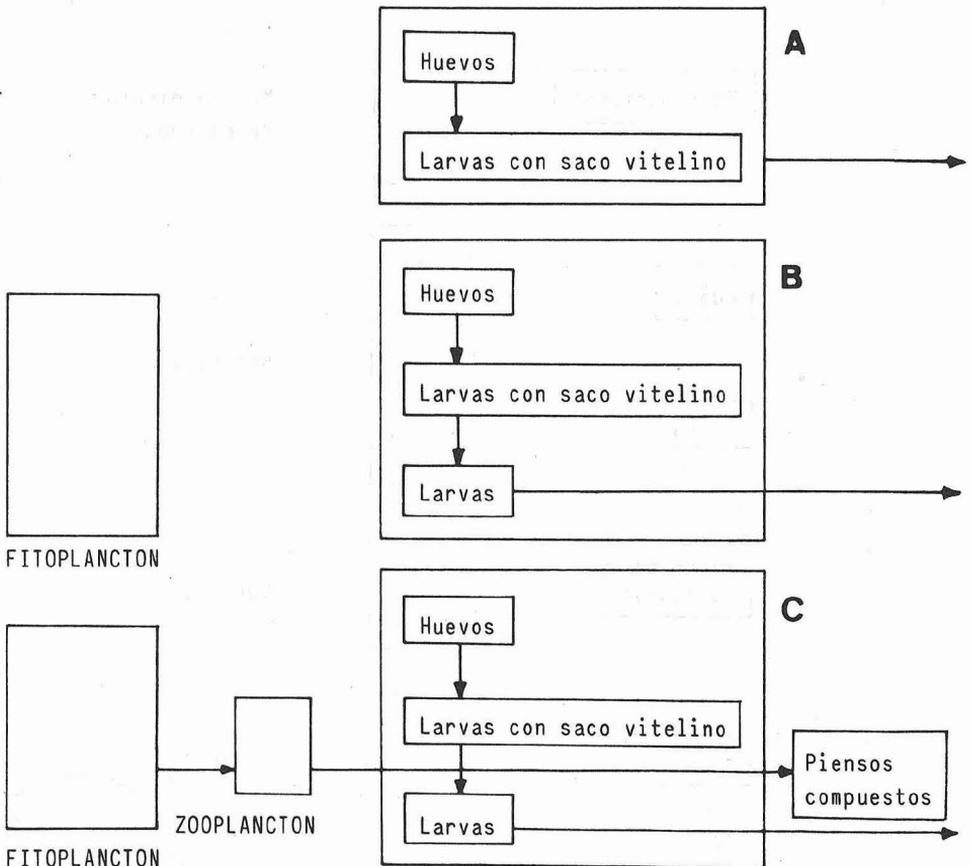


Figura 4: Tipos de alimentación en una Hatchery

natural o en forma de preparados. En la figura 4 hay un esquema de los tres tipos de alimentación en una "hatchery".

En el caso A no se da alimento, en el B se proporciona fitoplancton, generalmente también criado en cautividad y en el C por tratarse de especies carnívoras se proporciona zooplancton y / o piensos compuestos. El zooplancton, en general también es criado en las instalaciones, alimentado a su vez por el fitoplancton.

En cuanto a la separación física de las distintas fases biológicas: reproducción, desarrollo, crecimiento, etc, en los cultivos seminaturales, que son los más sencillos, todas las distintas fases están juntas de modo que se interfiere poco en su dinámica. Esto hace que las instalaciones sean mucho más sencillas y el manejo mucho menor, naturalmente da una producción menor y un rendimiento mucho más difícil de predecir por estar la población sujeta a muchos factores imponderables. Realmente se trata de tener los organismos más cerca y fáciles de obtener más que de una verdadera cría. En el semicultivo se engordan las larvas recogidas en la naturaleza y se mantienen separadas. El más complicado y que proporciona rendimientos más elevados es el cultivo integral, en que se cierra el ciclo manteniendo las distintas fases separadas, evitando así interferencias entre ellos, como competencia por el alimento o incluso que los adultos se coman a los huevos, a las larvas y a los jóvenes (Fig. 5).

Con respecto al agua, que además de actuar como soporte del cultivo, aporta oxígeno disuelto y sustancias orgánicas disueltas o particuladas y permite la eliminación de las sustancias de desecho, hay cultivos con muy poca renovación de agua y otros con una renovación continua, bien abierta, o cerrada con un tratamiento de las aguas para volver a ser usadas.

En general y de modo paralelo a la agricultura y ganadería, se puede hablar de dos grandes tendencias: la acuicultura INTENSIVA y la EXTENSIVA.

La extensiva puede ser mono o policultivo, es de ciclo biológico incompleto, con poca renovación de agua, de alimentación natural y con una densidad de población baja.

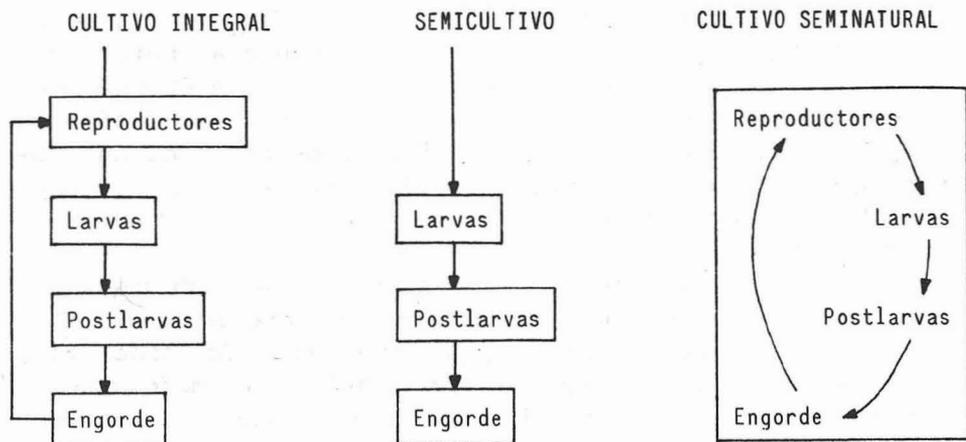


Figura 5: Tipos de cultivo.

En general los costos de la instalación y de atención al cultivo son reducidos. Por el contrario, los intensivos son cultivo del tipo de monocultivo, con ciclo biológico más o menos completo, con una renovación continua de agua, se proporciona alimento, por lo que generalmente las instalaciones incluyen la cría de especies alimento.

La densidad de organismos es elevada y la instalación y el manejo son más sofisticados que en el caso anterior, por lo tanto el coste inicial es mucho más elevado.

Otro aspecto interesante es la relación de las poblaciones cultivadas con las poblaciones naturales. Puede no haber ninguna, como en los caso en que los huevos, larvas, jóvenes o reproductores se traigan de otras zonas o puede haber cierta relación. Esta relación, lógicamente es en el sentido de un aporte al cultivo de individuos procedentes de las poblaciones naturales. Bien porque se recojan semillas directamente, mediante métodos tradicionales o especializados, mediante redes, salabres, etc, bien porque se dispongan sustratos adecuados o zonas con las condiciones idóneas para que los individuos se instalen allí. Este es el caso de las bateas de mejillones y de algunos bancos de ostras, que sim-

plemente se disponen sustratos adecuados, maromas sumergidas para los mejillones, donde se fijarán las larvas de las aguas circundantes. También hay, aunque lógicamente a menor escala, aporte de individuos procedentes del cultivo a las poblaciones naturales. Normalmente en los alrededores de las instalaciones se observa un aumento de la población natural de las especies que se cultivan o de especies próximas, debido a un enriquecimiento del medio en alimento apropiado, una mayor proporción de larva, etc.

En cuanto al soporte físico de los organismos también hay una gran variedad. Se habla de instalaciones costeras y de alta mar, pero por motivos obvios la mayoría de las instalaciones son costeras o incluso terrestres o mixtas. Las instalaciones de alta mar son muy escasas y costosas, aún están casi en la etapa de "ciencia ficción". En cuanto a los cultivos costeros, (Fig. 6) están los de tierra que constan

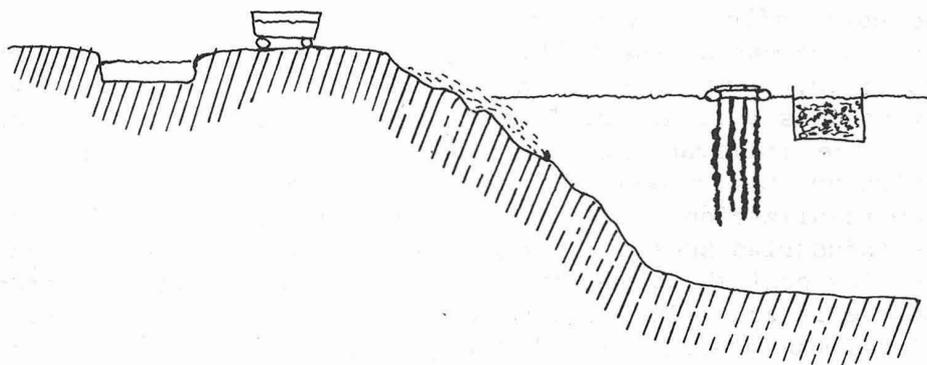


Figura 6: Tipos de cultivo según el lugar de instalación

de estanque de tierra más o menos impermeable o impermeabilizada de muchas maneras, o tanques. Tanto en los estanques como en los tanques, se bombea el agua a su través. Otro tipo de instalaciones son las que están situadas en la zona intermareal, que permiten hacer las faenas propias del cultivo a pie, durante la bajamar, y no hay necesidad de contar con instalaciones costosas ni bombas de agua. También se aprovechan zonas que no tienen amplitud de mareas tan grande, pero que son aguas someras lo que permite hacer las labores desde pequeñas embarcaciones o simplemente balsas.

Finalmente están las instalaciones flotantes o fondeadas en el mar. Las primeras son más manejables y son como las bateas de mejillones antes nombradas o las jaulas flotantes para necton. Las jaulas fondeadas requieren una estructura un poco más compleja y unos mecanismos que permitan subir y bajarlas para poder realizar las labores necesarias.

Otro apartado de esta charla de iniciación es ¿Dónde se puede cultivar y cuales son los criterios que deben prevalecer a la hora de buscar una ubicación a unas instalaciones de cultivo?. Como casi todos los apartados de los cultivos marinos este es un tema bastante complejo, porque no están sólo los criterios biológicos, de dónde y de qué manera se van a desarrollar mejor las especies que queremos cultivar, sino que están las consideraciones, técnicas, económicas y sociales. Puesto que en la acuicultura comercial se cultivan especies para ser vendidas, es preciso estudiar las disponibilidades del mercado, las vías de comercialización, el transporte del producto, la presencia de industrias subsidiarias y de transformación y por supuesto, las costumbres alimentarias y los gustos de los habitantes de la zona. En los aspectos sociales es preciso contemplar la posibilidad de absorber trabajadores en paro o que provengan de sectores más deprimidos, y el uso que se hace de las costas.

Con arreglo a los criterios biológicos hay que buscar una zona con unas condiciones locales de temperatura, salinidad, sustancias orgánicas disueltas y en suspensión, luz, tipo de fondo, etc, adecuadas para la especie o especies que

se quieran cultivar y para el tipo de instalaciones que se quieren poner en marcha. Dadas las propiedades de disolvente universal y de continuidad del mar es menester tener en cuenta también el régimen de viento y el de los movimientos de las aguas de la zona y tener en cuenta que pueden afectar a la zona causas de otras bastante lejanas. Así, hay que estudiar la presencia de enclaves industriales, agropecuarios, urbanos, portuarios, deportivos y de toda índole, que puedan afectar, aunque sea esporádicamente, al agua. Habrá que estudiar, no sólo el nivel de contaminación real y potencial global, sino los niveles de los distintos tipos de contaminantes de cualquier origen y el afluente que los aporta.

En cuanto al uso de las costas y las aguas costeras es importante considerar las instalaciones de cultivo dentro de un contexto de un plan general de ordenación, con objeto de que, en una zona costera determinada no, se produzcan incompatibilidades o solapamientos por estar la zona destinada a demasiados usos.

Clásicamente se consideran siete usos para las zonas costeras que son:

NAVEGACION Y COMUNICACIONES
RECURSOS BIOLOGICOS
RECURSOS MINERALES Y ENERGETICOS
ESTRATEGIA Y DEFENSA
ELIMINACION DE DESECHOS Y CONTAMINACION
INVESTIGACION
RECREEO

y recientemente se ha incorporado el de MANEJO con su aspecto de CONSERVACION.

Indudablemente el uso de los recurso biológicos es incompatible con la eliminación de desechos y con la extracción de recursos minerales e incluso con algunos aspectos del recreo. La acuicultura puede también resultar incompatible con la pesca, sobre todo con el uso de ciertas artes.

Sin embargo los cultivos pueden ser muy beneficiados por otro tipo de pesca, y por supuesto será muy beneficiada por los usos de investigación y los de conservación del

ambiente natural. A su vez, las instalaciones de Acuicultura pueden resultar perjudiciales para otro tipo de pesca o extracción. Hay que tener en cuenta que el propio cultivo produce gran cantidad de sustancia orgánica, y que si no es reciclada, como se tiende a hacer ahora, puede llevar a una eutrofización de la zona.

En el aspecto de ¿Cómo, dónde y qué especie se debe cultivar? se pone de manifiesto una vez más, la importancia de los conocimientos básicos. Cuanto más se sepa sobre la biología de las especies, sus necesidades alimentarias, su fisiología, su desarrollo, etc, y sobre el ecosistema marino y su funcionamiento, mejor se podrán llevar a cabo los cultivos y con mayor probabilidad de éxito.

Por todo lo que llevamos dicho, se comprende que la especie o especies a cultivar están en función de los conocimientos que se tengan sobre ella, el lugar disponible, las especies autóctonas de la zona, su adaptabilidad a la cautividad y del tipo de cultivo que se piensa llevar a cabo, además de las consideraciones económicas y sociales antes apuntadas.

Finalmente, quiero hacer unas consideraciones sobre las declaraciones de la IUCN, FAO, UNESCO PNUMA, y WWF que en distintas ocasiones, reuniones, conferencias, asambleas y similares han expuesto y que recientemente han sido compendiadas en la "ESTRATEGIA MUNDIAL PARA LA CONSERVACION: La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido" que en el capítulo dedicado a las cuencas hidrográficas y mares internacionales aconsejan de modo muy especial a los gobiernos y entidades, que promuevan cultivos marinos y den facilidades administrativas e incluso económicas a particulares y colectivos que quieran hacerlo. Les insta para que promuevan la investigación en este campo y den facilidades para la formación de técnicos capaces. Desarrollando los cultivos se pueden llevar a cabo otras acciones, como es el evitar la sobrepesca, la pesca con ciertas artes, en ciertas zonas y de ciertas especies, favoreciendo así el equilibrio de la naturaleza, sin disminuir el alimento de origen marino a disposición de la población.

Este tema aún tiene más trascendencia en los recursos

compartidos por varios países, que con demasiada frecuencia provocan conflictos internacionales.

La acuicultura marina reúne, por tanto, las ventajas de producir abundante alimento reduciendo el esfuerzo pesquero, el costo y la pérdida de vidas humanas, que la pesca convencional se cobra, sin producir los desajustes que toda "reconversión" supone. En este caso no se afecta, o se hace muy poco a las industrias subsidiarias, ni a las de transformación y se aprovechan los mismos canales de comercialización y transporte que los de la extracción. También la Acuicultura puede incorporar, sin demasiado trauma social, a trabajadores del sector pesquero. No es que se aconseje una sustitución total de la extracción por el cultivo, con la desaparición de la pesca convencional, sino que al depender la producción del alimento de origen marino no sólo de la extracción, ésta se puede hacer de un modo mucho más racional. Así, el rendimiento de la pesca se puede mantener en el óptimo sostenible sin los efectos deletéreos que actualmente produce y que van en detrimento de la propia pesca.

Con estas recomendaciones de organismos internacionales tan prestigiosos y libres de toda sospecha de subjetividad, quiero hacer hincapié en la necesidad, o mejor dicho en la verdadera urgencia de afrontar este tema con seriedad, desde todos los niveles, y con ello terminar esta charla introductoria.

EL CULTIVO DE MOLUSCOS

Antonio Figueras

1. CULTIVOS

1.1. Definición de cultivo.

Los principios básicos y ventajas de un cultivo marino los expone Iversen (1968), diciendo que es un "medio de promover o mejorar el crecimiento y por tanto la producción con fines comerciales, protegiendo, nutriendo y criando seres vivos en zonas determinadas".

Todo cultivo comporta por tanto el disponer de una zona propia o concedida para tal fin sobre la que los cultivadores tienen derechos en exclusiva. En dicha zona se da la presencia espontánea o la fijación de huevos o larvas, los cuales mediante la colocación de colectores y otros medios, pueden llegar a ser semilla a la cual, o bien se le suministra alimento o se la traslada a lugares donde lo haya en abundancia para que el crecimiento sea más rápido. Al mismo tiempo, se puede regular la tasa de alimentación variando la densidad de individuos de acuerdo con la disponibilidad de alimento.

Donde sea necesario y factible, se protegen de los enemigos; al llegar a una talla o edad determinada se cosecha la producción, lo cual redundará en una estabilidad tanto de la producción como del precio, debido a la regularidad de las cosechas.

La fase más difícil y más costosa es la cría de larvas y también la que está más expuesta a las mermas producidas por los depredadores, la mortalidad natural de los cultivos, etc.

1.2. Clasificación de los cultivos

Kinne (1970) clasifica los cultivos en cuatro grados:

- 1.- Mantenimiento: simple estabulación o depósito sin crecimiento apreciable con fines científicos o comerciales ("maintenance").
- 2.- Engorde: mantenimiento con aumento de peso de jóvenes y adultos ("raising").
- 3.- Desarrollo: a partir de los primeros estadios ontogénicos (huevos fecundados, larvas) ("rearing").
- 4.- Cría que comprende el cultivo integral desde la producción de larvas, el desarrollo de juveniles y el engorde de adultos ("breeding").

Como se ve el cultivo es la resultante de tres estadios vitales del ser que se cultiva, los cuales se pueden hacer en conjunto o por separado, siempre que se parta de los anteriores; estos son: a) producción de huevos fecundados o larvas, b) desarrollo de éstos hasta juveniles; c) crecimiento o engorde de éstos hasta la talla comercial.

Por tanto la clasificación puede simplificarse, basándose en estos tres estadios:

- Cultivo integral si comprende los tres (huevos-larvas, juveniles, adultos).
- Semicultivo, si comprende sólo uno o dos.
- Depósito, mantenimiento o estabulación si comprende sólo el último (crecimiento o engorde).

Esta clasificación que podría parecer de tipo convencional y con aplicaciones un tanto académicas, tiene repercusiones de índole práctica como veremos en el ejemplo que

ponemos a continuación:

Drinkwaard (1976) relata un hecho muy aleccionador acerca de las relaciones entre los diversos sectores implicados en la ostricultura. Cuando en Holanda, siguiendo el Plan Delta, se trató de cerrar del todo las bocas del Escalda oriental, donde el cultivo del mejillón y de la ostra eran muy importantes, el Gobierno ofreció las indemnizaciones correspondientes a los cultivadores.

Por aquel entonces, el sector cultivador de la ostra en Holanda estaba organizado en tres subsectores: uno se dedicaba únicamente a la captación de semilla de ostra mediante la instalación de colectores; otro grupo de cultivadores se dedicaba a comprar esta semilla y engordarla en parques de concesión estatal; finalmente había el subsector que se encargaba de afinarla y de su comercialización.

Los primeros que aceptaron la indemnización del Gobierno fueron los productores de semilla, seguidos de los encargados de engordarla, y con el importe, la mayoría se transformaron en granjeros de patos o cultivadores de champiñones.

Como quiera que más tarde, con el fin de que el Delta continuara siendo de agua salada, se acordó no cerrar del todo las bocas sino dejarlas con esclusas gigantes que sólo se cerrarían en caso de fuertes temporales, las firmas comercializadoras se hicieron cargo de las concesiones y están desarrollando el proceso completo desde la producción de semilla, pasando por el engorde hasta la comercialización. Anteriormente por más esfuerzos que se habían hecho para integrarlos a todos en una explotación conjunta del recurso ostrícola no se había logrado.

El cultivo casi está resuelto cuando se dispone de semilla

1.3. Cultivo de moluscos

Concretándonos a los moluscos distinguiremos en su cultivo los siguientes apartados: moluscos terrestres o marinos; sometidos a cultivo intensivo o extensivo.

El cultivo de los moluscos terrestres empieza a tener

importancia, sobre todo la helicultura, pero la gran mayoría de los moluscos cultivados son marinos y la mayoría bivalvos, si bien el cultivo de algún gasterópodo como Haliotis empieza a tener relevancia.

La distinción entre cultivo intensivo y extensivo está en la cantidad de energía supletoria (alimento, bombeo, etc) que el hombre aplica a la crianza de dichos animales; aunque el calificativo recuerde más la amplitud de las instalaciones que se requieren para su ejercicio. como todas las clasificaciones son convencionales y no definitivas, ya que cualquier cultivo intensivo necesita de una fase de engorde en régimen extensivo.

Siguiendo este orden daremos una idea de helicultura (como ejemplo de cultivo terrestre) continuando con la ostricultura y mitilicultura (cultivos marinos en régimen intensivo y extensivo respectivamente).

1.4. Principios generales

Antes, trataremos de establecer algunos principios generales.

Por definición todo cultivo debe basarse tanto en el conocimiento de la biología de la especie que se trata de cultivar, y sus exigencias ecológicas, como de las características del medio donde tratamos de cultivarla. Se insiste en lo de especie porque dentro de un mismo género pueden variar mucho los requerimientos de cultivo de una especie a otra porque su biología es diferente sobre todo en lo que respecta a la reproducción.

No es lo mismo una especie hermafrodita que una unisexual; una ovípara que otra larvípara (como es el caso de Ostrea edulis por ejemplo). Ni tampoco es lo mismo una de régimen alimentario sedentívoro que otra de régimen alimentario suspensívoro; una que se entierra en el sustrato que otra que viva sobre la superficie del mismo.

Hay que tratar siempre de inspirarse en la naturaleza, lo cual no quiere decir que haya que copiar con todo detalle el estado de vida natural, ya que en determinados casos se pueden mejorar dichas condiciones. Por ejemplo: el mejillón

(Mytilus) que en su estado natural vive en zonas intermareales donde queda descubierto en las mareas, puede muy bien cultivarse en cuerdas suspendidas de balsas que no descubran nunca, con lo que gana en tiempo de ingestión de alimento, engorde y rapidez de crecimiento. Ahora bien, cuídese de que estas balsas de ordinario, no tengan un movimiento de zanjeo demasiado fuerte, pues de lo contrario, el mejillón se cierra y no se alimenta. Como he dicho en otras ocasiones a colegas extranjeros que han tratado de implantar el cultivo del mejillón en sus países al ver el éxito que ha tenido en Galicia: traten de inspirarse, pero no de copiar, ya que las condiciones son distintas. En el caso que consideramos, lo que tiene que moverse es el agua (para que se renueve el alimento) pero no el mejillón que en condiciones naturales está bien dotado de un órgano de fijación (el biso) que además sigue siendo funcional a lo largo de toda su vida.

Otras especies en cambio (Cerastoderma, Pecten, Venerupis) tienen biso funcional sólo durante las primeras etapas de su vida. Este es un detalle que hay que tener en cuenta cuando se quieran cultivar; estas especies deben de disponer de colectores (granos de arena, conchilla, etc) para poder fijarse aun cuando después su género de vida les obligue a perder el biso y tener otros medios de sustentación en el substrato.

Aquí dejaremos de lado otros aspectos que escapan del dominio de la biología, aun cuando pueden tener relación entre sí, como por ejemplo: condicionamientos de tipo socio-económico, o jurídico legal etc., y nos fijaremos sólo en aquellos de índole técnica o biológica.

2. CULTIVO DE MOLUSCOS TERRESTRES

2.1. Helicicultura

La helicicultura está bastante desarrollada en Francia y parece que su interés empieza a crecer ahora también en España, sobre todo en ciertas regiones. En 1976, España exportó 40 toneladas de Helix aspersa a Francia.

Fonollá et al. (1980) han ensayado piensos, harinas de

heno de luzerna, harina de maíz o una mezcla de ambas al 50% encontrando que, la mejor es la mezcla seguida de la de maíz, dando mejor resultado con los jóvenes que con los adultos.

Segun Aubert (1980) en dicho año había en la Bretaña francesa unas 150 personas interesadas en la helicicultura, de los cuales 50 practicaban ya este cultivo, la mayoría (el 65%) eran personas de menos de 40 años que, generalmente simultanean esta actividad con la agricultura o la avicultura. El total de la superficie dedicada a la helicicultura en esta región ocupaba unos 4.200 m², de los cuales el 8% era de superficie cubierta (invernaderos).

En Besançon, hay un Centro universitario de helicicultura creado en 1978 con dos zonas de experimentación de 90 m cada una; en una se controlan con gran precisión los parámetros del ambiente que permiten el estudio fino de sus repercusiones sobre la estructura y funcionamiento del aparato reproductor de Helix. En la otra se realiza una semiproducción donde los parámetros más favorables a la reproducción y al crecimiento definidos en la primera zona, se reproducen más simplificada y por tanto con menos gasto. El fin de esta zona es la de ir delimitando los elementos del cultivo para que éste sea rentable. De este modo, este Centro es al mismo tiempo un lugar de formación eficaz de "consejeros helicultores" que va a necesitar la profesión. Las dos variedades de Helix aspersa que se cultivan son: la aspersa-aspersa y la aspersa máxima.

A grandes rasgos, una instalación de cultivo se compone de los siguientes elementos (Fig. 1):

- sala de reproducción
- lugar de eclosión de huevos y criadero de larvas de 1ª edad - criadero de 2ª edad
- parque de engorde
- sala de invernación

Chevalier (1980) concluye que el cultivo de Helix se ha de hacer lo más ajustado posible a las condiciones naturales. Hay que desterrar el cultivo en un medio constantemente saturado de humedad, ya que los caracoles tienen un poder de hidratación proporcional al contenido en agua del

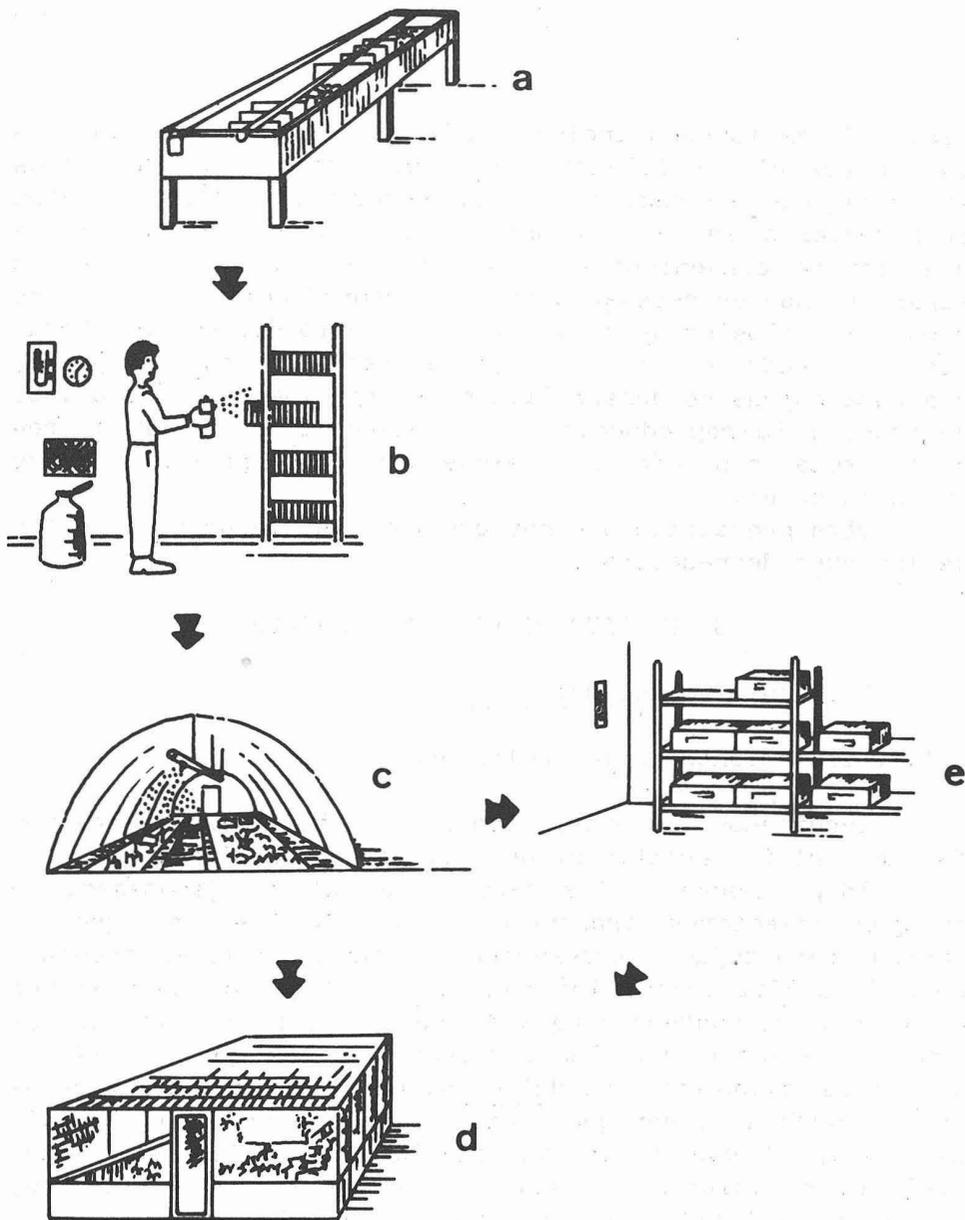


Figura 1. Instalaciones del cultivo de moluscos terrestres: a) sala de reproducción; b) lugar de eclosión de huevos y criadero de larvas de 1ª edad; c) criadero de 2ª edad; d) parque de engorde; e) sala de hibernación.

medio. No es tampoco indispensable una temperatura constante, ya que el crecimiento y la reproducción son tan buenas si no mejores en recintos de clima variable donde se vayan reproduciendo las variaciones naturales de temperatura e higrometría convenientes a la especie. Si el cultivo en lugar cerrado es necesario para la reproducción en invierno y para la eclosión de huevos y crecimiento del estado larvario de 1ª edad, en cambio parece arriesgado para el engorde, sin duda porque se desarrollan microorganismos patógenos. El engorde, y la reproducción en primavera o en verano en recintos total o parcialmente expuestos al sol presentan estos inconvenientes.

Otra precaución que hay que tomar es la de protegerlos de las aves depredadoras.

3. CULTIVO DE MOLUSCOS MARINOS

3.1. cultivo del Haliotis

3.1.1. Tratamiento de los colectores

Seguiremos la descripción que Flash y Koike (1974) nos dan del cultivo artificial de Haliotis tuberculata.

Inspirándose en los métodos de cultivo japoneses, se escogen colectores transparentes de PVC de los que se emplean para tejados transparentes, tanto de forma ondulada como de perfil greca, los cuales se colocan de antemano en estanques que contengan agua de mar no filtrada para que se adhieran a los mismos las diatomeas de las que se alimentarían las postlarvas de Haliotis. Se iluminan con luz natural o artificial, enriqueciendo el agua de mar con un medio de Conway al que se le han añadido metasilicatos (Walne, 1966) si el volumen de agua no pasa de 2 m³; y nitratos, fosfatos y metasilicatos para tanques grandes de 50 m³.

Según las condiciones de luz y temperatura, los colectores pueden considerarse preparados entre los 10 y 15 días siguientes a la inmersión.

3.1.2. Estabulación de progenitores, puesta y fecundación.

Los productos sexuales, se obtienen de abalones maduros (gonadas hinchadas, de color verde oscuro para las hembras y blanco nacarado o verde claro para los machos). Después de cepillarles bien la concha, los progenitores se instalan en bandejas de 0,48 x 0,28 x 0,08 m colocadas en los tanques de maduración de polietileno (0,58 x 0,39 x 0,26 m). Se separan los sexos a fin de evitar la polispermia en el momento de la fecundación. Los tanques están a circuito abierto con un flujo de 20 litros por hora y puede calentarse el agua rápidamente unos 4 grados más de la temperatura del agua en que se han recogido y si es necesario entre 20 y 22 grados antes de que llegue la noche.

La puesta por lo general tiene lugar el mismo día, al caer la noche y se desencadena poco después de iluminar los tanques.

De ordinario son los machos los primeros en frezar por lo que se puede inducir la puesta de la hembra, añadiendo una pequeña cantidad de esperma (800 ml de un tanque de 60 litros colonizado por los espermatozoides del macho)

La tasa de fecundación es mejor cuanto más pronto se verifica el encuentro de espermatozoides con el óvulo.

Para que la fecundación se realice en buenas condiciones conviene que sobre el fondo de la bandeja no haya más que una capa de huevos, por lo cual el sobrante se retira por aspiración. Si la incubación se verifica en recipientes de 125 litros se necesita una aireación inferior de 100 litros de aire por hora. La eclosión depende directamente de la temperatura (a 20 °C tiene lugar a las 14 o 20 horas después de la fecundación).

3.1.3. Tratamiento de las larvas

En esta especie la vida larvaria es muy breve. No es necesario dar de comer a la larva velígera que nada en superficie hasta que le aparecen los ojos, lo cual sucede a las 35 horas.

Los tipos de incubadores que se utilizan pueden ser o bien tanques de 0,58 x 0,39 x 0,26 m con agua estacionada sin aireación o bien un recipiente troncocónico de polies-

ter, de altura y volumen mayor que el anterior y que en este caso lleva aireación.

Las larvas se recuperan de la superficie con un filtro de malla apropiada o con un sifón para los cultivos no aireados o por un concentrador acoplado al segundo tipo de incubadora.

Desde la aparición de las manchas oculares, las larvas (que miden 250 micras a las 36 horas) se reparten en volúmenes de agua no circulante ligeramente movidas por una débil aireación.

El agua de mar está filtrada a una micra y tratada con antibióticos. Cuando las larvas han colonizado uniformemente todo el volumen de agua se colocan los colectores separados regularmente unos 5 cm.

Sobre la puesta inducida y el desarrollo embrionario de Haliotis discus pueden consultarse los trabajos de J.B. Peña (1983, 1984).

A 20-22 °C la metamorfosis se realiza a las 72 horas (al tercer día).

El cultivo sigue con agua estacionada ligeramente aireada hasta que los jóvenes Haliotis metamorfoseados, se adhieran sólidamente al soporte (entre 5 y 8 días después de la colocación de los colectores).

Una vez que ha pasado esta fase crítica se pone el cultivo con suavidad en circuito abierto, a ser posible, sin variar la temperatura.

Como se ha dicho la vida larvaria de Haliotis tuberculata es muy corta y las manipulaciones son menos complicadas que con las larvas de bivalvos.

No es aconsejable pasar al cultivo del exterior si las diferencias de temperatura ambiente entre el cultivo interior y el exterior son muy acusadas; la supervivencia es menor y el crecimiento también. Conviene esperar al verano.

El cultivo interior se ha de realizar a temperatura constante con una débil corriente de agua (menos de 3 m / hora para tres recipientes de 250 litros, con luz artificial).

Se puede abreviar la colonización de los colectores con algas y diatomeas, sumergiéndolos un día antes en un

cultivo de Tetraselmis suecica. Se pueden mantener así unos dos meses hasta que ellos espontáneamente emigren a otros sustratos, por ejemplo guijarros colonizados previamente.

Quedan puntos por aclarar tales como la supervivencia o duración de la vida del óvulo, a fin de aumentar el porcentaje de fecundación y de larvas normales, así como la puesta a punto de un sistema sencillo de nutrición postlarvaria ligado a la producción de algas y de esporas en un medio cerrado a fin de aumentar el rendimiento por metro cuadrado. Y en cuanto a tecnología encontrar nuevas técnicas de incubación.

Los japoneses obtienen unos mil Haliotis pequeños por metro cuadrado, empleando colectores preparados en medio natural. Soltados al medio ambiente, tienen una recaptura del 20% a la talla de 8-9 cm o del 10% si las zonas no son bastante buenas.

Los Haliotis criados artificialmente son de diferente color y se les nota siempre la marca de la concha larvaria por lo cual es fácil de hacer un recuento de las recapturas.

3.2. Ostricultura intensiva

En un cultivo de bivalvos intensivo hay que contar primero con la unidad de cultivo de fitoplancton que se va a emplear como alimento de madres y larvas; después con la unidad de producción de larvas y la de acondicionamiento de los progenitores.

Ya se ha dicho antes que el cultivo intensivo de un molusco consiste en la crianza de dichos moluscos a partir de los progenitores hasta alcanzar la talla comercial (que es de ordinario mayor que la de adulto). Para ello se ha de contar con un stock de reproductores a los que se les condiciona para acelerar el proceso de maduración sexual, luego, si es necesario se les esimula o induce la puesta por medio de agentes físicos (calor) o químicos (determinadas sustancias) o aún biológicos (presencia de gametos de individuos del otro sexo). Una vez obtenidas las larvas, se les alimenta con fitoplancton pequeño (Tetraselmis o Isochrysis) o una mezcla, manteniéndose en circuito cerrado hasta la fijación.

Una vez llegada la fase de prodisoconcha (después de haber pasado por las de trocófora y veliger) suelen fijarse, para lo cual hay que proporcionarles el colector o soporte adecuado. Después de la fijación se disminuye la dosis de fitoplancton y se mantienen ya en régimen de circuito abierto obteniendo parte de su alimento del agua de mar natural que se toma de fuera. A medida que crecen dichas larvas se pueden despegar del colector y mantenerlas también en circuito abierto, hasta que alcancen un tamaño adecuado para pasar al engorde en el exterior.

Cada especie de bivalvo tiene sus propias exigencias debidas a su régimen de vida. Ya se ha dicho que unos se fijan, otros desarrollan un órgano de sujeción (el biso) que puede ser funcional durante toda su vida o sólo durante los primeros estadios.

Aquí nos vamos a ceñir al cultivo de la ostra plana (Ostrea edulis L.), que tiene la peculiaridad de ser larvípara y de fijarse con una glándula de cemento a un sustrato duro, aunque también pueda vivir suelta sobre un sustrato, con tal de que sea lo suficientemente firme como para que no se entierre, ya que al no tener pie, no podría situarse al nivel de profundidad que le permitiera la longitud de los sifones. Pero como tampoco tiene sifones, sino tan sólo un ojal en el borde del manto que funciona como sifón inhalante y exhalante, perecería irremediabilmente. Por eso es necesario que los parques de cultivo extensivo de ostras sobre el fondo marino o en la zona intermareal, presenten un sustrato firme en el primer caso, o prepararlo debidamente en el segundo, como se hace en Francia, por ejemplo.

Vemos, pues, que para proyectar el cultivo de un molusco es necesario conocer, no sólo la fisiología de la reproducción de la especie, sino también esos detalles anatómicos que determinan ciertas características de la vida del molusco, que a su vez condicionan las técnicas de cultivo.

Vamos a entrar con un poco más de detalle en la descripción de una instalación de ostricultura intensiva descrita por Flash & Normant (1974) y por Aveline, Flash y Koike (1974).

3.2.1. Unidad de producción de algas

La unidad descrita por Flash y Normant (1974) es capaz de producir 300 litros por día durante 6 días a la semana, pudiendo alcanzar los 400 litros 3 días por semana. Los cultivos son monoespecíficos: 98% son Tetraselmis suecica que mide de 8 a 10 micras en su eje mayor.

El método seguido es el descrito por Walne (1966), tanto en medios de cultivo como en las sucesivas diluciones de los volúmenes a partir de las cepas; éstas se mantienen en tubos de ensayo en cámara isotérmica (14-16°C), junto con los matraces de producción media de 20 litros, en unas condiciones de iluminación, alimentación, aire y CO .

Todos los circuitos deben poder limpiarse con chorro de vapor de agua. La sala puede tener alrededor de 60 m² manteniendo los cultivos a temperatura constante (o en cámara climatizada a 16-20 °C).

A partir de los matraces o frascos de 20 litros se pasa a un volumen mayor de 250-400 litros, lo cual se logra en cubas o mejor aún en tubos de plástico. De una manga de poliéster de 300 litros se pueden obtener hasta 62 litros por día volviendo a inocular con cultivo de los frascos. La iluminación se obtiene con lámparas de luz fría o protegiendo los cultivos del calor. Al mismo tiempo se les inyecta aire y CO con el fin de mantener las células en suspensión evitando que se peguen a las paredes y para proporcionarles el CO necesario para la función clorofílica.

La concentración que hay que alcanzar primero y luego seguir manteniendo es de 106 células por ml. No hay que olvidarse de tomar las precauciones higiénicas pertinentes para que no se infecte el cultivo.

Una previsión que ayuda a cortar la infección es el que la cámara termostática donde se mantienen las cepas y los matraces de 20 litros esté contigua a la de los cultivos a gran escala.

3.2.2. Producción de larvas

Las operaciones e instalaciones pueden proyectarse

bien con el sistema japonés, consistente en experiencias en cultivo semi-intensivo utilizando volúmenes superiores al m con el que se obtienen resultados inmediatos, pero difícilmente reproducibles, que requieren el empleo de mucha mano de obra aunque poco especializada; bien con un sistema cerrado de producción muy intensa y controlada: este sistema tiene una puesta en práctica más larga, requiere una inversión primera fuerte, la utilización de pequeños volúmenes de gran concentración, alimentación natural producida artificialmente y suministrada en cantidades conocidas y poca mano de obra pero muy especializada.

En nuestra área a fin de conocer mejor los problemas que se presentan y para una adaptación futura más fácil para el contexto social y económico europeo, teniendo en cuenta los conocimientos existentes en la escuela anglo-sajona, se suele adoptar la segunda solución.

Román (1984) al tratar de la reproducción de Ostrea edulis en la ría de Arosa dice: "el hecho de que las temperaturas sean tan bajas en las Rías a lo largo del año, o mejor, el que sean tan moderadas, ya que los valores medios a lo largo del año, para profundidades de 0 a 7 m suelen oscilar entre los 11°C y los 17°C, nos plantea un nuevo problema en relación con la ostricultura tal y como se realiza actualmente en Galicia: de las aproximadamente 200 bateas que se dedican al engorde de semilla de ostra, (lo cual representa aproximadamente 50.000.000 de individuos) prácticamente el 100% de ellas trabajan con semilla procedente de otros países, fundamentalmente Francia, lo que indudablemente ha de condicionar que respondan de otra forma que la aquí descrita, a las temperaturas de esta zona. ¿Se reproduce realmente esta ostra? y si así lo hiciese, indudablemente su ciclo reproductor debe ser más corto.

Las implicaciones que conlleva este fenómeno de adaptación a temperaturas bajas son importantes, si consideramos que toda la tecnología que se aplica en el cultivo de ostra en hatchery en nuestro país (España) se desarrolló fundamentalmente a partir de tecnología inglesa y francesa, por lo que los procesos de acondicionamiento y cultivo se realizan en general a temperaturas de 20°C e incluso superiores, por

lo que investigaciones posteriores en este campo podrían, no sólo reducir considerablemente los gastos de energía, sino también poner de manifiesto el efecto que estas temperaturas elevadas pueden tener sobre la viabilidad de las larvas obtenidas.

Los problemas que se presentan son de dos tipos: uno de tecnología pura (tomas de agua, termorregulación, filtración, esterilización de agua, etc) y de biotécnica en la cual la tecnología y la técnica dependen directamente de la biología de las especies que se van a cultivar (concentradores, forma de los recipientes, filtros, etc) y otra que es la de formación de los operarios que deben saber desenvolverse entre una y otra tecnología y determinan por lo mismo, el éxito o el fracaso del cultivo.

La unidad de cultivo depende, pues, de 5 parámetros que son:

- 1.- El agua de mar corriente (que puede tomarse directamente del mar o tenerla almacenada en grandes tanques de 50 a 100 m)
- 2.- Su contenido en partículas (alimentarias y minerales)
- 3.- Temperatura (puede retardar el crecimiento si es demasiado baja o favorecer el desarrollo de agentes patógenos si sube; o provocar déficit de O por insaturación)
- 4.- Alimentación (adecuada en cantidad y calidad: natural o artificial)
- 5.- Estado sanitario de la instalación.

La unidad se compone de cuatro secciones:

- 1.- La sección de maduración o acondicionamiento de progenitores
- 2.- La sección de larvas (mientras las larvas son pelágicas)
- 3.- Sección de primer engorde (larvas fijadas ya en colector)
- 4.- Sección de segundo engorde (larvas sueltas) (Aveline et al. 1974)

Durante los diez o quince primeros días antes de la fijación, las larvas se mantienen en tanques de circuito cerrado, y por tanto cada dos o tres días hay que cambiarles el agua, para lo cual se requiere realizar un trasvase de las larvas empleando diversos sistemas: puede simplemente

filtrarse a través de un torre de tamices con el fondo de tela de malla fina (tela de manga de plancton) de diversas medidas de luz de malla, con lo cual se clasifican a su vez por tamaños. De esta manera se pueden ir eliminando las de crecimiento más lento para seleccionar las de mejor crecimiento. Una manera de hacer una selección positiva.

Otro sistema (Fig. 2), consiste en hacer pasar el agua desde el tanque donde están las larvas a otro tanque más pequeño que consta de un cilindro cuyas paredes laterales son de malla fina para dejar pasar el agua pero no las larvas. El agua se recoge en un recipiente que a su vez se puede vaciar. De esta manera las larvas se depositan en el fondo del filtro que tiene una forma cónica. Este filtro se puede separar del recipiente y llevar el contenido a otros tanques ya limpios y preparados para recibir las larvas (L'Herroux et al. 1974).

Se han ensayado también sistemas de mantenimiento de larvas en tubos altos con una contracorriente débil capaz de mantener las larvas flotando sin que salgan por el desagüe (Conway).

Tanto los materiales como las diversas tecnologías de mantenimiento y manejo de las larvas varían de un sitio a otro.

3.3. Mitilicultura extensiva

Como ejemplo de cultivo marino extensivo puede servir el del mejillón en Galicia. Empezaremos por una breve descripción de las instalaciones materiales para seguir después con el método operatorio de cultivo, sin entrar en el procesado (depuración, congelado, conserva) ni en otras consideraciones (economía, etc.)

3.3.1. Material

El material que se va a describir aquí es el que se emplea en el cultivo a flote en balsas flotantes tal como se cultiva en España, pero conviene saber que hay otros sistemas de cultivo que requieren otro tipo de material.

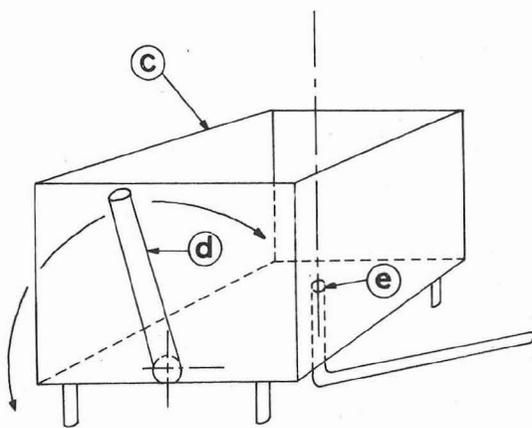
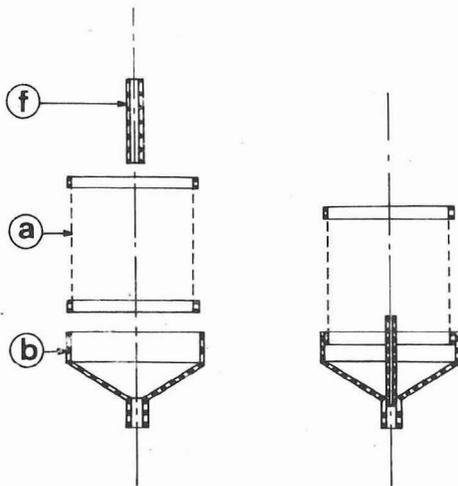
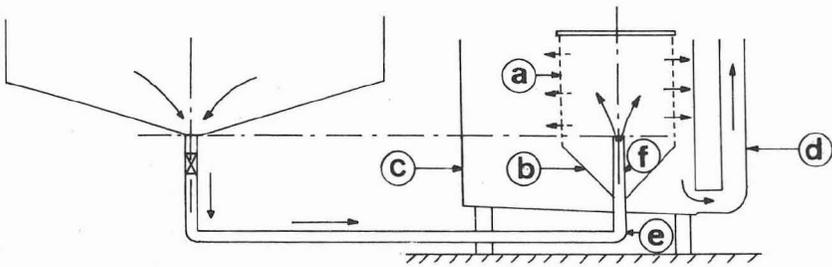


Figura 2. Diseño de un concentrador de larvas pelágicas para facilitar su trasvase: a) cilindro con pared de malla; b) fondo del filtro; c) tanque; d) salida del agua, regulable; e) entrada del agua.

En algunos países (como Holanda, Inglaterra) se cultiva el mejillón sobre el fondo. En otros como Italia (Venecia y Golfo de Tarento) o en la costa mediterránea de Francia, se cultiva sobre cuerdas (o redes tubulares) colgadas de un emparrillado sostenido por unos pilotes clavados en el fondo. En la costa atlántica de Francia se cultiva el mejillón sobre postes ("pieux") alineados en empalizadas ("bouchosta") plantados sobre el fondo en zonas que descubre con la marea.

En otros sitios en vez de balsas se utilizan la "línea madre" de un palangre para sustentar las cuerdas por medio de flotadores mayores que las boyas de corcho de un palangre ordinario. Las cuerdas o redes tubulares sustituyen a las "brazoladas" del palangre.

En España, aún en la costa del Mediterráneo que no tiene mareas, se cultiva el mejillón en balsas flotantes a las que se las llama bateas

La batea (raft en inglés; radeau en francés; xangada en portugués; balsa en español; zattera en italiano) consta de unos flotadores que se mantienen unidos entre sí por las vigas maestras (24 x 0,25 x 0,30 m) que a su vez están unidos por vigas medianas (0,20 x 0,22 m) sobre las cuales se asientan los listones (0,60 x 0,80 m), separados entre sí unos 0.60 m para que se pueda andar sobre ellos; de estos listones es de donde se cuelgan las cuerdas.

Tanto las dimensiones de la batea como la forma y el número de flotadores varía.

Las dimensiones de la planta de la batea son de alrededor de 18 x 24 m; el número de flotadores puede ser uno, cuatro, seis o más y la forma de los mismos es: paralelepípedica si es uno central (12 x 4 x 2 m); si son varios puede ser de forma cúbica (de 2,5 a 3 m de lado) cuando son de madera; si son de hierro cilindros cortos y anchos (4 x 2,20 m de diámetro de base), o cilindros largos y más estrechos (13,5 m de largo por 1,25 de diámetro). Si son de poliéster y fibra de vidrio son más largos y estrechos (entre 16 a 18 m x 0,70 a 0,90 m de diámetro de base).

La tendencia actual es el flotador de hierro recubierto de fibra de vidrio y poliéster o pintado con pinturas

resistentes de dimensiones medianas (13,5 m de largo por 1,25 m de diámetro de base) divididos por dentro en tres compartimentos estancos, para evitar el posible hundimiento de todo el flotador. Si en vez de 4 flotadores largos, la batea lleva 5, entonces puede medir hasta 29 ó 30 m de largo.

Una balsa económica y resistente y de gran resultado es el casco viejo de una embarcación de madera desguzada, a la que por medio de unos mástiles se le añade un emparrillado.

Si el flotador es único y central, para sostener los extremos del emparrillado son necesarios unos vientos de cable de acero que parten de un aro metálico en lo alto de uno o varios mástiles. No así en los que llevan varios flotadores. Modernamente se tiende a evitar en lo posible este sistema debido al costo tanto de materiales como de mano de obra que supone su construcción.

En general, el total de la flotación supone un volumen de unos 60m o algo más que sería el peso del mejillón fuera del agua (60 toneladas).

La batea se ancla a una o dos anclas con pesos muertos de 5 a 6 toneladas dependiendo de la clase de fondo. En fondos fangosos es suficiente menos peso porque el "muerto" se entierra fácilmente y hace el efecto de una ventosa.

Este tipo de balsas pueden mejorarse desarrollando artefactos que en vez de resistir el golpe de mar lo absorban o también con dispositivos adecuados que permitan graduar el nivel de flotación para aminorar el movimiento de la batea durante los temporales, evitando así la caída del mejillón al fondo; al mismo tiempo se puede graduar de esta manera la cantidad de luz que reciben los mejillones: esto último para aquellos sitios donde hay una gran insolación durante todo el año es muy útil, así como en otras partes que aún con buenas condiciones de luz, las zonas abrigadas o tienen poco fondo o se destinan a otros fines (deporte náutico, etc)

Aparte de la batea, con este sistema, hay que disponer de cuerdas, redcilla de envolver, palillos, sacos y maquinaria diversa (barco auxiliar, cesto halador, máquina de



encordar, desgranar, etc.)

La cuerda suele ser de material sintético de unos 0.03 m de diámetro, tejidas y trenzadas con restos de material de hilo sintético con lo que resulta una cuerda peluda que recuerda la de esparto que se usaba inicialmente. El extremo superior que va al aire suele ser una tralla también de poliéster que se llama "rabiza".

La redecilla de envolver es de una viscosa muy fina y de malla laxa que se autodestruye a los pocos días (la fabrica GIRO, S.A. de Badalona). Hoy día también fabrica la manga para las modernas máquinas de encordar.

Las cuerdas se atraviesan por unos palos de madera (0,25 x 0,015 x 0,015 m) cada trecho de 40 a 45 cm a fin de que cuando el mejillón crezca y aumente de peso no se deslice por la cuerda y caiga al fondo. Estos son los denominados "palillos" cuya duración se calcula entre 4 y 5 años.

Los sacos son de netlon de malla fina, amarillos si el mejillón ha sido depurado, o de otro color antes de su depuración.

Se necesita un barco auxiliar para llevar el mejillón a tierra y para instalar la maquinaria precisa: el cesto halador y la moderna máquina de encordar (es decir: poner el mejillón en la cuerda).

3.3.2. Operaciones

Lo primero es la obtención de la semilla que puede ir a cargo del cultivador o comprarla a los marineros que se encargan de arrancarla de las rocas del litoral. También se puede obtener de colectores ("cuerdas blancas") instaladas en la misma batea colocadas en el momento oportuno (meses de marzo-abril). La cuerda blanca puede ser cualquier cuerda vieja o trozos de redes de pesca inservibles, de la misma longitud que las cuerdas de cultivo (6 a 8 metros) (Fig. 3).

La segunda operación es el encordado de esta semilla, para lo cual si la semilla viene bastante apiñada, basta con sujetarla a la cuerda con un bramante o cuerquita mediante un movimiento envolvente. Si está algo suelta, entonces se usa la redecilla citada anteriormente.

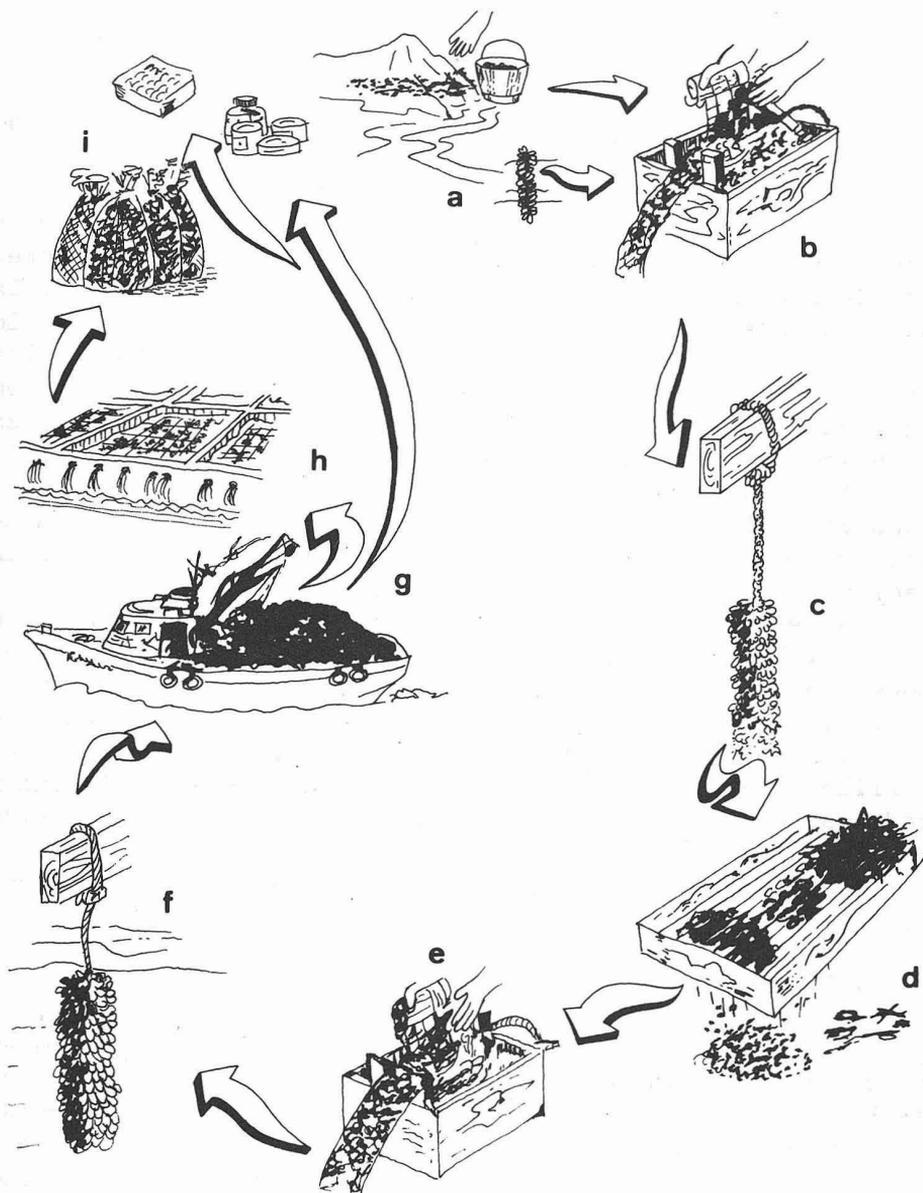


Figura 3. Ciclo del cultivo del mejillón en Galicia: a) colecta de semilla, a-1 bancos naturales, a-2 cuerdas; b) fijación a las cuerdas; c) primera etapa de crecimiento; d) desdoble; e) fijación en cuerdas; f) segunda etapa de crecimiento; g) cosecha; h) depuración; i) encostalado (venta en fresco, conserva o congelado)

Una vez puesta en el agua dicha cuerda, según las condiciones ambientales, a los pocos meses el mejillón ha crecido y se ha llenado de algas, fango, caracolillos, etc. y conviene, tanto para que no se desprenda por el peso de la cuerda como para realizar una limpieza que favorezca el crecimiento, verificar la operación que se llama "desdoble", la cual consiste en separar el mejillón de la cuerda (para lo cual basta darle unas sacudidas fuertes o arrancarlo con las manos), y volver a colocarlo en una nueva cuerda pero en menor cantidad por unidad de longitud, previa una limpieza en un emparrillado especial metálico.

Al cabo de 6 u 8 meses de volver a estar en el agua, dicho mejillón ha alcanzado ya la talla comercial y se puede retirar de las cuerdas como se hizo antes con la semilla crecida.

Si el mejillón se vende a una fábrica de conserva o para congelar se despacha a granel, porque la fábrica o el congelador se encargan de limpiarlo antes de desconcharlo; si en cambio ha de ir a una depuradora, el cultivador, lo sirve limpio y desgranado y en sacos de color que no sea el amarillo, como se dijo antes. Como es lógico el cultivador vende más caro el mejillón a la depuradora que a la fábrica o al frigorífico.

Este es a grandes rasgos el proceso del cultivo del mejillón tal como se hace en Galicia.

3.3.3. Riesgos del cultivo

En un informe anual (1983), sobre la investigación en el cultivo de moluscos de Holanda se lee: "la fijación de semilla de mejillón entre los mejillones de talla comercial y el tiempo tormentoso de primavera, no fueron los únicos problemas del año para el cultivo. Debido a un período prolongado de altas temperaturas en el agua hasta bien entrado el otoño, la energía requerida para el metabolismo basal relativamente alto en Septiembre y Octubre, sobrepasó el suministro de energía por la ingestión de alimento. Después de un buen período de crecimiento en verano, los mejillones perdieron rápidamente peso por no lograr su ración de mante-

nimiento por medio del consumo, teniendo que emplear de este modo su material de reserva. Y esto no sólo se dio en el Oosterschelde, sino también en grandes zonas del Wadden Sea desde Den Helder hasta Esbjerg y en otras zonas de cultivo en Europa (incluida Galicia). Sólo en algunas zonas eutróficas del Wadden Sea, la disponibilidad de alimento y la ingestión del mismo por parte del mejillón fue suficiente para compensar el aumento de gasto de energía, causado por la tasa metabólica demasiado elevada para aquella estación del año. Cifras exactas de este fenómeno las obtuvieron los controles físicos y ecológicos de los cultivos en la parte central y occidental del Oosterschelde".

Este es un ejemplo de cómo en una zona donde esté establecido un cultivo, los estudios sobre el estado fisiológico de los individuos, y sobre las condiciones del ambiente, no pueden dejar nunca de realizarse por muy bien que vaya en aquellos momentos el cultivo. Por desgracia no siempre lo entienden así quienes tienen que fijar las pautas de la investigación científica de un país.

Los problemas que pueden surgir en un cultivo extensivo pueden provenir, tanto de las condiciones ambientales como de los organismos vivos objeto de cultivo o de las otras especies acompañantes.

En cuanto a los factores ambientales podemos enumerar aquí, las variaciones de salinidad que llevadas a los extremos pueden ser letales; las variaciones de temperatura en épocas fuera de lo normal que pueden alterar el ritmo metabólico (como hemos visto antes), o provocar puestas extemporáneas, etc.

Las temperaturas extremas (hielo en invierno) o excesivamente altas (en verano), en sitios de aguas someras, pueden provocar la asfixia de los mejillones por falta de oxígeno.

Los vientos muy fuertes y los temporales consiguientes, tanto pueden producir desprendimiento del mejillón si se cultiva a flote, o cubrirlos de fango o arena si se hace sobre el fondo, como pueden también hundir las balsas de cultivo.

La contaminación de las aguas por el desastre o nau-

fragio de petroleros y otros buques que transportan sustancias tóxicas es otro de los peligros que pueden afectar a los cultivos.

La marea roja o purga de mar también supone un perjuicio para el cultivo, aunque no afecte al propio mejillón, pero sí a su comercialización por el peligro de intoxicación en el consumidor humano. Este es un peligro cuyo origen es de tipo hidrográfico, aunque la causa sea fitoplanctónica.

La presencia en el agua, sobre todo en parajes donde la fuerza de la corriente es intensa, de partículas minerales en suspensión es un obstáculo para el buen crecimiento del mejillón, porque en tales condiciones se cierra, no filtra, no come y por tanto no crece.

Entre los causantes de problemas de tipo biológico podemos enumerar las especies competidoras por el espacio o el alimento o las depredadoras que no vamos a detallar aquí.

Otro tipo de problemas pueden ser el aumento en el capítulo de gastos por manipulación no mecanizada. O el cambio que en los fondos puede producir el exceso de acumulación de detritus producido por el mejillón que altera los fondos y los inhabilita para la supervivencia de otras especies (crustáceos, otros moluscos, etc). Cada balsa puede producir unas 100 toneladas de detritus que según sea la hidrodinámica de aquellos fondos pueden suponer un depósito considerable si se multiplican el número de balsas.

Poco se sabe sobre enfermedades y parásitos del mejillón. Hasta el presente se han detectado los mismos que pueden presentar la ostra, tanto en macro como microparásitos. El mejor estudiado ha sido el Mytilicola intestinalis que en los 30 años largos de cultivo en las rías de Galicia, no ha supuesto un peligro inminente; sin embargo y por vía de precaución, se están intensificando los estudios sobre los efectos que sobre la fisiología del mejillón pueden producir esos parásitos.

Los epibiontes son problema en animales de este tipo que en España se consumen vivos o en media concha, porque afectan a su buena presentación; particularmente los mejillones se emplean para hacer paellas. Donde sólo se consuman las carnes, esto no se considera un problema.

Otro de los peligros que afectan no al mejillón, pero sí a las balsas de cultivo, son las especies de moluscos perforadores de la madera tales como el Teredo.

Estas han sido algunas de las principales ideas que, sobre el cultivo de moluscos comestibles se nos ha ocurrido exponer. La bibliografía anexa puede servir para ampliar conocimientos a los interesados.

CULTIVO DE CRUSTACEOS : LANGOSTINO

José M^a San Feliu

Hace bastantes años, el Profesor de la Facultad de Ciencias de Marsella y director de la Estación Marítima d'Endoume, Dr. Pérès, decía en una conferencia que todos sabemos que aproximadamente el 71% de la superficie de nuestro planeta es agua y sólomente el 29% es tierra. Un observador celeste podría llamar a nuestro planeta "la mar", sobre todo si lo viera desde la vertical del polo Sur, sin embargo nosotros le llamamos "la Tierra"

Es preciso que el hombre vuelva sus ojos hacia el mar y aproveche los grandes recursos que hay en él. En la actualidad, los paisajes de la Luna nos son muy familiares, por el contrario la inmensa mayoría de las regiones submarinas, ocultas a nuestros ojos, son prácticamente desconocidas para el hombre.

Por suerte los esfuerzos humanos por llegar a conocer el mar y aprovechar mejor sus recursos se están multiplicando día a día. !Pero qué poco se deja descubrir el mar!. Es un medio hostil a la vida del hombre aunque le favorezca en

muchos aspectos y es por ello que debemos intentar aumentar nuestros conocimientos físicos, químicos y biológicos para incrementar el desarrollo de las poblaciones de moluscos, crustáceos y peces, bien en el mar libre, aplicando medidas encaminadas a aumentar la producción o bien en enclaves más o menos cerrados como las granjas marinas, donde se practica la cría artificial de ciertas especies.

Hasta hace algunas decenas de años, el hombre venía explotando el mar de una forma similar a como nuestros antepasados ejercían la caza en tierra, pero al igual que en tierra, el hombre ha sustituido la caza por la ganadería y la simple recolección de alimentos por la agricultura, también actualmente está intentando aumentar la producción pesquera mediante diversas técnicas.

Está fuera de toda duda, que existen numerosas regiones de nuestras aguas marinas en que las actividades humanas han conducido a una peligrosa disminución de los stocks de peces, que repercuten sobre el rendimiento de nuestras industrias pesqueras. La prueba de que son las actividades humanas las responsables del empobrecimiento de ciertos stocks de moluscos, crustáceos y peces comestibles, ha sido claramente demostrado por las observaciones efectuadas con ocasión de diversas guerras, a lo largo de las cuales la actividad pesquera ha sido prácticamente nula y los stocks de moluscos, crustáceos y peces han aumentado de forma considerable.

En nuestras costas existe una sobreexplotación por lo que los rendimientos pesqueros son bajos. El problema se agrava si a la sobrepesca le unimos la creciente contaminación de las aguas marinas en determinadas zonas.

Indiquemos, en principio, que es posible incrementar el desarrollo de los stocks de ciertas especies de moluscos, crustáceos y peces, proporcionándoles determinados abrigos o refugios. Esta técnica ha sido empleada en el Japón desde hace mucho tiempo, estableciendo arrecifes artificiales por medio de bloques de hormigón o utilizando automóviles viejos. Los arrecifes artificiales de hormigón son los más estables y los más sólidos, pero son pesados y tienen el problema de que hay que hacer primero un estudio de los

fondos, para evitar situarlos en zonas fangosas en los que se enterrarían. También se han utilizado a menudo, aunque sean menos duraderos, y éste es su principal inconveniente, montones de coches antiguos, soldados previamente los unos a los otros para que no sean fácilmente dispersados. Parece que en estos arrecifes, hechos de viejos coches, la fauna y flora marina es más rica y se desarrolla más rápidamente que en los bloques de hormigón, sin duda porque en un mismo volumen, los escondrijos son más numerosos y más tortuosos que en los bloques de hormigón y también porque los materiales son variados.

Recientemente el Instituto de Tecnología de la Pesca de Italia ha realizado experiencias de creación de arrecifes artificiales en el Adriático medio. Los objetivos de estas experiencias eran encontrar una solución para reciclar de una manera u otra la energía que cada vez más se acumula en ciertas zonas de la costa, ocasionando fenómenos de eutrofización y reduciendo así el despilfarro energético del ecosistema. Este hecho se traduce en la práctica en proporcionar un substrato apropiado a las larvas de especies sésiles de interés económico, tales como mejillones, ostras, etc. Además se ofrece un abrigo y una fuente de alimentos suplementaria a numerosas especies ictiológicas apreciadas, tales como sargos, obladas, lubinas, doradas, etc., protegiendo otras especies que fijan sus cápsulas ovíferas y sacos embrionarios sobre substratos duros, como moluscos gasterópodos, cefalópodos, etc, y proporcionan un refugio a otras especies en el momento de realizar la muda, como son los crustáceos decápodos.

Estos arrecifes artificiales protegen de los efectos de los artes de arrastre tanto a los fondos marinos como a los pequeños artes de pesca artesanales, utilizando obstáculos mecánicos, colocados sobre el fondo, como fuerza de disuasión.

Resulta pues, que el interés primario de estas zonas de arrecifes artificiales es el de procurar un sector de protección durante la reproducción y desarrollo de juveniles, permitiendo así el crecimiento y aumento del número de individuos de numerosas especies, al realizarse al abrigo de

la intervención de los artes de arrastre.

Se ha ensayado también crear cotos de crustáceos, en los que naturalmente está prohibida la pesca y en los que se colocan, por ejemplo, hembras de bogavante con huevos. Con ello se hace renacer en las regiones vecinas a los cotos una población de crustáceos que había disminuído con anterioridad.

Otra serie de medidas empleadas por los biólogos para aumentar la producción pesquera son las de regulación del esfuerzo de pesca, las vedas temporales y totales, la regulación de las mallas de los artes de arrastre, etc. Pero sobre todo quiero referirme a las nuevas técnicas, que ciertos biólogos las consideran con mucho optimismo y que otros las admiten con cierta reserva. Me refiero a la Acuicultura Marina, que en relación con ella, unos ya ven los fondos de la plataforma continental explotados como praderas para la ganadería y otros opinan que el tema está todavía lejos de ser económicamente rentable.

En realidad, la práctica del cultivo de animales marinos por el hombre, se pierde en la noche de la historia. Debió iniciarse con toda seguridad en China, donde se lleva a cabo desde tiempos muy remotos, ya que el primer documento conocido referente a esta actividad, fue escrito en el año 475 antes de Jesucristo. También en Europa y Africa la Acuicultura tiene un origen remoto ya que la cría de moluscos y peces era conocida siglos antes de la Era Cristiana.

En aquellas remotas épocas e incluso actualmente en algunas granjas de países asiáticos y sudamericanos, la mayor parte de las especies objeto de cría se obtienen con semicultivos, es decir, capturando ejemplares juveniles en el mar e introduciéndolos posteriormente para su engorde en estanques apropiados, aunque en ocasiones son las mismas corrientes de marea las que, al llenar los estanques, introducen en ellos los estados larvarios de moluscos, crustáceos y peces. Dada la abundante producción planctónica de estos estanques, la alimentación suplementaria añadida y el control de los depredadores y competidores, se consigue, en estas zonas, unos resultados adecuados para este tipo de Acuicultura extensiva.

Otro tipo de Acuicultura es el cultivo integral en el que se parte de los reproductores, de los que se obtienen los huevos y tras la eclosión de los mismos, las crías son alimentadas y mantenidas en estanques adecuados, cambiándolas a otros cuando es aconsejable y en éstos alcanzan la talla comercial.

Aquellas personas que quieren establecer y desarrollar la cría y cultivo de animales marinos ponen como ejemplo el Japón. En efecto, este país es el que posee la acuicultura más desarrollada y perfeccionada del mundo, tanto desde el punto de vista técnico como del de la productividad y ello es debido a varias razones. Es necesario tener en cuenta que la longitud de costas del Japón es considerable en relación a la superficie del territorio, ya que posee 27.000 kms. de costas para 370.000 km de superficie (España posee 3.904 kms. de costas para 504.750 km de superficie), por ello los japoneses están tradicionalmente vueltos hacia el mar. Además, la pesca en las aguas superficiales japonesas ha llegado al máximo hace ya algunos años y las necesidades siguen aumentando por el crecimiento de la población.

En el Japón se crían, entre otros grupos zoológicos, los Crustáceos, de los cuales el langostino es la especie más importante. La cría completa, a partir del huevo, ha requerido largos y pacientes trabajos que han sido obra principalmente del Profesor Hudinaga el cual comenzó sus estudios en 1.933 en un pequeño Laboratorio de la isla de Amakusa. Sus primeros trabajos tuvieron como objetivo descubrir los estados larvarios del langostino imperial japonés o "Kuruma ebi" (Penaeus japonicus) que, a pesar de su nombre, se extiende por la región Indo-Pacífica.

En aquellos tiempos los conocimientos de base sobre la biología, el desarrollo, el comportamiento, la ecología, etc. de Penaeus japonicus se encontraban en una fase muy rudimentaria. El estudio cronológico de los principales resultados obtenidos por el Profesor Hudinaga, permiten apreciar las inmensas lagunas que existían en el conocimiento de los Peneidos hace sólo unos 50 años.

Mediante pescas planctónicas, el Profesor Hudinaga pudo capturar y posteriormente describir uno de los estados

larvarios del langostino, la larva protozoa y más tarde las larvas precedentes de la fase nauplio. Fueron necesarios seis años de trabajos para que descubriera el tipo de alimento que consume la larva protozoa la cual ya obtenía en el Laboratorio a partir de estados nauplio capturados en el mar. Los primeros cultivos de larvas protozoa, que son estrictamente herbívoras, fueron conseguidos proporcionando a dichas larvas la Diatomea Skeletonema costatum, obteniendo así los siguientes estados larvarios, es decir, las larvas zoea I y zoea II. Después de estas primeras experiencias, Hudinaga descubrió que los nauplios de Artemia, pequeño crustáceo muy conocido por los acuarófilos, eran capturados y consumidos por los siguientes estados larvarios del langostino, los estados mysis, que difieren bastante de las larvas zoea.

Al mismo tiempo, las investigaciones de Hudinaga contemplaban también el problema de la reproducción de los langostinos adultos obtenidos mediante la pesca. Después de 1934 descubrió que hembras con las gonadas maduras, colocadas en acuarios de suficiente capacidad, realizaban la puesta durante la noche, si se les tenía en completa oscuridad, emitiendo varias centenas de miles de huevos que se mantenían durante algún tiempo en suspensión en el agua, para depositarse finalmente en el fondo del acuario. La obtención de puestas permitió a Hudinaga realizar la primera cría del langostino a pequeña escala y completar los datos sobre el ciclo biológico del langostino japonés.

El último estado mysis, después de su metamorfosis, da lugar a un pequeño langostino, muy parecido al adulto, denominado postlarva. Para adquirir la morfología definitiva necesitará todavía atravesar unos 20 estados sucesivos, separados por sus correspondientes mudas. Las primeras postlarvas viven todavía entre dos aguas y después de unos días buscan asirse de forma semipermanente a las paredes o fondo del acuario. Un poco más tarde, unos 8 días después de la metamorfosis a postlarva, adoptan progresivamente el comportamiento característico de los adultos, permaneciendo enterrados durante las horas diurnas y siendo muy activos durante las horas nocturnas.

El conjunto de conocimientos descubiertos por Hudinaga entre 1933 y 1941 fueron publicados en 1942 en la revista científica "Japanese Journal of Zoology", pero la guerra y sus consecuencias retardaron considerablemente la aplicación práctica de estos conocimientos. Fue necesario esperar hasta 1960 para crear la primera granja de langostinos en Aio, en la provincia de Yamaguchi.

Como dicen los Doctores Laubier y Laubier-Bonichon, fue a partir de 1965 cuando se alcanzó una rentabilidad en la cría comercial del langostino, aunque en esta primera etapa la producción en granjas de cultivo extensivo no sobrepasaba las 200 toneladas. Sin embargo en 1974 se obtuvieron ya 1.300 toneladas.

La pesca clásica permite abastecer los mercados en el período de Junio a Septiembre, por ello la producción en grandes estanques es económicamente interesante en la medida que permite ofrecer al mercado, en el período de Diciembre a Mayo, langostinos vivos, extraordinariamente apreciados por el consumidor japonés.

En 1974 se censaron 83 explotaciones reagrupadas en tres zonas principales: en el mar interior del Japón, en la región de Amakusa, donde las explotaciones de tipo extensivo funcionaban desde hace varios años y en la región de Kagoshima donde las instalaciones son más recientes.

Comparando con otros tipos de acuicultura, la cría de langostinos parecía haber tropezado con un cierto número de problemas técnicos y económicos por lo que se refiere a la Acuicultura intensiva, debidos principalmente a la contaminación de las aguas en los estanques y al elevado precio de los alimentos naturales, sin embargo, desde hace algo más de una decena de años, ha tenido lugar un nuevo resurgimiento debido a la idea de Shigueno y colaboradores los cuales idearon la utilización de estanques circulares en los que se incrementaba considerablemente la circulación del agua del mar a través de la arena del fondo del estanque. También ha contribuido a este resurgimiento la puesta a punto de alimentos artificiales que tienen una tasa de conversión elevada y están bien adaptados a este último tipo de cría.

Estas técnicas, utilizadas en las granjas piloto de la

región de Kagoshima, representan la forma de Acuicultura intensiva más avanzada del Japón.

Como ejemplo, nos podemos referir a la Granja Piloto de Mitsui Norin, creada en 1972 con el apoyo de la Compañía Mitsui. Esta explotación ha obtenido resultados particularmente interesantes gracias a la calidad de sus instalaciones y personal técnico, apoyado además por la colaboración permanente de los Investigadores de la Universidad de Kagoshima y de la Universidad de Pesquerías de Tokyo.

Las instalaciones comprenden, de una parte, 13 estanques de engorde construídos con hormigón armado, de 36 m de diámetro y 1,60 m de profundidad, conteniendo de 1.000 a 1.500 toneladas de agua cada uno y, por otra parte, 4 estanques de 100 metros cúbicos cada uno, destinados a la puesta y cría de larvas.

El conjunto de los estanques están alimentados por una estación de bombeo de agua de mar que comprende tres bombas, cada una de las cuales proporciona un caudal máximo de 36 metros cúbicos por minuto. Un conjunto de canalizaciones de diámetros decrecientes permiten asegurar una velocidad de flujo muy rápido.

Los estanques descansan sobre un lecho de gravas y exceptuando el hecho de que se encuentren enterrados, no presentan ningún aislamiento térmico especial. De acuerdo con la naturaleza del terreno que los soporta, hay enterrados un cierto número de pilares de hormigón armado para asegurar su estabilidad.

El estanque se alimenta por una tubería diametral elevada, de 20 cm de diámetro, perforada con orificios opuestos en las dos mitades de la tubería, de forma que, al salir el agua se originen un movimiento giratorio de la contenida en el estanque.

La estructura e inclinación del fondo juegan un papel muy importante. Un foso central permite reunir sedimentos tales como restos de comida, heces, etc, que se concentran allí por efecto del movimiento rotatorio del agua. El resto del fondo no es horizontal, sino que aumenta progresivamente su profundidad del centro hacia los extremos, con una inclinación del 2%, lo que permite desaguar con rapidez el acua-

rio en el momento de la recolección al final del ciclo de cría.

El estanque está dotado de un doble fondo que permite asegurar la renovación del agua. El fondo está constituido por una capa de arena, de 10 cm. de espesor, situada sobre un tejido de 1.5 mm. de luz de malla soportada a su vez por una rejilla apoyada sobre el fondo de hormigón del tanque, a través de este doble fondo pasan las canalizaciones de agua.

Los dispositivos de desagüe del estanque son tres: uno central, obturado por un cilindro de rejilla, que se levanta todas las mañanas con el fin de permitir la eliminación de los desperdicios que se han reunido en el embudo central; otro que recoge el agua que ha atravesado la arena y que es muy importante, ya que permite asegurar la renovación del agua embebida en la arena, donde se entierran los langostinos durante el día; el tercer desagüe parte de un canalón circular situado en la periferia del estanque y sólo se utiliza al final del ciclo de cría para obtener un desecado completo del estanque.

La altura de agua es de alrededor de 1,20 metros y se mantiene sensiblemente constante por la intervención del sistema de válvulas de vaciado que alimenta un pequeño estanque anexo de regulación.

Este tipo de estanques no disponen de aparatos para regular la temperatura del agua. En la región de Kagoshima, la temperatura del agua del mar está comprendida generalmente en el intervalo de 16 a 28°C, lo que permite índices de crecimiento relativamente elevados. Durante el verano, cuando la temperatura del agua del estanque tiende a sobrepasar los 28°C, se aumenta el flujo de renovación del agua con el fin de no sobrepasar la temperatura óptima de crecimiento.

Hay un gran número de parámetros físicos y biológicos que condicionan este tipo de cría ya que por su propia naturaleza es extraordinariamente delicado.

Según los especialistas japoneses, una adecuada tasa de renovación del agua condiciona en gran parte el éxito de la cría. Esta tasa crece a medida que aumenta la talla de los langostinos. En un estanque, tal como el que hemos descrito anteriormente, el agua se renueva dos veces por día al

principio de la cría, después progresivamente se aumenta esta tasa de renovación a un valor de cuatro veces por día y al finalizar el ciclo se alcanza una renovación de seis veces por día.

Para la renovación del agua hay que tener muy en cuenta el comportamiento de los langostinos. Durante el día, los langostinos están enterrados en la arena, por lo que entonces es necesario asegurarles agua y oxígeno gracias al dispositivo que permite el paso del agua a través de la capa de arena. Durante la noche los langostinos se desentierran en busca de alimento y es entonces cuando se utiliza el desagüe central. En resumen, durante el día, el desagüe central está cerrado y el que recoge el agua que ha atravesado la arena abierto, mientras que durante la noche, está abierto el desagüe central y se disminuye el caudal de agua que atraviesa la arena.

La época en que se inicia un ciclo de producción se elige teniendo en cuenta, sobre todo, que la recolección de la cosecha del estanque tenga lugar cuando los langostinos alcanzan la cotización más elevada en el mercado, es decir, entre los meses de Diciembre y Abril. Un ciclo de producción consta de dos fases: una primera de puesta y cría de larvas hasta el estado postlarvario P-20 que se realiza en estanques de 100 metros cúbicos de volumen y una segunda que corresponde a la de engorde en los estanques circulares.

La freza de hembras capturadas en el medio natural se procura que tenga lugar a principios del mes de Junio. Las larvas reciben su primera alimentación a base de Diatomeas y el vigésimo día, contado a partir del primer estado postlarvario, son transvasadas a los estanques circulares. La producción por estanque de 100 metros cúbicos es de alrededor de un millón de postlarvas en el estado P-20.

A los langostinos de los estanques circulares, se les alimenta con un pienso artificial, puesto a punto por el Dr. Shigueno y colaboradores en 1972, en el Laboratorio Regional de Pesca de la provincia de Kagoshima. Aunque su composición exacta no es conocida, lleva, entre otros componentes, harina de gambas o camarones, harina de pescado, Spirulina, gluten, levadura y harina de soja. La tasa de conversión de

este alimento es de 1,6 para animales de un peso comprendido entre 3 y 7 gr. Cuando la temperatura del agua desciende por debajo de 13°C no se proporciona más alimento.

En 1975 la producción de las cuatro granjas piloto de la región de Kagoshima fue de un centenar de toneladas de las cuales 30 correspondieron a la granja de Mitsui Norin, lo que representa para esta última una producción superior a 2 kg de langostinos por metro cuadrado.

El porvenir de este tipo de cría, desde el punto de vista económico, parece todavía relativamente incierto en el propio Japón, pues a pesar del elevado precio de venta de la producción, el alimento artificial es muy caro. En 1975, por vez primera desde su creación, la Empresa Mitsui Norin equilibró su presupuesto. Para poder obtener beneficios parece necesario que dicha Empresa disponga de una superficie de estanques superior a la actual que es de 1,3 hectáreas.

En definitiva, parece poco probable que este sistema de cría reemplace en un futuro próximo los métodos extensivos utilizados en otras regiones del Japón en los que, en grandes estanques cercanos al mar, se lleva a cabo la cría utilizando alimento natural o parcialmente el artificial. El provenir de las granjas dependerá del hecho de mejorar la tasa de conversión de los alimentos artificiales, hecho técnicamente alcanzable y sobre todo de la posibilidad de disminuir el coste de éstos.

Los trabajos del Profesor Hudinaga han servido de acicate para que un buen número de biólogos de diversos países hayan dedicado mucho tiempo al estudio de la biología de especies del mismo género, con el fin de adaptar los métodos japoneses de cría del langostino a sus propias necesidades. Entre estos países podemos citar: Francia, Italia, Estados Unidos, diversos países del centro y sudamérica, Filipinas, España, etc. Por lo general se dedican a estudiar especies autóctonas, pero en otros casos, como ocurre en las instalaciones francesas, importan postlarvas de langostinos foráneos como el Penaeus japonicus, del Japón o el Penaeus Kerathurus de España, Túnez, etc. como no todas las especies de Peneidos tienen ciclos biológicos exactamente iguales, la experiencia adquirida para una especie puede servir sólamen-

te como norma para el cultivo de las demás.

En el japon, una vez superadas las técnicas de producción masiva de postlarvas, algunos Laboratorios están realizando una trascendente labor para incrementar la producción natural de langostino, enriqueciendo los fondos con postlarvas incubadas artificialmente. El Centro de producción de Tamana arrojó al mar 140 millones de pequeños langostinos y el de la provincia de Yamaguchi 500 millones.

Al principio estas repoblaciones con postlarvas se realizaban en mar abierto, observándose una escasa supervivencia debido a la acción predatora causada por diversas especies de peces. Actualmente se practican las repoblaciones en zonas cercanas a la costa y cerradas por redes de malla estrecha, o bien en playas artificiales especialmente estudiadas para este fin.

Cerca de Aio, se ha construído una playa escalonada con un dique abierto en su parte más profunda. En la marea alta el agua entra en la playa sin llegar a cubrir el dique. El fondo de la playa artificial está unos 50 cm. por encima del valor medio entre la marea alta y la marea baja.

Esta playa tiene dos secciones, una formada por cuatro escalones pequeños cuya superficie total es de una hectárea, destinada a recibir las postlarvas en estado P-25, y otra sección de 1,4 hectáreas, más hacia tierra, para la aclimatación y crecimiento de larvas y postlarvas más jóvenes. Entre las dos secciones se coloca una red para retener las algas que pueda arrastrar la corriente.

Por medio de este sistema se separan las larvas de sus predadores ya que éstos, en la marea baja salen fuera de la playa artificial; sólo en marea alta pueden entrar en la playa y capturar las postlarvas, aunque este hecho sólo ocurre unas 2 a 6 horas en 24 horas.

Durante la marea baja y para que la arena de la playa no se quede en seco, se bombea agua de mar que se distribuye por esta plataforma por medio de canalizaciones que la recorren de un extremo a otro por la parte más alta, dejándose circular el agua hacia la parte más baja.

La playa se repuebla con un millón de individuos de un centímetro de tamaño que alcanzan a los 20 días unos 3 cm de

longitud total, escapando al mar por sí solos al llegar a esta talla. Las repoblaciones se efectúan desde el mes de Junio al de Septiembre con un total de unos 5 millones por año.

Mediante marcajes y pescas, tanto con artes de trasmallo como con artes de arrastre, se ha podido comprobar que la supervivencia por repoblación directa en alta mar oscila entre el 10 y el 30% del número de ejemplares empleados; con el método de una zona acotada mediante una red cerca de la costa, el valor estimado es del 20 al 40% y con el método de la playa artificial del 30 al 50%.

En una experiencia realizada para comprobar la influencia de la talla sobre el índice de supervivencia en una repoblación, se lanzaron al mar 155.000 ejemplares de 10 cm de talla, criados en el Laboratorio. Estos ejemplares fueron marcados en el primer segmento abdominal. Posteriormente se capturaron al trasmallo 80.000 ejemplares en menos de 10 m de profundidad y 22.000 con artes de arrastre entre 10 y 20 m, lo que dió un índice de recaptura superior al 65%.

Entre otros Centros dedicados a la cría del langostino podemos citar el de Shibushi, el de Takamatsu y el de Tarumizu.

Es necesario hacer constar que el Japón ha dado y continúa dando un importante empuje a los Programas de Acuicultura, tanto de moluscos como de crustáceos o peces. Todas las provincias costeras poseen al menos un Centro de Investigación Marina y muchas de ellas hasta cuatro o cinco. Para desarrollar al máximo la Acuicultura Marina, en aquellas zonas que son adecuadas para el cultivo de determinadas especies, se utiliza al máximo el área disponible, coexistiendo en ocasiones en una misma zona industrias, urbanizaciones, cooperativas pesqueras dedicadas al engorde de juveniles, etc, una situación totalmente extraña para nuestro país. En este sentido se encuentran muchas playas dedicadas al cultivo de algas marinas, muchas zonas costeras de fondo rocoso acotadas para la liberación de orejas de mar, en las cuales está totalmente prohibido bañarse y un gran número de bahías llenas de balsas flotantes con cuerdas largas para el cultivo suspendido de ostras, vieiras, ascidias, madreper-

las, etc, así como cajas flotantes para el cultivo de peces como los salmones, tal es el caso por ejemplo de la bahía de Yamada.

La producción de peces y otros organismos cultivados se realiza a una escala asombrosa. Así en el año 1970 ya se obtuvieron unas 717.000 toneladas de las diversas especies cultivadas. Es preciso recordar que el pueblo japonés es un gran amante de la cocina marinera, obteniendo el 53% de sus necesidades en proteínas de los peces y mariscos.

Veamos ahora algunas de las actividades que se llevan a cabo en España, en relación con la biología y cría del langostino. Estos trabajos se iniciaron hacia el año 1962 en el Laboratorio del Grao de Castellón del Instituto de Investigaciones Pesqueras, no sólo por el interés científico que tiene el conocimiento de toda especie animal, sino de cara a la aplicación práctica de estos conocimientos, es decir, a la cría artificial de este crustáceo.

Los estudios se iniciaron con una prospección de las áreas de las provincias de Castellón y Tarragona en las que se captura el langostino, eligiendo de entre ellas la situada al Sur de la desembocadura del Ebro. Varias veces al mes y durante algo más de tres años, nos trasladábamos desde el Grao de Castellón a San Carlos de la Rápita, en la provincia de Tarragona, a bordo de la embarcación oceanográfica NIKA de nuestro Instituto. Una vez en aquellas aguas realizábamos estudios oceanográficos de las mismas, analizando su salinidad desde la superficie al fondo observando que los valores extremos estaban comprendidos, durante el período de estudio, entre 31 y 38 por mil. Se trazaban perfiles térmicos del agua cuya temperatura oscilaba entre unos 10 °C en Febrero y unos 27 °C en Agosto. Se realizaban pescas con mangas de plancton, para capturar estados larvarios del langostino y conocer a qué profundidades se realizaba la puesta, en qué épocas y en qué lugares vivían las larvas. Finalmente practicábamos pescas de arrastre a distintas profundidades para conocer los movimientos del langostino.

Una vez en el Laboratorio se llevaba a cabo la disección de los ejemplares capturados para conocer, por ejemplo, su alimentación mediante el estudio del contenido estomacal.

De estos estudios pudimos deducir que, mediante las piezas bucales y las estructuras endurecidas existentes en la parte del estómago correspondiente al cardias, los alimentos son finamente triturados antes de llegar al píloro y quedan prácticamente irreconocibles en el intestino, por ello sólo llegamos a conocer el contenido digestivo de la parte anterior y media del estómago. No obstante, nuestros datos deben ser manejados con cautela, ya que el método utilizado tiende a supervalorar la importancia alimentaria de organismos con partes resistentes, en perjuicio de aquellos alimentos fácilmente digeribles y que no dejan restos identificables.

Por lo que se refiere a los crustáceos, los que de forma más abundante se encuentran en el contenido estomacal son los Decápodos: Braquiuros y Macruros, representados por estados larvarios. Debido a su pequeña talla, algunas de estas larvas se encuentran enteras junto a una masa dispersa de las partes corporales de otras. Son también muy abundantes los Anfípodos, extremadamente difíciles de determinar, pues se encuentran disgregados en partes, al igual que sucede con los Misidáceos.

Menos abundantes son los Ostrácodos, de los que se conserva bien el caparazón quitinoso-calcáreo, los Cirrípedos y los Copépodos, que en ocasiones aparecen enteros, sobre todo los Harpacticoides.

Después de los Crustáceos, son los Moluscos el alimento que ingiere Penaeus kerathurus de forma más abundante. Los restos encontrados pertenecen a Lamelibranquios, Gasterópodos y Cefalópodos.

Al igual que los grupos anteriores, también se encuentran presentes durante todo el año en los estómagos de los langostinos los Poliquetos que se reconocen por las quetas y mandíbulas, después de los Crustáceos y Moluscos, son su principal alimento.

Durante estas observaciones también se reconocieron escamas y vértebras de peces. Con toda seguridad serían estados larvarios o muy jóvenes y más bien cadáveres.

En el contenido estomacal de los ejemplares de mayor talla se encuentran, durante todo el año, espículas calcá-

reas de Equinodermos, pero faltan en los estómagos de los ejemplares de pequeña talla.

Todos los tipos de alimentos mencionados con anterioridad aparecen mezclados en el estómago con materiales orgánicos irreconocibles y gran cantidad de inorgánicos, como arena y barro. Es de suponer que este material inorgánico estará mezclado con materia orgánica en distinta escala de decomposición, la cual puede ser asimilada por el langostino.

Como hemos indicado anteriormente la dieta alimentaria varía según la talla; en los estómagos de los langostinos de menos de 10 cm. de longitud total están ausentes determinados grupos, como por ejemplo Cefalópodos, Equinodermos, Foraminíferos e Hidrozoos. No es de extrañar que los Crustáceos, Anfípodos y Misidáceos abunden en sus estómagos ya que estos grupos son abundantes en las aguas someras en que ellos viven.

También estudiábamos los índices gonodomáticos para conocer las épocas de puesta, los caracteres sexuales externos que diferencian los machos de las hembras, la proporción de sexos de la población y los porcentajes de fecundación.

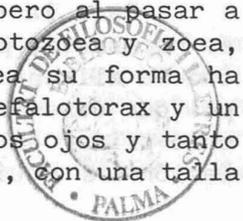
Sobre ejemplares capturados vivos y transportados hasta el Laboratorio, donde se mantenían en acuarios, podíamos realizar estudios de comportamiento, conociendo entre otros la forma en que el langostino se entierra en el sustrato o bien cómo realiza la muda, la cual pasamos a describir.

Uno o dos días antes los langostinos cambian de actividad, cesan de alimentarse y algunos permanecen desenterrados en los acuarios durante las horas de luz, cuando normalmente deberían encontrarse enterrados. La separación del antiguo caparazón tiene lugar generalmente durante las horas nocturnas. Llegado el momento de la muda, se observa que se retiran a un rincón del acuario, apoyan lateralmente el cuerpo en el fondo, se encorvan ligeramente, al mismo tiempo que se separan del caparazón correspondiente al cefalotórax y permaneciendo en esta posición, realizan unos movimientos rapidísimos con los pereiópodos y los extraen de sus fundas, al igual que el resto de los apéndices anteriores. Sigue entonces unos bruscos coletazos y el langostino, suspendido

en el agua, ha conseguido con el primero o segundo coletazo desprenderse del exoesqueleto correspondiente al abdomen y telson, así como extraer los pleópodos del antiguo caparazón. Esta salida del ejemplar blando de su caparazón está facilitada por una capa mucilaginoso del tegumento. El proceso ha terminado, la duración ha sido muy corta, variando de unos ejemplares a otros entre unos siete y doce segundos. El langostino continuará durante algunos segundos más dando bruscos coletazos, después lo veremos caer al fondo quedando recostado sobre el mismo, moverá los pleópodos rápidamente y finalmente, retirado a uno de los rincones del acuario permanecerá algún tiempo sin dar señales de actividad. Poco a poco será más activo, se enterrará y empezará de nuevo a alimentarse, y tras pasar los distintos estados de intermuda llegará de nuevo al próximo estado de premuda.

Gracias a los estudios citados anteriormente, pudimos saber que, llegado el mes de Mayo, hembras y machos del langostino se concentran en zonas poco profundas frente a San Carlos de la Rápita para iniciar la época de puesta.

La hembra realiza la puesta nadando entre dos aguas. Los huevos tienen un tamaño que no llega al medio milímetro y se mantienen en el agua transportados durante un par de horas por las corrientes marinas. Después caen al fondo y al cabo de 14 o 33 horas, según que la temperatura del agua sea de 28 a 20 °C, hacen eclosión y de él sale un pequeño langostino de aproximadamente medio milímetro de longitud. Al nacer, el joven langostino no se parece en nada al adulto, sólo tiene un ojo y tres pares de apéndices, no tiene aparato digestivo por lo que no puede comer y las corrientes lo transportan ya que sus medios de locomoción son muy rudimentarios. A lo largo de un número variable de días, según la temperatura del agua, muda varias veces pasando del estado nauplio I al estado nauplio VI. Durante este período de tiempo ha consumido las reservas vitelinas, pero al pasar a la segunda fase larvaria, en los estados protozoa y zoea, empieza a alimentarse. En la fase protozoa su forma ha cambiado radicalmente ya se le aprecia un cefalotorax y un abdomen. En el estado zoea I le aparecerán los ojos y tanto en este estado como en el protozoa o zoea II, con una talla



de unos 2,5 mm, la larva come durante las 24 horas del día y arrastra un largo cordón de excrementos que en ocasiones es veinte veces más largo que la longitud del cuerpo del animal. En la tercera fase larvaria, o fase mysis, el joven langostino mide de 3 a 5 mm y pasa por tres estados distintos. Ahora ya se parece al langostino adulto, pero aún tiene que realizar unas 20 mudas para adquirir sus características.

En la naturaleza al llegar a esta fase el joven langostino se va acercando a las playas y a las zonas semipantanosas ricas en alimento, tiene ya unos 6-8 mm de longitud y su natación es muy activa. En los llamados estados post-larvarios, con una talla de 1 a 2 cm el langostino se acerca al fondo marino y camina sobre él. Hasta hace poco tiempo nadaba entre dos aguas durante las 24 horas del día, pero ya se ha convertido en un animal de fondo en el que se entierra durante las horas de luz. Es el único medio de defensa del que dispone ya que, a diferencia de otros animales marinos, carece de fuertes pinzas, de espinas venenosas, de grandes mandíbulas, etc.

El pequeño langostino de unos 2 cm de talla del que hemos dicho que permanece en el fondo marino, lo encontraremos durante un par de meses en las zonas de aguas salobres y en las cercanías de las playas hasta que alcance los 6-8 cm de tamaño, momento en que se irá trasladando aguas afuera, buscando mayores profundidades a medida que transcurre el otoño e invierno. Al llegar la primavera siguiente volverá a la costa como adulto y se apareará de nuevo, a poca profundidad, para iniciar la nueva época de puesta.

Hemos visto en líneas generales el ciclo biológico del langostino, pasemos ahora a considerar algunos aspectos de su cría tal como se lleva a cabo en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, en Ribera de Cabanes (Castellón).

Para la cría de las especies marinas desde el huevo, es necesario, por el momento reproducir en el Laboratorio la cadena alimentaria marina y es sabido el transcendental papel que desempeña el fitoplancton en la vida de los océanos, como primer eslabón de esta cadena. Por ello en toda instalación de Acuicultura, donde se pretenda reproducir los

distintos eslabones de esta cadena, se tendrá que prestar especial atención a los cultivos de las distintas especies del fitoplancton, adecuadas para la cría, tanto de los organismos del zooplancton como de las larvas de moluscos, crustáceos o peces que se pretendan cultivar.

Las cepas originales de las diferentes especies del fitoplancton se pueden obtener mediante pescas de plancton realizadas en el mar. Estas pescas contienen una mezcla heterogénea de especies de las que, o bien por el método de resistencia o bien por el de pipeteo y lavado, se pueden obtener cultivos monoespecíficos. El método de pipeteo consiste en separar al binocular, por medio de una micro-pipeta muy fina, células o cadenas de células de la especie que se desea obtener pura, lavarla varias veces en medio fresco y finalmente sembrarla en pequeños frascos de vidrio Pyrex con agua de mar filtrada y abonada con los correspondientes nutrientes. Repitiendo varias veces esta operación se consigue aislar una sola especie. Una vez se alcanza en estos frascos un crecimiento adecuado, el cultivo se emplea para sembrar otros frascos de mayor volumen en los que se burbujea aire con el fin de evitar la sedimentación del cultivo y aportar anhídrido carbónico. Estos frascos se mantienen en una cámara de cultivo a una temperatura de unos 20 °C con iluminación constante. El agua de mar, antes de su utilización en los cultivos, se filtra por filtros de arena y carbón activado, se esteriliza por radiaciones ultravioleta se abona con nutrientes y se le hace pasar a través de membranas de Millipore de 0,8-0,45 micras de poro. De esta forma obtenemos los cultivos monoespecíficos de Skeletonema costatum, de Asterionella japonica y de Phaeodactylum tricorutum, etc.

A partir de las cepas mantenidas en la cámara de cultivos se sigue una producción de fitoplancton a media y gran escala.

Los cultivos a media escala los realizamos en bolsas de polietileno transparentes de 25 litros de capacidad, instaladas en unas estructuras metálicas. Estas estructuras están colocadas bajo un techado transparente para aprovechar al máximo la luz solar, aunque también poseen una serie de

tubos fluorescentes que pueden proporcionar iluminación durante la noche o en días nublados. La instalación dispone de una conducción que distribuye aire a cada una de las bolsas, proporcionando el necesario aporte de anhídrido carbónico para la proliferación del alga, al tiempo que origina un intenso burbujeo para mantener el cultivo en suspensión. Al cabo de unos días, después de haber sembrado las bolsas con cultivos unialgales, se obtienen elevadas concentraciones de algas, variables según la especie. Así por ejemplo no es difícil obtener concentraciones del orden de un millón de células/ml de Skeletonema costatum o unos seis millones de células por mililitro de Isochrysis galbana.

Los cultivos de mayor volumen se mantienen en otro tipo de recipientes contruídos con amplias bolsas de polietileno transparente de unos 500 a 600 litros de capacidad. Estas bolsas están sostenidas por una red sujeta a una estructura de tubo de hierro. En esta fase se sigue un proceso similar al expuesto anteriormente, aunque la densidad de células /ml es menor que en las bolsas de 25 l.

En cuanto al zooplancton las especies mantenidas en la instalación para alimento de las larvas del langostino son el rotífero Brachionus plicatilis y el crustáceo branquiópodo Artemia.

La cría del rotífero Brachionus plicatilis se puede realizar en unos garrafones sin fondo de polietileno blanco y traslúcido de unos 60 litros de capacidad, colocados de forma invertida. En su interior se les ha incorporado un difusor de aire, así como un sistema de circulación constante del cultivo mediante un tubo de ascenso por burbujeo de aire. Este tubo toma el medio en la parte inferior del recipiente y lo eleva hasta la superficie. Gracias a estos dispositivos el medio está permanentemente aireado y en movimiento, evitando, de forma muy efectiva, la sedimentación del cultivo. Los recipientes están dotados además de un calentador termostato eléctrico que permite mantener temperaturas del orden de 25 a 30 °C en pleno invierno. En estos recipientes se alcanzan concentraciones de hasta 300 ejemplares /ml pudiendo utilizarse varias unidades, aunque para mayores volúmenes usamos normalmente acuarios de 1.000

o más litros de capacidad provistos del sistema "race way".

A Brachionus plicatilis lo venimos alimentando generalmente con cultivo algal mono específico de la clorofícea Tetraselmis sp. u otras algas verdes como Dunaliella sp. e incluso con levadura de pan desleída en agua.

La Artemia utilizada procede de California y la adquirimos en forma de huevos cuya eclosión se lleva a cabo en recipientes de metacrilato o de fibra de vidrio plastificada de 150 litros de capacidad de forma troncocónica, con cuatro entradas de aire en la parte inferior.

Para el engorde de Artemia se pueden utilizar estos mismos recipientes o bien acuarios idénticos a los utilizados para la cría de Brachionus plicatilis, de mil a tres mil litros de capacidad, provistos del sistema "race way". El alimento de la Artemia está constituido por cultivos de algas o bien salvado de arroz micronizado. Los resultados del engorde de la Artemia se consideran adecuados ya que, partiendo de 4 gr de huevos se consiguen, al cabo de 15-20 días, de 0,5 a 1 Kg en peso húmedo de ejemplares adultos, según la temperatura de trabajo.

Vistos los sistemas utilizados en el cultivo y cría del fito y zooplancton, podemos pasar a la descripción de la cría del langostino de nuestras costas, el Penaeus Kerathurus.

Para la obtención de huevos viables de langostino es suficiente la utilización de hembras con las gonadas maduras y que se encuentren fecundadas, ya que el esperma que en su día les proporcionó el macho y que utilizan en el momento de la puesta para la fecundación de los óvulos, lo mantienen en el telico durante todo el período de tiempo comprendido entre dos mudas.

En la época de puesta de la especie, que se extiende en las costas del Levante español desde finales del mes de Mayo a primeros de Septiembre, los reproductores se concentran en fondos comprendidos entre 5 y 25 m. Para conseguir langostinos en buenas condiciones de vitalidad, aprovechamos las capturas realizadas con artes de trasmallo obtenidas al amanecer.

Una vez que los pescadores han separado los langosti-

nos del trasmallo, escogen aquellos ejemplares que están fecundados y los depositan en recipientes de material plástico, de unos 80 litros de capacidad, llenos de agua de mar y arena fina en el fondo. Durante el transporte desde la zona de captura hasta el puerto, que tiene una duración máxima de dos horas, se renueva frecuentemente el agua del recipiente. En el puerto se seleccionan del lote aquellas hembras que muestran mayor vitalidad y tienen el ovario más maduro.

Para el transporte desde el puerto al Laboratorio se utiliza el mismo sistema que en el mar, con la salvedad de burbujear en los recipientes aire procedente de un pequeño compresor alimentado por la corriente eléctrica de la batería del vehículo, previamente transformada. Se ha llegado a transportar una hembra adulta de langostino por cada dos litros de agua sin ninguna mortalidad.

Dado que en las zonas marítimas próximas al Laboratorio existen poblaciones naturales de langostino, el transporte de los ejemplares desde los distintos puertos al Laboratorio tiene escasa duración, noventa minutos como máximo. Tomando las precauciones indicadas anteriormente, la supervivencia ha sido total en todos los transportes. También se ha realizado un transporte combinado coche-avión con una duración de unas diez horas. Los langostinos se mantuvieron en bolsas de plástico herméticamente cerradas, conteniendo agua de mar hasta su mitad, unos 15 litros, el resto de la bolsa lleno de oxígeno y en el fondo una capa de arena. Estas bolsas se introducían en cajas de cartón con planchas de poliuretano como aislante, tampoco en estos casos hemos observado ninguna mortalidad.

Una vez que las hembras de langostino han llegado al Laboratorio, se les coloca en acuarios de hormigón armado, de forma rectangular, recubiertos internamente con resina epoxi, o bien en acuarios contruídos en contrachapado marino y plastificados internamente con fibra de vidrio y poliéster.

Ambos tipos de acuarios están dotados del sistema de doble fondo, con una capa de arena silíceas de unos 5 cm. de espesor sobre el falso fondo, lo que permite mantener un

circuito abierto sin perder por ello las larvas o su alimento. Tienen capacidades de mil a diez mil litros y el fondo real dispuesto en tres planos para facilitar el desagüe.

Los acuarios, limpios y desinfectados, se llenan con agua de mar un día antes de la introducción de las hembras de langostino, este agua se ha filtrado previamente por filtros Cuno de 10,5 y 1 micra y esterilizado por radiaciones ultravioleta. Se calienta hasta 26 o 28 °C y se mantiene esta temperatura durante todo el proceso de puesta y cría de larvas. El agua permanece en continua aireación-agitación, mediante una serie de difusores de aire distribuidos de modo uniforme por el fondo del acuario.

El número de hembras maduras que se coloca en cada acuario varía entre 5 y 20 según disponibilidades y tamaño del acuario a razón de una o dos por metro cuadrado. En la primera y segunda noche de estancia de las hembras en los acuarios, bajo total oscuridad, algunas de ellas realizan la puesta vaciando total o parcialmente el ovario mientras nadan moviendo activamente los pleópodos. Las puestas suceden normalmente en las primeras horas de la noche, sacándose las hembras del acuario durante la mañana del tercer día.

Los huevos, una vez puestos por la hembra, permanecen una o dos horas en suspensión, sedimentando después en el fondo a pesar de la intensa aireación-agitación del agua. A una temperatura de 28 a 29 °C, la eclosión del huevo tiene lugar unas 14 horas después de la puesta.

En el momento en que aparecen en los acuarios los primeros nauplios de langostino, hecho que sucede alrededor de las 11.00 horas de la mañana, y su número es suficiente para iniciar la cría, se abona el agua del acuario con los nutrientes adecuados para el cultivo del fitoplancton, a continuación se procede a sembrarla con cultivos pluriespecíficos de Diatomeas, especialmente Skeletonema costatum, aunque también utilizamos Chaetoceros, Thalassiosira o Phaeodactylum, manteniendo, a partir de este momento, una iluminación y aireación constante. De esta forma, al llegar las larvas al estado protozoa en que empiezan a alimentarse, aproximadamente dos días después de la eclosión, según la temperatura del agua, el fitoplancton sembrado se encuen-

tra en fase de crecimiento exponencial y las larvas tienen a su disposición un elevado número de células que les sirven de alimento.

En el supuesto de que el consumo de fitoplancton por parte de las larvas sea superior a la tasa de reproducción del mismo, se agrega al acuario cultivos densos de fitoplancton que se han cultivado aparte, en bolsas de material plástico, como hemos indicado anteriormente. Con este intercambio de medio se consigue también rebajar los niveles de metabolitos en el agua.

Cuando la larva llega a la fase zoea, en su estado zoea II además del fitoplancton se añade al medio ejemplares de Brachionus plicatilis y en la última fase larvaria, a partir del estado mysis I, se agrega además nauplios recién nacidos de Artemia y siempre que es posible copépodos, larvas de Cirrípedos, de Lamelibranquios, etc.

Tanto los Brachionus plicatilis como los nauplios de Artemia, se crían, como hemos visto, en las instalaciones del Laboratorio, pero los otros elementos del zooplancton proceden del mar. Para su captura se ha dispuesto una luz submarina junto al lugar en que una bomba aspira e impulsa el agua de mar hasta las instalaciones. Durante las horas nocturnas se enciende la luz submarina y los organismos fototrópicos del plancton, atraídos por dicha luz, son succionados por la bomba en unión del agua. Cuando ésta llega a la instalación, se filtra por redes de plancton de distinta luz de malla, reteniendo así cada red, los distintos organismos del zooplancton según tallas.

A partir de los primeros estados postlarvarios se suprimen los rotíferos y los nauplios de Artemia sustituyendo éstos por metanauplios y estados juveniles de dicho crustáceo.

Se ha de procurar mantener una concentración adecuada de los alimentos añadidos, pues hemos comprobado que la actividad de captura de presas vivas por larva no es constante, sino directamente proporcional a la concentración de presas por larva y además este consumo aumenta a medida que las larvas pasan de una fase a las siguientes. En las concentraciones máximas ensayadas se ha llegado a contabilizar,

durante 24 horas, consumos de hasta 78 Brachionus plicatilis o 16 nauplios de Artemia por larva de langostino en estado mysis II. Consumos semejantes se han detectado en estado mysis III, mientras que, en el primer estado postlarvario, el consumo por larva ha llegado a ser de 64 Brachionus plicatilis o 34 nauplios de Artemia.

Siguiendo la pauta indicada, al cabo de 14-15 días después de la eclosión del huevo, con temperaturas de 27 a 29 °C, las larvas han alcanzado el estado postlarvario y pronto inician su vida bentónica. Devoran los organismos que habían entrado con el zooplancton introducido o el que había llegado con la propia agua y crecido en el fondo del acuario. A partir de este momento se inicia una alimentación a base de carne finamente troceada de mejillón (Mytilus edulis), cangrejo (Macropipus depurator) y Artemia adulta. A medida que los jóvenes langostinos van creciendo el alimento se les proporciona en un troceado más grueso.

El intercambio de agua en el acuario que se había iniciado en el estado mysis, se va aumentando progresivamente hasta alcanzar renovaciones de dos y tres veces el volumen total del mismo por día, según los valores de pH y los contenidos de amoníaco o nitritos en el agua.

En los tanques de cría hemos conseguido que los langostinos alcancen la talla adulta en unos ocho meses.

Las experiencias de cría del langostino se iniciaron en el Laboratorio del Grao de Castellón del Instituto de Investigaciones Pesqueras hacia el año 1966. Lógicamente las supervivencias larvarias de los primeros años fueron muy bajas, pero con las mejoras introducidas en la metodología de cría se llegó a obtener, seis años más tarde, supervivencias de hasta el 77% desde el primer nauplio a la primera postlarva las cuales han aumentado hasta un 90% en estos últimos años.

Estas supervivencias han sido posibles siempre que se ha logrado mantener los cultivos de fitoplancton en los acuarios de cría de larvas en adecuadas condiciones, también cuando la densidad del zooplancton ha sido la necesaria para el consumo de las larvas en sus diversos estados y mientras se ha logrado controlar la aparición de enfermedades, un pH

alcalino, unos valores de oxígeno próximos a la saturación y unos bajos valores de amoníaco y nitritos. Cuando no se daban estas circunstancias se producían inevitablemente elevadas mortalidades larvarias.

Centenares de miles de langostinos juveniles, de 4 a 8 cm de talla, obtenidos en experiencias de cría, se han empleado para repoblar zonas marinas adecuadas en la provincia de Castellón o se han entregado a diversos industriales para su engorde. También a diversas Empresas de las regiones Levantina y Suratlántica se les ha proporcionado centenares de miles de postlarvas en estados P-15 a P-30 con la misma finalidad.

Dicho todo esto deseo por mi parte que con un soporte técnico y científico suficiente se desarrolle cada vez más en España la Acuicultura Marina. Sin duda no se obtendrán todos los días grandes éxitos, pero las dificultades que entraña deben estimular nuestras energías, como en la expresión de un escritor contemporáneo: "Nuestra vida vale todo lo que nos ha costado en esfuerzo".

Un primer paso en el desarrollo de la Acuicultura Marina lo dio hace trece años la Diputación de Castellón, estableciendo un Contrato de Colaboración con el Instituto de Investigaciones Pesqueras del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, por el que ponía a disposición del citado Instituto una Planta Piloto de Acuicultura en Torre de la Sal, Ribera de Cabanes (Castellón) construída a sus expensas, bajo nuestro asesoramiento y con un presupuesto de unos 80 millones de pesetas.

ASPECTOS BIOTECNOLÓGICOS GENERALES DEL CULTIVO DE PECES MARINOS DE INTERÉS COMERCIAL

Alberto M. Arias

1. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE PECES MARINOS

El cultivo de peces marinos a escala mundial ha adquirido en los últimos años una rápida y fuerte expansión, debida a la necesidad creciente de obtención de nuevas fuentes de alimento, especialmente proteínas, que obliga a mejorar las vías de abastecimiento existentes y a buscar nuevas vías.

A pesar de esto, todavía el 90% de los peces que consumimos procede de la pesca y sólo un 9% es cultivado. De estos peces cultivados, 4 millones de toneladas corresponden a especies de agua dulce, mientras que 2 millones de toneladas son de peces marinos. Entre los peces de agua dulce la producción se basa, en el 80% de los casos, en carpas, y entre las especies marinas, en seriola y anguila, principalmente.

La piscicultura marina no tiene aún las dimensiones económicas de las de agua dulce o la de especies anfibióticas en agua salobre o marina. Esto se debe, sobre todo, al

dominio logrado en las técnicas de producción de alevines.

En la mayoría de los cultivos de peces marinos la práctica profesional se limita a recoger los alevines de la naturaleza y a engordarlos con diversos sistemas y alimentos. Tales aportes de alevines parecen ser insuficientes en muchos casos, ya sea por su carácter aleatorio, o porque los alevines son muy frágiles y resisten mal la captura y el transporte, o porque ciertas condiciones de la recolección, como época y lugar, no son compatibles con la puesta en marcha de una producción programada.

Es por ello que en las dos últimas décadas se ha realizado un considerable esfuerzo científico y técnico para poner a punto centros de producción artificial de alevines de especies seleccionadas, con los que complementar las producciones naturales y mejorar los rendimientos de los cultivos.

La producción en masa de alevines necesita considerables requerimientos materiales y humanos y, en la mayoría de las especies de interés comercial está aún a nivel de investigación o de escala piloto. No existen todavía más que dos especies donde la producción controlada de alevines empieza a ser competitiva frente a las cantidades de juveniles pescados en el mar: la dorada japonesa, Chrysophrys major, y la lubina, Dicentrarchus labrax.

El punto clave de la producción de alevines de peces marinos ha sido y sigue siendo el cultivo de las larvas. La experiencia demuestra que, por regla general, un cultivo es tanto más delicado cuanto más pequeña es la larva en su nacimiento, cuanto más elevado es su nivel trófico y cuanto más larga es su vida larvaria.

Las larvas de peces marinos se ajustan bastante bien a este esquema, puesto que, sin contar con raras excepciones como la del halibut (Hippoglossus hippoglossus), tallas de 3 a 5 mm. y pesos inferiores a 1 mg. son frecuentes en el nacimiento; las larvas son carnívoras o preferencialmente herbívoras y la duración de su vida larvaria no suele ser inferior a un mes.

El análisis de los progresos que se han realizado en materia de cultivo larvario pone en evidencia, como factor

limitante esencial, el aprovisionamiento de cantidades suficientes de un alimento adecuado, sin olvidar, evidentemente, otros factores como las condiciones de cultivo o los problemas patológicos, aunque estos son limitantes sólo en contadas ocasiones.

Por lo que respecta al cultivo restringido o semicultivo, los primeros países productores de peces de consumo son los de Extremo Oriente, donde a través de los siglos, las civilizaciones chinas, japonesas e indonésicas han llevado al más alto grado el cultivo de algunas especies de peces, principalmente, en agua salobre.

En algunos países europeos y de América del Norte se obtienen resultados económicamente interesantes con algunas especies y los costos empiezan a tener favorables características respecto a los de las capturas tradicionales. Tal ocurre en USA, Italia, Francia, Inglaterra, Noruega, Alemania e Israel, donde se han logrado importantes avances en las tecnologías de producción intensiva y semiintensiva. En Latinoamérica el cultivo de peces está pobremente desarrollado y en Africa y Australia no existe tradición en este tipo de actividades.

Los niveles más bajos de producción se obtienen en sistema extensivo, con niveles generalmente próximos a 100 kg/Ha, y los más altos en sistema intensivo, con valores normales de 100.000 kg/Ha, que en ocasiones llegan a 280.000 kg/Ha. Pero el sistema comunmente utilizado es el semiintensivo, alimentando a los peces con comida suplementaria y/o fertilizando el agua. Con este sistema se obtienen producciones de 1.000 a 5.000 kg/Ha.

Si nos planteamos una visión de futuro, las previsiones del cultivo de peces marinos y del cultivo de peces en general, son positivas y por varios motivos. Los costes de producción descienden cada vez más y continuarán bajando mientras se aumente el abanico de especies rentables. La competencia del pescado cultivado se centra en los productos de la pesca tradicional y los productos animales de la ganadería. Tras milenios de domesticación se ha logrado un alto perfeccionamiento en la producción de animales terrestres, pero la cadencia de perfeccionamiento está frenándose, ya

que se ha llegado al máximo de la asíntota biológica.

Las expectativas de la piscicultura son por ello prometedoras, puesto que el cultivo de peces se encuentra, en la mayoría de los casos - si exceptuamos a los países asiáticos - en el comienzo de la función productiva. Además, la eficacia de los peces como transformadores de energía y de materia nutritiva primaria puede situarlos en una curva de nivel superior que la de los animales terrestres, debido a que: a) flotan, su esqueleto representa poco del peso total, lo que quiere decir que la mayor parte del alimento que toman se emplea en fabricar carne; b) son de sangre fría y no necesitan energía para mantener una temperatura corporal constante; c) se pueden cultivar tanto en sentido "vertical" como "horizontal" y por ello el rendimiento por metro cúbico es más elevado.

Con esta creciente superioridad sobre los animales de la ganadería en la producción de proteínas, el pez cultivado costará progresivamente menos que la carne de vaca, de carnero o que los huevos, por ejemplo. Respecto a los productos de la pesca tradicional que dependen de la disponibilidad de caladeros, de los derechos de acceso a estos caladeros y del coste de la captura, el pez cultivado tendrá un valor añadido considerablemente inferior, debido a su menor riesgo de obtención y a su ventajosa normalización.

El pez cultivado permitirá un mayor perfeccionamiento del procesado, cuando el suministro sea regular, no estacional, y consistente en peces de talla normalizada. En su momento el abastecimiento del pez cultivado será programable, lo que disminuirá el factor de riesgo y la necesidad de utilizar al comerciante.

El evidente declive de la pesca, sin presión alguna de los piscicultores, añade urgencia a la situación de lograr nuevas fuentes alimenticias y puestos de trabajo para los pescadores en paro. Para los gobiernos implicados parece lógico, a primera vista, apoyar la expansión de la piscicultura, pero, no obstante, la realidad de la situación política es tal que en muchos países está sucediendo justamente lo contrario. En Dinamarca, por ejemplo, el dinero de que dispone el Gobierno no puede usarse en apoyar a una industria

rival a la pesca, consecuentemente, ha habido un estancamiento en la producción de peces cultivados y durante varios años se han realizado pocas inversiones. En Noruega, el Gobierno ha aceptado que ambas industrias puedan ser complementarias en lugar de competitivas, y numerosos pescadores ganan su jornal como pescadores y como cultivadores de peces.

El coste de las inversiones, operaciones y problemas técnicos y legales pueden constituir el factor crítico que decida el futuro de la piscicultura marina, ya que no parecen existir serias barreras biológicas para el cultivo de un número cada vez mayor de especies. Si el coste del procesado, incluyendo la comercialización, puede mantenerse a niveles razonables, las perspectivas de la piscicultura marina son brillantes. El principal incremento del actual potencial puede ser obtenido por:

- a) Diseñando y construyendo plantas de cultivo polivalentes, donde exista una optimización del medio y del sistema de cultivo así como de las técnicas de reproducción controlada.
- b) Puesta a punto de alimentos compuestos fabricados industrialmente, atendiendo en especial al desarrollo de sustancias disueltas para las fases larvarias, que aseguren un crecimiento óptimo en las mejores condiciones de rentabilidad y mantenimiento de las cualidades organolépticas.
- c) Utilización óptima de los afluentes de plantas eléctricas, térmicas y nucleares, tanto por su elevación de temperatura como por sus rendimientos.
- d) Minimizando las pérdidas debidas a enfermedad, predación y canibalismo.
- e) Maximizando las propiedades genéticas deseables, como rápido crecimiento, alta resistencia al apiñamiento y alta eficiencia en la conversión del alimento.
- f) Aumentando la aplicación de técnicas de policultivo, para conseguir un uso más eficiente de la masa de agua, de la mano de obra, de las instalaciones y del alimento, y adaptando especies de agua dulce a salinidades crecientes.
- g) Aumentando la cooperación, especialización e integración

entre los países implicados en aspectos como la captura, cría y engorde de estados juveniles hasta tamaño comercial, el control de las enfermedades y la producción de alimentos.

Sea cual sea la forma de explotación adoptada, el desarrollo de la piscicultura marina no debe ser objeto de entusiasmos desmedidos ni tampoco de renunciaciones. Numerosos problemas apenas están aún abordados, sobre todo en genética y patología. Pero mientras la contaminación del mar progresa, los signos de sobrepesca se multipliquen, las necesidades de proteínas aumenten y el atractivo de los productos del mar se fortalezca, el cultivo de peces aparecerá mas como una realidad que como una elección de azar, donde convendrá asegurar el éxito en vez de adular o minimizar los resultados.

2. CONCEPTOS SOBRE TIPOS DE SISTEMAS DE CULTIVO UTILIZADOS

El cultivo de peces implica la intervención del hombre en el ciclo biológico (sin tener en cuenta la pesca o recolección) de una especie. Se caracteriza por las diferencias existentes entre los distintos sistemas utilizados de acuerdo con el grado de complejidad introducido, tanto en el aspecto biológico, como en los aspectos técnico y económico, según la región, las especies implicadas y los objetivos perseguidos.

De una manera general se distingue entre CULTIVO INTEGRAL = CULTIVO COMPLETO, cuando para llegar al pez de consumo se recorren y controlan todas las fases del desarrollo embrionario y postembrionario de la especie a cultivar (huevo - larva - alevín - adulto), y CULTIVO RESTRINGIDO = SEMICULTIVO, cuando se controlan sólo las últimas fases del desarrollo, generalmente a partir de los alevines.

A pesar de la diversidad de materiales y de métodos existentes, podemos distinguir dos etapas principales en el proceso de cultivo de un pez, a saber: la obtención de juveniles y el engorde. En algunas especies, como las de salmónidos, suele incluirse una tercera etapa, que es el afinamiento.

En los cultivos completos la obtención de juveniles se hace normalmente mediante el control de la reproducción de genitores cautivos. En los semicultivos los alevines proceden de pescas en el mar con diversos sistemas activos o pasivos.

El engorde tiene por objeto llevar a los animales en cultivo desde el estado juvenil al estado de comercialización. Para ello se suelen practicar tres modos de explotación: EXTENSIVA, SEMIINTENSIVA e INTENSIVA.

Los cultivos extensivos, considerados como piscicultura de mantenimiento, son llevados a cabo sin realizar aportes exógenos de alimento a los peces y sin fertilización del medio; persiguen mantener un equilibrio natural y estable dirigido en provecho del hombre. En este sistema son de destacar los cultivos que se basan en la captación de alevines nacidos cerca de la costa que, atraídos por diferencias de temperatura y salinidad, se establecen en aguas poco profundas de las zonas litorales, que se constituyen así en criaderos naturales. Este sistema de cultivo se encuentra repartido por todo el mundo, más o menos perfeccionado, siendo de destacar por su proximidad los "reservorios de peces" y los "esteros" en el litoral atlántico francés y español respectivamente.

Como cultivos semiintensivos se consideran aquellas explotaciones en las que los estanques de engorde son enriquecidos con alimentos que son consumidos directamente por los animales (además de las presas que encuentran en el medio), o con abonos que favorecen el desarrollo de algas aprovechadas por los peces herbívoros, distinguiéndose así entre cultivos semiintensivos complementados y cultivos semiintensivos fertilizados.

La fertilización de los estanques se realiza por procedimientos muy variados, pero, generalmente, está asociada con un desecado periódico de los estanques de cultivo seguida de un labrado del suelo, como el encalado que se usa en ostricultura. En pisciculturas modernas de Estados Unidos, Europa e Israel se utilizan abonos químicos; en Indonesia los estanques son enriquecidos con aguas residuales de origen doméstico.

La fertilización debe tender no sólo a favorecer el desarrollo de las algas, sino a dirigirlo selectivamente. Así, la abundancia de fitoplancton, sobre todo de cianofíceas, es un índice de alta productividad, al contrario que el desarrollo de algas verdes, que es señal de eutrofización y anuncia la instalación de un equilibrio ecológico frágil, donde la ruptura, frecuentemente brutal, va acompañada de una caída rápida del contenido en oxígeno disuelto y de mortalidades elevadas de los animales en cultivo.

Los aportes directos de alimento son de uso muy frecuente y también antiguo. Esquemáticamente se pueden distinguir tres modalidades: el suministro de vegetales frescos, de desechos de pescado y de alimento sintético.

La adición de hojas, desechos triturados, etc, es ampliamente utilizada en el cultivo de tilapias. El exceso de alimento, que no se consume, contribuye a la fertilización del fondo. Cuando se trata de carnívoros se emplea como alimento pescado de baja calidad, ya sea vivo o muerto. El aporte de alimento sintético, como gránulos secos fabricados industrialmente, está muy desarrollado en los cultivos de especies de agua dulce y está empezando a desarrollarse en cultivos marinos. La dificultad de la alimentación de los carnívoros radica en la necesidad de suministrar un alimento rico en nitrógeno (35-50% de proteínas), por lo que es necesario controlar exactamente las raciones.

El cultivo intensivo deriva, lógicamente, del cultivo semiintensivo complementado, ya que la totalidad del alimento disponible por los peces es suministrado artificialmente. En estos cultivos se busca un rendimiento metabólico máximo, sin preocuparse de mantener un equilibrio ecológico, asegurando con una circulación rápida del agua la evacuación de los desechos y el aporte de oxígeno.

El engorde según el método intensivo está ligado a la fabricación de alimentos compuestos, por lo que el establecimiento de fórmulas alimenticias convenientes es objeto de un gran esfuerzo de investigación.

Los métodos extensivos son más utilizados en salmonicultura y truticultura. Los japoneses utilizan este sistema con la anguila, pero el cultivo intensivo de peces marinos

no está aún muy desarrollado. El principal factor limitante está en la puesta a punto de un alimento compuesto bien equilibrado.

De una manera resumida, las características que diferencian los cultivos extensivos de los intensivos, son las siguientes:

EXTENSIVO

- Bajo grado de control (medio, nutrición, predadores, competidores, enfermedades).
- Bajo costo inicial, bajo nivel tecnológico y baja eficiencia de producción.
- Alta dependencia del clima local y de la calidad del agua.
- Uso de aguas naturales (lagunas, esteros, cerramientos).
- Fundamentalmente especies herbívoras.

INTENSIVO

- Alto grado de control.
- Alto costo inicial, alto nivel tecnológico y alta eficiencia de producción.
- No dependen del clima y de la calidad del agua.
- Uso de sistemas artificiales (tanques, estanques, cajas, canales).
- Máxima producción en mínimo espacio de agua.
- Fundamentalmente especies carnívoras, resistentes al afinamiento.

Por último, el afinamiento o tercera etapa de algunos cultivos, se ocupa de preparar el producto final con objeto de aumentar su valor comercial. Consiste, generalmente, en una modificación de las últimas etapas del engorde, mediante cambio de régimen alimentario, trasvase a un medio de salinidad diferente, etc., destinado a modificar la pigmentación o el sabor de los peces.

Por otra parte, se diferencian también de acuerdo con el número de especies en producción. Así, cuando se produce una sola especie en una unidad de cultivo determinada, siendo indiferente que se trate de un estanque, un canal, una caja u otro tipo de recipiente, el cultivo se denomina MONOCULTIVO. Se entiende por POLICULTIVO la cría de dos o más

especies en cada unidad de cultivo. Esta última práctica goza de gran popularidad en todo el mundo, ya que permite criar juntas especies con diferentes hábitos alimentarios y sacar partido a cada uno de los nichos tróficos del estanque. Los policultivos llegan a ser menos prácticos a medida que el cultivo se hace más intensivo.

En los estanques de monocultivo los peces son criados usualmente sin utilizar todas las partes del medio. Por ejemplo, el cultivo de especies de fondo deja desocupada la mayor parte de la columna de agua. En un intento de aumentar la producción los animales pelágicos deben ser criados junto a los de fondo. Las dos o más especies que coexisten en policultivo deben, naturalmente, ser compatibles. Los chinos han desarrollado el policultivo hasta un elevado nivel práctico (aguas salobres), utilizando cuatro o más especies de peces comedoras de bentos, zooplancton, fitoplancton y macrófitas acuáticas. La densidad de mantenimiento de cada especie en policultivo es, por lo general, similar a la que es apropiada cuando se las produce en monocultivo.

A continuación, después de estas consideraciones generales, necesarias para fijar ideas, pasaremos revista más detallada a los principales aspectos del cultivo de peces en relación con las distintas modalidades expuestas.

3. EL CONTROL DE LA REPRODUCCION EN CAUTIVIDAD

3.1. Introducción

Desde que en la década de los años 30 del presente siglo investigadores brasileños y rusos consiguieron inducir la puesta en cautividad a diversas especies de agua dulce mediante la administración de hipófisis de peces y otros preparados hormonales con actividad gonadotropa, la reproducción de peces en condiciones controladas ha adquirido un gran desarrollo y se ha aplicado también y con éxito a los peces marinos. Los métodos empleados permiten adelantar, retrasar y ampliar el periodo natural de puesta y posibilitan la obtención de híbridos con características de creci-

miento, resistencia y calidad superiores a las de sus progenitores.

Actualmente, la obtención de cantidades masivas de huevos fecundados de muchas especies comerciales (dorada, lubina, lenguado, rodaballo) es posible de manera rutinaria. El método de obtención que mejores resultados proporciona es la utilización de reproductores mantenidos en cautividad aclimatados a las condiciones de laboratorio. También se utilizan con éxito reproductores de captura reciente, pescados durante su época de freza. En el primer caso, lo normal es que se produzcan puestas espontáneas sin necesidad de estimulación hormonal, aunque también es frecuente asegurarse la puesta con una dosis de GCH. En el segundo caso es casi obligado el estímulo de GCH externa para conseguir la puesta. Cuando se utilizan reproductores cautivos durante largo tiempo, las respuestas al tratamiento hormonal son irregulares, lo que hace que sea preciso capturar nuevos individuos del medio natural. Es posible que esta falta de respuesta al tratamiento sea debida a la acumulación de anticuerpos anti GCH.

Otros métodos de obtención de huevos fecundados son las pescas planctónicas en el mar y la extracción por masaje abdominal a los reproductores, ya sea en el momento de la captura en el mar o tras la estimulación hormonal en el laboratorio. El empleo de huevos procedentes del plancton marino precisa de pocas instalaciones en tierra y elimina el uso de los reproductores. Sin embargo, este método ofrece pocas posibilidades, pues, por una parte, es necesario conocer las áreas y épocas de puesta de las especies de trabajo y, por otra, no siempre pueden conseguirse cantidades suficientes de huevos para una producción elevada de alevines. Lo mismo ocurre con la fecundación artificial a bordo del barco de pesca, ya que es muy difícil conseguir hembras en el momento de la puesta, que suele ser un acto fugaz. Con mucha frecuencia se elige también la extracción de los huevos por masaje abdominal en el laboratorio, lo que permite controlar las emisiones, estimar la producción de larvas, estimar las necesidades de producción de alimento para ellas y conocer la fecundidad de los reproductores. El principal

inconveniente de este método estriba en la excesiva manipulación a que se somete a los reproductores, lo que es causa de algunas bajas, y en que la viabilidad de los huevos emitidos suele ser irregular, debido a que se liberan, forzadamente, huevos en diferente estado de desarrollo.

Para todas las especies es interesante definir el periodo de reproducción y las disponibilidades de huevos y embriones. Para ello son posibles varias estrategias, como conservar durante largo tiempo los gametos y los embriones; esto es posible hoy día en el caso del esperma solamente; también se puede adelantar o retrasar las puestas según las necesidades, manipulando los factores ambientales.

3.2. Tipos y efectos de las hormonas utilizadas

El control endocrino de la reproducción en peces se realiza, como en otros Vertebrados, a través de las hormonas secretadas por el sistema hipotálamo - hipófisis - gonada. Por otra parte, el ciclo reproductivo de la mayoría de los Teleósteos está controlado por factores ambientales que funcionan como disparadores del sistema.

Las secreciones de la hipófisis están reguladas por el hipotálamo a través de los "releasing factors". El hipotálamo recibe directamente las variaciones ambientales y es un enlace entre el medio externo y el interno. Las variaciones externas son cíclicas y el organismo responde también de una manera cíclica, adecuando las variaciones fisiológicas de forma que los mecanismos reproductores y de supervivencia alcanzan las máximas posibilidades de éxito ante unas condiciones ambientales dadas. La adaptación a un conjunto concreto de factores ambientales es fruto de un proceso evolutivo.

En las células glicoproteicas de la "pars distalis" proximal de la hipófisis de los Teleósteos se localiza la secreción de hormonas gonadotropas (GTH). Estas gonadotropinas hipofisarias actúan sobre las gónadas estimulando la producción de esteroides sexuales, que tienen una doble misión. Por una parte, regulan el desarrollo madurativo de las gónadas y, por otra, regulan la secreción de gonadotro-

pinas, actuando directamente sobre la hipófisis e indirectamente sobre el hipotálamo, impidiendo la secreción de los "releasing factors".

Mientras unos autores apoyan la teoría de un solo grupo de células gonadotropas, otros admiten la existencia de dos grupos. Uno que secretaría FSH, estimulando al folículo e induciendo la formación de vitelo y otro que secretaría LH, actuando sobre la ovulación. Esta última teoría parece ser la más exacta, pues se ha visto que extractos de hipófisis de peces inician la vitelogénesis en ejemplares en fase de reposo sexual.

En este esquema de control endocrino de la reproducción en Peces pueden existir, por tanto, tres niveles posibles de intervención para inducir la puesta: las gónadas, la hipófisis y el hipotálamo. En el primer caso se trata de una acción directa mediante el suministro exógeno de gonadotropinas. En los otros dos se trata de una acción indirecta, pues se pretende desencadenar la producción de gonadotropinas endógenas, actuando sobre la hipófisis con extractos de hipotálamo que contengan "releasing factors" o bien sobre los centros nerviosos superiores mediante la manipulación de los factores ambientales y por mecanismos de feedback con esteroides.

Los preparados gonadotropos han sido durante mucho tiempo, y con diferencia, las sustancias más utilizadas con fines prácticos en Acuicultura; destacan varias gonadotropinas de Mamíferos (LH, FSH, HCG, HMG, PSMG) disponibles comercialmente como preparados farmacéuticos, y los extractos desecados de hipófisis de peces, principalmente de carpa. Las hormonas de Mamíferos presentan muchas veces resultados irregulares, y su precio se ha ido encareciendo de modo considerable. La extracción de hipófisis supone disponer de un elevado número de donantes; además, de su utilización parece desprenderse que existe cierto grado de especificidad de las gonadotropinas, quizás a nivel de familias.

Los esteroides sexuales tienen poca aplicación práctica, dado el efecto inhibitor que ejercen en la hipófisis de los ejemplares adultos; su uso es, sin embargo, útil en juveniles, con el fin de adelantar y/o controlar la primera

maduración.

Las hormonas hipotalámicas han tenido también poca aplicación, debido principalmente a que la única disponible hasta no hace mucho era la LHRHR sintética de Mamíferos, de efecto irregular y, a veces, contraproducente.

Sin embargo, la manipulación de factores ambientales como fotoperíodo, temperatura, salinidad y nutrición, es una de las vías de intervención directa sobre el hipotálamo muy utilizada en la práctica.

En las regiones templadas la creciente o decreciente longitud del día determina el inicio de la maduración de los gametos y la puesta. El fotoperíodo desencadena el proceso madurativo, de forma que con un fotoperíodo adecuado se puede inducir la puesta natural en épocas muy alejadas de la que es propia a la especie.

Condiciones adecuadas de temperatura son un requisito previo para permitir a la luz afectar a la maduración y liberación de los gametos. Si la gametosis está esencialmente determinada por la luz, la oviposición lo está por la temperatura. Ningún pez pone a altas o bajas temperaturas. La temperatura tiene influencia también sobre el comportamiento del cortejo sexual y sobre las migraciones de puesta.

Cualquiera que sea la especie, el desencadenamiento de la puesta no depende probable ni exclusivamente de los ciclos de luz y temperatura a que se somete a los peces. La influencia sobre los niveles de alimentación debe ser tenida muy en cuenta, ya que se ha visto que una alimentación deficiente provoca carencia de aminoácidos esenciales al final de la maduración y conduce a atresia de los ovocitos. La nutrición afecta también al número de huevos producidos por cada hembra, a la calidad de los mismos y a la viabilidad de las larvas.

La salinidad es un factor importante para muchas especies, ya que actúa sinérgicamente con las hormonas sexuales. En algunos mugílidos, por ejemplo, no se llega a un completo desarrollo gonadal cuando se les mantiene en agua dulce.

El interés de controlar la reproducción de los peces a cultivar es evidente con estos sistemas, pues entre otras ventajas permiten la posibilidad de obtener gametos durante

un período más largo, lo que representa la posibilidad de cultivar varias series sucesivas de alevines en los mismos tanques con una obtención planificada de gametos.

3.3. Técnica de estimulación hormonal de la puesta

3.3.1. Reproductores

De una manera general, en todo cultivo completo controlado los reproductores son el punto de partida insustituible, por lo que es preciso extremar las medidas para capturarlos, mantenerlos y tratarlos.

La formación de un buen stock de reproductores, equilibrado en sexos e integrado por un número suficiente de ejemplares adaptados a la cautividad es uno de los aspectos más importantes, ya que de él dependen la calidad de los gametos que se obtengan.

Los reproductores se capturan en el medio natural con diversos artes de pesca, pero el que mejor resultados proporciona es la pesca con anzuelo; el trasmallo y el arrastre ocasionan abundante pérdida de escamas y heridas que rápidamente se infectan y acaban en la muerte del animal.

Los reproductores se transportan en recipientes de diverso tipo, pero que, generalmente, se procura que no tengan ángulos marcados y que sean ligeros. El problema fundamental del transporte de los reproductores desde el lugar de captura hasta el laboratorio es la oxigenación del agua. Para ello lo más frecuente es la difusión de aire con compresores portátiles. La carga de peces que se transporta no debe ser muy elevada y depende también del tamaño de los ejemplares y de la temperatura del agua. Normalmente se trabaja con unos 5 Kg. por cada 100 litros de agua. En los trayectos largos los peces suelen ser transportados bajo el efecto de un anestésico a baja concentración.

Los tanques que se utilizan para el mantenimiento de los reproductores a su llegada al laboratorio tienen una capacidad variable (10 a 40 m³) y están situados indistintamente en instalaciones interiores y exteriores. Estos tanques funcionan siempre en circuito abierto y cuando se

trabaja con puestas espontáneas disponen de un rebosadero al que va adosado un colector de huevos, en el que quedan depositados tras su emisión y fecundación.

Cuando se utilizan puestas espontáneas, en estos tanques se mantienen juntos a machos y hembras. En el caso de trabajar con puestas obtenidas por masaje abdominal, en unos tanques se mantiene sólo a los machos y en otros a las hembras.

3.3.2. Administración de hormonas

Tanto si se emplean puestas espontáneas como puestas forzadas por presión abdominal, la estimulación de la emisión final y de las últimas fases del proceso madurativo de los ovocitos se consigue rápidamente con inyecciones de GCH (gonadotropina coriónica humana).

Las hormonas se administran siempre por inyección intramuscular profunda o por inyección intraperitoneal. En un principio los rusos las administraban intracranealmente. El tratamiento se aplica por lo común sólo a las hembras, ya que los machos maduran por sí mismos sin necesidad de estímulos. Eventualmente pueden ser inyectados cuando se requiere prolongar la emisión de esperma.

La GCH se adquiere en forma de polvo envasado en viales de 500, 1.000, 1.500, 2.000 y 5.000 Unidades Internacionales (U.I.), acompañados de ampollas de 3 cm de solución fisiológica estéril. Las inyecciones se preparan disolviendo la hormona en 0,5 a 1 ml de solución fisiológica, haciendo las diluciones correspondientes según las dosis requeridas y el número de ejemplares a tratar en cada momento.

El material de inyección se compone de jeringuillas de polietileno de 1, 2,5 y 5 cm, graduadas, y agujas de 0,6 mm de diámetro y 40 mm de longitud. Cuando se practica la inyección intramuscular la zona más corrientemente elegida es la parte posterior de la aleta dorsal más próxima a la cola, donde se introduce toda la longitud de la aguja entre las dos masas musculares dorsales. En todos los casos se inyecta muy lentamente el producto, con el fin de evitar la formación de nódulos o que el líquido se salga al exterior.

Para la inoculación de las hormonas los peces son extraídos de los tanques, anestesiados, inyectados y devueltos a los tanques de origen. La extracción de los peces es preferible hacerla por el vaciado previo del agua del tanque, dejando una capa de unos 20 cm de agua, suficiente para cubrir a los peces mientras se les saca. Con ello la extracción es breve y no traumatizante. A continuación se les recoge de uno en uno con salabres y se les traslada en seco a un recipiente que contiene unos 100 litros de una disolución de agua de mar y un anestésico. El producto más empleado es el MS-222 SANDOZ (metasulfonato del m-amino-benzoato de etilo), que suele prepararse a una concentración de 1 gr por cada 10 litros de agua. A estas dosis los peces acusan el efecto del tranquilizante al cabo de 50-60 segundos de inmersión, mostrando torpes movimientos y pérdida del equilibrio. A los dos minutos quedan inmóviles en el fondo del recipiente; entonces se les saca del anestésico y se les coloca en la mesa de operaciones sobre una superficie suave para evitar roces violentos y se les inyecta la hormona en la forma descrita antes. Seguidamente, los reproductores son devueltos a los tanques de origen, donde en 2-3 minutos más se recuperan totalmente.

Las inyecciones se aplican comunmente a días alternos, en dosis crecientes (500, 1.000, 1.500 U.I.), durante unos diez días. Este tipo de tratamiento ha sido usado corrientemente hasta ahora con dorada, lenguado y lubina; sin embargo, en el caso de la dorada se ha comprobado recientemente que la cantidad de GCH necesaria para inducir la maduración de los oocitos, la ovulación y la puesta espontánea, es inversamente proporcional al tamaño de los ovocitos y, por tanto, al estado de vitelogénesis al principio del tratamiento.

3.3.3. Obtención de gametos y fecundación

La respuesta inicial de las hembras al tratamiento hormonal, cuando se encuentran en un estado de madurez sexual avanzado, consisten en la dilatación progresiva del abdomen hasta llegar a proporciones realmente espectacular-

res. Este fenómeno es consecuencia de la absorción de agua por los ovocitos antes de que sean emitidos. La hidratación es un signo indudable de evolución hacia la puesta, pero no significa que ésta se produzca o que los huevos sean viables. En la lubina es donde el primero de estos dos hechos se produce con más frecuencia, pues, generalmente, el 50% de las hembras no pone espontáneamente tras el tratamiento. La aparición de atresia ovárica puede ser debida a falta de hormona hipofisiaria, sea por la administración de una dosis insuficiente que no permita desencadenar la ovulación, sea por la interrupción del tratamiento. Dado que en la inducción de la puesta pocas veces se explota el potencial total de la gonada, ya que los peces son obligados (masaje abdominal) a poner antes de que la gonada haya alcanzado su máxima capacidad formadora de vitelo, muchos huevos se reabsorven.

El tratamiento hormonal no debe prolongarse indefinidamente por lo que tiene de estresante. Después de un cierto tiempo se puede producir una reabsorción de productos gonádicos con atresia ovular.

En condiciones normales, la dilatación abdominal comienza a apreciarse entre los 2 y 12 días desde el inicio del tratamiento, como ocurre en la dorada y la lubina, dependiendo del grado de madurez inicial de los ovarios.

La obtención propiamente dicha de las puestas puede efectuarse por masaje abdominal de los reproductores anestesados o por emisiones espontáneas en los tanques de mantenimiento. La elección de uno u otro sistema depende de muchos factores, como puede ser el comportamiento reproductivo de la especie, el dimensionamiento de las instalaciones, la mano de obra disponible, etc. Las ventajas de cada sistema consisten en que el primero asegura la fecundación, mientras que el segundo reduce la mortalidad de los reproductores, debidas a las manipulaciones.

Cuando se elige trabajar con puestas espontáneas, la fecundación se produce de forma natural en el mismo tanque de puesta. Para ello, desde el principio del tratamiento hormonal, o cuando se ve que las hembras están a punto de iniciar las emisiones, se colocan en los tanques dos o tres machos fluentes por hembra. La presencia de huevos en el

medio estimula a los machos a emitir esperma. En los tanques de puesta es conveniente colocar algún refugio a los peces, como rocas o algún tubo grueso pintado de negro en su interior, de forma que se encuentren tranquilos y no agiten el agua. De esta manera los huevos emitidos sufren una primera separación: los huevos muertos sedimentan y los huevos en desarrollo flotan. Estos últimos pueden retirarse más fácilmente.

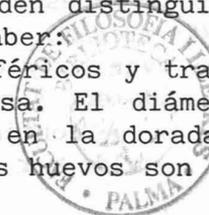
Si las puestas se obtienen por la técnica del masaje abdominal, no es necesario disponer de grandes tanques ni dispositivos de recolección de los huevos flotantes. Lo que sí es preciso es tener a los reproductores separados por sexos en tanques distintos, ya que la mezcla de los productos sexuales se realiza artificialmente y es necesario conocer la calidad y cantidad de los animales con los que se trabaja.

Una vez que el estado de dilatación abdominal de las hembras está suficientemente adelantado se aprecia la posibilidad de obtener huevos. La extracción de los mismos se hace por presión manual suave sobre el abdomen, mediante masajes repetidos en la dirección cabeza cola hasta llegar al poro genital.

Para ello los peces son sacados de los tanques, anestesiados y colocados en el dispositivo para recoger los huevos. Este consiste en un recipiente de vidrio perfectamente limpio, de unos 2 litros de capacidad, que se coloca debajo de una plancha de madera provista de un orificio central de unos 10 cm de diámetro, sobre la cual se apoya el pez. Este se coloca apoyado sobre su flanco derecho y con una mano se le sujeta el dorso y con la otra se aplica el masaje.

Cuando comienzan las puestas la extracción de huevos por este sistema se hace diariamente, una vez por día, recogiendo los huevos que se emiten sólo con una presión suave del abdomen. En la dorada y la lubina pueden distinguirse tres categorías de huevos así emitidos, a saber:

- **Huevos maduros**, que son completamente esféricos y transparentes, con una o varias gotas de grasa. El diámetro medio de estos huevos es de 990 micras en la dorada y 1.200 en la lubina. Las emisiones de estos huevos son muy



fluidas.

- **Huevos inmaduros**, que se caracterizan por ser más pequeños que los anteriores, opacos, con más gotas de grasa que en el estado precedente y tienen forma poligonal. El abdomen de las hembras se presenta compacto y los huevos salen con dificultad.
- **Huevos sobremaduros**, de tamaño muy variable, pero en general, superior al de los huevos de las puestas maduras. No son completamente esféricos y en su interior se observan coágulos que reducen su transparencia. Salen al exterior con facilidad, como los huevos maduros.

La extracción de esperma a los machos se hace también por masaje abdominal, siguiendo las mismas manipulaciones que con las hembras. Los machos maduros producen un esperma blanco lechoso muy denso. Cuando el esperma no está maduro sólo se consigue obtenerlo bajo fuerte presión abdominal y mezclado con sangre. El esperma demasiado maduro es acuoso.

Es necesario disponer, como mínimo, de un número de machos superior al doble del número de hembras, pues para la fecundación artificial se utilizan cuatro o cinco machos por hembra y, algunos de ellos, especialmente los jóvenes, emiten poca cantidad.

En los primeros trabajos de fecundación artificial a gran escala la mezcla de los productos sexuales se hacía en seco, pero recientemente se ha visto que la capacidad de fertilización de los espermatozoides (al menos en dorada y lubina), aumenta cuando la fecundación se realiza en agua de mar diluida. La concentración que mejores resultados da es 20 %.

Para realizar la fecundación artificial se añade a los huevos así tratados el esperma de varios machos, se agita la mezcla con movimientos de rotación suaves durante cinco minutos y se deja en reposo durante 10 a 15 minutos más. Después de este tiempo los huevos se pasan por un tamiz de 1.800 micras, en el que quedan retenidos los restos de tejido ovárico y excrementos que se expulsan por la presión del abdomen, y se recogen en un tamiz de 500 micras colocado debajo. A continuación los huevos se lavan abundantemente con agua de mar filtrada y esterilizada y a salinidad normal

y se eliminan así los restos de esperma y líquido ovárico. Seguidamente los huevos se depositan en cuencos de vidrio, se le añade unos 1.000 cm de agua de mar y se dejan en reposo. En poco tiempo (2-3 minutos) los huevos se distribuyen dentro del agua en dos capas, una flotante en la superficie y otra sedimentada en el fondo del recipiente. Esta última capa, que contiene a la mayor parte de los huevos muertos, inmaduros o no fecundados, se sifona con una cánula de plástico, se cuentan los huevos y se desechan. Después se hace un recuento de los huevos flotantes y se colocan en los incubadores.

3.3.4. Incubación y eclosión

Los métodos de incubación varían según que los huevos sean planctónicos o demersales. Los huevos planctónicos, como los de la dorada y la lubina, quedan flotando al ser puestos en agua de mar a salinidad normal, lo que facilita la separación de los huevos viables de los no viables. Esto permite mantener unas condiciones higiénicas adecuadas. La incubación suele hacerse en recipientes de diversa forma y tamaño cilíndricos o rectangulares, de 10 a 2.000 litros de capacidad. Cuando se usan recipientes pequeños las larvas han de ser extraídas de ellos tras la eclosión y colocadas en los tanques de cultivo. En el otro caso los tanques de incubación sirven también de tanques de cultivo, puesto que las larvas nacen en el mismo recipiente en que se cultivarán. Esto tiene la ventaja de reducir las manipulaciones y, consiguientemente, las pérdidas por mortalidad. La circulación del agua se hace de arriba a abajo, es decir, desde la superficie al fondo. Cuando se usan incubadores cilíndricos, estos van provistos cerca del fondo de una malla de plancton que impide que los huevos sean arrastrados por el agua al exterior del incubador.

Si se trata de huevos no flotantes la circulación se establece de abajo a arriba, con lo que se evita el amontonamiento de los huevos y la falta de oxígeno entre ellos. Esta se consigue con recipientes cilindrocónicos en posición invertida. En general, los flujos de agua deben de ser muy

suaves, ya que una agitación excesiva parece interferir el normal desarrollo de los embriones. El agua debe ser siempre filtrada, esterilizada y mantenida a salinidad y temperaturas constantes o dentro de unos márgenes estrechos. La temperatura es un factor crítico, del cual depende la duración de la incubación: a mayor temperatura la duración de la incubación es menor. En la dorada los huevos eclosionan entre 70 y 80 horas si han sido incubados a 16°C; la incubación dura 48 horas a 18-20°C y unas 36 horas a 22°C.

Los descensos acentuados de salinidad afectan desfavorablemente a la incubación. La flotabilidad de los huevos planctónicos disminuye a medida que lo hace la salinidad del medio, provocando que los huevos en desarrollo se muevan verticalmente en la columna de agua del incubador y entren en contacto con los desechos acumulados en el fondo, siendo atacados por infecciones bacterianas.

Para algunas especies la iluminación constante durante la incubación es otro requisito imprescindible.

4. LOS PROBLEMAS DE LA CRÍA LARVARIA Y EL PREENGORDE

4.1. Introducción

Si el control de la reproducción en cautividad permite la obtención de millones de huevos y larvas, no ocurre lo mismo con el cultivo de estas larvas hasta el estado de juvenil morfológicamente parecido al del adulto. Esto no es debido a la especial fragilidad de las larvas, sino, precisamente, a sus exigencias alimentarias. Las larvas en cultivo no aceptan ingerir más que presas vivas planctónicas, de una talla bien definida según su edad y cuya composición química responda a sus necesidades metabólicas. En ciertas especies se han conseguido criar algunos alevines partiendo de larvas alimentadas con comida inerte, pero la supervivencia ha sido muy baja. Esto se debe a que tales alimentos son deficitarios en algún componente esencial de la dieta y también a dificultades que existen para mantener una buena calidad del agua cuando se le añade gran cantidad de materia orgánica, que entra rápidamente en descomposición si no

es consumida.

Normalmente las larvas tienen una movilidad muy escasa durante los primeros días de vida y, por ello, requieren una densidad de alimento en el agua elevada, para poder capturarlos en sus cortos desplazamientos. De aquí, que cuando se emplea alimento inerte, este deba ser mantenido en suspensión y a una alta concentración, lo cual es incompatible con el mantenimiento de unas condiciones higiénicas óptimas en los tanques de cultivo.

Las presas vivas parecen, por tanto, un alimento indispensable, al menos para las larvas muy jóvenes.

Para obtener alimento vivo a altas concentraciones hay que disponer de unas instalaciones bastante mayores que las requeridas sólo para el mantenimiento de las larvas. El proceso a seguir es crear una cadena trófica de alta productividad, para lo cual lo más eficaz suele ser el cultivo monoespecífico de especies seleccionadas.

La gama de organismos marinos utilizados para la cría de larvas de peces marinos es muy extensa. En ella se incluyen estados larvarios de celentéreos, equinodermos (erizos), moluscos (mejillón, ostra), Crustáceos (Balanus), tunicados, Poliquetos (Nereis, Pomatoceros) y de otros organismos planctónicos como rotíferos (Brachionus plicatilis), copépodos (Euterpina, Tisbe, Trigriopus), branquiópodos (Artemia salina) y protozoos (Fabrea salina, Euplotes, Philaster).

A escala piloto y más aún a escala industrial los grupos de organismos están muy restringidos, hasta el punto de que, en la mayoría de los casos, sólo el rotífero Brachionus plicatilis y el branquiópodo Artemia salina soportan las primeras fases del desarrollo larvario de los peces en cultivo. Esto es debido a que la obtención diaria de puestas para conseguir larvas de otros organismos planctónicos requiere un trabajo considerable y los resultados nunca son seguros o no es posible almacenar los organismos producidos para utilizarlos cuando se precise.

La producción masiva de alimento para las larvas de peces requiere a su vez cultivos de algas con los que alimentar a los organismos presa. El fitoplancton, que es la base de las cadenas tróficas marinas, se utiliza en la mayo-

ría de estos cultivos. Sirve para alimentar al zooplancton, que constituye el alimento de arranque de las larvas de peces.

Sin embargo, no hay que olvidar la importancia, también indirecta, del fitoplancton en el semicultivo de peces a escala industrial, como pueden ser los casos de la cría de anguila en Japón, de milkfish en Indonesia o de los cultivos mixtos de carpas y mugílidos en Israel, por poner sólo unos pocos ejemplos. En estos casos se atribuye al fitoplancton un papel en la mejora de la calidad del agua, basándose en el hecho de que las algas aumentan la concentración de oxígeno y consumen los compuestos nitrogenados como amonio y nitritos.

De acuerdo con estos fenómenos se realizan también cultivos de larvas de peces en cultivos de algas (aguas verdes), pero no existen experiencias rigurosas que demuestren una supervivencia y crecimiento larvarios. De hecho, dado que el alimento fundamental de las larvas de peces en cultivo son los rotíferos y que estos se utilizan a concentraciones elevadas, se produce un gran consumo de algas que son convertidas en desechos a alta velocidad, por lo que el mantenimiento prolongado de un equilibrio entre asimilación y excreción es sumamente problemático. No obstante, algunos autores encuentran cierta ventaja en este sistema de cultivo, como es el hecho de mantener el valor nutritivo de los rotíferos mientras permanecen en el tanque sin ser consumidos.

Las especies de algas cultivadas con fines de piscicultura son todas neríticas, litorales o supralitorales. Las especies oceánicas presentan particulares dificultades para su cultivo, al parecer porque tienen exigencias muy estrictas de tolerancia a las condiciones fisicoquímicas por estar adaptadas a ambientes estables.

Las propiedades que debe reunir un alga para poder ser utilizada en el cultivo de organismos planctónicos residen principalmente en su tasa de crecimiento, que debe ser elevada, y en su capacidad para mantener una elevada densidad del organismo en cultivo (rotífero). Además es preciso tener en cuenta su valor nutritivo, su tamaño y que no sean tóxi-

cas. Así, por ejemplo, el uso de Dunaliella tertiolecta no favorece el crecimiento de las larvas y produce altas mortalidades. El fallo de este alga radica en su carencia en ácidos grasos poliinsaturados, que son un componente dietético esencial. Otras algas, como Isochrysis galbana, cuando crecen a elevada temperatura liberan al medio metabolitos tóxicos.

Existe una amplia lista de especies de algas de utilidad en piscicultura, pero las más frecuentemente empleadas son las siguientes: Tetraselmis suecica, Phaeodactylum tricornutum, Nannochloris oculata, Isochrysis galbana, Monochrysis lutheri; Dunaliella tertiolecta, Skeletonema costatum, Cyclotella nana y Gymnodinium splendens.

A continuación, de acuerdo con el orden cronológico de producción de alimentos vivos para las larvas de peces, describiremos los principales pasos de los procesos de cultivo de fitoplancton, rotíferos y artemia, para finalizar con el modo de utilización de esta cadena trófica y el análisis de las perspectivas actuales.

4.2. Condiciones generales de los cultivos de fitoplancton

El problema del cultivo en masa de fitoplancton mono-específico consiste en determinar y mantener las condiciones necesarias para obtener los máximos niveles de densidad de población, tasas de crecimiento y reproducción, y máxima eficiencia de luz, temperatura y nutrientes.

Los procedimientos adoptados para el cultivo en masa de algas son muy variados en las distintas partes del mundo, pero todos se enfrentan al mismo problema: la contaminación bacteriana o de otros organismos. Esto es así porque la tecnología disponible no permite trabajar con grandes volúmenes de agua estéril a un costo razonable. Por otra parte, la manipulación exigida por estos cultivos es mayor, con lo que aumentan los riesgos de contaminación.

El crecimiento excesivo de una población bacteriana, hace precipitar los cultivos de algas y estos son incapaces de sostener una población de rotíferos. Una densidad elevada

de bacterias es perjudicial para las larvas, porque se liberan metabolitos tóxicos o provoca la mortalidad de las propias algas, que forman grumos y no pueden ser ingeridas por los rotíferos.

Una contaminación de los cultivos de algas suele ser la producida por cianofitas. Estas algas tienen un rápido crecimiento y cuando prosperan abundantemente pueden retardar el crecimiento de los rotíferos.

Hoy día es económicamente imposible la obtención de cultivos estériles de algas en grandes volúmenes. Por ello, la solución adoptada para controlar la calidad bacteriológica de los cultivos consiste en la división en unidades independientes de menor tamaño. Otra parte del éxito corresponde al tratamiento previo del agua de mar destinada a los cultivos.

Un procedimiento típico consiste en una prefiltración a bajo costo, seguida por una filtración en escalones sucesivos, por ejemplo de 15, 5, 1, 0,45 y 0,22 micras. La razón de este escalonamiento se debe a que el coste de la filtración aumenta al disminuir el tamaño del poro del filtro casi en proporción geométrica, por lo que al alargar la vida media de los filtros de menor poro mediante la retención previa de partículas más gruesas, se consigue abaratar el coste. La filtración a 0,22 micras asegura una elevada eliminación de bacterias. A la salida de este filtro puede añadirse una esterilización con lámparas ultravioleta.

La división de los volúmenes de cultivo en unidades independientes permite disminuir el riesgo de contaminación bacteriana al poder disponer siempre de otras unidades. El control bacteriológico a escala industrial puede hacerse de manera aproximada mediante la centrifugación de muestras de los cultivos. Cuando existe contaminación el líquido sobrenadante presenta una turbidez característica y el cultivo correspondiente puede ser descartado.

El mantenimiento de las cepas monoalgales es de primera importancia para conseguir una producción constante. En este caso la esterilización por filtración no ofrece garantías suficientes y es aconsejable mantener las cepas en medio esterilizado en autoclave. Las cepas pueden mantenerse

de varias formas. Es conveniente tener una línea constantemente en renovación. Para ello se mantienen las cepas puras en tubos o placas de agar enriquecido. Periódicamente se toman inóculos y se siembran en medio líquido en volúmenes crecientes, con lo que se renuevan de manera continua las algas en cultivo. Todos los cultivos de pequeño volumen deben mantenerse en medio esterilizado en autoclave.

Como inóculos de cultivos mayores suelen emplearse cultivos crecidos en 10 litros. El sistema de enriquecimiento del agua es muy variado y hay multitud de recetas. En realidad, el suministro de nitrato, fosfato, EDTA, metales traza y tiamina resulta suficiente para las especies ordinariamente cultivadas. Los requerimientos de hierro suelen ser mucho más elevados que los de otros metales y pueden ser limitantes.

Un foco de contaminación posible es el aire que se introduce a los cultivos para evitar que haya una sedimentación de las células, por lo que debe ser filtrado previamente. La regulación de la temperatura es muy importante para mantener unos rendimientos óptimos. En general, las crisofíceas deben ser mantenidas a temperaturas inferiores a 20°C. Las clorofíceas son más tolerantes, pero aunque a una temperatura más elevada aumenta su tasa de crecimiento, también se favorece el crecimiento de las bacterias. La iluminación debe mantenerse entre 2.000 y 3.000 lux, si bien al aumentar la densidad de los cultivos estos niveles pueden llegar a ser deficientes. El control del pH permite conocer el estado de un cultivo; el pH óptimo suele situarse entre 8,2 y 8,7. La presencia de bacterias hace que el pH descienda.

El tipo de recipientes utilizados para los cultivos en masa de algas es muy variado. Los cultivos en recipientes cerrados son, en general, mejor controlados. Puede decirse que tanques de todos los tamaños y formas son útiles. Las condiciones esenciales que deben reunir son ausencia de toxicidad de los materiales y la posibilidad de una limpieza fácil y profunda.

Corrientemente se usan recipientes cilindrocónicos o garrafas de polietileno en posición invertida, a las que se retira el fondo. En estos recipientes se comienza el cultivo

de algas, que es seguido por el cultivo de rotíferos, los cuales van siendo pescados a medida que crecen en densidad y las algas repuestas. La utilización de este sistema a escala industrial es muy engorroso y requiere mucha mano de obra.

En los sistemas europeos frecuentemente se utilizan bolsas de polietileno de un solo uso y de tamaños muy variados, que van desde grandes bolsas de 1.000 litros, sostenidas en una armadura rígida, hasta bolsas de 15 a 20 litros, colgadas de perchas. Estas bolsas son obtenidas prácticamente estériles de fábrica y a través de un orificio en la parte superior se le introducen los nutrientes y la aireación.

En la práctica de rutina las algas son crecidas inicialmente en frascos de vidrio de 10 litros, hasta que alcanzan densidades elevadas, que varían según el tipo de alga (Tetraselmis, 2-3 x 10 cel/ml). Algunos de estos frascos se utilizan como inóculos para los cultivos en masa, sembrándolos en bolsas de polietileno de unos 70 litros de capacidad y otros frascos se inoculan con cultivos de rotíferos a concentraciones de 8-10 rot/ml. Cuando la bolsas de algas han adquirido las concentraciones requeridas, se inoculan con los frascos de rotíferos que han adquirido densidades de 80-100 rot/ml. Estos cultivos de rotíferos en las bolsas son dejados hasta que clarean el medio; entonces se recogen en tamices adecuados y se distribuyen a las larvas de peces. Con este sistema los frascos pueden tener una rotación de 6 días y las bolsas de 6 a 8 días.

El crecimiento de Tetraselmis suecica es el que requiere mayor cuidado, pues con gran facilidad se contamina de bacterias y el alga deja de crecer y forma grumos. El cultivo de Nannochloris no presenta problemas, aún en cultivos envejecidos. El alga Phaeodactylum tricorutum presenta una situación intermedia, siendo más resistente a la contaminación bacteriana que Tetraselmis pero menos que Nannochloris.

La capacidad de estas tres algas para cultivar poblaciones de rotíferos es inversa a su resistencia a la contaminación. Los mejores resultados se obtienen con Tetraselmis, alcanzándose concentraciones de 400 rot/ml. Con Phaeodactylum se suelen alcanzar de 180 a 200 rot/ml y con

Nannochloris de 120 a 150 rot/ml.

4.3. El cultivo de rotíferos

El rotífero Brachionus plicatilis es la especie más utilizada universalmente para la alimentación de las larvas de peces en cultivo. Se trata de una especie de agua dulce en la que las hembras, de mayor tamaño que los machos, unas 150 a 200 micras, son capaces de reproducirse partenogenéticamente en condiciones favorables. Este rotífero se acostumbra fácilmente al agua de mar y soporta concentraciones que pueden pasar de 500 ind/ml. El ritmo de duplicación de las poblaciones puede ser inferior a 24 horas. Los métodos de reproducción a gran escala están bien establecidos.

Gran cantidad de cepas de este rotífero existen en la actualidad y difieren en su velocidad de crecimiento, en la tolerancia a la temperatura y salinidad y en la relación entre formas partenogenéticas y anfígónicas. La producción de machos, aparte de ser una característica de la cepa, varía con la edad del cultivo como consecuencia de la acumulación de sustancias inductoras.

Para obtener los máximos rendimientos las condiciones del cultivo deben mantenerse de forma que se evite la aparición de formas míticas (sexuales), que dan lugar a la producción de machos y de huevos durables. Para ello, la práctica usual es retirar el medio de cultivo y sustituirlo por un medio fresco, con lo que se consigue mantener la población en fase de crecimiento exponencial.

El mantenimiento de cepas puede hacerse bajando la temperatura. Entre 13 y 15°C B. plicatilis se reproduce muy lentamente y mantiene una población estable durante largos periodos. Los resultados experimentales en cuanto a tasas de crecimiento y filtración son muy difíciles de reproducir, debido a que las condiciones existentes en cada lugar originan cepas adaptadas, que difieren notablemente unas de otras.

El mantenimiento de poblaciones partenogenéticas con un mínimo porcentaje de machos, no siempre es lo más aconsejable para la alimentación de las larvas de peces. Por

ejemplo, los rotíferos adultos tienen un tamaño superior al de la boca de las larvas de dorada cuando estas empiezan a alimentarse por sí mismas. En cambio los machos tienen un tamaño aproximadamente la mitad que las hembras, por lo que el suministro de estas poblaciones de rotíferos puede ser de mucho más valor en los primeros días de arranque de la alimentación.

En muchos centros de piscicultura se ha ensayado con éxito la producción de rotíferos con levadura de panificación en lugar de con algas como se describió en el apartado anterior. Esto representa una reducción muy considerable de los costos porque, por un lado, se eliminan los gastos de la producción en masa de algas, lo que permite además duplicar el espacio disponible para los rotíferos y, por otro, los rendimientos son mucho mayores, alcanzándose concentraciones de más de 500 rot/ml.

Con este procedimiento se producen ocho veces más rotíferos que con las algas, se disminuyen los costos al eliminar el consumo de nutrientes para las algas y al prescindir de la iluminación continua necesaria para el crecimiento algal. El criterio original de dividir la totalidad del cultivo en volúmenes menores, no sólo sigue siendo válido, sino que es más conveniente. En efecto, la levadura, al carecer de células móviles, tiende a sedimentar, lo que es muy difícil de evitar si se usan grandes tanques. La levadura sedimentada entra rápidamente en descomposición y obliga a iniciar el cultivo cada semana. Con el sistema de bolsas es fácil mantener la levadura en suspensión, al tratarse de pequeños volúmenes bien aireados. No obstante, existe un pequeño porcentaje de bolsas que han de ser descartadas.

4.4 La producción de Artemia salina

El branquiópodo Artemia salina es actualmente, después de 50 años de que sus nauplius fueran usados por primera vez como alimento de larvas de peces, el eje del cultivo larvario de especies marinas. Por ello, la demanda y el precio de esta producto son muy elevados. Desgraciadamente, el aprovi-

sionamiento de huevos de Artemia de buena calidad es difícil. Mientras existen más de 50 fuentes naturales diferentes y otros numerosos lugares posibles repartidos por todo el mundo, la mayor parte de las plantas de piscicultura se abastecen de la San Francisco Bay Brand Company. Los otros productores ofrecen huevos con una tasa de eclosión que raramente sobrepasa el 50 %, tienen bajo poder nutritivo o acumulan pesticidas. En Brasil y en el sudeste asiático (Filipinas y Tailandia) se han realizado campañas de inoculación de quistes que han contribuido a la mejora del mercado internacional entre 1978 y 1981. Después de esta época parece ser que la situación ha vuelto a hacerse difícil debido a las compras masivas que los acuicultores japoneses han realizado de los productos procedentes de Brasil.

Artemia salina se desarrolla en masa en el medio natural en ambientes de salinidad elevada. Existen variedades partenogenéticas y anfigónicas, así como razas diploides y tetraploides. A parte de estas modalidades existen también dos tipos de producción de descendencia. Por un lado, las hembras pueden dar lugar a huevos que se desarrollan en el interior del saco ovífero y producen nauplius y estos, se convierten en individuos adultos (15 días). Por otro lado, los huevos son emitidos al exterior, inician el desarrollo embrionario, pero pueden detenerlo cuando se dan condiciones ambientales desfavorables, formando una cubierta quitinosa resistente, pasando a un estado de criptobiosis, es decir, formando un quiste. Estos quistes continuarán el desarrollo cuando las condiciones externas vuelvan a ser adecuadas.

Los quistes pueden ser desecados y conservados durante años, bastando su introducción en agua de mar con aireación suplementaria e iluminación constante, para que se dispare el desarrollo y al cabo de uno o dos días nazcan las larvas nauplius. La eclosión de los quistes no se produce si la salinidad es superior al 70 por mil. En este hecho se basa la obtención de quistes en las lagunas productoras de Artemia, ya que manteniendo en ellas una salinidad elevada, los quistes emitidos no eclosionan y se van acumulando en las orillas por acción del viento. La población se mantiene

con los individuos nacidos por desarrollo directo del huevo dentro del saco ovífero de la hembra.

Los quistes retirados de las lagunas de producción sufren un laborioso tratamiento de limpieza, ya que van acompañados de fango y materiales diversos. El mejor procedimiento es tamizarlos por vía húmeda a través de una columna de filtros de mallas progresivamente decrecientes. El diámetro de los quistes es de 200 a 215 micras, por lo que quedan retenidos, prácticamente limpios, en el tamiz de 180 micras.

Una vez tamizados los quistes se introducen en un recipiente con forma de embudo, que contiene una salmuera concentrada. Los quistes flotan y las impurezas finas que aún les acompañan caen al fondo y se separan por la parte inferior del recipiente con una llave reguladora.

Después de esta operación los quistes se depositan sobre marcos de muselina, extendiéndolos en una capa muy delgada. Estos marcos se colocan en los secaderos, que son unas habitaciones cerradas en las que se establece una circulación de aire caliente.

Para obtener un mayor grado de pureza del producto final, los quistes secos son primero tamizados por una malla de 300 micras y luego separados por chorro de aire de las cascarillas vacías. Los quistes así tratados se conservan en frascos de vidrio herméticamente cerrados para evitar la humedad. Cuando se requiere la obtención de nauplius para las larvas de los peces en cultivo, se procede a hacer eclosionar las cantidades de quistes necesarias.

Uno de los problemas existentes en ese momento es la separación física de los nauplius de las cascarillas y de los quistes sin eclosionar. Un gran número de aparatos han sido diseñados con este propósito, basados en el fototropismo positivo de los nauplius. El problema estriba en que la ingestión de quistes o cascarillas produce obstrucciones intestinales en las larvas y ocasiona importantes mortalidades. Todos estos aparatos han perdido su utilidad desde el momento en que se descubrió que los quistes pueden ser fácilmente descascarillados mediante el tratamiento con una solución de hipoclorito comercial. La lejía elimina el

corion y los embriones quedan cubiertos sólo por una débil membrana que no representa ningún peligro para las larvas. Los quistes así tratados presentan un porcentaje de eclosión superior en un 5 a 10% respecto al de los no tratados y, al mismo tiempo, evitan la introducción de bacterias en los tanques de larvas de los que se encuentran en la cáscara.

Los quistes decapsulados pueden ser incubados fácilmente en bolsas de polietileno de las mismas características que las utilizadas en el cultivo masivo de algas y rotíferos. Si se trata de bolsas de 70 litros de capacidad, suele sembrarse 1 cm de quistes por cada litro, instalando fuerte aireación e iluminación continua. A las 48 horas nacen los nauplius que, si van destinados a las larvas pequeñas, pueden ser utilizados inmediatamente a su eclosión, o pueden ser mantenidos en las bolsas por más tiempo si interesa que tengan un tamaño mayor. En cualquier caso es recomendable añadirles cultivo de algas con el fin de que sean ingeridos por las larvas con el tubo digestivo repleto, lo cual aumenta su valor nutritivo.

El rendimiento de los quistes es variable y depende de la época de recolección. Los mejores son los que proceden de los meses de verano, principalmente de julio, que dan un rendimiento de 150.000 a 200.000 nauplius por gramo de quistes. Los procedentes de los meses de otoño e invierno dan sólo de 70.000 a 80.000 nauplius por gramo.

Las poblaciones naturales de Artemia son también utilizadas para alimentar a las larvas de peces cuando estas ya requieren presas vivas de mayor tamaño que los nauplius, con lo cual se reduce notablemente el consumo de quistes al no tener que prolongar el cultivo de Artemia hasta conseguir el tamaño adecuado en cada momento. En las lagunas productoras la Artemia es recogida con mallas de 150 micras, separada por tamaños con tamices adecuados, lavada y administrada directamente a las larvas. En ocasiones se congela para conservarla y se distribuye posteriormente.

4.5. Perspectivas actuales de la producción de alimento larvario

La cadena: cultivo de algas, cultivo de presas vivas, cultivo de larvas, representa una carga costosa y delicada, difícilmente previsible a nivel de una producción masiva. Actualmente se trata de reducir progresivamente los riesgos que implica el empleo de una cadena alimentaria a base de organismos vivos, desarrollando una mejor utilización de los productos almacenables. Esto implica, por una parte, el reemplazamiento de algas vivas por polvos de algas en la alimentación de los organismos herbívoros y, de otra, la sustitución lo más completa posible de presas vivas por alimentos inertes, como presas muertas, piensos, etc.

La búsqueda de sucedáneos de algas vivas se ha centrado en el empleo de levaduras marinas, aparentemente menos costosas de producir en grandes cantidades. Pero las levaduras son alimentos incompletos, de delicado manejo. Para obtener un crecimiento de Artemia o tasas de multiplicación con Brachionus similares a las que se obtienen con algas, es necesario añadir un complemento vitamínico a las levaduras empleadas.

Más recientemente, han sido puestas a punto técnicas de cultivo de Artemia, simples y económicas gracias a la aparición en el mercado de polvos constituidos por algas microscópicas secas, como Scenedesmus o Spirulina, que se conservan bien, no requieren ningún complemento y son poco costosos.

Otro notable avance experimentado en los últimos cuatro años es la utilización de plancton recolectado en las lagunas costeras, lo que ha supuesto el abandono de los cultivos de algas en las plantas de producción de alevines. Los organismos planctónicos son recogidos de estas lagunas por filtración de grandes volúmenes de agua con diversos sistemas fijos o móviles, tamizados y separados en una variada gradación de tamaños según las necesidades y distribuidos a las larvas bien directamente o bien congelados para su almacenamiento.

Estas nuevas tecnologías han supuesto una reducción enorme de los costos de producción de alevines y el desarrollo de métodos para manejar biológicamente estas lagunas con el fin de conseguir unos niveles adecuados de producción de

zooplancton de una manera selectiva.

4.6. Cronología general de la alimentación larvaria y supervivencias

La variedad de tecnologías utilizadas, tanto en los cultivos de larvas como en los organismos y sustancias empleadas como alimento, evidencian la gran dificultad que existe para proponer un modelo tecnológico a un futuro acuicultor. Existen numerosas técnicas intermedias y no parece posible actualmente relacionar directamente y con seguridad tal o cual método con la tasa de supervivencia larvaria. Se producen además numerosas y diversas malformaciones corporales en las larvas cultivadas, que son causa de mortalidades más o menos elevadas. El origen de estas malformaciones no está aún bien determinado, pero ciertos resultados apuntan a causas relacionadas con las condiciones del medio, especialmente con la temperatura; también la composición del alimento, tanto en su calidad como en su cantidad, parece tener mucha importancia.

De cualquier forma, la secuencia alimentaria tradicionalmente utilizada hasta que se consiguen individuos que pueden ser estabulados para su engorde en el medio natural, es la siguiente, aplicada a la dorada y la lubina:

- Día 4 a 25: B. plicatilis, a concentraciones de 40 rot/ml.
- Día 15 a 60: Nauplius de Artemia salina, a 30 naup/ml.
- Día 30 a 90: Artemia de 2-4 mm y carne triturada de cangrejos, camarones, mejillones y pescados.
- Día 60 a 120: Artemia adulta y pasta de carne de cangrejo, pescado, mejillón, etc. con pienso compuesto seco.
- Día 90 a 120: Estabulación en estanques de engorde: alimentación en extensivo, semiintensivo o intensivo.

Numerosas tentativas se han realizado para poner a punto un alimento inerte tipo pienso adaptado a la primera fase del cultivo de larvas, es decir, de los días 0 a 40, pero ningún resultado significativo se ha obtenido hasta el momento; con la lubina se citan supervivencias de un 4% con

este sistema de administración exclusiva de pienso.

Sin embargo, a la edad de uno o dos meses los alevines pueden ser adaptados perfectamente a comer pastas artificiales o gránulos secos de tamaños adecuado al de su boca. A veces se han observado retrasos en el crecimiento de las larvas, pero el empleo de alimentos artificiales está en la línea por la que se pueden conseguir los mayores avances, ya que los alimentos secos presentan la ventaja de ser más baratos, fáciles de obtener y de almacenar y son susceptibles de ser administrados de forma automática.

El principal problema de esta técnica con algunas especies, como platija y lenguado, consiste en que es difícil de adaptar a los alevines a la dieta artificial y pueden producirse grandes mortalidades. También existen dificultades si el alimento no está bien equilibrado, ocasionando un nulo crecimiento y llegando a alcanzarse un punto de no retroceso en el cual los animales rechazan incluso el alimento vivo y mueren.

El estudio de las necesidades alimentarias de las especies de peces objeto de cultivo revelan que las necesidades cualitativas en aminoácidos esenciales y ácidos grasos indispensables son parecidas en la mayoría de ellas. Lo mismo ocurre con el porcentaje óptimo de proteínas de los alimentos, que debe estar comprendido entre el 40 y el 55%. Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga presentan un caracter indispensable. Faltan estudios específicos sobre las necesidades en vitaminas y sales, pero las mezclas conocidas de esos oligoelementos para los salmónidos parecen cubrir esas necesidades. Los requerimientos aparentes de proteínas pueden ser modificados por otros constituyentes de la ración. Lípidos y glúcidos pueden economizar proteínas utilizadas con fines energéticos. Todos los problemas de utilización de glúcidos en los peces están siendo estudiados en profundidad. Su utilización como fuente de energía es limitada. Hay una falta casi total de datos en lo que respecta a las variaciones de las dietas alimenticias en función de la edad y de las condiciones del medio ambiente.

La aclimatación a la alimentación artificial se hace de forma progresiva, sustituyendo la Artemia o el alimento

natural que se esté dando, por una pasta de gránulo seco y Artemia como atrayente. En esta pasta la cantidad de Artemia se va disminuyendo poco a poco, hasta llegar a que los animales consuman sólo el pienso artificial. A veces la dependencia no llega a ser total, pues se ha visto que el uso de pequeñas cantidades de alimento vivo o fresco es importante para favorecer el crecimiento.

En cuanto a los resultados de supervivencia larvaria, calculados a los 2-3 meses de vida, cuando se considera finalizado el preengorde y se dispone ya de alevines con aspecto semejante al del adulto, son muy variables en relación tanto a las especies como a los autores que los citan. En los peces planos es donde los valores obtenidos son más elevados, oscilando alrededor del 60%. A continuación se sitúa la lubina, con supervivencias medias del 40%. En los mugílidos y en concreto en M. cephalus, una de las pocas especies marinas cultivadas en las que se ha conseguido completar el ciclo en cautividad (reproductores - huevo - larva - alevín - reproductores), se obtienen valores próximos al 25%. Finalmente, en la dorada la supervivencia es aún baja, situándose en valores medios de 10 a 15%.

5. EL ENGORDE, UNA TECNOLOGIA MUY DIVERSIFICADA

5.1. Introducción

A partir del momento en que se adapta a los alevines al alimento seco compuesto, puede decirse que están teóricamente preparados para el engorde. Los cultivadores japoneses, sin embargo, trasladan a las larvas de "madai" (Pagrus major) a la edad de un mes, cuando miden de 12 a 15 mm, de los tanques de cultivo larvario a las cajas de engorde situadas en el medio natural protegido. Los cultivadores europeos prefieren que los juveniles tengan de 3 a 5 cm (500 mg), para que con las escamas formadas sean más resistentes al transporte.

Después de la reproducción, el dominio del engorde puede ser considerado como el segundo punto primordial del cultivo de peces. Las formas de engorde aparecen muy diver-

sificadas en las distintas partes del mundo, en función de los sitios, de las especies y de las disponibilidades de mano de obra, de materiales o de mecanización. No obstante, repasaremos a continuación los principales ejemplos de sistemas de engorde utilizados, empezando por los más sencillos, es decir, los que consisten en un manejo más o menos simple de las poblaciones naturales, para terminar por los más complejos, los que requieren un control de todas las fases del proceso.

5.2. Engorde en esteros y reservorios de la zona intermareal

Este tipo de instalaciones provienen de antiguas salinas costeras en las que se obtenía sal marina haciendo pasar el agua por zonas poco profundas en las que se va evaporando progresivamente. Los casos más próximos a nosotros son los esteros de las salinas de Cádiz y los reservorios de peces de la región de Arcachón, en Francia.

La producción de peces en estas instalaciones se lleva a cabo mediante un cultivo extensivo más o menos controlado, a partir de las poblaciones naturales de alevines que penetran en ellas con las mareas. Las principales especies objeto de explotación son la dorada, la lubina, la anguila, el lenguado y cinco especies de mugílidos, que suelen ser las más abundantes. La obtención de juveniles se hace de forma pasiva, mediante la entrada de agua en la pleamar. Existe un período de captación continua de juveniles que va, aproximadamente, de noviembre a marzo, en el que los esteros están siempre comunicados con el mar a través de su caño de alimentación y no hay obstáculo a la entrada de alevines. Durante la primavera, el verano y parte del otoño el estero se encuentra en fase de estancamiento y las posibilidades de entrada de alevines son, por tanto, muy escasas. Las captaciones se realizan entonces de forma intermitente cada 15 días (a veces, cada 30 días) ya que están en función de los intercambios de agua con el caño, que sólo pueden realizarse en las mareas vivas.

La segunda fase del proceso de producción de estos

cultivos es el engorde, que tiene lugar desde que se da por finalizado el período de captación continua de alevines hasta que se pescan. Algunas especies como la dorada y el lenguado, que tienen crecimiento rápido, necesitan una sólo fase de engorde para llegar al tamaño comercial; el resto de las especies necesitan como mínimo dos años.

En los esteros existe una elevada productividad primaria y secundaria que favorecen una gran abundancia de alimento disponible; pero es un alimento compuesto por una variedad muy limitada de presas debido a las condiciones fluctuantes y con frecuencia extremas de los parámetros físico-químicos del medio. En este medio confinado, los peces se adaptan a alimentarse de las presas más abundantes en cada momento. Este hecho y las elevadas temperaturas del agua de mayo a octubre, superiores a 21° C, hacen que los peces de estero posean una gran eficiencia de asimilación del alimento y alcancen tallas y pesos superiores a las observadas en otros medios naturales.

Los riesgos más graves que tienen estos cultivos son las mortalidades de peces ocasionadas por los descensos de oxígeno disuelto, provocadas por las condiciones climatológicas y agudizadas por la creciente contaminación urbana de algunas zonas; y la pesca furtiva durante todo el año.

Existe además una limitación inicial en la aleatoriedad de la captación de alevines. En el caso de las especies caras, como dorada, lubina y lenguado, los industriales están tratando de conseguir producciones uniformes y controladas con repoblaciones de alevines procedentes de puestas en cautividad en plantas de cultivo semiindustriales. Actualmente se están consiguiendo ya excelentes resultados de crecimiento y supervivencia que apuntan hacia una solución con mucho futuro de cara al establecimiento de una acuicultura moderna con producciones de peces de alta calidad competitivas en los mercados internacionales.

5.3. Engorde en valli y estanques de tierra

Uno de los ejemplos más claros de cultivos semiintensivos lo constituye sin duda la vallicultura italiana, dedi-

cada también a la producción de mugílidos, lubina, dorada y anguila. Hoy día muchos valli están siendo modificados subdividiéndolos en múltiples estanques, colocando compuertas que permiten controlar a voluntad la entrada, salida y tamaño de los peces, orientando el sistema hacia un cultivo cada vez más intensivo. Las transformaciones han dado resultados muy positivos, hasta el punto de que la vallicultura actual, a pesar de su gran componente artesanal y empírico, es considerada como uno de los más importantes métodos de cultivo en Europa en términos de producción manejo y técnica.

Los alevines de las especies mencionadas entran en los valli de forma natural, pero, debido a la creciente contaminación marina, su número es cada vez menor. Por ello, los vallicultores se ven obligados a comprar alevines a pescadores profesionales, a los cuales pagan un precio elevado.

En los valli modernos los alevines son estabulados después de su captura en estanques de cemento construídos bajo techo, en los cuales se mantienen en agua en circuito abierto. Estos tanques tienen 4 mm de diámetro y en ellos se colocan 150.000 individuos de 2 cm de talla. Aquí se les alimenta de forma automática, a base de gránulos secos con tamaño de partícula cada vez mayor y se les desinfecta periódicamente para evitar la aparición de enfermedades. Cuando los alevines tienen 8 cm se distribuyen a menor densidad, unos 13.000 por tanque. En invierno estos tanques funcionan con agua reciclada a temperatura constante.

Una segunda fase del cultivo se lleva a cabo en tanques exteriores rectangulares de tierra, de 600 m y 2 m de profundidad. En ellos pueden mantenerse 2 Kg/m de peces, alimentándolos con una dosis diaria de pienso granulado.

Para pasar el invierno se usan estanques de hibernación de 30 a 100 metros de largo, 3 a 6 m. de ancho y 4 a 5 m. de profundidad. La práctica ha demostrado que en los valli no se pueden obtener rendimientos regulares cuando no se proporciona a los peces un refugio seguro durante el invierno. Los gastos de compra de alevines y la introducción creciente del sistema intensivo, han hecho de la hibernación un requisito previo. Los peces son colocados en estos estan-

ques en noviembre y allí permanecen hasta marzo, sin recibir alimento granulado en este período.

La tasa de estabulación durante el invierno es superior a 2 Kg/m², ya que existe una disminución del metabolismo con la temperatura baja y los peces soportan mejor cargas más elevadas.

En primavera los peces son guiados, aprovechando su tendencia a nadar contra corriente, a estanques de cultivo semiintensivo, de 40x20 m colocados en serie. Estos tanques son muy poco profundos (50-70 cm), pero tienen por la parte externa un canal de 1,5 a 2 m de profundidad. La zona menos profunda la usan los peces para encontrar alimento y el canal para refugiarse del calor o del frío. Los peces se alimentan de comida natural del estanque y de comida artificial. Los gránulos secos se lanzan mecánicamente a la parte central de los estanques. No se emplean fertilizantes.

Al final de esta segunda etapa algunos ejemplares pueden ser ya comercializados, pero lo normal es que se les pase, una vez transcurrido el invierno, a estanques exteriores donde se criarán en extensivo hasta que alcancen 600-800 gr (3 años).

Los inconvenientes más graves que se presentan en los valli son ocasionados por la temperatura, tanto en verano como en invierno, cuando el agua no está muy oxigenada o está muy fría, respectivamente. Las defensas de que dispone el vallicultor consisten en hacer entrar agua de mar fresca y oxigenada durante el verano, o una capa de agua fría durante el invierno, para crear una cubierta de hielo protectora.

Otro claro ejemplo de engorde en semiintensivo es el del cultivo de Chanos chanos en Indonesia. Este caso es básicamente el de un monocultivo fertilizado. Este pez se alimenta de cianofíceas y diatomeas, constituyendo un caso típico de alta eficiencia de transformación de la energía. Los alevines son capturados en aguas someras y estabulados en los estanques de engorde, llamados "tambaks", situados en la zona intertidal. Normalmente, los pequeños alevines son primero mantenidos en estanques pequeños y luego pasados a estanques mayores. Los estanques pequeños suelen ser una dependencia interna de los estanques mayores. Los estanques

se llenan con la marea y se evita la entrada de depredadores. El desarrollo del alimento en los estanques es promovido por la adición de restos vegetales o de urea. La única precaución a tomar es evitar un abonado excesivo, que produciría una gran demanda de oxígeno. Los rendimientos de estos cultivos se cifran alrededor de 1.000 Kg/Ha.

Los cultivos de anguila en Japón son ejemplos espectaculares de cría intensiva de peces marinos en estanques. En este país el cultivo de anguilas con métodos intensivos está tan desarrollado que la producción natural de angulas de sus ríos es insuficiente. En efecto, los cultivadores japoneses necesitan unas 80-90 toneladas de angulas cada año y Japón sólo produce 50 toneladas. El resto ha de ser importado de otros países, Taiwan, China y Corea, e incluso han introducido la anguila europea, de la cual Francia, Inglaterra e Italia son los principales abastecedores de angulas.

A grandes rasgos el cultivo de angulas en Japón se hace con dos especies: Anguilla japonica y Anguilla anguilla, y comprende una serie de pasos importantes, a saber: captura de angulas; estabulación en los estanques de engorde; fuerte alimentación; pesca de anguilas para el consumo y comercialización. Para el éxito del cultivo es necesario mantener a las anguilas en un estado de salud óptimo, lo cual se consigue mediante un control exhaustivo de la calidad del agua, y, además, es también esencial separarlas continuamente por tamaños, en estanques distintos, con objeto de evitar el canibalismo que ocasiona la gran voracidad de estos peces.

En cuanto a la alimentación de los juveniles, si se utilizan estanques de fondo fangoso, no es preciso alimentarlas desde el exterior en las primeras semanas de estabulación, ya que consumen el alimento natural que se produce en ellos, como larvas de quironómidos y Daphnia, aunque puede ser conveniente suplementar esta dieta con otra. Cuando los estanques de angulas son de cemento, la alimentación comienza desde el principio de la estabulación. En las dos primeras semanas se les da carne de bivalvos finamente desmenuzada y gusanos, como Tubifex. Durante la tercera y cuarta semanas se introduce en la dieta carne de pescado fresco, principalmente caballa, y de la quinta a la

décima semanas se las alimenta con comida artificial, introducida en la dieta de forma gradual, de manera que al final de este período la alimentación se componga de un 80% de comida artificial y un 20% de carne de pescado. Las angulas se alimentan una vez al día, por la mañana temprano, y la cantidad de alimento que se les suministra varía también con la temperatura del agua.

Las anguilas adultas se alimentan sobre todo con pienso artificial y con pescado fresco. La comida artificial consisten en un 70% de harina de pescado, que lleva un 50% de proteínas. El polvo se mezcla con agua para hacer una pasta consistente, que es depositada en canastos perforados, que se colocan siempre en el mismo sitio del estanque, al cual acuden las anguilas a comer y se retiran una vez limpios. Es muy importante eliminar los restos de comida acumulados en el fondo de los estanques, cuyo proceso de descomposición altera desfavorablemente la calidad del agua. Para ello se suministra siempre la cantidad justa de alimento; otras veces se practica un policultivo con carpas y mugílidos, que son comedores de detritus.

La producción anual de estos cultivos es de unas 15 Tm/Ha, con una tasa de supervivencia que oscila entre el 60 y el 90%

5.4. Engorde en bahías, rías y en mar abierto

La adecuación de áreas costeras para piscicultura marina es difícil de definir. En muchos casos depende de diversos factores desconocidos o insuficientemente conocidos. En particular depende del coste del terreno, de la mano de obra, de los medios de transporte, de la disponibilidad de alevines, del precio del alimento y de actividades competidoras como pueden ser las de tipo recreativo, la navegación comercial, la descarga de aguas residuales, la minería y las prospecciones petrolíferas. Por otra parte, es preciso tener en cuenta las posibles implicaciones ecológicas derivadas de estas actividades, que pueden crear serios problemas de polución ambiental, reducir el valor estético de las costas y sobreexplotar los stocks naturales de ale-

vines.

Las instalaciones y sistemas usados en el cultivo de peces marinos en las diferentes áreas posibles, varían enormemente en relación con las especies y el tipo de explotación elegido, así como con factores de tipo climático, edáfico e hidrológico. En general, el diseño y construcción de estas instalaciones exige una importante tarea de cálculo de resistencias de acuerdo con los datos sobre vientos y corrientes de marea que se den en cada localidad. En estos cálculos ha de considerarse también la resistencia ofrecida por los organismos adheridos a las estructuras, en especial la de aquellos que obstruyen las redes. Los materiales a utilizar deben seleccionarse atendiendo tanto a este hecho como a su resistencia frente a la corrosión. En general, los plásticos son más duraderos que los metales y las redes rígidas permiten una limpieza más fácil que las flexibles.

Como ejemplos de aprovechamiento de estas zonas costeras se encuentran los cultivos de Chrysophris major y Seriola quinqueradiata en Japón, realizados en tres tipos de instalaciones: grandes áreas cerradas por diques con compuertas para la renovación del agua, cerramientos mediante barreras de red y cajas flotantes en bahías protegidas. Nos referiremos solamente a este último caso por ser un ejemplo de cultivo con alta productividad.

El sistema de cultivo en cajas flotantes permite utilizar zonas donde los fondos no son adecuados para otros cultivos y tiene la ventaja de mantener a los animales libres de los predadores. Las cajas están formadas por un entramado de bambú sostenido por flotadores, del cual cuelgan paños de red formando una gran bolsa, que es mantenida en posición correcta (en forma de cubo), mediante anclajes y lastres. En lugares donde el oleaje es fuerte la red de las cajas es doble. Las cajas tienen 10 m. de superficie y 2 a 3 metros de profundidad y suelen colocarse unas junto a otras en grupos de cinco unidades a diez unidades y pueden ser fácilmente remolcadas.

Otras variaciones de diseño introducidas recientemente consisten en grandes cajas flotantes de 20 x 20 x 10 m, en cajas que se mantienen entre dos aguas, a unos 5 metros de

profundidad. También se utilizan cajas circulares de 12 metros de diámetro y 6 de altura, sujetas al fondo con muer-tos de 7 Tm. Están construidas con alambre para prevenir las deformaciones que producirían las fuertes corrientes y pro-tejer a los peces de los tiburones. En estas cajas se colo-can unas 20.000 piezas de seriola y 15.000 piezas de dorada japonesa. La red se limpia tres o cuatro veces al año y en caso de tormentas u oleaje fuerte las cajas se sumerjen a unos dos metros de profundidad.

En los cultivos en cajas flotantes el intercambio de agua depende de los vientos y de las mareas. Para ello es de suma importancia vigilar el estado de las redes y retirar los organismos incrustantes, que reducen sensiblemente la circulación del agua y también el espacio interior. La buena circulación del agua dentro de la caja es uno de los facto-res más importantes, pues de ella depende la densidad de animales en cultivo.

La alimentación se hace a base de pescado de baja calidad, que es troceado o triturado antes de ser añadido a los peces. Estos supone un consumo de unas 700.000 toneladas de peces de desecho. Hasta qué grado puede sostenerse un cultivo de esta naturaleza es una cuestión de gran interés para el futuro, ya que el punto crítico del cultivo de estos peces carnívoros es el suministro de un alimento que permita cierta rentabilidad. En el caso de Seriola se trata de con-vertir caballa, jurel y sardina, en pescado de alto valor comercial, con una tasa de conversión de 7 a 1. No parece probable que en caso de escasez de proteínas puedan soste-nerse cultivos alimentados con peces perfectamente comesti-bles por el hombre.

Otra modalidad interesante de aprovechamiento en cultivos es el "ocean ranching", basado en el comportamiento migratorio de los peces anadromos como los salmónidos. Estos peces se reproducen en áreas definidas de los ríos, los juveniles migran al mar, donde utilizan grandes áreas para alimentarse y luego vuelven como adultos a frezar al lugar de su nacimiento.

Actualmente se utilizan dos métodos para mejorar las capturas de salmónidos. Uno de ellos es crear canales o ríos

de puesta, donde desovan los adultos que vienen del mar; estos canales se colocan en áreas no polucionadas. Otro método, muy relacionado con el anterior, consiste en soltar al mar los alevines nacidos y criados en laboratorio. En este sentido es de gran importancia la aclimatación temprana de los juveniles al agua de mar. Un ejemplo de ello lo constituyen los ensayos realizados con Oncorhinchus coho y Salmo gairdneri, que son cultivados de forma intensiva en agua de mar. Se los mantiene en agua dulce hasta que tienen diez meses y luego se les pasa a agua de mar hasta que alcanzan la talla comercial. El cambio de medio puede ser progresivo o directo, pero el crecimiento es superior en el primer caso.

5.5. Engorde en aguas residuales de centrales térmicas, eléctricas o nucleares

El crecimiento de los alevines hasta tamaño comercial se estimula con otros procedimientos de gran interés; uno de los que presenta ya una realidad con futuro es el aprovechamiento de las aguas residuales calientes que arrojan las plantas térmicas, eléctricas y nucleares.

Desde la década de los años sesenta el cultivo de platija, lenguado y rodaballo, por ejemplo se realiza en Gran Bretaña, aprovechando este tipo de afluentes que tienen una temperatura de 5 a 9°C por encima de la del mar. Con esta técnica se obtiene un crecimiento muy rápido y además las propiedades organolépticas de los peces así cultivados son de primera clase y su contenido radiactivo no excede el nivel admitido. Se ha comprobado también que el uso de cloro a baja concentración, necesario en estas instalaciones para evitar las incrustaciones de determinados organismos en las conducciones de agua, o los desechos ácidos, no afectan a la supervivencia de los peces ni inhiben su crecimiento.

En Japón las aguas de enfriamiento de las centrales eléctricas se descargan en grandes cantidades a temperaturas superiores a 7°C por encima de la temperatura ambiente del agua. Estas descargas se utilizan para cultivar langostino, dorada japonesa y pez limón, observándose un aumento del

índice de consumo de alimentos, que da como resultado tasas más elevadas de crecimiento, como consecuencia de que al aumentar la temperatura del agua aumenta también la eficiencia de conversión del alimento.



TRAZOS es una revista dedicada a "Trabajos Zoológicos" en un sentido amplio, por lo tanto publicará trabajos con enfoques ecológicos, genéticos, fisiológicos, etc.

En principio, cada número constará de un sólo artículo dedicado a un tema específico, por lo que el número de páginas será variable. En él se expondrán ideas, métodos, conceptos, teorías o revisiones de un tema, bajo la única responsabilidad del autor del trabajo.

Se escribirá preferentemente en castellano, no obstante podrán aceptarse trabajos en francés o inglés. Cada trabajo llevará un resumen en castellano y otro en francés o inglés. Las figuras deberán estar hechas sobre papel vegetal con tinta china y perfectamente rotuladas. El número de la figura se indicará a lápiz. Los pies y cuadros de las figuras irán mecanografiados en folio aparte, todos juntos. El texto se enviará mecanografiado sin ninguna norma especial. Se enviará original y dos copias.

TRAZOS no tiene periodicidad, por tanto se publicará cuando se tengan artículos de interés. Esto supone que varíe el número de páginas de cada número y en consecuencia también el precio. Por estas razones no se admitirán socios y para ayudar a financiar los gastos de publicación, se facturará al primer autor firmante de cada artículo 2.500 pesetas/página, por lo que recibirá 50 separatas gratuitas.

La revista acepta intercambios con otras revistas de todo el mundo, que traten temas de Zoología.

Números publicados de TRAZOS (ISSN: 0213-098X)

- Nº 1.- Análisis matemático del enrollamiento espiral en Moluscos Lameli-branquios, I: Método, 20 págs. PV 377/400 ptas.
- Nº 2.- Problemática de la introducción de Procamburus clarki, (Girard) (Crustacea, Decapoda) en las Marismas del Guadalquivir, II: Posibles soluciones, 30 págs. PV 377/400 ptas.
- Nº 3.- La diversificación de los Sparidae (Pisces) basada en las fórmulas dentarias, 26 págs. PV 377/400 ptas.
- Nº 4.- Consideraciones empresariales sobre la acuicultura, 24 págs. PV 377/400 ptas
- Nº 5.- Conferencias sobre acuicultura, 126 págs. PV 1.415/1.500 ptas.
-

Otras publicaciones periódicas de la U.I.B.

- CUADERNOS DE LA FACULTAD DE DERECHO:(*) 15 números. PV (suscripción) 660/700 ptas; (sin suscripción) 943/1.000 ptas. cada número
- MAYURQA: 21 núms. PV 1.887/2.000 ptas. cada número
- TRABAJOS DE GEOGRAFIA: Núms. 34, 38, 40 (en prensa), PV 1.415/1.500 ptas. cada número
- CALIGRAMA:(*) 3 núms., 6 v., 5 tomos. PV (suscripción anual) 2.830/3.000 ptas; (sin suscripción) 1.415/1.500 cada tomo; (separatas) 236/250 ptas.
- EDUCACIO I CULTURA: 4 núms. PV (suscripción) 472/500 ptas; (sin suscripción) 708/750 ptas. cada número.
- AFFAR: 2 núms. PV (suscripción) 849/900 ptas; (sin suscripción) 943/1.000 cada número
- MAINA: 10 núms. PV 472/500 ptas. cada número
- TAULA: 6 núms. PV (suscripción anual, 2 núms.) 755/800 ptas; (sin suscripción) 472/500 ptas. cada número.
- ANNALS - HUMANITATS: 1 núm. PV 943/1.000 ptas.
- ARTICULOS DE PSICOLOGIA:(*) 1 núm. PV.472/500 ptas cada número.

Las publicaciones con (*) están escritas en castellano
PV: Precio sin I.V.A./precio con I.V.A.