

4. Especies y cultivo

4.1. Selección de especies cultivables

En el objetivo de cualquier proyecto acuícola (producción o investigación) se han de considerar como especies inicialmente aptas aquellas que sean utilizadas habitualmente para el consumo humano o industrial y cuyo estudio de las condiciones biológicas y tecnológicas se encuentren en un estado de desarrollo avanzado. En el caso de que el proyecto se destine a la investigación, cualquier especie es válida pero, sin duda, lo más oportuno sería investigar sobre aquellas que potencialmente puedan utilizarse o aprovecharse o bien centrar los estudios sobre problemas concretos de especies ya estudiadas, desechando otras cuyas investigaciones no se hayan iniciado, a no ser que el mercado o la necesidad de éstas fuera grande y ello justifique los esfuerzos tanto científicos como económicos.

La selección de especies a cultivar deberá de hacerse en función de los factores que inciden en su viabilidad y éxito, por lo que son fundamentales los conocimientos sobre la biología de las que se pretendan desarrollar y los parámetros en función de los cuales se planificará el cultivo, parámetros tales como el clima, el medio natural, la tecnología, las condiciones sociales, económicas, jurídicas, etc. Como punto de partida hay que observar la disposición natural de las especies a ser cultivadas, ya que se han obtenido grandes éxitos de producción con determinadas especies mediante técnicas de cultivo, mientras que con otras no se ha sobrepasado el nivel de investigación, siendo necesario un mayor estudio para poder obtener producciones en masa. En los momentos actuales se trabaja sobre especies de las que hace pocos años no se planteaba su desarrollo y sin embargo, tenemos conocimiento (Iglesias, *com. pers.*) de los buenos resultados que se pueden obtener, concretamente en el cultivo del pulpo (*Octopus vulgaris*).

Antes de iniciar el análisis de los diferentes criterios que influyen en las decisiones para seleccionar unas especies frente a otras, hemos de decir que entre los grupos susceptibles de ser cultivados, la algocultura representa una acuicultura de alto rendimiento energético al aprovechar la radiación luminosa como fuente de energía para su desarrollo y tener la capacidad de utilizar el nitrógeno inorgánico, fundamentalmente en forma de nitratos, para formar moléculas proteicas; es decir, presenta las ventajas que proporciona el estar situadas en el primer escalón de la cadena trófica; asimismo, es un grupo de gran interés económico tanto para la industria como para la alimentación. El cultivo de moluscos produce igualmente un alto rendimiento energético, además, es sin duda, el tipo de cultivo más estudiado, desarrollado y practicado, se trata de especies sencillas de cultivar, con elevadas producciones, facilidad para obtener las semillas y no requieren ni alimento adicional ni atención diaria, los costes de instalación son relativamente bajos y la existencia de un mercado ya consolidado

que puede acoger grandes cantidades del producto es otro factor positivo. Hay, por otra parte, que tener en cuenta el doble aspecto de estas especies, como fuentes de proteínas para la alimentación humana y como organismos participantes en los trofismos ambientales. Los crustáceos se encuentran en la cadena alimentaria al mismo nivel que los peces carnívoros, es decir, a nivel trófico son mucho menos favorables energéticamente que las algas, los moluscos y los peces fitófagos y/o detritófagos; asimismo, las condiciones requeridas para estos cultivos son, en lo concerniente a la cantidad y calidad de recursos hídricos, equiparables a los que necesitaríamos para cultivar peces de alto valor en densidades más fuertes. La piscicultura es sin duda la actividad a la cual se dedican los mayores esfuerzos y sobre la que se están logrando éxitos importantes, además de presentar ventajas destacables tales como el rápido crecimiento de algunas de las especies mejor valoradas en los mercados, considerable variedad de las mismas, gran tasa de multiplicación, etc.

Entre los criterios a los que prestaremos atención caben destacar el tipo, la configuración y la extensión de las zonas utilizables para cultivos, las situaciones dentro del medio estructural, al igual que la capacidad del territorio a acoger la diversas estructuras de producción. Otros parámetros esenciales son sin duda las tecnologías que vayan a emplearse, además de las condiciones ecológicas, que son complejas y delicadas. Hay que escoger el modelo y método de cultivo de manera minuciosa, teniendo en cuenta que en el interior de un territorio se pueden encontrar unidades operacionales bien definidas, motivo por el cual conviene disponer de una cierta variedad de técnicas que adapten los medios de producción a las circunstancias más diversas, ya que cualquiera que sea la capacidad productiva de una zona, ésta puede verse notablemente aumentada —en sentido relativo— por la aplicación de sistemas dirigidos a un mayor aprovechamiento de la productividad natural del medio. Estas reflexiones nos llevan a la necesidad de establecer una serie de requisitos por los que se pueda orientar la decisión de cultivar unas especies en lugar de otras y en este sentido, consideramos que los principales parámetros para basar un criterio de selección, son los siguientes:

- Parámetros biológicos.
- Parámetros medioambientales.
- Parámetros tecnológicos.
- Parámetros económicos.

Del análisis de estas condiciones generales se puede llegar a establecer la especie o especies más idóneas para cultivar en un determinado lugar, por lo que vamos a referirnos a los mismos que en nuestra opinión influyen de manera importante en la valoración de los diferentes criterios.

Parámetros biológicos

Los criterios biológicos son los que determinan el que una especie sea, en principio, óptima para un cultivo; ahora bien, algunas especies que biológicamente ofrecen

posibilidades de desarrollo no son necesariamente las que se han estudiado y, por ello, uno de los primeros puntos a examinar cuando se quiere decidir sobre un determinado cultivo es la cantidad de publicaciones que existen sobre la especie candidata. Generalmente en relación a aquellas especies que se cultivan en sistemas intensivos existen un gran número de referencias bibliográficas, siendo las más investigadas los salmónidos, el mejillón y las ostras. Otras son desde hace unos años objeto de numerosos estudios y proyectos de desarrollo, tal es el caso de la dorada, la lubina, el rodaballo y el lenguado.

El punto de vista biológico es un factor de la máxima importancia, puesto que de él depende, en gran medida, el coste del producto final. El estudio comparado de la biología de moluscos, crustáceos y peces permite resaltar las ventajas, inconvenientes y posibilidades que ofrecen para su cultivo unos grupos frente a otros. Bajo los aspectos exclusivamente biológicos, estos tres grupos presentan ventajas e inconvenientes, los moluscos ofrecen además de las condiciones favorables que citamos al inicio de este apartado otras tales como el poseer carácter sésil que facilita su confinamiento a altas densidades y su alimentación herbívora, mientras que la desventaja principal consiste en el elevado porcentaje de materia no comestible, la concha, en relación a la comestible, la carne. Los crustáceos tienen la ventaja del gran contenido proteico en calidad y cantidad; su principal inconveniente es la existencia del crecimiento por mudas, lo que disminuye la eficiencia de su alimentación y contribuye a un alto porcentaje de canibalismo. Los peces presentan como ventaja su alto contenido proteico y la variedad de especies o adaptabilidad a distintas condiciones (pelágicos o bentónicos, herbívoros o carnívoros, baja o alta temperatura, etc.), si bien, la principal dificultad radica en la compleja regulación de su reproducción que encarece las instalaciones en un sistema de cultivo integral.

En la actualidad es técnicamente posible cultivar un gran número de especies de valor comercial durante todo su ciclo vital o bien en alguna de sus fases, en muchos casos en unas condiciones bien distintas de su hábitat natural, sin embargo hay que evaluar los parámetros biológicos de la reproducción, fundamentalmente de la viabilidad de ésta con especies en cautividad, la viabilidad del cultivo larvario, el índice de transformación o conversión del alimento, la patología, etc. Respecto a la reproducción, sería deseable tener un buen conocimiento sobre la gestión de los stocks de los reproductores en base a los aspectos fisiológicos, y endocrinológicos de la gametogénesis y de la vitelogénesis; morfológicos, los ecofisiológicos, osmóticos, térmicos, fotoperiódicos, etc., los nutricionales, relación calidad de gametos/calidad de embriones y larvas; los genéticos, edad de la primera reproducción, creación de cepas precoces o tardías, etc., la optimización de la producción de los gametos, el control del sexo, etc.

La seguridad y predictibilidad del suministro de reproductores son requisitos previos para cualquier empresa de cultivo, tanto si éste va a desarrollarse en medios cerrados de forma intensiva como si se trata de cultivos extensivos o semiintensivos. La posibilidad de tener reproductores de calidad y en abundancia va a ser determi-

nante a la hora de planificar un cultivo y de optar por una determinada especie; conviene, por tanto, evaluar la facilidad de establecimiento y mantenimiento de reproductores, ya que cierto número de especies maduran, se reproducen y desovan fácilmente en medios controlados, mientras que con otras se deben experimentar regímenes específicos estacionales de fotoperíodo y de temperatura o ser inducidas al desove a través de manipulaciones quirúrgicas o dietéticas, que actúan sobre el sistema hormonal. En este sentido siempre es aconsejable, a ser posible, situarse en zonas en las que las poblaciones naturales sean abundantes ya que esto permitirá disponer de mayor variabilidad de ejemplares adultos de los que el cultivador puede beneficiarse. La disponibilidad de suministro en el medio natural de post-larvas y de juveniles es, a pesar de que en la actualidad se posee un dominio de las técnicas de obtención de las mismas, importante, si tenemos en cuenta que siempre será ventajoso disponer de ejemplares salvajes. La compatibilidad con el medio ambiente local y la disponibilidad de semilla o de reproductores (post-larvas o juveniles) son quizá las dos razones más importantes para la elección de una especie a cultivar dentro de su clase de hábitat natural.

Cuando una especie se cultiva fuera o cerca de los límites de su distribución normal pero dentro de un área climática semejante, el cultivador debe disponer de suministros fiables de juveniles o reproductores y/o mantener la producción de éstos en las instalaciones semicerradas, ya que una especie que se reproduce fácilmente en cautividad en el nuevo medio ambiente será más adaptable al trasplante que una que no se reproduce. A modo de inventario, citamos algunas de las especies que pueden influir en la dinámica de las poblaciones existentes en los bancos naturales, salinas, marismas, y ensenadas del litoral ibérico (Tabla 8).

Otros factores biológicos de importancia son la duración y complejidad de la vida larvaria y la fecundidad de las especies a cultivar, ya que tendrá un impacto trascendente sobre el diseño de la planta incubadora, los costes generales y la capacidad técnica requerida para mantener una producción prevista de post-larvas. La rapidez de crecimiento junto a la eficiencia de conversión del alimento son características importantes de cara a una producción industrial, en primer lugar porque se precisarán menos cuidados, los riesgos de infestaciones e infecciones con desencadenamiento de enfermedades y/o accidentes serán menores y las inversiones económicas se pueden recuperar antes; no obstante, una fase larvaria larga no está siempre asociada con una mayor complejidad, aunque un desarrollo larvario, menos complejo, está generalmente unido a una fecundidad reducida.

El conocimiento sobre la resistencia a las enfermedades es otro de los parámetros que marca el éxito o fracaso de muchas de las especies cultivadas, existiendo dos principios fundamentales en el contexto de la evaluación de cualquier proyecto, en primer lugar, ninguna especie es inmune a las infecciones o patogenias y por tanto al desarrollo de las enfermedades y, en segundo lugar, todas son susceptibles a las infestaciones, en consecuencia, la búsqueda de especies que puedan presentar resistencias a determinados agentes patógenos, tanto a nivel larvario como de las fases intermedias del crecimiento y

Tabla 8

Especies existentes en las zonas costeras y marismales

	Nombre vulgar	Nombre científico
Moluscos	Almeja babosa Almeja fina Almeja dorada margarita Almeja rubia Berberecho Caracola Coquina Chirla Escupiña Navaja Longueiron Ostra plana Mejillón Zamburiña Vieira Pulpo Jibia	<i>Ruditapes pullastra</i> <i>Ruditapes decussatus</i> <i>Venerupis aureus</i> <i>Venerupis rhomboides</i> <i>Cerestoderma edule</i> <i>Murex</i> sp., <i>Litorina littorea</i> <i>Donax trunculus</i> <i>Venus gallina</i> <i>Venus verrucosa</i> <i>Ensis</i> sp. <i>Ostrea edulis</i> <i>Mytilus</i> sp. <i>Chlamys varia</i> <i>Pecten maximus</i> <i>Octopus vulgaris</i> <i>Sepia officinalis</i>
Crustáceos	Camarón, Langostino Percebe Santiaguíño Nécora Centollo Buey	<i>Palaemon</i> sp., <i>Penaeus</i> sp. <i>Pollicipes cornucopia</i> <i>Scyllarus arctus</i> <i>Macropipus puber</i> <i>Maia squinado</i> <i>Cancer pagurus</i>
Equinodermos	Erizo	<i>Paracentrotus lividus</i>
Peces	Anguila Salmonete Lenguado Rodaballo Besugo Múgil Lubina Dorada	<i>Anguilla anguilla</i> <i>Mulus surmuletu</i> <i>Solea vulgaris</i> <i>S. maximus</i> <i>Pagellus</i> sp. <i>Mugil</i> sp. <i>Dicentrarchus labrax</i> <i>Sparus aurata</i>

engorde de la especie que se cultiva, son factores de gran importancia. La mayoría de las patogenias son debidas o exacerbadas por el estrés derivado de la pobre calidad del agua, del manejo de éstas, del alimento, etc., por lo que, cuanto más larga sea la vida larvaria más difícil será mantener unas buenas condiciones de cultivo, es decir se reducen los riesgos siempre que se acorten los tiempos de producción. Un índice de crecimiento rápido es por tanto una de las más importantes cualidades de una especie candidata a cultivarse. El cultivador, no obstante, está interesado no sólo en el índice medio de crecimiento sino en el porcentaje de la cosecha que se vendió más alto, de modo que conviene establecer un criterio bajo el cual se puedan compaginar ambos factores.

Parámetros medioambientales

Las características medioambientales de las zonas de cultivo son fundamentales para el desarrollo de las especies, por lo que hay que prestar atención a los parámetros climatológicos de temperatura, luminosidad, pluviosidad, vientos, así como a los valores extremos de sus ciclos de variación y a los físico-químicos del medio acuático, principalmente turbidez, temperatura, gases disueltos, movimientos del mar, hidrología, calidad y cantidad del agua disponible, topografía, la naturaleza del terreno, etc., en definitiva, una de las más importantes condiciones para optimizar un cultivo consiste en la acertada elección de la zona donde se instalará, procurando que ésta reúna los parámetros que favorezcan el desarrollo de la especie a cultivar. Muchas de estas características tienen un efecto directo en la biología y crecimiento de los animales, como, por ejemplo, la temperatura, otras pueden tener efectos catastróficos, tal es el caso de las tormentas y corrientes, y otras pueden utilizarse como fuente alternativa de energía, como la radiación solar y el viento.

El clima es un factor que representa un criterio de base para la elección de las especies, por lo que hay que prestar atención a los parámetros que lo caracterizan, frecuentemente nos encontramos con que instalaciones de idénticos tipos de estructuras se diferencian en cuanto a la productividad en función de las zonas climáticas, no en vano cualquier instalación acuícola pasa por la estimación del potencial de producción sobre la base de los parámetros climatológicos, los cuales serán confrontados con las exigencias biológicas de las especies a cultivar. Los parámetros que más influyen sobre el comportamiento de las especies son la turbidez, la temperatura, la salinidad, los gases disueltos, los movimientos del mar, la hidrología y la naturaleza de los fondos marinos.

La producción de los medios acuáticos reposa sobre la abundancia del plancton (fito y zooplancton) y los factores que controlan la productividad primaria son a su vez físico-químicos, tales como la cantidad de luz, las sales nutritivas, la temperatura y la salinidad. Generalmente los máximos valores coinciden con las etapas primavera-verano, asimismo es máxima en las capas superficiales (+ luz) y va decreciendo en función de la profundidad (- luz). En el medio natural inciden, si bien de forma negativa, factores tales como las contaminaciones o poluciones que actúan como perturbadores del mismo. Teniendo en cuenta que las especies sometidas a un régimen de cultivo son especialmente sensibles a cualquier variación en la calidad de las aguas, es fundamental que éstas no sufran alteraciones de tipo polutivo, que actúan sobre la productividad, la ecofisiología y la supervivencia de la especie. Igualmente alteran el medio natural las masivas concentraciones de especies, fundamentalmente en los monocultivos, causando en numerosas ocasiones la explosión de enfermedades en las poblaciones, permanentemente estresadas por sus condiciones de cultivo.

En líneas generales, los parámetros a tener en cuenta para la selección de especies en una determinada zona son:

- La tasa de renovación del agua.
- La turbidez de la columna de agua.
- El contenido en clorofila~a de aguas superficiales.
- La concentración de oxígeno en aguas profundas.
- La descarga de nitrógeno total por área.
- La proporción de sedimentos acumulados en los fondos.
- El área, volumen y profundidad media de la zona.

Parámetros tecnológicos

La acuicultura se desarrolla con un sentido innovador al ser considerada una actividad tecnológica de producción, de fácil manejo y aprendizaje, de escasa dependencia, capaz de resolver problemas económicos, al contar con un amplio mercado que está en continua evolución, por lo que los criterios técnicos son al igual que los biológicos fundamentales a la hora de seleccionar una especie, siendo preciso buscar para cada una de ellas la aplicación de un método determinado; así, si se pretende realizar un cultivo de fases iniciales, es decir en una *hatchery* hay que comprobar los sistemas más evolucionados y apropiados, la misma filosofía para las *nurseries* y para las estructuras de engorde, por lo que el tratamiento de los diversos procedimientos, al igual que la evolución de los sistemas serán factores determinantes en la elección de unas especies frente a otras.

A modo de resumen y conclusiones, digamos que a la hora de fijar cuales son los criterios importantes para decidirse por una o unas determinadas especies, valoraremos aspectos tales como si la especie en cuestión puede reproducirse en sistemas intensivos o semiintensivos, si los huevos, semillas o larvas soportan los múltiples manejos a los que han de ser sometidos y si toleran un amplio margen de variación de las condiciones ambientales, si las fases larvarias son resistentes y su período larvario corto, si es fácil la alimentación, qué grado de resistencia presentan a determinadas patologías a lo largo de las fases de su ciclo vital, el precio del alimento, evaluando que éste sea bajo en relación con el precio de la especie en el mercado, etc. Por otra parte se buscarán aquellas especies para las cuales las tareas de alimentación, selección, cosecha, etc., deban requerir poca mano de obra, la relación entre el alimento y el peso del animal sea baja y la velocidad de crecimiento alta. En definitiva, una especie «modelo», será aquella que obtenga un alto precio en un mercado establecido, que crezca rápidamente con dietas baratas y fácilmente disponibles, que sea resistente a las enfermedades, y al mismo tiempo sus requerimientos biológicos o medioambientales no sean estrictos, que sus primeros estadillos de vida sean fáciles de obtener, tanto a partir de animales capturados en el medio natural como a través de sistemas inducidos. En esta línea se podría planificar un esquema de selección que contenga los siguientes requisitos:

1. Confeccionar una lista de especies cultivables inicialmente aptas para el

proyecto.

2. Decidir, en el caso de que sean varias las especies apropiadas, cual de ellas se tendrá como principal y cual o cuales como secundarias.
3. Definir los criterios de selección y aplicarlos sobre las distintas especies.
4. Comparar el comportamiento de las distintas especies respecto a los criterios utilizados.
5. Definir la tecnología aplicable para cada especie seleccionada.

Después de elaborar la lista de especies aptas para el desarrollo en base a los diferentes parámetros establecidos se hará una primera definición de criterios que puede basarse en una tabla comparativa, en la que cualitativamente se confronten las especies en cuanto a los factores que hemos determinado como a tener en cuenta para la selección, entre otros, país que actualmente cultiva con éxito la especie, requerimientos nutritivos, grado de desarrollo de la tecnología de producción de larvas o alevines (*hatchery*), estimación del precio/kg, mercados establecidos, etc. De acuerdo con los objetivos planteados y en base al análisis de todos los parámetros citados se pueden desechar algunas especies que no sean aceptables por alguno de estos criterios, y así, finalmente se puede llegar a una lista reducida.

Existe una selección de especies de carácter oficial establecida desde 1985 por las Comunidades Autónomas y el Estado que se revisa cada cuatro años para clasificar de cara a un desarrollo industrial a aquellas que se consideran prioritarias y que su cultivo estará bajo la protección de una serie de ayudas, es decir, nos estamos refiriendo a las especies designadas en los POPs (Programas de Orientación Plurianuales). La selección que España había propuesto a la entonces Comunidad Europea en los distintos períodos, desde el inicial, 1983-86, y que sólo tendría efectividad a partir del 1 de enero de 1986 (Vázquez *et al.*, 1995), se caracterizó por el número y la diversidad de especies.

Respecto al grupo de los peces, en el período 1983-1986 se incluyeron: Rodaballo, Lubina, Dorada, Salmónidos, Anguila, Lenguado, Mugílidos, Seriola, Túnidos, Sargo, Besugo y Herrera. Para el programa de 1987-1991 las especies seleccionadas fueron Rodaballo, Lubina, Dorada, Salmónidos, Anguila, Lenguado, Mugílidos, Seriola y Túnidos, lo que supuso que respecto al plan anterior que se eliminarán tres especies basándose en que no se habían obtenido producciones de las mismas a través del desarrollo acuícola. En el período 1992-1996 se estableció una nueva clasificación introduciendo el criterio de especies de interés secundario, con lo que en primer lugar se prioriza sobre un grupo de ellas que ya son objeto de desarrollo y cuya tecnología está avanzada y se potencian otras que presentan un determinado interés, bien por la demanda de las mismas, bien por los avances en sus respectivas investigaciones, etc. La información que nosotros tenemos es que estas selecciones se han realizado de acuerdo con los criterios mostrados por los responsables de las distintas Comunidades Autónomas, en continuidad con las selecciones que se habían realizado en etapas anteriores y teniendo en consideración los desarrollos tecnológicos. Se mantienen todas las especies del período anterior, si bien se

declaran de interés secundario cinco de ellas.

La última selección es la correspondiente al período 1997-2001 en la que se han introducido nuevos criterios, es decir se ha añadido a la selección de especies prioritarias y secundarias otro concepto que es el de «Nuevas especies», en el que se incluyen una serie de ellas en base a que «las técnicas de producción se encuentran suficientemente desarrolladas, pudiéndose garantizar la viabilidad económica de futuros proyectos industriales» y que respecto al grupo de peces se incluyen en las nuevas clasificaciones un total de seis especies, de ellas una con carácter de «especie

Tabla 9

Relación de especies de peces seleccionados para los POPs y especies que seleccionamos en este estudio

1983-1986	Rodaballo, Lubina, Dorada, Salmónidos, Anguila, Lenguado, Mugílidos, Seriola, Túnidos. Sargo ² , Besugo ² y Herrera ² .
1987-1991	Rodaballo, Lubina, Dorada, Salmónidos, Anguila, Lenguado, Mugílidos, Seriola y Túnidos.
1992-1996	Rodaballo, Lubina, Dorada, Salmónidos, Anguila ¹ , Lenguado ¹ , Mugílidos ¹ , Seriola ¹ y Túnidos ¹ .
1997-2001	Rodaballo, Lubina, Dorada, Salmónidos, Anguila ¹ , Lenguado ¹ , Mugílidos ¹ , Seriola ¹ , Túnidos ¹ , Tenca ³ , Besugo ⁴ , Pargo ⁴ , Dentón ⁴ , Mero ⁴ y Esturión ⁴ .
Estudio: Fundación AME	Rodaballo, Lubina, Dorada, Salmónidos y Anguila.

¹ Especies declaradas de interés secundario.

² Especies de las cuales no ha habido producciones en régimen de cultivos al finalizar el período.

³ Especies introducidas respecto a los POP anteriores.

⁴ Especies incluidas como «Nuevas especies».

secundaria», la Tenca y las otras cinco como «Nuevas especies» (Tabla 9).

Sobre los crustáceos, para el primer POP 1983-1996 se incluyeron Langostino, Camarón, *Artemia*, Nécora, Bogavante y Percebe, en el período 1987-1991 Langostino, Camarón, *Artemia* y Cangrejo rojo, lo que supuso que al igual que en el caso de los peces se mantuvieran como especies de interés aquellas de las que en mayor o menor proporción existieron producciones, eliminando otras que no habían sido objeto de cultivo e introduciendo una nueva, el Cangrejo rojo. En la selección realizada para el período 1992-1997 han dejado de considerarse como especies prioritarias los crustáceos para englobarlas en la clasificación de especies de interés secundario, eliminándose asimismo el crustáceo *Artemia* y finalmente en la clasificación de 1997-2001 se suprime también el Cangrejo rojo, manteniendo las otras dos

Tabla 10

Relación de especies de crustáceos seleccionados para los POPs y especies que seleccionamos en este estudio

1983-1986	Langostino, Camarón, <i>Artemia</i> , Nécora ² , Bogavante ² y Percebe ² .
1987-1991	Langostino, Camarón, <i>Artemia</i> y Cangrejo rojo ³ .
1992-1996	Langostino ¹ , Camarón ¹ y Cangrejo rojo ¹ .
1997-2001	Langostino ¹ y Camarón ¹ .
Estudio: Fundación AME	Langostino y <i>Artemia</i> .

¹ Especies declaradas de interés secundario.

² Especies de las cuales no ha habido producciones en régimen de cultivos al finalizar el período.

³ Especies introducidas respecto a los POP anteriores.

especies como de interés secundario (Tabla 10).

En la primera clasificación que se realizó sobre los moluscos (1983-1986), se incluyeron Almejas, Ostras, Mejillón, Vieira, Escupiña, Chirla, Coquina, Berberecho, Tellerina y Haliotis (oreja de mar); ya en el siguiente período (1987-1991) se seleccionaron las mismas especies a excepción del Berberecho y el Haliotis e introduciendo una nueva, la Tellerina. En este grupo los criterios seguidos no fueron coincidentes con los tomados para los peces y los crustáceos. En el POP correspondiente a 1992-1996 sólo tres especies se mantienen como prioritarias, Almejas, Ostras y Mejillones, pasando a considerarse los pectínidos (Vieira, Zamburiña y Volandeira) y la Escupiña como especies de interés secundario, y desapareciendo de la selección todas las demás especies. Finalmente, para el período 1997-2001 sólo se mantienen las tres especies

Tabla 11

Relación de especies de moluscos seleccionados para los POPs y especies que seleccionamos en este estudio

1983-1986	Almejas, Ostras, Mejillón, Vieira, Escupiña, Chirla ² , Coquina ² , Berberecho ² , y Haliotis ² .
1987-1991	Almejas, Ostras, Mejillón, Vieira, Escupiña, Chirla ² , Coquina ² y Tellerina ³ .
1992-1996	Almejas, Ostras, Mejillón, Pectínidos ¹ y Escupiña ¹ .
1997-2001	Almejas, Ostras, Mejillón y Pectínidos ¹ .
Estudio: Fundación AME	Almejas, Ostras, Mejillón, Pectínidos.

¹ Especies declaradas de interés secundario.

² Especies de las cuales no ha habido producciones en régimen de cultivos al finalizar el período.

³ Especies introducidas respecto a los POP anteriores.

prioritarias y los pectínidos con carácter de secundarias (Tabla 11).

Para este estudio hemos seleccionado una serie de especies sobre las que trabajamos en base a una realidad existente, es decir, aquellas que en este momento son objeto de estudio y desarrollo y sobre las que hay unas experiencias y conocimientos perfectamente contrastados, que presentan un gran interés económico a la vez que son biológicamente favorables para el medio, además de que exista un buen desarrollo tecnológico. Del grupo de algas, seleccionamos *Undaria pinnatifida* y *Chondrus crispus*, entre los moluscos, las especies comerciales de Ostras (*Ostrea edulis* y *Crassostrea gigas*), las Almejas (*Ruditapes decussatus*, *R. Pullastra* y *R. philippinarum*), el Mejillón (*Mytilus edulis/galloprovincialis*) y la Vieira (*Pecten maximus*). De los crustáceos se estudiará el Langostino (*Penaeus kerathurus/japonicus*), que es un Decápodo, con especial importancia económica y *Artemia* sp. como especie auxiliar indispensable para el desarrollo acuícola. Respecto a los peces se han seleccionado el Salmón (*Salmo salar/oncohynchus*), la Trucha (*Salmo gairdneri*), la Lubina (*Dicentrarchus labrax*), el Rodaballo (*Scophthalmus maximus*), la Anguila (*Anguilla anguilla*) y la Dorada (*Sparus aurata*). También estudiamos dentro de las especies auxiliares el Rotífero *Brachionus plicatilis* (Tablas 9, 10, 11 y 12).

Las costas ibéricas son sin duda muy ricas en macroalgas, las cuales son explotadas de manera permanente desde hace siglos, por este motivo y ante la necesidad de regular la explotación de los recursos fitológicos se incluyeron en el primer POP tres especies, *Gelidium* sp. , *Gracilaria* sp. y *Chondrus* sp. En los siguientes programas fueron excluidas para de nuevo tenerlas en cuenta en esta última clasificación, dentro del apartado de «nuevas especies», si bien no se ha determinado qué especie o especies van a ser objeto de atención. También se han incluido dentro de esta misma categoría dos especies de Equinodermos

Tabla 12

Relación de especies de algas y equinodermos seleccionados para los POPs y especies que seleccionamos en este estudio

	Algas	Equinodermos
1983-1986	<i>Gelidium</i> ¹ , <i>Gracilaria</i> ¹ , <i>Chondrus</i> ¹ .	—
1987-1991	—	—
1992-1996	—	—
1997-2001	Especies a determinar ² .	Erizo de mar ² y Cohombro ² .
Estudio: Fundación AME	<i>Undaria</i> sp. y <i>Chondrus</i> sp.	—

¹ Especies de las cuales no ha habido producciones en régimen de cultivos al finalizar el período.

² Especies incluidas como «Nuevas especies».

(Tabla 12).

4.2. Fases de cultivo

Las técnicas a aplicar en acuicultura están en función no sólo de las especies que se pretendan cultivar, sino de los espacios que se utilizan y del nivel de desarrollo biológico, por lo que para saber el criterio tecnológico a utilizar hemos de plantearnos las diferentes cuestiones que se presentan a lo largo de las fases por las que atraviesan las especies en el período de cultivo, es decir, siempre nos encontraremos con una primera de obtención de huevos, esporas, semillas y/o alevines; una segunda de preengorde y una tercera de engorde, supeditando las tecnologías a aplicar en cada una de ellas, a los numerosos parámetros que le implican, biológicos, ecológicos, económicos, jurídicos, etc.

Obtención de huevos, esporas, semillas y alevines

La obtención de huevos, esporas, semillas y/o alevines es la base fundamental del desarrollo de los cultivos y para ello se utilizan diversas técnicas, según se trate de producciones a partir de los stocks existentes en el medio natural o bien mediante técnicas de puestas inducidas, que es el sistema más empleado en la acuicultura moderna. Las técnicas en el medio natural pueden consistir en capturas de jóvenes especies, tal como se realiza con la recogida de semilla de mejillón, almeja o vieira, o la captura de cistes de *Artemia* o de angulas y otros alevines de peces; en estos supuestos se utilizan procedimientos rudimentarios y primitivos, semejantes a los que manejaban los salineros, que consistían en la captura de los alevines de crustáceos y de peces que entraban en las zonas de las marismas con la ayuda de redes recolectoras o bien mediante simples utensilios de marisqueo y pesca.

Otro método consiste en la instalación de soportes apropiados, llamados colectores, los cuales se ubican en zonas estratégicas en las que abundan las praderas de algas, en el caso de pretender obtener esporas y en el caso de las semillas de moluscos en zonas en las que haya abundantes especies adultas próximas a desovar. Estos stocks pueden existir de forma natural (bancos naturales) o bien puede tratarse de zonas preparadas con una especie determinada (parques ostrícolas, de almejas, bateas de mejillón, etc.). Los colectores se ponen en los lugares de mayor acumulación de las larvas en función de las corrientes con el fin de que las esporas y/o las larvas se puedan fijar con facilidad. La inmersión de los colectores debe de hacerse en los períodos de reproducción de las diferentes especies. Esta es, sin duda, una fase delicada, ya que si la colocación se hace con mucha antelación se corre el riesgo de que se recubran de cieno, vegetación marina, y todo tipo de organismos que impiden la fijación de las esporas o larvas de aquellas especies que se pretende obtener. Si por el contrario, la inmersión se realiza demasiado tarde pueden haberse perdido las

fuertes emisiones larvarias, con lo que el rendimiento sería muy bajo.

Son numerosos los artefactos que se pueden utilizar como colectores, existiendo una gran variedad de formas, materiales y sistemas. Los más antiguos son los colectores llamados de *teja árabe* que se emplean para la captación de semillas de ostra. Se construyen a partir de tejas de arcilla comprimidas y cocidas, semicilíndricas y más o menos porosas, ya que la porosidad permite una mayor adherencia del encalado aunque representa una mayor fragilidad del material. Estas tejas se reúnen en grupos de 10 a 12, en forma de U, para lo que se van enfilando por medio de un hilo de hierro galvanizado, colocándose paralelamente cada dos tejas, las dos siguientes perpendiculares a las anteriores y a la vez paralelas entre sí y así sucesivamente hasta que alcanzan una altura de aproximadamente un metro. Al final, el hilo se retuerce y se engancha con la extremidad libre del mismo lo que asegura la solidez del conjunto de las tejas. En el hueco que queda entre el grupo de tejas así preparadas se introduce una estaca de madera (generalmente de castaño) de 1,20 m de altura para clavar el conjunto en el suelo de forma que las tejas más próximas al mismo estén a una distancia aproximada de unos 40 cm. Las estacas se colocan lige-

Figura 13

Colectores de teja árabe recién implantados
(Se observa el aspecto limpio de los mismos)



ramente inclinadas en sentido exterior-interior con el fin de que tengan una mayor estabilidad, estos paquetes de tejas se apoyan entre sí en grupos de tres o cuatro, sujetándolos por medio de un hilo de hierro (Fig. 13).

El encalado de las tejas consiste en un revestimiento con una argamasa de cal, proceso que va a facilitar la posterior separación de la semilla, además de proporcionar una mayor limpieza y ejercer un efecto de atracción sobre las larvas. La calidad de la cal puede variar en base a las características de las zonas y de las experiencias de cada profesional, si bien la mezcla mas utilizada para el encalado se suele hacer en proporciones de un volumen de cal a medio volumen de arena, a la masa de cal se le pueden asimismo añadir productos químicos (Tabla 13) tendentes a favorecer la captación y/o a eliminar los posibles epibiontes y *fouling* (Fig. 14) que generalmente invaden los colectores asfixiando las larvas. Después del encalado los colectores se ponen al aire para que sequen. La semilla se separa del colector entre los 6 y 10 meses siguientes a la fijación y aunque para el despegue existen sistemas adecuados

Tabla 13

Composición química de algunas cales utilizadas para el encalado de los colectores
(Maurin, 1974)

	1	2	3	4	5	6	7
Cal (Ca O)	97,80	73,90	71,30	70,80	51,04	51,60	37,25
Magnesio (Mg O)	0,45	0,45	0,45	0,60	2,17	2,20	14,25
Alúmina (Al ₂ O ₃)	0,66	0,51	1,90	1,95	2,87	4,84	5,87
Sesquióxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	0,22	0,15	0,70	0,80	2,11	1,05	0,41
Sílice (Si O ₂)	0,40	0,27	3,30	3,40	11,00	11,57	2,35
Elementos de arcilla	1,28	0,93	5,90	6,15	15,98	17,46	8,63
Índice de hidráulicidad (× 100)	1,30	1,20	8,20	8,70	31,00	33,80	23,20

1. Cal viva. 2, 3, 4 y 5. Cales apagadas. 6. Cal maciza. 7. Cal magnésica.

de máquinas, éste suele hacerse a mano. La operación consiste en desunir de la teja la semilla adherida al encalado para posteriormente lavarla y cribarla clasificándola por tamaños.

Se utilizan también colectores, de características muy similares a los de tejas, hechos a base de fibrocemento, los cuales se someten también a procesos de encalado mediante una mezcla de cal y serrín; estos presentan la ventaja, frente a los clásicos, de ser menos frágiles. La instalación se hace colocándolos sobre mesas o soportes metálicos. También se pueden usar colectores de fibrocemento pero bajo el formato de planchas separadas entre sí por unos clics y agrupadas en paquetes. Otro material empleado para la construcción de este tipo de artefactos es el plástico, que es un material resistente y no susceptible de podredumbre además de fácil manejo, el montaje se hace bajo formas muy diversas, si bien los más usados son a base de una especie de redes de mallas que palian la ausencia de porosidad del plástico per-

Figura 14

Colectores de teja árabe transcurrido cierto tiempo, recubiertos de algas y otros organismos (*fouling*)



mitiendo el enganchamiento de la capa de encalado, o bien bajo la forma de tubos o discos llamados *gorros chinos* que consisten en unos conos colocados en baterías de elementos superpuestos. También se utilizan superficies plásticas compactas, a veces rugosas o acanaladas para facilitar la adherencia del encalado; éstas se instalan bajo la forma de placas rígidas y planas, rectangulares o redondas, o bien bajo forma de tubos huecos reunidos en haces o barras que constituyen parrillas ensambladas en paquetes. El despegue de las semillas en los colectores de plástico suele ser mas fácil, por lo que hemos dicho de su manejabilidad y poco peso. Del mismo material plástico pero sin pasar por el proceso de encalado se utilizan unos colectores consistentes en paquetes formados por unos tubos separados entre sí por unas arandelas que se colocan en los extremos. La superficie de los tubos es rugosa y acanalada, lo que favorece la adhesión de las larvas. En estos casos el despegue se hace tardíamente, entre los 18 a 20 meses, sufriendo menos pérdidas que con los sistemas anteriores.

Se emplean igualmente, las conchas de mejillones en estado bruto, pero tras ser sometidas a un proceso de limpieza consistente en dejarlas expuestas al sol, lluvia, etc., factores que contribuyen a eliminar los restos de epibiontes y materias orgánicas que suelen quedar depositadas, aunque por lo general se utilizan las conchas procedentes de las fábricas de conservas y cocederos, ya que al haber estado someti-

das a procesos de desinfección siempre presentan una mayor limpieza. Las conchas se introducen en sacos de redes de plástico, semirígidos y de malla amplia con el fin de que el agua circule libremente. Estos pueden instalarse sobre unas mesas o soportes, si bien, en el caso concreto de las zonas de aguas profundas se utilizan los sacos así preparados con las conchas, montados en unos armazones metálicos, los cuales se sumergen como si se tratara de un arrecife artificial (Fig. 15). Estos armazones permanecen en los fondos durante 6 a 12 meses después de la fijación de las larvas y una vez transcurrido este tiempo se eleva el conjunto y se abren los sacos esparciendo las conchas directamente sobre los parques de cultivo. La semilla adherida a estas conchas irá creciendo a la vez que éstas se partirán con lo que el desarrollo del molusco fijado no va a verse perturbado. Este sistema presenta a la vez la ventaja de no precisar de la operación de despegue.

Las conchas de moluscos de mayor tamaño, ostras y vieiras, son utilizadas, generalmente, mediante la formación de unos sistemas de barras de hierro galvanizado que perforan a las mismas en su parte central y se enfilan con la barra, colocándolas sobre mesas o soportes (Fig.16). Transcurridos de 6 a 12 meses después de la fijación se sueltan las conchas de la barra y se sigue el mismo proceso de siembra que decíamos en el caso anterior. Pueden igualmente utilizarse como colectores estructuras de cartón, sometiéndolas a una especie de encalado, mediante una mezcla de cal, cemento y arena para hacerlas impermeables y más resistentes. Estos cartones así tratados se ensamblan en una red metálica y se depositan en las zonas de captación.

Para las semillas de mejillón se emplean como colectores las cuerdas instaladas en las propias bateas del cultivo, sobre las que van a fijarse las larvas. En el caso de las almejas, para captar las larvas se hacen superficies alomadas en los propios bancos de cultivo y con el mismo sustrato del parque, así las larvas se fijarán en dichos montículos al ser arrastradas y/o empujadas por las corrientes.

En cuanto a la obtención de esporas de algas se utilizan varios sistemas de captación, por ejemplo entrelazando ramas secas que se introducen en zonas en donde existen plantaciones algales, con el fin de que las esporas flotantes se adhieran a ellas y comiencen a germinar, o bien mediante redes tendidas horizontalmente a niveles apropiados para que se dé la fijación, etc.

Como norma general podemos afirmar que el éxito de la captación en el medio natural radica en la abundancia de los progenitores.

La tercera posibilidad de obtención de huevos, semillas y/o alevines pasa por un sistema a base de puestas inducidas en medios controlados (*hatcheries*), para lo cual se requiere la instalación de un centro específico adaptado a las necesidades que precisan las especies a desarrollar, ya que tendrá diferentes caracteres según se vaya a destinar a la obtención de moluscos, peces y/o crustáceos. En todos estos tipos de instalaciones hay que proyectar los requerimientos mínimos para su funcionamiento, entre los que son básicos las salas de fitoplancton, zooplancton, los tanques de puesta, tanques de incubación y cultivo larvario, tanques para cultivo de alevines y/o

Figura 15

**Armazón de colectores a base de conchas de mejillón:
A) Sentido vertical. B) Sentido horizontal**

A

B



Figura 16

Colectores de conchas de vieira



semillas, tanques de depósitos de progenitores, sala de maquinas, etc. Estos centros presentan entre otras muchas ventajas la posibilidad de programación de la producción en diferentes etapas del año, lo que facilita una mejor gestión de los stocks.

El funcionamiento consiste básicamente en mantener los reproductores, controlando la puesta, incubando los huevos y cultivando las larvas. En el caso de los peces, las postlarvas son sometidas a un destete o adaptación a la alimentación inerte. Los reproductores se mantienen en tanques cuya forma puede ser diversa, generalmente de hormigón o estanques en tierra, que pueden estar situados en el exterior, con circulación continua de agua, o bien en el interior en varias habitaciones (Fig. 39). En los tanques se mantienen durante todo el año estos reproductores pasándolos a la sala interior cuando se aproxima la época de puesta. Según las especies que se vayan a producir estarán con control de luz (fotoperíodo) y de temperatura, para adelantar o retardar los períodos de puesta natural. Durante su estabulación se utiliza agua sin filtrar y unas condiciones nutritivas a base de alimentos de buena calidad para mantener a los reproductores adecuadamente nutridos consiguiendo así un suministro de especies repartido a lo largo del año. Los tanques de reproductores de moluscos son mucho más pequeños que los de peces, siendo en general en forma de caja (Fig. 27).

Las necesidades y dimensiones de la sala varían según la especie elegida. En aquellas especies en las cuales la maduración es natural, los reproductores son introducidos en tanques cuando están próximos a la puesta, la inducción a la misma se debe fundamentalmente a estímulos térmicos, por lo que es necesario el control de temperatura pero no el de fotoperíodo; sin embargo, cuando se quiere inducir la maduración se requiere una sala mucho más grande ya que los reproductores tardan bastante en madurar y deberán permanecer más tiempo en estos tanques. Si la puesta es espontánea hay que dotar también a los tanques de sistemas para la recogida de los huevos. Los huevos de los peces marinos flotan debido a la presencia de una gota de grasa, por tanto, se anexionará al tanque un rebosadero superficial en el que se coloca una malla para que retenga dichos huevos. En el interior se realiza la inducción a la puesta, y a veces también la maduración previa a la misma, utilizando para ello tanques más pequeños, de hormigón o poliéster, y con volúmenes comprendidos entre los 5 y 25 m³. Estos tanques han de estar dotados de flujo continuo de agua (normalmente sin filtrar), control de la temperatura y aireación; la luz puede ser natural o eléctrica, según la luminosidad de la sala, si bien en caso de controlar el fotoperíodo, se recurre siempre a la luz eléctrica. Para la obtención de peces se sitúa la que pudiéramos llamar sala de incubación, a la que se trasladan los huevos obtenidos de forma inducida o natural y fecundados, esta sala constará de pequeños tanques tronco-cónicos, con circulación ascendente del agua que mantiene los huevos en flotación. En el caso de crustáceos y moluscos, los huevos fecundados se trasladan directamente a los tanques de cultivo larvario.

La sala de cultivos larvarios y postlarvarios exige que el control del medio sea muy estricto, hay que prestar atención a la calidad del agua, su temperatura ha de ser

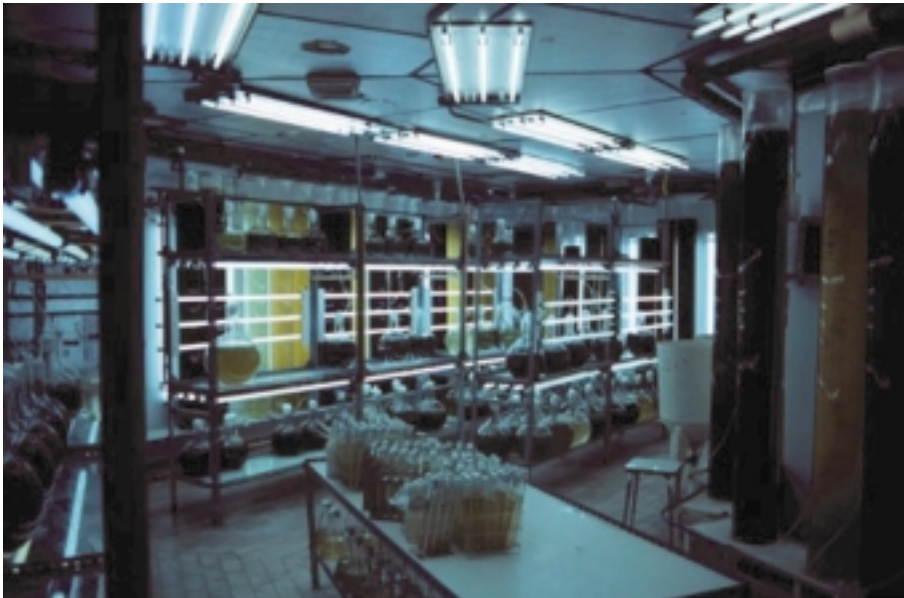
constante y ha de ser filtrada y esterilizada, siendo la asepsia en esta etapa fundamental para evitar infecciones bacterianas en las larvas. En el caso de los moluscos, el cultivo larvario ocupará una mayor superficie, ya que como veremos cuando analicemos separadamente este grupo, han de incluir unas superficies o colectores donde se fijan las larvas al concluir la metamorfosis. En todos los casos, en esta fase, tanto los tanques de cultivo como utensilios que se empleen han de ser debidamente esterilizados; igualmente, la instalación de los depósitos será de tal forma que el acceso a los mismos sea cómodo y fácil, ya que esta etapa es muy delicada y se precisa un gran control sobre las mismas.

La producción de especies monoalgales es fundamental en estos centros de producción ya que constituyen el primer elemento nutritivo de las especies a cultivar. La sala dedicada a la producción de algas contará con una zona, a modo de laboratorio, en la que se realiza la inoculación de dicho cultivo, además de cámaras acondicionadas con una determinada iluminación, que en general es a base de lamparas fluorescentes, instaladas de tal manera que al iluminar no incrementen la temperatura, ya que ésta ha de mantenerse constante en la cámara de cultivo (Fig. 17).

La sala de producción de herbívoros es indispensable en aquellas instalaciones en las que se vayan a producir crustáceos y/o peces. Estará dedicada a la obtención de *nauplius* y *metanauplius* de *Artemia* y del Rotífero *B. plicatilis* y se reali-

Figura 17

Sala de producción de cepas de especies monoalgales



zará en zonas extremadamente asépticas, a veces duplicadas para su esterilización, ya que son secciones con altos niveles de materia orgánica y que se contaminan fácilmente.

Además de las salas a las que acabamos de referirnos, en una *hatchery* existen otras estructuras que la complementan, tales como las relacionadas con las tomas del agua, las cuales pueden hacerse por captación directamente desde el mar o a través de pozos o bien mediante una estación de bombeo; instalaciones para los tratamientos de la misma, conducciones y recirculación de agua; salas de personal, almacén, oficinas, maquinaria diversa, etc.

Preengorde

El preengorde de las especies se puede realizar en espacios abiertos, semicerrados o cerrados, en instalaciones sobre tierra, pero que siempre puedan estar controlados, en cualquiera de los sistemas que se empleen, las postlarvas permanecerán el tiempo necesario hasta que vayan a implantarse en el medio de engorde, asegurando con este paso gradual un aumento en las posibilidades de éxito del cultivo hasta que las especies alcanzan la talla deseada, con un mínimo riesgo de pérdidas por mortalidades. Estas estructuras o *nurseries* constituyen un complemento indispensable para las *hatcheries*, siendo los tipos de instalaciones más generalizados a base de estanques y depósitos.

Un sistema de *nursery* es el que se construye bajo el formato de estanques a modo de grandes extensiones de agua retenidas por un fondo y paredes de tierra (a modo de estanques de marismas similares a las representadas en la figura 7), que pueden ser edificados a base de remover el suelo y formar una hondonada que después se llena con agua, bien bombeándola, o bien aprovechando los juegos de mareas. Si el suelo no es suficientemente impermeable o no tiene las características adecuadas, el fondo del estanque puede recubrirse con un plástico.

Igualmente, en zonas intermareales en las que se pueden implantar estructuras a base de acotamientos o de recintos, de tal manera que la circulación del agua sea por la acción del juego de mareas se pueden acondicionar estructuras que cumplan la función de preengorde. Por sus características las lagunas costeras son espacios excelentes para este tipo de instalaciones, ya que por un lado el juego de mareas permite la renovación del agua, que a su vez puede controlarse mediante sistemas de ingeniería y por otra parte, dado que estas zonas suelen ser poco batidas, la temperatura del agua es más elevada y al existir aportes terráqueos y biogénicos las aguas se enriquecen en sales nutritivas y en materia orgánica logrando, bajo estas condiciones, una proliferación de fitoplancton que contribuye a un mejor desarrollo de las poblaciones. Otros espacios aprovechables para estos fines son los esteros, rías, etc., en los que las condiciones ambientales sean favorables y la naturaleza del medio permitan la instalación de artefactos tales como por ejemplo jaulas, bateas, mesas, etc., adecuados para acoger las especies.

En tierra firme los depósitos para el preengorde de las especies han de estar dotados de entrada y salida de agua de mar (manteniendo un nivel constante dentro del mismo), desagüe para vaciarlo si es preciso, entrada de aire y, opcionalmente, entrada de oxígeno. Estos depósitos pueden ser rectangulares o circulares, con fondo tapado por un enrejado de mallas muy tupidas y a los que el agua pasa bien por bombeo o bien por gravedad cuando se dispone de agua acumulada en otros sistemas. Pueden estar al aire libre o bajo cubierta. En general la temperatura del agua es más elevada que en el medio natural y por otra parte pueden enriquecerse con fitoplancton, etc., acelerando de este modo el crecimiento.

Un problema frecuente que se presenta cuando el preengorde se efectúa en tanques es la conservación de temperaturas adecuadas, ya que durante los meses de invierno es preciso incrementar o conservar los niveles y durante los meses de verano conservarlos o a veces disminuirlos. Para el invierno se pueden utilizar sistemas tipo invernadero (Figs.18 y 19) y para el verano sería posible utilizar tanques hundidos en la tierra para aprovechar su capacidad aislante.

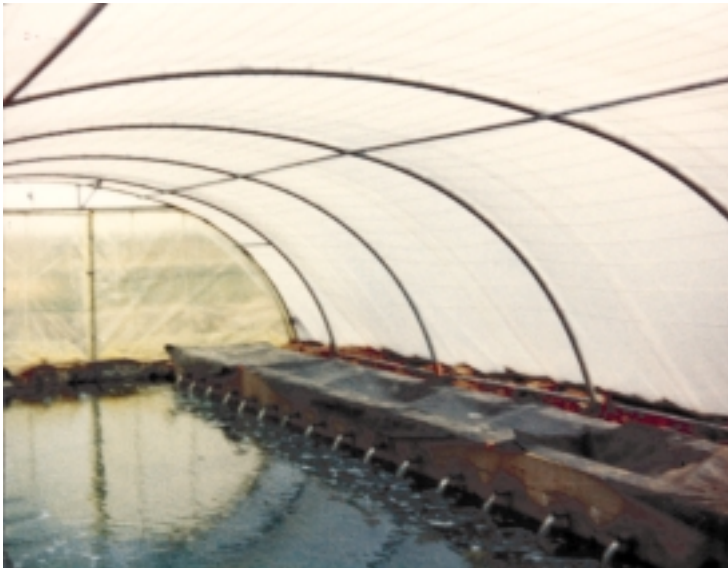
Otra cuestión a tener en cuenta respecto a la distribución de *nurseries* es que por regla general las zonas apropiadas para la instalación de *hatcheries* (tomando como referencia el factor calidad del agua) no suelen ser las más satisfactorias para la implantación de las *nurseries*, por otra parte resulta aconsejable la instalación de

Figura 18
Nursery tipo invernadero



Figura 19

Interior de la *nursery*, presentada en la figura anterior



estas estructuras a lo largo del litoral, facilitando de este modo la preadaptación de las especies a las condiciones ecológicas locales, lo que disminuye los riesgos que conlleva el paso desde la *hatchery-nursery* al medio definitivo de cultivo, así como los riesgos de tipo sanitario.

Engorde

La fase de engorde se lleva a cabo en el medio final de acogida de las especies, siendo en esta etapa en la que, sin duda, existe una mayor diversidad respecto a los sistemas tecnológicos, tanto flotantes como fijos, en el medio acuático o en tierra, que van desde los más rudimentarios a los más vanguardistas, con numerosas posibilidades para un mismo tipo de cultivo. Los sistemas más utilizados son a base de estanques, jaulas, bateas y/o mesas intermareales.

— *Estanques en tierra: tanques o depósitos.* Las instalaciones de engorde en tierra o estanques se utilizan en aquellos casos de cultivos intensivos de ciertas especies o bien cuando no se dispone de una zona en el medio acuático que sea favorable para el desarrollo de las mismas. Se trata de recipientes o contenedores que instalados en tierra pueden llenarse de agua y disponer de la cantidad necesaria para aplicar las técnicas de cultivo, siendo impermeables, resistentes, con sistemas adecuados para la renovación del agua y en los que es fácil realizar las operaciones necesarias

para la extracción de los organismos cultivados, así como para las operaciones de limpieza y desinfección de los mismos. Para su funcionamiento hay que contar básicamente con sistemas de toma, bombeo y distribución del agua, desagües e instalaciones complementarias, de entre estos elementos, el principal es la toma del agua, pudiéndose realizar por varios sistemas, desde la entrada por aspiración, a la que se utilizaría por gravedad partiendo de la existencia de pozos de bombas que mantengan el nivel de mareas, o bien el uso de bombas sumergibles y la captación a través de emisarios a larga distancia.

Los tanques pueden ser de diversos tipos y materiales, de obra, ladrillos, hormigón, bloques, cemento, etc. o bien prefabricados, de fibra de vidrio, metal, etc. Las formas son, fundamentalmente, rectangulares o circulares, si bien, en ocasiones particulares se fabrican bajo otras estructuras, tales como helicoidales, siloidales, etc. La instalación puede ser en serie o en paralelo, según las características de la zona y de las especies. El sistema en serie requiere menos caudal de agua, aunque es conveniente disponerlos en pendiente para airearla, y si se trata de instalaciones en las que es preciso bombearla siempre resulta más económico que si se sitúan en paralelo. Por otra parte, cuando los estanques se disponen en paralelo, se minimiza la pendiente, sin embargo, se necesita un mayor flujo de agua proporcional al número de estanques y en sistemas abiertos requiere un gran volumen de agua. La elección de uno u otro método es, generalmente, un problema de cantidad de agua disponible, pudiendo usarse ambos sistemas de forma combinada.

En función de la instalación se pueden describir una serie de ventajas o inconvenientes (Tabla 14), si bien en general nosotros consideramos que el sistema en paralelo (Fig. 10) es más favorable que en serie, pues permite el control de la calidad del agua en cada depósito con independencia de los otros, disminuyendo los problemas de oxigenación y acumulación de amoníaco, minimizando el riesgo de contaminación de un estanque a otro, además de poseer la facilidad de controlar con mayor independencia las variaciones de flujo, tratamientos, vacunas, etc.

Respecto a la forma, según García-Badell (1980), *está comprobado que los*

Tabla 14

Diferencias entre los tanques instalados en serie o en paralelo

Tanques en serie	Tanques en paralelo
Mayor peligro de infecciones generalizadas	Menor peligro de infecciones generalizadas
Descenso de la calidad del agua en los últimos estanques	Mejor calidad de agua y mayor caudal
Elevado consumo (consumo en todos los depósitos)	Consumo fraccionado (consumo individual en cada depósito)
Dificultad de control individual de cada depósito	Mayor facilidad de control individual de los depósitos

recipientes circulares son los más útiles, y en los que mejor se aprovecha el agua que se mueve en trayectorias circulares, sin dejar zonas muertas como ocurre en las rectangulares. Para exponerlo de una forma sencilla, digamos que las ventajas de los tanques circulares sobre los tanques rectangulares son, básicamente, que alcanzan velocidades del agua mayores, lo que hace que los peces recién capturados se adapten mejor en estos tanques, sin embargo, les hace gastar más energía, lo que puede encarecer su engorde; además, la distribución de los animales y del alimento es más uniforme y se limpian mucho mejor, incluso automáticamente (Tabla 15).

Un tipo especial de tanques son los siloidales, que se consideran como un tanque circular de gran altura y se utilizan para el cultivo de especies pelágicas, presentando como ventaja el poco espacio que ocupan frente a las altas densidades de peces que se pueden mantener en ellos, siendo así una alternativa en aquellos casos en los que el espacio es una restricción importante mientras que no lo es el flujo. Por otra parte, los tanques ovales están hechos por dos paredes rectas paralelas, generalmente separadas por una valla divisoria, las paredes semicirculares conectan con las dos paralelas, cerrando la estructura. En este tipo de construcción, el movimiento del agua es circular.

— *Estructuras flotantes.* Como medios de cultivo implantados en los espacios acuáticos hay que referirse a las estructuras flotantes, que tienen la ventaja de utilizar grandes volúmenes de agua. En el diseño de estas estructuras han de tenerse

Tabla 15

Ventajas e inconvenientes que presentan los tanques rectangulares y circulares

VENTAJAS	
Rectangulares	Circulares
Construcción más fácil	Mejor circulación del agua
Instalación más económica en el contexto de la piscifactoría	Distribución de animales y alimentos más homogénea
Mayor aprovechamiento del espacio	Distribución de oxígeno más homogénea
Mejor manejo de los animales	Fácil extracción de desechos (efecto autolimpieza positivo)
INCONVENIENTES	
Peor circulación del agua	Difícil manejo de los animales
Distribución del oxígeno no homogénea	Peor distribución del espacio en la instalación
Fácil acumulación de residuos sólidos (efecto autolimpieza más limitado)	
Peor distribución de los animales (riesgos de concentración de las especies en las esquinas)	

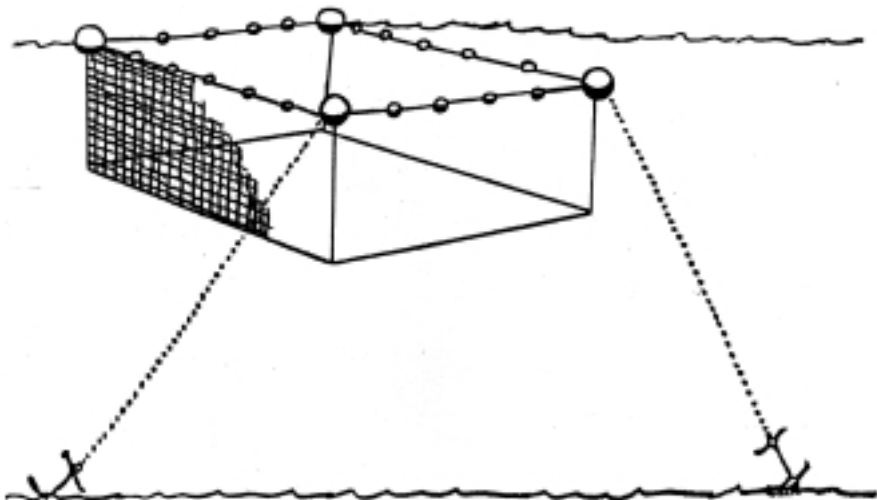
en cuenta todas las fuerzas que actuarán sobre ellas y que pueden ser tanto estáticas como dinámicas. las estáticas van a depender de las diferentes características de la estructura, tales como el peso total del conjunto (redes, *fouling*, cuerdas, y otros pesos debidos al mantenimiento), mientras que las dinámicas estarán en función de la hidrografía y de las condiciones climatológicas de la zona de implantación, siendo generalmente mayores que las estáticas, lo cual quiere decir que en el diseño de una estructura flotante interviene de forma importante el conocimiento de las variables de las zonas de cultivo, tal como venimos expresando a lo largo de este estudio. Las estructuras flotantes que se utilizan en acuicultura son básicamente de dos tipos, las jaulas empleadas para la piscicultura y los parques flotantes (bateas) para el desarrollo de los moluscos.

1. Jaulas: Son recintos que se instalan en posición flotante, basándose generalmente en el empleo de un soporte del que penden unas redes que cercan los peces, estando el conjunto debidamente anclado al fondo, es decir, consisten en un entramado cerrado por todas partes con mallas o redes y sujeto a una estructura flotante. El agua es renovada libremente a través de las mallas de las paredes y el fondo, facilitando de esta forma el aporte continuo de oxígeno disuelto y la limpieza de los residuos (Fig. 20).

Una jaula tradicional consta básicamente de los siguientes elementos: estructura sustentante, estructura flotante, recinto propiamente dicho y sistema de anclaje.

La estructura sustentante tiene generalmente forma de polígono o circunferencia y se apoya directamente sobre la estructura flotante que se encuentra frecuente-

Figura 20

Esquema de una jaula

mente en la superficie del agua y a veces sumergida a una determinada profundidad, utilizándose como materiales para su construcción el acero, aluminio, madera y bambú. La estructura flotante suele estar compuesta por variados elementos, que fundamentalmente son los flotadores los cuales pueden ser metálicos, hinchables, de corcho o madera, bidones (de gasoil o cerveza, o plástico) o bien de poliestireno expandido, aunque siempre, para la elección de un buen sistema de flotación es preciso valorar factores tales como durabilidad, seguridad, coste y estética.

El recinto es el que limita el volumen de agua, donde se encuentra el pez en cautividad sometido a cultivo intensivo, éste debe de estar formado de un material con orificios lo suficientemente pequeños para que no escapen los animales ni entren los depredadores y lo suficientemente grandes para que el agua se renueve con facilidad, dejando salida a la materia orgánica y deyecciones, tendrá, por tanto, unas paredes laterales en forma de paralelepípedo con la base inferior cerrada, sobresaliendo lo suficiente del agua para evitar el salto del pez o su salida con la ayuda del oleaje. Los materiales más empleados son a base de recipientes de plástico agujereados, mallas metálicas galvanizadas y las redes, que son las más utilizadas. Respecto a las redes, su fabricación, diseño y los materiales de que están hechas son esenciales para el buen desarrollo de los cultivos; estas deben de caracterizarse por ser fuertes, ligeras, resistentes a la corrosión e incrustaciones, fáciles de reparar y lavar, suaves y baratas. Pueden ser rígidas o flexibles, si bien la red rígida presenta mayores problemas de incrustaciones lo que conviene tener en consideración a la hora de seleccionar el sistema. Generalmente los materiales que se usan en la fabricación de las redes son sintéticos, de poliamida, poliéster, polipropileno y polietileno y el diseño de las mallas son en forma de cuadrado o poligonal, con o sin nudos, pero básicamente sus características dependen mucho de los materiales utilizados y es difícil generalizar, si bien, en cualquier caso, lo fundamental es que se mantenga la red durante todo el ciclo de engorde del pez. Todas las balsas deberán estar construidas procurando evitar por todos los medios la entrada de los depredadores.

Respecto a los sistemas de anclaje, hay que tener en cuenta que estos son fundamentales en estas instalaciones ya que sirven para fijar la ubicación de la instalación y para amortiguar los movimientos bruscos del mar y evitar que se transmita a la estructura flotante y a las redes. Existe generalmente un sistema rígido muy fuerte, que soporta el movimiento del mar, al cual se amarran las distintas jaulas. Los anclajes suelen ser colectivos para grupos de jaulas o en algunos casos, como jaulas en mar abierto muy grandes, pueden ser individuales para más seguridad, lo cual resulta muy caro. En general, el sistema de anclaje va a depender de diversos factores, entre otros de la resistencia del recinto al agua y al viento, de las características y propiedades sedimentológicas de los fondos de las áreas de implantación, variando en función de que se trate de un fondo rocoso, arenoso, limoso, etc. y de la profundidad de anclaje y variación del nivel del agua.

Las jaulas pueden instalarse en el medio en tres posiciones, flotantes, semisumergidas y/o sumergidas. En las jaulas flotantes se reduce ostensiblemente el coste

Tabla 16

Ventajas e inconvenientes que presentan los cultivos en jaulas

Ventajas	Inconvenientes
Aprovechamiento del agua (Cultivo tridimensional)	Crecimiento de algas y otros incrustantes en las redes (<i>fouling</i>)
Reducción de costes	Fragilidad frente a los temporales
Autodepuración del agua	Accesos limitados
Auto-oxigenación	
Posibilidades de traslado	
Facilidad de recolección de la producción	
Facilidad de transporte	
Reducción del período de engorde	

de las instalaciones y se aumenta la capacidad de producción, frente a los depósitos en tierra. Otra de las enormes ventajas de estas estructuras, aparte de la económica, es la posibilidad y facilidad de su traslado para aprovechar al máximo la temperatura y oxigenación del agua como factores más importantes en el crecimiento de los peces (Tabla 16).

Otras implantaciones son las jaulas semisumergidas o sumergidas hasta el fondo, dependiendo de las características del medio, en zonas de poca profundidad pueden implantarse semisumergidas sobresaliendo a la superficie, mientras que en aquellas zonas de gran oleaje y movimiento de aguas es preferible utilizar jaulas sumergidas ancladas mediante pesos al igual que se hace con las flotantes. En este

Tabla 17

Ventajas e inconvenientes de las diferentes zonas de implantación de las jaulas

VENTAJAS	
Zona oceánica	Zona resguardada
Bajas desviaciones de temperaturas y salinidades	Zonas abrigadas con temperaturas más altas
Menor incidencia de <i>fouling</i>	Medios ricos en plancton
INCONVENIENTES	
Más riesgos de implantación	Fuertes desviaciones de temperatura
Medio pobre en plancton	Alta incidencia de <i>fouling</i>

último caso se dispone de un conducto flotante a través del cual se suministra la comida a los animales que permanecen entre dos aguas. En todas ellas, debido a que un solo agujero en la red de una de estas jaulas permite el escape de todos los animales cultivados en ella, se prefiere la instalación de una doble red para disminuir este riesgo (Tabla 17).

Según el tipo de material, las jaulas pueden ser rígidas o flexibles; las rígidas se construyen con mallas y estructuras metálicas o sintéticas, mientras que las flexibles se fabrican con materiales convencionales, generalmente redes de pesca de nilón, éstas presentan como ventaja frente a las flexibles, que son más fáciles de limpiar, tienen una duración más larga y protegen bien a los peces del ataque de los depredadores; por el contrario, son más difíciles de manejar que las flexibles, su coste es más elevado y resisten peor el oleaje. En general, el tipo de jaula a instalar está condicionado al emplazamiento y a las características climatológicas del

Figura 21

Conjunto de jaulas, con y sin redes protectoras

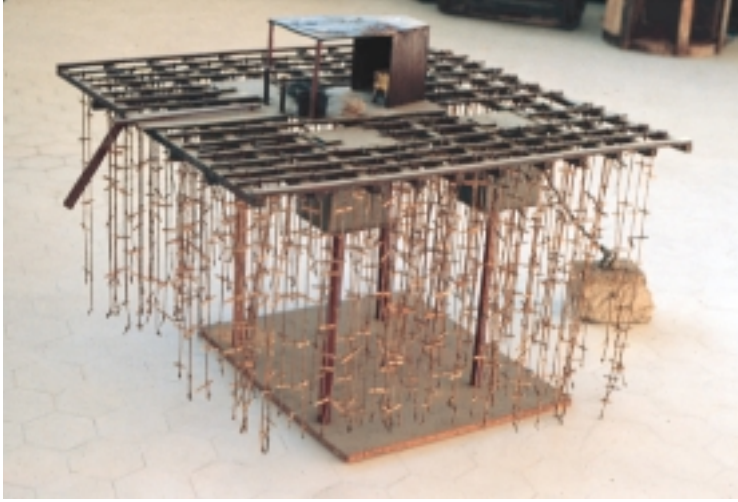


mismo.

Respecto a la forma, las jaulas pueden ser muy variadas, desde rectangulares o cuadradas, a hexagonales, tipo sombrilla, etc., protegidas por todos sus flancos, y en algunos casos esta protección puede extenderse a la cubierta, para que impida la entrada de los depredadores aéreos y la salida de peces (Fig. 21).

2. Bateas: Las bateas son estructuras flotantes provistas de un armazón rígido que se sujeta sobre unos flotadores de madera, hierro o poliuretano, que soportan un emparrillado (de madera o poliuretano), de forma más o menos rectangular, en el cual se pueden suspender distintos artefactos para el cultivo o engorde de las especies, si bien la batea clásica surgió para el cultivo del mejillón en cuerdas, y posteriormente se utilizó para el engorde de ostras y vieiras en

Figura 22
Esquema de una batea



cuerdas y/o cestillos. Se fondean con unas cadenas que actúan de ancla, con el fin de que no se desplacen con los movimientos de mareas o de temporales (Fig. 22).

Cultivos sobre el suelo. Los moluscos pueden ser emplazados directamente, para su engorde, sobre los fondos, tanto en zonas intermareales como en aguas profundas. Las zonas intermareales, que constituyen los clásicos parques de cultivo y que generalmente se encuentran parcelados y preparados mediante limpiezas, eliminación de depredadores, aportes de sedimentos apropiados, etc., son utilizados para la siembra de moluscos; en general, se emplea este sistema para las almejas, aunque pueden sembrarse ostras, vieiras y mejillones. La instalación de las semillas se hace de tal forma que ésta quede bien repartida, procurando que la densidad de siembra esté en función de la capacidad alimentaria del parque. El engorde en aguas profundas representa una potencialidad de producción muy importante, teniendo en cuenta que existe una limitación de espacios, suelen utilizarse estas zonas para el engorde de almejas, ostras y vieiras.

Cultivos sobre-elevados. Otro sistema de engorde que se utiliza para los moluscos es el llamado cultivo sobre-elevado, el cual se lleva a cabo en zonas intermareales que quedan en seco durante las etapas de mareas. El engorde de las especies consiste en colocar unas mesas o sacos sobre unos soportes o parrillas emplazadas sobre el substrato a algunos centímetros de altura. La semilla de las especies que van a ser objeto de engorde se colocan en una especie de sacos de

Figura 23

Cajas para engorde de moluscos instaladas sobre unos soportes metálicos



red y estos a su vez se sujetan sobre los soportes. En el caso de utilizar las cajas (Fig. 23), éstas han de dividirse en dos o cuatro compartimentos mediante barras transversales con el fin de reducir la amplitud de los desplazamientos de los ejemplares, así como su acumulación en los ángulos o en el centro a consecuencia de las corrientes.

La ventaja que presenta esta modalidad de cultivo frente a la de cultivo sobre tierra radica en una reducción en la tasa de mortalidad debida a los depredadores y un mayor y más regular crecimiento ante las idénticas condiciones en el nivel de la explotación, así como la posibilidad de utilizar espacios cuyas condiciones de sustrato no son aptas para la siembra y por tanto no podrían ser aprovechadas.

4.3. Tipos de cultivo

Por definición, un cultivo es el proceso mediante el cual criamos una especie bajo condiciones controladas, proporcionándole el alimento necesario para su crecimiento y desarrollo. Si este proceso abarca el ciclo biológico completo se denomina cultivo integral. Por otra parte, si no se llevan a cabo todas las fases de su ciclo de vida, nos encontramos ante un semicultivo o un cultivo parcial, que nor-

malmente suele abarcar las etapas de engorde bajo control a partir de juveniles obtenidos en el medio natural. Otra clasificación de los cultivos es la que se realiza en razón del espacio que ocupen y la densidad de población respecto a dichos espacios, pudiendo hablarse en estos casos de cultivos extensivos, semiintensivos o intensivos.

Cultivos extensivos

Los cultivos extensivos son los que se practican generalmente en grandes espacios abiertos y en densidades de población bajas. Se llevan a cabo estos cultivos en zonas costeras donde se da la conjunción, al menos, de dos factores fundamentales: que existan ensenadas, bahías, salinas o marismas, ríos, pantanos, lagunas, etc. y que en estas zonas se desarrollen de forma natural las especies que se pretendan cultivar, puesto que este sistema está basado fundamentalmente en el reclutamiento de especies autótonas, entendiéndose por tal la obtención de las mismas en sus primeros estadios juveniles por el sencillo método de abrir las compuertas de un estanque, de forma que la marea entrante arrastre a los juveniles que se encuentran en las proximidades del mismo o bien por la introducción de semillas obtenidas a su vez por captación natural, bien dentro de los mismos espacios o bien en zonas intermareales. Si el número de individuos que se logran mediante este método no fuese suficiente, hay que recurrir entonces a su captura mediante otros procedimientos, o bien utilizando juveniles obtenidos en medios artificiales o *hatcheries*.

Estas instalaciones extensivas se caracterizan normalmente por mantener las poblaciones bajo un mínimo control del medio de cultivo. Ejemplos de estos cultivos son los parques ostrícolas o los de almejas en las zonas intermareales, o los esteros, dedicados a la piscicultura y/o al engorde de crustáceos. En el caso de los cultivos de moluscos se pueden acondicionar los espacios de producción, sembrar las semillas y preparar las zonas de puesta para la emisión y posterior captación de larvas, y protección y seguimiento en la evolución del desarrollo de las especies, con rareamientos, limpiezas, etc. Respecto a la piscicultura se mejoran las producciones mediante la siembra de alevines o la retención de los que hayan entrado por impulso de las mareas y además se pueden mejorar los rendimientos llevando a cabo acciones, tales como:

- Realizar obras para dar una profundidad adecuada que permita mejores renovaciones del agua, proporcionando abrigos a las especies ante las temperaturas límites, que permitan los controles sobre las poblaciones y que mejoren la captación de alevines.

- Introducir alevines o postlarvas producidos artificialmente en centros de reproducción y alevinaje.

- Estudiar las condiciones del medio, para poder hacer una estimación de su productividad natural, y en consecuencia determinar las cargas máximas de poblaciones, así como prever cual será la producción límite que se puede obtener.

Uno de los controles que se han de efectuar en este tipo de cultivo es el referente al sistema trófico, a fin de poder mantener el rendimiento ecológico del medio. La intervención se enfoca hacia la relación entre las diversas poblaciones de especies, lo que significaría una tendencia hacia el policultivo y al incremento de las especies que constituyan su alimento. Normalmente existen en estas zonas una elevada productividad primaria y secundaria, sobre todo en primavera y verano, que es cuando las especies presentan un crecimiento más acelerado, mientras que en invierno, éste se paraliza o bien es más lento a causa de las bajas temperaturas y de la disminución de la productividad del medio. En cualquier caso, existe el recurso de fertilizar para aumentar la productividad, sin olvidar los efectos positivos de la renovación del agua.

Aunque, generalmente, el desarrollo de una sola especie puede ser más productivo dentro de la acuicultura extensiva, hemos de citar el hecho de la posibilidad de llevar a cabo el cultivo simultáneo de diferentes especies, las cuales pueden ser entre diferentes especies dentro de un mismo grupo o de diferentes especies pertenecientes a distintos grupos. Como ejemplos de los mismos grupos los encontramos entre los cultivos de moluscos integrados por almejas ↔ ostras ↔ vieiras ↔ mejillones, o en caso de los peces, cultivos extensivos de diferentes especies de peces. Respecto a los diferentes grupos se practican los policultivos de moluscos y peces y ya como ejemplo de policultivo (incluso intensivo) es el que se realiza en China, con algas Laminarias y mejillones y el formado por el alga *Undaria* con vieiras. Estos sistemas el cultivo se llevan a cabo en suspensión a partir de una misma estructura, creando las algas un mini-ecosistema que produce así un medio favorable al desarrollo de las especies.

Cultivos semiintensivos

Si incrementamos la cantidad de alimento presente, por ejemplo en los esteros, por introducción de organismos acuáticos favoreciendo su reproducción (*Artemia*, sp.), o distribuyendo alimentos naturales (desechos de pescado o pescados y mariscos de baja calidad) o artificiales (piensos), estamos ya frente a un cultivo semiintensivo. Los cultivos semiintensivos que se realizan actualmente utilizan el cultivo intermedio y el bombeo como medios que puedan asegurar producciones estables. Los estanques suelen tener tamaños muy variables según especie, países y tamaño de las granjas.

Cultivos intensivos

Hemos visto al hablar de los cultivos extensivos que en estos sistemas la intervención humana no tiene lugar hasta que han transcurrido las distintas fases larvarias. Por el contrario, en un cultivo intensivo integral el hombre interviene en todos los estados de desarrollo, desde el huevo hasta que alcanza la fase adulta. Esta intervención no sólo proporciona un suministro más seguro, sino que permite al cultivador criar las distin-

tas especies durante un tiempo previamente programado. Los cultivos intensivos se practican en espacios reducidos, en tanques o estanques controlables y con elevadas densidades de población, por otra parte, para realizar estos cultivos es imprescindible partir de un centro de reproducción (*hatchery*) que aprovisione de los juveniles necesarios para pasar a las etapas de alevinaje y engorde. En este tipo de sistemas, tanto el alimento como otras formas de energía son aportados por el hombre.

Como resumen digamos que la acuicultura extensiva es una forma de explota-

Tabla 18

Características diferenciales entre el desarrollo de la acuicultura extensiva e intensiva

	Acuicultura intensiva	Acuicultura extensiva
1. Medio físico, humano y económico	Máximo de productividad. Aplicación de tecnologías sofisticadas, con consumo de energía. Medios urbanizados o próximos a sociedades de consumo en donde el poder de compra es elevado.	Baja productividad. Costes de funcionamiento reducidos. Disponibilidad de aguas de buena calidad y en cantidades suficientes.
2. Especies a cultivar	Especies nobles que soportan fuertes densidades y condiciones de vida artificiales.	Todo tipo de especies.
3. Reproducción	Densidades elevadas. Necesidad de sistemas de producción (<i>hatcheries</i>).	Sistemas de producción por medios naturales o a partir de semillas/alevines obtenidos en <i>hatcheries</i> .
4. Alimentación	Se obtiene mediante aportes exógenos. Necesidades imperativas de alimentos compuestos equilibrados.	Raramente se aportan alimentos. Se pueden efectuar fertilizaciones orgánicas.

ción próxima a la pesca, cuya evolución frente a esta radica en la explotación máxima de la productividad natural, mientras que la acuicultura intensiva tiene un carácter artificial, es decir, el cultivo se sitúa en cajas, depósitos, etc. en los cuales se suministran aporte de alimentos, se controlan los parámetros del agua, etc. Por otra parte, las características y factores limitantes de la acuicultura intensiva y extensiva podemos describirlas de acuerdo con la tabla 18.

4.4. Cultivos de recuperación y de repoblación: arrecifes artificiales

Una vez que nos hemos referido a los sistemas de cultivo, extensivos, semiintensivos e intensivos, hemos de analizar lo que serían los cultivos de recuperación y las acciones de repoblación dentro de un contexto general de la acuicultura.

La acuicultura de recuperación consiste básicamente en el reacondicionamiento de aquellos espacios que pueden ser utilizados para el desarrollo de determinadas especies, bien porque se hayan deteriorado o bien porque no hayan sido utilizados si bien se consideran apropiados para la acuicultura por sus características medioambientales, etc. También son acciones de recuperación el acondicionamiento de los fondos a fin de facilitar y permitir la eclosión y fijación de las larvas, a partir de la limpieza de los bancos naturales, con la eliminación de depredadores, la renovación-aireación de los sustratos, etc.

La repoblación se basa en el enriquecimiento de las aguas costeras que, sin duda, supone una de las acciones que más contribuyen al desarrollo de las riquezas productivas locales, ya que cualquiera que sea la capacidad de producción de una zona, ésta puede verse aumentada, en sentido relativo, por medio de la aplicación de técnicas de repoblación, bien a través de la introducción de especies directamente al medio y/o bien mediante la implantación de artefactos que favorezcan el desarrollo de las especies, tales como la implantación de arrecifes artificiales.

La repoblación propiamente dicha consiste en producir en condiciones artificiales (*hatcheries*) juveniles de una determinada especie para introducirla al medio

Sistema de desarrollo	Fase de <i>hatchery</i>	Puesta: Acondicionar reproductores de forma que sea posible la obtención de puestas todo el año. Cultivo: Adaptación de técnicas de cultivo masivos de semillas o alevines (<i>nurseries</i>).
	Acondicionamiento del litoral	Alimento: Implantación en zonas ricas en elementos nutritivos necesarios para la especie elegida. Hábitat: Protección contra depredadores y competidores.

natural, a fin de potenciar las zonas que han sido más o menos sobreexplotadas por el hombre o bien que reuniendo unas determinadas características favorables para el desarrollo de una determinada especie, ésta no se encuentra en un determinado momento en dicho medio. Es decir, se trata de técnicas de cultivo destinadas al desarrollo de los recursos costeros y es precisamente en este contexto en el que conviene

considerar estas acciones, nunca como operaciones aisladas.

En el siguiente esquema se muestran las operaciones básicas para el desarrollo de una acción de repoblación:

La repoblación, en una primera fase, permite regular los mecanismos compensatorios del equilibrio de los stocks, al compensar parcialmente una disminución de la biomasa fecundada (capacidad de reproducción de un stock evaluado según diversas medidas tales como el número de huevos susceptibles de ser emitidos o la biomasa de los animales sexualmente adultos). La regulación puede ser controlada entre reclutamiento y la puesta o a la finalización de la puesta. El segundo caso es el más utilizado: concentración de depredadores o canibalismo, falta de alimento durante un estado crítico, ralentización del crecimiento en períodos delicados. Los mecanismos de regulación hacen entonces aumentar la relación Reclutamiento/Biomasa fecundada. Cuando la biomasa fecundada disminuye se asegura la robustez del stock parental sin que sea siempre posible negar la posibilidad de que el reclutamiento pueda ser efectuado por la rarefacción de stock inducida por una explotación intensa.

La elección de especies para repoblaciones suele basarse en parámetros tales como el valor comercial de las mismas, su inmovilidad (moluscos) o en parte (crustáceos y peces) con el fin de que permanezcan en el medio próximo y así garantizar su recuperación. El éxito de la repoblación reposa sobre el aumento de población de la especie repoblada en cada uno de los estados de desarrollo en el medio en que se lleva a cabo.

Arrecifes artificiales

La instalación de un soporte sólido en el fondo del agua se acompaña, de manera absolutamente inevitable, de un cierto número de secuencias biológicas. Una superficie virgen, sea del material que sea, se recubre, en una primera etapa, de bacterias y aunque este fenómeno no es visible, sin embargo es complicado, ya que numerosas poblaciones de bacterias se reemplazan sucesivamente sobre las superficies inmersas. Posteriormente aparecen especies más desarrolladas, Hidrozoos de pequeño porte (pólipos y medusas), Espongiarios (esponjas) y Poliquetos serpúlidos (gusanos sedentarios), así como Cirrípedos (crustáceos casi sésiles), Moluscos bivalvos y pequeños Briozoos. Las algas sólo se instalan en las superficies horizontales bien iluminadas. Estos organismos van poco a poco siendo sustituidos por otros de mayor desarrollo (Hidrozoos, Briozoos, Esponjas...), con lo cual aumenta el recubrimiento y la diversidad, pero cada vez más lentamente y sólo basado en especies epibiontes, se llega finalmente a una comunidad madura. En aguas eutróficas puede alcanzarse esta madurez en uno o dos años.

Las larvas planctónicas nadadoras de invertebrados van asimismo a fijarse sobre los soportes y en la mayor parte de los casos, estas larvas se metamorfosearán allí mismo, es decir, que pasarán a nivel incluso de la fase pelágica a la fase fija, allí se desarrollarán y crecerán, por lo que irán poblando las estructuras inmersas. Es

decir, que en un primer análisis, un arrecife se concibe como un soporte integrador de bacterias y animales filtradores. Se trata, a este nivel, por lo tanto, de un espacio creado por el hombre que modifica en el sentido de una utilización racional y óptima un equilibrio biológico posible, en una zona determinada, pudiendo aumentar la biomasa, o sea, la cantidad de materia orgánica viva que quedará disponible para servir de base a otro nivel trófico.

El arrecife, a lo largo del tiempo va cambiando. Con referencia a la comunidad de organismos puede hablarse de una sucesión y distinguir en ella dos componentes, una alóctona, puramente ambiental, fuera del control de los organismos, y otra componente autóctona en que el cambio del ecosistema y de la comunidad es consecuencia, mas o menos lejana, de las propias actividades de los organismos.

Otro nivel es el hecho de que estas estructuras o arrecifes sirven de abrigo a un cierto número de especies de peces, por tanto, juegan un papel muy importante al facilitar la puesta de un gran número de organismos, por lo que su implantación mejora notablemente los reclutamientos de ciertas especies.

El arrecife va a tener, además, otra función, va a ralentizar las corrientes marinas a nivel de los fondos y va por tanto a modificar la sedimentología, en particular a sus espaldas cuando se emplaza en el sentido de las corrientes submarinas. Cada arrecife provoca la formación de un auténtico surco y las características del suelo submarino al nivel de este espacio creado va a estar modificado según su instalación.

Las poblaciones de animales que viven en la arena van a verse igualmente modificadas y, en consecuencia, los peces que se alimentan de estas poblaciones no van a ser los mismos. La instalación juiciosa de arrecifes en zonas arenosas ha permitido, en ciertos casos, un notable aumento del número de peces planos y de su captura (Ceccaldi, 1988). Por tanto, la instalación de las estructuras artificiales contribuye a la creación de hábitats diversificados (reservas marinas) y de fuentes de alimento suplementario de numerosas especies, poniendo a su disposición:

- Superficies de colonización para organismos sésiles.
- Refugio y abrigo para pequeños invertebrados y vertebrados y para especies en situación biológica delicada.
- Zonas adecuadas para la implantación de huevos y de sacos embrionarios.
- Creación de hábitats con capacidad de fijación y reciclado de la energía aumentando la productividad biológica del entorno con posibilidad de siembra o repoblación de especies económicamente interesantes.

Consecuentemente, los efectos que se obtienen con la instalación de los arrecifes artificiales se pueden clasificar en:

- Haliéuticos, al conseguir un desarrollo de estos recursos protegiendo las zonas de cría, los juveniles, proporcionando presas y alimento y fomentando los métodos de pesca artesanal, más selectiva que la pesca de arrastre.

- Biológicos, al producirse un aumento de la producción biológica como consecuencia de una disminución de la mortalidad y de un aumento de la disponibilidad de alimentos.

— Ecológicos, al producirse un aumento de la diversidad del ecosistema y un desplazamiento de la energía hacia el sistema bentónico.

Todos estos objetivos podemos resumirlos en el general de aumentar la producción pesquera, mejora y enriquecimiento faunístico de especies «residentes» en la zona y/o atracción de determinadas especies que se reúnen en la zona del arrecife artificial, procedentes de otras zonas por migración, así como ofrecer substratos para las puestas de diversas especies, fundamentalmente de cefalópodos, peces, constituyendo un refugio o cobijo contra depredadores, es decir, favoreciendo el alevinaje y evitando la pesca de fondo.

Respecto al comportamiento de las especies que ocupan estas estructuras, podemos decir que algunas se ven atraídas al arrecife a lo largo de todo su ciclo de vida, mientras que otras sólo muestran estas tendencias durante una pequeña parte de ella. Hay especies que durante su edad más joven tienen tendencia a vivir en las capas altas y medias de la columna de agua, emigrando a capas más profundas cuando alcanzan cierta talla. Como se ve, su respuesta al arrecife está condicionada por su propia transición. Una de las razones fundamentales para que el pez se vea atraído por el arrecife está fuertemente ligada al instinto. Algunas especies buscan un hábitat en el arrecife, esto explica probablemente la fuerte tendencia de especies de fondo (demersales) a congregarse en los arrecifes. La mayor parte de las especies pelágicas utilizan el arrecife como zona de alimentación o de descanso, mientras que otras buscan en él un refugio frente a los depredadores.

Atendiendo a lo dicho, podríamos clasificar las especies en el arrecife como:

— Especies superiores o inferiores, según su respuesta a la distribución vertical del arrecife.

— Especies migratorias o consideradas según su respuesta a la distribución horizontal del arrecife.

— Otras especies, que simplemente visitan el arrecife, o bien otras que se afincan en el mismo.

Por último, las especies se diferencian entre las que viven fuera, junto o en el interior del arrecife. Asimismo, se han apreciado diversos modos de conducta de las diversas especies respecto del arrecife:

— Modo I: especies que prefieren un fuerte contacto físico de su cuerpo con un objeto sólido.

— Modo II: especies que desean mantener contacto físico con un objeto a través de su aleta pectoral o su vientre. La mayor parte de las especies sedentarias muestran esta tendencia.

— Modo III: especies que desean estar muy próximas a un objeto sólido duro, pero sin entrar en contacto con el mismo.

— Modo IV: especies que no necesitan la presencia de un objeto sólido pero que ocupan una determinada posición respecto a éste si existe.

— Modo V: especies indiferentes a la presencia de un objeto sólido.

Una vez atraídos al arrecife, los peces tienden a ocupar una posición relativa

respecto de él según la especie de que se trate.

— Posición A: los nadadores que están en la superficie y zona intermedia, que muestran una tendencia a congregarse encima del arrecife. Suelen moverse bastante por encima del arrecife, permaneciendo en la superficie superior en grupo.

— Posición B: los nadadores en el fondo que se reúnen alrededor del arrecife pero sin mostrar un comportamiento sedimentario. Este tipo de peces pasa la mayor parte de su vida en la vecindad de un objeto sólido.

— Posición C: peces sedimentarios que habitan en grietas y huecos o permanecen en la vecindad de los mismos.

Los arrecifes artificiales no constituyen por sí mismos un mecanismo de concentración de especies y de llamada de las mismas, pero sí un mecanismo ecológico capaz de reciclar nuevas acumulaciones energéticas o evitar algunas pérdidas de flujo energético.

En cuanto al comportamiento de las especies en los diferentes factores, se ha comprobado que:

— La respuesta sensorial, entre los parámetros físicos que pueden causar excitación para el pez podemos enumerar la forma, el tamaño, el color, la luminosidad, el efecto sobre las corrientes, los remolinos, el sonido y el propio material del arrecife. De estos parámetros, la forma, el tamaño, el color y la luminosidad están relacionados con lo que se considera el factor singular mas importante de gobierno de la respuesta del comportamiento del pez respecto al arrecife.

— La excitación visual ha sido estudiada a través de varios experimentos en los que se ha intentado observar los diferentes comportamientos de las especies frente a excitaciones visuales. Se ha comprobado que la visión de los peces tiene una pobre resolución, pero poseen un amplio campo de percepción. El pez sólo puede distinguir la geometría de un objeto a menos de un metro y es por ello por lo que elementos estructurales separados mas de dos metros son observados por el pez como elementos separados, no como una estructura única.

— La respuesta del pez frente a la corriente esta en función del efecto de los bloques del arrecife inmersos en la corriente, particularmente en la formación de estelas, distinguiéndose tres tipos de estelas:

Tipo A: corrientes sin perturbaciones, esencialmente similar a la corriente incidente, con líneas de corriente estacionarias.

Tipo B: corriente perturbada con fluctuaciones turbulentas en las líneas de corriente.

Tipo C: zonas estancadas o muertas con inversiones ocasionales de corrientes.

En cuanto a la elección del lugar de fondeo del arrecife, que es crucial para el éxito de su funcionamiento, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. La finalidad del arrecife: como la atracción de peces migratorios, la regeneración de la flora y la fauna degradada, la creación de reservas de pesca y la disuasión sobre la pesca de arrastre en la zona de paso.

2. Las características ecológicas del entorno: considerando flora y fauna,

tanto de interés biológico como pesquero, para evitar un impacto negativo en el medio.

3. El tipo de lecho marino: evitando limos para no soterrar las estructuras y roquedales que ya constituyen de por sí arrecifes naturales.

4. La profundidad de los fondos: en relación a la altura de los módulos para no afectar la dinámica de oleaje y su posible influencia sobre la estabilidad de las playas cercanas.

Desde el punto de vista barométrico pueden considerarse como adecuadas para el arrecife artificial las siguientes ubicaciones:

1. Pendientes suaves con un perfil muy plano, en el cual las batimétricas sean fundamentalmente paralelas. En este tipo de fondo la corriente tiende a fluir paralelamente a las batimétricas, al igual que los peces, lo cual favorece la interceptación de los mismos por el arrecife. Esta localización presenta además la ventaja de posibilitar futuras expansiones del arrecife.

2. Cerca del límite de una depresión en la dirección del mar abierto.

3. A cualquiera de los dos lados de una sobreelevación del fondo que divida la topografía o la masa de agua.