

**Nuevas tecnologías y
sostenibilidad en la Acuicultura**

Introducción

Nada mejor que utilizar el texto de la comunicación de la Comisión Europea de Pesca al Parlamento Europeo sobre *"La Estrategia para el Desarrollo sostenible de la Acuicultura Europea"*. Durante los próximos diez años la acuicultura debe alcanzar la situación de una industria estable que garantice empleos seguros a largo plazo y desarrollo en las zonas rurales y costeras y al mismo tiempo ofrecer alternativas a la industria de la pesca, tanto en lo que respecta a los productos como al empleo. Para lograr empleos seguros y bienestar, la acuicultura europea debe ser una industria viable y autosuficiente desde el punto de vista económico. El mercado debe ser el impulsor del desarrollo de la acuicultura; entre la producción y la demanda hay un delicado equilibrio por lo que no debe fomentarse ningún aumento de la producción que supere la evolución probable de la demanda. Es preciso ampliar la gama de productos y mejorar las estrategias de comercialización.

Las inversores privados son y deben seguir siéndolo los impulsores del progreso y los poderes públicos deberán velar por que la viabilidad económica vaya paralela al respeto al medio ambiente y a la calidad de los productos.

Por consiguiente la cuestión fundamental es mantener la competitividad, la productividad y la SOSTENIBILIDAD del sector de la acuicultura, *"la evolución de ésta industria debe adoptar un enfoque que integre las técnicas de cultivo, los aspectos económicos y sociales, la utilización de los recursos naturales y la gobernanza para mantener la sostenibilidad"*.

Todo el sector está en principio de acuerdo con este principio básico, aunque matiza en función de los distintos enfoques.

Para el sector, el papel de la acuicultura es el de proporcionar alimento saludable, seguro y nutritivo a los consumidores europeos y reducir el déficit crónico entre importación y exportación de productos pesqueros. Para conseguir esto es básica la sostenibilidad del sector en sus distintas vertientes interactivas:

- Sostenibilidad económica, si las empresas que son las que *"hacen"* el sector no pueden generar beneficio, invertir y desarrollarse no habrá sector, no habrá creación de empleo.
- Sostenibilidad ambiental, si la acuicultura como actividad no mantiene las condiciones ambientales necesarias para su desarrollo no puede prosperar.
- Sostenibilidad social para poder cumplir la exigencia de creación de puestos de trabajo y contribuir de manera significativa a la mejora de la situación socio-económica de muchas áreas costeras y rurales.

Ahora bien, en todos los foros donde se trata del desarrollo de la acuicultura, se coincide en señalar que para elaborar y adaptar políticas y prácticas que garanticen la sostenibilidad en sus distintas vertientes, se requieren tecnologías y sistemas de explotación, lógicamente racionales, basados en sólidos conocimientos científicos (Beijing 2002).

Nuevas tecnologías para nuevas estrategias de sostenibilidad, nuevas tecnologías no sólo para garantizar la visibilidad futura y rentabilidad, lo que a su vez conlleva el mantenimiento de puestos de trabajo en zonas especialmente necesitadas de los mismos, sino que debe ser también un elemento esencial en orden a eliminar algunas de las desigualdades a las que deben hacer frente los trabajadores del mar. Familiarizar a los trabajadores con nuevas técnicas de trabajo vinculadas con las nuevas tecnologías debe ser el objetivo de este estudio.

1. Sostenibilidad. Desarrollo sostenible

Manejamos continuamente éstos términos y es conveniente que les busquemos una definición para atenernos a ella en todo el desarrollo del estudio.

"DESARROLLO SOSTENIBLE es la gestión y conservación de los recursos naturales de base y la orientación de los cambios tecnológicos e institucionales de forma que aseguren el bienestar y la satisfacción continuada de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras".

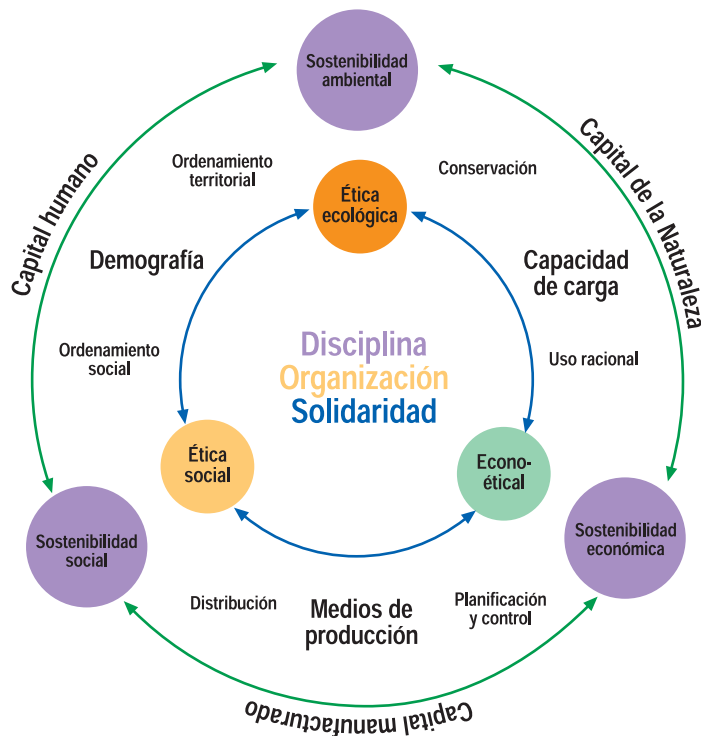
En la última reunión de Beijing 2002 se abordó el tema de la sostenibilidad en la acuicultura a nivel mundial y las grandes cuestiones y preocupaciones que deben plantearse para conseguir la sostenibilidad global y entre ellas:

- Establecer el entorno propicio con marcos políticos, sistemas jurídicos e institucionales que sean adecuados y se conecten debidamente.
- Participación de todas las partes interesadas en todos los procesos normativos que regulan el sector. El mayor acceso a recursos físicos, monetarios, información y conocimientos.
- Ordenación responsable y utilización eficiente de los recursos comunes tierra y agua.
- Integración eficaz de la acuicultura en los planes nacionales para ayuda al desarrollo.
- Estimulación de inversiones y participación del sector privado.

Completamos el panorama con los acuerdos de Bangkok 2000:

- Invertir en formación Académica y técnica y en I+D.
- Integrar la Acuicultura en el Desarrollo Rural.
- Innovar técnica, científica y biológicamente.
- Mejorar la nutrición y reducir residuos. Biodisponibilidad de nutrientes e interacciones en las mezclas de ingredientes.
- Aumentar el uso de subproductos agrícolas y pesqueros así como materias primas renovables.
- Mejorar los sistemas de producción y alimentación.
- Aplicar técnicas genéticas para selección y mejora.

Sostenibilidad



Acuicultura

2. Tecnologías

Estamos en un sector emergente que requiere desarrollo de tecnologías propias. No se conocían las condiciones de vida en el mundo marino, era el gran desconocido. Apenas alguna experiencia en especies de agua dulce y técnicas de imitación de la naturaleza en los cultivos extensivos.

Los desarrollos en biología son los que han ido permitiendo el desarrollo de las técnicas. El conocimiento de las bases de la reproducción ha abierto las vías para el desarrollo de los alimentos tanto vivos (microalgas) como inertes (piensos).

Con el desarrollo de la crianza han venido las ingenierías de producción, manejo y tratamiento del medio (agua), bombeos, tratamientos, recirculación, efluentes, oxigenación, etc. Manejo y tratamientos de la biomasa, estanques, jaulas, transvases internos, manipulación en vivo, automatización de alimentación, controles, etc. Tecnología sanitaria, medicación, vacunas, y mezclas medicamentosas.

Una vez está el pez fuera del agua (pescado) las técnicas de manipulación, tratamiento, conservación, etc. son las mismas que los productos de la pesca pues ambos son productos pesqueros.

Por último está abierto el mundo de la biogenética como arma de conocimiento y desarrollo.

Como en tantos otros sectores la mayoría de los desarrollos se han realizado en las propias empresas con apoyo de los entes de investigación, tanto universitarios como tecnológicos de procedencia estatal o comunitaria.

Una vez resuelta técnicamente y de forma básica la cría de la trucha y el salmón, su desarrollo fue aprovechado para otras especies. Los cultivos marinos utilizarán los mismos sistemas básicos en los que basaron su desarrollo específico. La alimentación se desarrolló en base a la elaborada para el salmón.

Cada instalación con la mayor cantidad posible de datos acumulados experimenta todas las fases del proceso y fue acumulando experiencias y desarrollando normas, procedimientos y sistemas propios. Muchas horas, muchos fracasos y mucho dinero han sentado las bases para el desarrollo tecnológico que hoy tenemos.

Los fabricantes de piensos son grupos transnacionales que han globalizado todo tipo de experiencias.

Hay multinacionales que globalizan también sus experiencias y el movimiento natural del personal técnico, congresos, reuniones etc., han permitido una difusión de los conocimientos.

No obstante cada empresa guarda celosamente sus resultados, sus “*formulas*” y sus fracasos.

En España estamos al mayor nivel en aquellas especies que nos son propias y por lo tanto en sus tecnologías de crianza. Somos líderes en mejillón y rodaballo y estamos al más alto nivel en dorada y lubina. Disponemos de equipos de investigación potentes y estamos poniendo en marcha un observatorio de la acuicultura para coordinar la investigación entre sí y en relación con las necesidades del sector productivo.



3. El medio. El agua

El único medio en el que se puede desarrollar la acuicultura es el agua. En un principio no había posibilidades de actuar sobre el medio, como ocurre en la actualidad con la acuicultura extensiva.

Con la acuicultura intensiva se pretende un mayor control del agua. Ajustar ésta a las condiciones más apropiadas a cada cultivo y a cada instalación. Salvo en el engorde en jaula en el que la técnica está en elegir el lugar apropiado para la crianza en función de las características fisicoquímicas del agua. Su composición, su ph, su salinidad, su turbidez, su temperatura, etc., y sus corrientes, mareas y demás factores meteorológicos. Una vez elegido el lugar de la ubicación del parque de jaulas, ya no hay posibilidades de actuación.



Sin embargo, en la acuicultura en tierra, cabe elegir en primer lugar, el agua que se capta para la instalación, y después actuar sobre los circuitos hasta la emisión de efluentes.

Se busca la mayor calidad y pureza del agua, por lo que tiene prioridad la captación de aguas subterráneas que no estén contaminadas por sufrir filtraciones internas.

En las proximidades del mar, pueden obtenerse aguas salobres muy puras, muy adecuadas para distintas especies y en casos de circuitos cerrados pueden "fabricarse" aguas adecuadas añadiendo sal de mina o de salina.

En la captación en el mar hay que buscar zonas donde el agua esté muy limpia y renovada continuamente, mejor en el mar que en ría, en zona donde no haya muchas algas.

El agua debe filtrarse antes de entrar en los circuitos para evitar cuerpos extraños, patógenos, etc. Se utilizan filtros de arena y tratamiento con ozono o rayos ultravioletas. Estos procedimientos no son totalmente limpios, tienen alto consumo energético y pueden generar ozono que es peligroso para la salud.

Se investiga en nuevas técnicas catalíticas, con aportación de H_2O_2 , o iónicas que al bajo consumo energético añadirían el ser totalmente limpias.

El agua normalmente debe oxigenarse para poder acoger las densidades de biomasa que pretendemos introducir en los tanques. Hay varios sistemas de oxigenación en los que se busca el mayor rendimiento así como nuevos sistemas para la generación de oxígeno.

Los sistemas clásicos de destilación fraccionada del aire licuado tienen un enorme gasto energético y genera gases sobrantes que son emitidos a la atmósfera.

Se han empezado a instalar los nuevos sistemas de generación por zeolitas en los que el único consumo energético es el del compresor de aire que le hace pasar a través de unos depósitos de zeolitas (silicatos naturales) que retienen el oxígeno que liberan al invertir el flujo.

Se consiguen altas concentraciones (96%) de un oxígeno de gran pureza.

Los flujos de agua para mantener los estanques con la renovación suficiente para eliminar todo tipo de excrementos es muy grande así como el consumo eléctrico en bombeo, y consumo energético para mantener las temperaturas más adecuadas para el metabolismo más favorable de cada especie.

Se tiende para ello a cerrar circuitos haciendo recircular el agua. Una vez alcanzada la temperatura se mantiene sin apenas consumo energético, el agua ya está oxigenada y es rica en nutrientes. Sin embargo, hay que eliminar todos los excrementos, nitritos, amonios, fósforo, etc., y cualquier patógeno que si lo hacemos circular por un circuito cerrado puede contagiar a todo el sistema.

La RECIRCULACIÓN es el gran reto de la acuicultura por cuanto podríamos criar peces con el mismo agua sin más reposición que la de la evaporación inevitable. Se podría instalar en cualquier lugar y no actuaría sobre el medio ambiente. No habría efluentes, ningún tipo posible de contaminación. Sería el óptimo de la sostenibilidad.



El circuito elemental estaría constituido por una serie de filtros mecánicos de tambor que empezarían por eliminar los sólidos y después por los filtros biológicos en los que se hace pasar el agua en forma de ducha para que una serie de enzimas controladas y bacterias apropiadas eliminen a los patógenos nocivos que pueda llevar el agua.

Se están consiguiendo recirculaciones del 80% y se investiga activamente para poder acercarse a la recirculación total que es técnicamente posible.

Las nuevas tecnologías de tratamiento del agua por métodos catalíticos o iónicos pueden ser la solución al sistema.

Es la situación actual y en aquellos casos en los que no sea posible la recirculación hay una serie de técnicas disponibles para el control de emisiones:

- Depuración de efluentes
- Balsa de decantación
- Biofiltros
- Filtración
- Lagunados
- Aireación
- Depuración de patógenos, ultravioletas y ozono
- Filtros verdes
- Flotación
- Hidrociclones

La aplicación de cada uno de éstos sistemas depende de muchas circunstancias y parámetros con el objetivo de cumplir la normativa vigente de la mejor forma posible al menor coste.

En todo caso hay que consultar con especialistas para que nos propongan de estas técnicas disponibles cuál es la más adecuada.

Las nuevas tecnologías se orientan a impedir que las aguas se contaminen, lo que evitaría las paradas por limpieza biológica que siempre utilizan cloro, lejías y biocidas.

Hay unas nuevas tecnologías para el tratamiento del agua que están basadas en métodos físicos y fisicoquímicos. El sistema Mol Clean está basado en la acción catalítica con aportación de agua oxigenada (H^2O^2) sobre las biopelículas donde se concentran patógenos, virus, etc. Se está utilizando para atacar la legionelosis, pseudomonas, etc., en instalaciones donde hay intercambio agua-aire, como en los humidificadores de las instalaciones de aire acondicionado y en las torres de refrigeración. Se inician las investigaciones en España para depurar las aguas en acuicultura.

El otro sistema, el iónico, no aporta productos químicos al agua, sino que ioniza ésta en determinadas condiciones produciendo los mismos efectos.

La mejora de la depuración de las aguas tanto en la entrada como en los procesos de recirculación y filtros bioquímicos, y en la salida de efluentes, es la mayor contribución que pueda hacerse a la sostenibilidad de la actividad.

4. Acuicultura de peces

De los productos de acuicultura, el pez es el más importante por su variedad, por su complejidad, y porque es básico en la dieta de todos los países, tanto en los desarrollados como en los del tercer mundo, en los que es la proteína básica de la alimentación de muchos millones de personas.

Dentro de la crianza de peces hay dos grandes grupos:

- La Acuicultura Continental o crianza de peces de aguas dulces, fundamentalmente ríos.
- La Acuicultura Marina o crianza en aguas saladas o salobres.

Ésta, por su gran variedad de especies, es la que requiere mayor tecnología, de forma que las tecnologías desarrolladas son aplicables a otras acuiculturas.

Hacemos una breve descripción de la acuicultura continental, y luego nos extenderemos con la piscicultura marina.

4.1. Acuicultura continental

Es la que se desarrolla en aguas continentales, es decir, en aguas dulces de ríos, lagos y pantanos. Está basada en España en la crianza de trucha arco iris salmónido de aguas frías. La trucha requiere para su cría una elevada disponibilidad de aguas limpias con alta renovación, ricas en oxígeno disuelto y con un rango de temperatura entre 9 y 18° C.

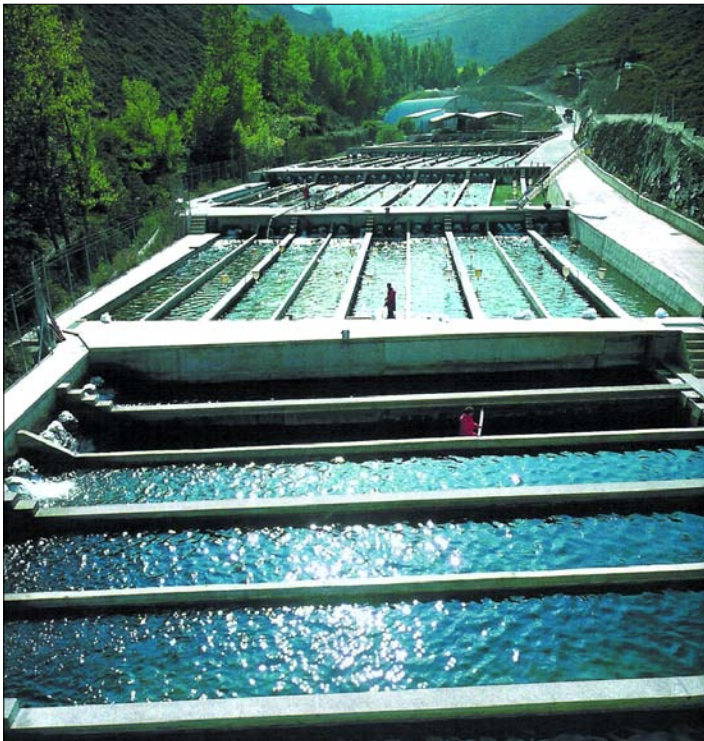
Estas se dan en los tramos altos de los ríos fundamentalmente en las cuencas de los ríos del Norte de España que reúne las condiciones requeridas al agua en cantidad y calidad.

Temperatura es el factor más limitante que afecta a la densidad, viscosidad y solubilidad de gases, oxígeno fundamentalmente.

Sólidos en suspensión. Proveniente generalmente de atmósfera, en el discurrir de las corrientes de agua con sus saltos, turbulencias, etc. En caso contrario hay que oxigenarlas.

Amoniaco perjudicial para la crianza sobre lo que actúa negativamente.

La producción en España está en la actualidad en 30.000 Tm. y está limitada fundamentalmente por el mercado. La apertura de la exportación ha permitido aumentar la producción.



Es necesario fomentar el consumo, dado que es un alimento sano nutritivo que si bien no alcanza las características de los peces marinos, en contenidos ácidos grasos Omega 3 y 6, en variedad, y en características organolépticas, debe estar en la dieta equilibrada.

Las nuevas tecnologías a aplicar en este sector están relacionadas con:

a) La calidad del agua. Las nuevas técnicas de recirculación para conseguir utilizar el agua en condiciones óptimas y devolverla al cauce en las mismas o en mejores condiciones de las que se extrae.

Se puede llegar a contaminación cero, es decir a la sostenibilidad total.

Hay que experimentar las nuevas tecnologías de tratamiento de aguas basadas en técnicas que

elimina totalmente las biopelículas donde anidan y se crían, patógenos. El sistema Mol Clean catalítico con aportación de H₂O₂ puede ser una solución que elimina el uso de cloros, biocidas o rayos ultravioletas u ozono sistemas que no son limpios.

Otro sistema a experimentar es el iónico en el que por combustión fría se hace desaparecer cualquier indicio de patógeno que puede interferir en la salubridad y calidad de la crianza.

La oxigenación del agua permite mejorar las densidades de los cultivos, los rendimientos de los piensos y la ausencia de patologías. Había que introducir los nuevos sistemas de generación de oxígeno por zeolitas con lo que se obtiene oxígeno de gran pureza a muy bajo precio.

El uso de energías alternativas sería suficiente para cubrir las necesidades energéticas de las instalaciones. Podrían ser instalaciones totalmente limpias.

La aplicación de las nuevas tecnologías a la transformación del pescado, de la elaboración, ahumado, escabeche y de la presentación con sistemas de pasteurización atmósferas de gas inerte, etc. contribuiría a mejorar la conservación.

El resto de las nuevas tecnologías a aplicar son comunes al resto de los otros peces de crianza, es decir, desarrollando piensos para conseguir la sustitución de harina y aceite de pescado y mejorar los coeficientes de conversión de los nuevos piensos. Para que encuentre su lugar la trucha en el mercado de peces es necesario bajar los costes para no entrar en competencia con otras fuentes de proteína de pescado que tienen más aceptaciones en el consumidor.

También sería conveniente desarrollar la producción de otras especies continentales como la tenca. Esta especie tiene un cierto mercado regional y posibilidades. Hay un centro en el que se produce gran cantidad de alevines y prepara el camino para nuevas explotaciones.

Un mayor desarrollo de este sector sería generador de puestos de trabajo en ámbitos rurales.

5. Piscicultura marina

5.1. Proceso productivo

El proceso productivo integral se inicia con la obtención de huevos, esporas o semillas. Estos pueden ser obtenidos por medios naturales en el medio natural o por puestas inducidas en medios controlados, "hatcheries". En este caso, hay que tener un stock de reproductores controlando las puestas en función de las necesidades, por medio de controles de luz (fotoperiodo) y de temperatura (termoperiodo) y realizando la fecundación con el esperma de los reproductores machos.

Los huevos pasan a la incubación donde eclosionan en larvas alimentándose de las reservas de su saco vitelino. Se inicia entonces el cultivo larvario que precisa de alimentación exterior de seres vivos. Esto requiere un proceso de cultivo propio que prepare las dietas para las larvas consistente en especies monoalgales base del cultivo de Artemia y Rotíferos.

El estadio postlarvario se inicia con la eclosión y llega hasta el destete o momento en que ya puede alimentarse con producto seco, que da paso al preengorde (nursery) en el que en un medio controlado, temperatura, contenido de oxígeno, etc., se suministra alimento seco, pienso adecuado según las especies, tamaños, estados sanitarios, etc.

En estas condiciones engorda hasta el tamaño comercial. Puede hacerse en la misma instalación, o pasa a instalaciones en tierras intermareales, o esteros y salinas; depósitos en ubicaciones más favorables por las condiciones medioambientales o en jaulas situadas en el mar.

El engorde se interrumpe al llegar al tamaño que el criador considera apropiado para la comercialización, momento en que procede a su pesca, a su embalaje y distribución al mercado.

Aunque en la actualidad el consumo mayoritario es de pescado fresco y entero, con el tiempo se procederá a la transformación del producto con él de la pesca. Es decir, habrá una industria de congelado, industria de manipulación en la que se eviscerará y fileteará el pescado y habrá asimismo precocinados en distintas fases de elaboración.

5.2. Hatchery/reproducción

Las técnicas aplicadas a esta fase del proceso van encaminadas a optimizar la reproducción.

- a. Selección de reproductores. Mejora genética a través de selección.
- b. Condiciones óptimas del medio. Control de entradas de aire, agua y alimentos. Tratamiento previo.
- c. Actuaciones sobre la fecundidad, biología de la reproducción, fotoperiodos y termoperiodos. Sistemas integrados de gestión. Control centralizado de variables. Alarmas. Automatización de las respuestas.
- d. Calidad de los huevos, base de la calidad del producto final. Detección. Evaluación de criterios. Parámetros a valorar.

En todos ellos se investiga activamente. Las nuevas tecnologías permitirán mejorar la calidad de los huevos y por lo tanto de la tasa de eclosión, viabilidad larvaria, crecimiento, supervivencia en la metamorfosis, disminución de malformaciones, pigmentación correcta.

Todo lo que contribuya a mejorar éstas variables contribuirá a la sostenibilidad.

En esta etapa se genera la bioseguridad que se arrastra hasta el producto final como base para criar peces libres de patógenos. Hay que desarrollar desinfectantes de huevos que sean eficaces para el control de patógenos externos y métodos de detección precoz de patógenos transmitidos a través de los huevos. El control sanitario en los sistemas productivos de peces se logra mediante la utilización de tecnologías de "Sistema controlado" y mediante métodos de diagnóstico específico.

Investigaciones recientes se centran en el estudio de las bases fisiológicas y moleculares de la reproducción para lograr la optimización inducida hormonalmente de peces criados.

Se monitorizan los niveles de expresión y liberación de diferentes hormonas de peces, durante periodos críticos del ciclo reproductivo y tras diferentes tratamientos hormonales y medioambientales, se preparan dispositivos que liberan las hormonas de forma controlada y se prueban en reproductores valorando sus efectos sobre la inducción de la maduración final de los huevos, ovulación y puesta.

Hay todo un mundo de posibilidades que están solamente iniciándose.

Selección de reproductores

Las mejoras genéticas consisten en buscar la eficacia de la selección a partir de determinados individuos para reproducir una población en base a la transmisión de determinadas características a la descendencia, fundamentando esta selección en los rasgos fisiológicos de mejora como el crecimiento, la fecundidad y la resistencia a las enfermedades. Para ello conviene tener una gran variedad de opciones escogidas en el medio natural y en el propio cultivo. Los peces ofrecen ventajas en esta selección, por un lado por la gran cantidad de huevos de los que disponemos por puesta, y por la densidad de individuos de la misma edad de desarrollos especiales.

Hay por lo tanto, que:

- Controlar los ciclos vitales.
- Evaluar individualmente distintas generaciones que se crían en las mismas condiciones ambientales, alimentación, etc.
- Identificar por signos externos aquellos individuos que destaquen o que desarrollen algunas de las condiciones que estamos buscando.
- Utilizar marcadores genéticos para simplificar las tareas en los laboratorios.

Hoy por hoy no se realizan manipulaciones genéticas, sin embargo, se piensa su conveniencia no para producir peces genéticamente modificados, sino para llevar a conocer con la investigación, cuáles son las causas o razones de enfermedades, malformaciones, etc., y a través de ese conocimiento la búsqueda de soluciones.

Nuevas tecnologías que permitan tener unos reproductores adecuados y de alto rendimiento, que no transmitan enfermedades, que transmitan una alta capacidad de crecimiento y fecundidad, es la mayor contribución posible a la sostenibilidad de esa especie.

Condiciones del medio

Los reproductores se mantienen en estanques para los distintos procesos de cuarentena, climatización y almacenaje.

Es fundamental la calidad del agua y los controles de las variables.

El agua debe captarse en zonas en las que se pueda garantizar que no existan contaminaciones de ningún tipo, que la captación sea sencilla sin algas, sólidos, etc., y que no sea excesivamente cara por el consumo energético de las bombas necesarias, por exceso de distancia o altura.

El agua hay que tratarla previamente para garantizar su calidad. Se le hace pasar por un filtro de arena dimensionado de forma que no pase ninguna partícula mayor de 60 mm. con lo que se asegura que ninguna bacteria pasa al sistema, puesto que quedaría retenida en la arena del filtro. A continuación se le somete a un tratamiento de esterilización por medio de rayos ultravioleta (RU-V) o por ozono. Aunque son efectivos conllevan ciertos peligros y son caros. Se están investigando sistemas nuevos de tipo catalítico con adición de pequeñas cantidades de agua oxigenada o por métodos iónicos que no requieran ningún aporte. Estos sistemas eliminan cualquier patógeno, virus, bacterias, etc., de forma económica y sin riesgo alguno de producción de productos que puedan ser tóxicos o contaminantes.

El agua de los estanques debe tener la cantidad óptima de oxígeno en función de la densidad de biomasa y de la temperatura. Asimismo debe controlarse la luz y la salinidad. Las nuevas tecnologías deben conseguir unas mediciones muy sensibles y unos sistemas centralizados de control que no solamente avisen de las anomalías que se produzcan, sino que procedan a su corrección actuando sobre las variables alteradas. Una hatchery debe manejarse sin intervención humana más que para las labores imprescindibles de trasvases, conteo, observación, etc.

Esta consideración debe aplicarse en general a todas las instalaciones de las hatcheries en sus distintas fases y en función de los parámetros que son propios a cada uno de ellos en función de sus protocolos de actuación.

Desove

El desove puede ser natural o inducido. En el primer caso sólo se puede actuar mediante el control del fotoperiodo y del termoperiodo. El segundo requiere un tratamiento hormonal aplicado mediante una serie de técnicas que se han desarrollado en los propios laboratorios de las Hatcheries. La técnica aplicada influye en la obtención de huevos fuera de temporada y en la calidad de las puestas.

Las nuevas tecnologías conseguirán aprovechar las posibilidades reproductivas de todas las especies, con lo que se podrán conseguir, a precios muy asequibles, alevines, no sólo destinados a su engorde para la nutrición humana, sino para la repoblación, que será posible y de alto rendimiento cuando vayamos renovando las aguas de los mares.

Las siguientes fases productivas participan todas de las mismas necesidades de calidad del medio y control que hemos descrito como característica general de las hatcheries.

Los huevos de las puestas se recogen por flotación en agua con una salinidad muy controlada y con un gran cuidado para no estresar a los huevos por impacto físico o por cambio brusco de temperatura o salinidad.

La evolución de los huevos de la dorada por ejemplo, es:

- Eclosión a los 2 días.
- Vejiga natatoria a los 15 días.
- Aleta anal y estomago a los 20 días.
- Aletas y escamas a los 45 días.
- Morfología definida 90 días.

Los huevos se desinfectan y se incuban. Las larvas que eclosionan ya requieren alimentación en su crianza. Esta alimentación, desde la eclosión hasta el destete, se hace mediante animales vivos. La crianza de estos animales vivos es la tecnología más precisa de la crianza.

Alimento vivo. Biología y Producción

Generalidades

En las primeras etapas de la crianza, la mayoría de los peces que se crían actualmente se alimentan de zooplancton o conjunto de seres planctónicos vivos.

No hay, hoy por hoy, ningún otro alimento artificial que pueda servir para cambiar las necesidades de alimentación en la fase larvaria. No hay más solución que la utilización de rotíferos y artemias. Aunque en un principio se pensó que las algas unicelulares o fitoplancton solamente servían para alimentar a los rotíferos, se descubrió posteriormente que su presencia en los tanques de larvas mejoraba la calidad del agua, realizando un papel inmunológico activo, limitando el desarrollo de bacterias y eliminando contenidos de nitrógeno y fósforo.

Por lo tanto hay tres clases de alimentos vivos cuya biología y producción hay que analizar: fitoplancton, rotíferos y artemias.

Fitoplancton

Son microalgas o seres unicelulares planctónicos que existen en las aguas de todos los mares en una gran variedad de especies. La selección de los adecuados en cada caso debe ser fruto de la experiencia y en su defecto hay que proveerse en otras hatcheries o en laboratorios marinos especializados que han seleccionado una variedad de cepas que reúnan las condiciones de ser:

- Cultivables con rendimientos aceptables.
- Nutritivas para los usos a los que se destine.
- Tamaño adecuado para su aplicación.

Conviene asesorarse debidamente para evitar experiencias costosas si se pretende resolver por métodos propios.

Rotíferos

Se entiende por rotíferos o metazoos filtradores de pequeño tamaño de la clase nematelmintos.

Tienen una corona en la cabeza que al girar produce el desplazamiento en la variedad planctónica que es la que vamos a considerar que no están unidos al sustrato. Este movimiento giratorio es el que les da el nombre de rotíferos. Ese mismo movimiento es el que permite la entrada de las pequeñas partículas con las que se alimenta, pequeñas algas, restos de otros seres, excrementos, etc. El agua la expulsan y el material sólido pasa por el esófago al estómago donde los digiere. En la epidermis es donde almacena las proteínas que son las que dan al rotífero su valor nutritivo. El tamaño del rotífero está comprendido entre 100 y 200 micras. Puede multiplicar su peso en una hora. El hecho de que necesite muy poco oxígeno y que puedan vivir en ambientes con gran carga orgánica les hace muy favorables para su utilización en las hatcheries.

La variedad más adecuada es la que en la naturaleza se da en aguas salobres, salinas y supersalinas y recibe el nombre de *brachionus plicatilis*.

Los machos son mucho más pequeños que las hembras y tienen mucho menos valor nutritivo.

El tiempo de vida de los rotíferos es sólo de días, llegando a un máximo de 7 días en las condiciones óptimas de temperatura (sobre los 25° C), salinidad, luz, etc.

Su reproducción puede ser sexual o asexual o partenogenética. Esta produce mucho más rendimiento porque las hembras pueden empezar a poner huevos con menos de 1 día de vida y pueden poner

huevos cada 4 horas. Para este tipo de reproducción no necesitan al macho que por otro lado como hemos visto es mucho más pequeño y no tiene valor nutritivo.

Hay que procurar por lo tanto, controlando las condiciones ambientales, mantenerse en la fase de reproducción asexual. Si se pasara a la fase sexual tendríamos una serie de machos pequeños, poco nutritivos y huevos inactivos.

Los rotíferos pueden comer fitoplancton o levadura del tipo común *Saccaromyces cerevisiae*.

Si se alimentan con levadura se reproducen mucho más deprisa y se requiere menos espacio porque se pueden alcanzar densidades muy elevadas. Sin embargo con esta alimentación se presentan carencias en vitaminas B y en ácidos grasos. La forma de compensar estas carencias es mantenerles unas horas con fitoplancton mucho más ricos en ácidos grasos poliinsaturados.

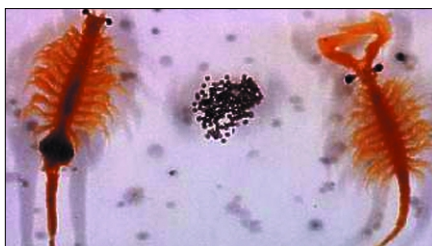
Artemia

La artemia es un crustáceo filópodo, es decir con patas en forma de hoja, de talla alrededor de 1 mm., que constituye una inigualable fuente de alimentación dado su contenido porcentual en glúcidos, lípidos y proteínas. Su hábitat natural son las salinas en donde encuentran los detritus finos, bacterias, protozoos y microalgas con las que se alimenta.

Tiene forma alargada y color rojizo, con dos ojos compuestos y tres partes muy diferenciadas. Cabeza con antenas, boca con dos mandíbulas, tórax con 11 segmentos cada uno con dos apéndices. Cada apéndice tiene dos formaciones, una externa que actúa como branquia y aparato excretor y otra formación interior con funciones natatorias; precisamente su movilidad es una de las ventajas que tiene como alimento favorable a peces depredadores como la dorada, lubina.

En las puestas de la hembra se puede llegar hasta los 1500 nauplius por puesta, huevos que sufren una metamorfosis que dura 10 días.

El huevo a los dos días se convierte en un nauplio (0,5 mm.) a los dos días crecen hasta 1 mm. (metanauplius) y a los 6 días más llega a ser una Artemia juvenil de 3 mm.



Los tamaños se adecuan al tamaño de la boca de las larvas a alimentar para alcanzar el mayor rendimiento en la alimentación.

El principal problema que presenta la artemia es su disponibilidad y de ahí su precio. Existe en la naturaleza en muy pocos sitios precisamente por las condiciones extremadamente duras que debe soportar, especialmente las altas salinidades. La formación del ciste es una defensa de la naturaleza ante el medio hostil, en la que sobrevive la artemia indefensa por no tener depredadores que sobrevivan a esas condiciones.

Los cistes aparecen flotando en las aguas de las salinas y los lagos salados como un polvo de color marrón que las olas y el viento llevan a las orillas donde se cogen, se limpian y se envasan herméticamente para que no cojan humedad.

Estos cistes constituyen la despensa para alimentar las hatcheries en las fases larvarias. Se almacenan fácilmente y se obtienen de ellos los alimentos nauplius y metanauplius de forma sencilla, rápida y eficiente.

Los tres tipos de alimentación que hemos descrito son útiles para las fases larvarias y su distinta utilización en función de las distintas experiencias con las distintas especies, tecnologías propias, condiciones ambientales particulares, posibilidades de fabricación o factores económicos.

En todo caso teniendo bien presente que el fitoplancton, además de alimento de rotíferos, es un medio adecuado para la cría de larvas. Se puede poner en disposición en grandes cantidades en la propia hatchery.

El rotífero, el *Brachiaris plicatilis*, es una excelente primera alimentación para los estados larvarios por su lenta velocidad natatoria, su pequeño tamaño, su alta densidad puede llegar hasta más de mil rotíferos por mililitro, su amplia tolerancia a las variaciones de salinidad y su gran fertilidad. No menos importante es la posibilidad de utilizarlos para transferir medicamentos o elementos nutricionales necesarios para completar dietas para larvas. El poder tener a disposición billones de rotíferos al día es una gran ventaja.

La artemia es de fácil almacenamiento y manejo y no requiere de otros componentes para convertirse en elemento de alta calidad.

Veamos ahora cómo se producen en la práctica diaria de los hatcheries.

Cultivo masivo de microalgas

La producción a gran escala de fitoplancton para "el agua verde" y para los rotíferos, se limita a unas pocas especies que se seleccionan por su tamaño, valor nutritivo, facilidad de cultivo y citotoxicidad.

La dinámica de población tiene distintas fases:

- a) fase lag, las células aumentan de tamaño pero no de número.
- b) Fase exponencial o log., las células se reproducen muy rápidamente con crecimiento exponencial de la población.
- c) Luego se ralentiza el ritmo de crecimiento hasta que la muerte de células se compensa por la reproducción.
- d) Llega el declive, mueren más que se reproducen.

Hay tres sistemas de cultivo:

Por lotes: se cosecha la totalidad de un vaso en el momento de más alta densidad.

Semicontinuo: la población de algas se cosecha parcialmente a intervalos cuando están maduras. Se incorpora medio fresco para seguir el proceso.

Continuo: cultivo de flujo continuo estacionario en el cual la velocidad de crecimiento se controla con el factor limitador.

La tecnología se orienta en la búsqueda de sistemas de producir algas concentradas para suministrar a las hatcheries.

Las instalaciones constan del área de producción donde están las bolsas tubulares de (PE) polietileno colocadas dentro de un marco cilíndrico de alambre. Pueden tener hasta 450 l. Se cierran con tapas de plástico para que no se contaminen. Hay que tener un sistema de aireación, una fuente de alimentación de dióxido de carbono y alumbrado fluorescente regulado.

Hay un laboratorio para duplicar pequeños cultivos y luego la habitación acondicionada en temperatura, humedad e iluminación para mantener las cepas puras y pequeños vasos de cultivo.

El agua, base del cultivo, es agua de mar tratada como ya vimos al describir el medio- agua.

Para el cultivo de alimentos vivos se procede a un microfiltrado posterior hasta 5µm para los cultivos grandes y de 1µm para las cepas y se termina con una esterilización que puede ser:

- a) Por cloro.
- b) Por vapor seco o vapor húmedo (autoclave).

c) Por radiaciones Ultravioletas.

Preparadas las cepas y los recipientes de producción, el crecimiento exponencial de las algas se controla por medio de nutrientes, turbulencia por burbujeo de aire o CO₂, variación de pH y por la intensidad de la luz.

Los nutrientes son nitrógeno, fósforo, vitaminas y minerales que se tienen preparados en recipientes con agua desionizada para de ahí preparar las mezclas. En todo el manejo se requiere una asepsia absoluta y una esterilización a fondo (excepto en el caso de las vitaminas). El sistema operativo para activar una bolsa de cultivo sería:

Se prepara la bolsa en su soporte y se llena de agua esterilizada comprobando que no tiene ningún tipo de fuga. Se introducen los nutrientes. Se introduce el inóculo precedente de otra bolsa activa o de los matraces de la zona de cultivo. Se enchufan en el fondo los tubos de plástico de aireación que están conectadas a la tubería general de aire y se calibra un burbujeo suave.

Ajustar las cantidades de nutrientes y de inóculos teniendo cuidado en no introducir ningún contaminante.

Por el calor se puede controlar el cultivo y la calidad y también es posible recontar la cantidad de micro-algas por medio de un hemocimetro Neubauer.

Cultivo masivo de Rotíferos

La dinámica de población es similar a la del fitoplancton que veíamos anteriormente con las mismas fases lag, log o exponencial transición y declive.

Como el rotífero es un animal filtrante su valor nutriente depende únicamente del alimento que recibe. Normalmente se le dan microalgas (fitoplancton) de la mayor calidad y se mantienen unas condiciones favorables de oxígeno disuelto, temperatura en el entorno de 25 %. Turbulencias moderadas para mantener las partículas en suspensión.

Las instalaciones de cultivo de rotíferos en las hatcheries suelen compartir espacios con el cultivo de fitoplancton.

Se suelen hacer en tanques redondos con fondo cónico de cualquier material hábil. Tiene sistema de aireación, sistemas de calentamiento del agua y aire acondicionado. La higiene es básica.

Se mezcla en los depósitos el agua de mar previamente tratada y esterilizada, el inóculo y se añade el agua con fitoplancton concentrado y un compuesto de vitamina B₁₂ como **potenciador** de la fertilidad de rotíferos.

El cultivo de cepas puras se realiza en una habitación acondicionada manteniendo los inóculos de cepas de rotíferos en algas de baja densidad y sin vitaminas. Después se inicia el desarrollo de los cultivos en matraces en las que se introducen microalgas en fase lo y se empiezan a introducir vitaminas B₁₂.

Con este inóculo se inicia el cultivo masivo. La alimentación puede hacerse por dos procedimientos:

- a) Algas y levadura común que aportan bacterias asociadas. Los rotíferos resultantes deben realimentarse para mejorar sus **calidades** nutritivas añadiéndoles HUFA y vitaminas.
- b) Alimento compuesto de la casa INVESA llamado *Culture Selco* que contiene proteínas, lípidos, carbohidratos minerales y vitaminas.

En ambos casos hay que airear el cultivo para proporcionar el oxígeno necesario, para mantener las partículas en suspensión y para la limpieza del tanque.

El agua tiene que estar muy limpia y corre el peligro de contaminarse con heces, restos de comida y partículas sólidas. Se eliminan por medio de trampas de partículas, especies de esponjas o cuerpos muy porosos que adhieran a los sólidos.

Una vez se necesiten hay que cosechar los rotíferos por lo cual se filtran y enjuagan y ya están disponibles para inocular nuevos cultivos o para alimentar post larvas.

Los avances técnicos se orientan a conseguir cultivos masivos, llegando a 1 billón de rotíferos al día con una batería de cinco tanques de 1 m³.

Por otro lado se trata de mejorar su potencial nutritivo enriqueciéndoles con dietas artificiales que proporcionan ácidos grasos, EPA, DHA y vitamina C que no proporcionan las algas como alimento.

Para no perder su poder nutritivo que se degrada con el tiempo hay que utilizarlo como alimento enseguida que se enriquecen.

Producción de Artemia

La artemia hemos visto que no se cultiva en las Hatcheries como las microalgas y los rotíferos. Como se adquiere en forma de cistes, que son huevos en letargo, no hay que cultivarles sino despertarles del letargo para utilizarles como seres vivos.

La primera forma larvaria es el nauplio que es la forma más pequeña y con altos contenidos **muelles** de ácidos grasos altamente insaturados (n-3 HUFA). Por su pequeño tamaño permite dejar los rotíferos rápidamente.

Las metanauplius de mayor tamaño son las proporcionadas por los cistes más comunes y más baratos y que requieren enriquecerse en contenidos de ácidos grasos esenciales.

El manejo en una hatchery empieza desinfectando los cistes adquiridos, sumergiéndolos durante unos minutos en una disolución de **hipoclorito**.

Para obtener cistes completamente libres de contaminación lo mejor es proceder a su desencapsulación por medio de oxidación química. Se elimina la cáscara o CORION y la eclosión requiere menos energía por lo que el nauplio tiene mayor valor nutritivo.

El proceso de decapsulación consiste en cuatro pasos: hidratación, tratamiento en una disolución de cloro, lavado y desactivación del cloro residual.

Las operaciones son muy delicadas y tienen que hacerse con unos protocolos muy rigurosos y exactos.

La incubación se hace metiendo en agua los cistes para hidratarse momento en que los embriones comienzan su actividad metabólica. El nauplio sale a nadar a las 20/24 horas en las siguientes condiciones:

Tanque redondo con fondo cónico, interior recubierto de gel blanco con una ventana semitransparente cerca de la punta del cono, para la cosecha.

El agua de mar limpia, filtrada, esterilizada con una salinidad del 35 %. Temperatura 28/30° C.

Aireación fuerte para proporcionar una agitación ligerosa del agua y mantiene así los cistes en suspensión.

Alta oxigenación del agua 4 ppm. Ph > 8. una fuerte iluminación > 2000 lux en la superficie del tanque y una densidad de cistes de 2,5 grs. filtro.

Se cosechan los nauplios, eliminando los cistes vacíos por flotación y las no eclosionadas se hunden.

Poniendo una luz en la ventana transparente, se obliga a los nauplios vivos a desplazarse a la zona para su acusado fototactismo, fluyendo por la válvula abierta. Hay que proceder después a su recuento para ajustar las densidades de las dietas. Se puede medir por coloreado en placa Petri de agar-agar.

En muchos casos se procede a enriquecer los metanauplius para darles un mayor valor nutritivo. Para ello se les da una dieta rica en n-3 HUFA. Se realiza con una agitación rigurosa del agua para mantener en suspensión los nauplios, con aportaciones de oxígeno. Los metanauplios enriquecidos pierden rápidamente su valor nutritivo a temperatura ambiente a no ser que se almacenen en agua de mar fría (4 a 10° C). Mantener la densidad por debajo de 4 Mill./litro.

5. 3. Engorde

El alevín se considera que tiene un tamaño comercial cuando puede abandonar la Hatchery, ser transportado durante un largo periodo de tiempo y ser recibido en las instalaciones de engorde, bien sea en instalaciones de tierra o en jaulas de engorde. Depende por lo tanto de la especie y de los criterios de vendedor y comprador.

- En dorada el tamaño habitual de venta es 2 / 5 grs.
- En lubina 2 / 5 grs.
- En rodaballo 10 /12 grs.

Con la experiencia el engordador ha considerado la conveniencia de que le lleguen a mayor tamaño. Reduce el ciclo y por lo tanto el circulante, el juvenil es más resistente, mejora sus rendimientos y disminuye el riesgo de enfermedades, siniestros, etc.

Las Hatcheries no suelen tener espacios sobrantes para realizar ese preengorde que se le exige y además las condiciones climáticas de ubicación no tienen porqué ser las más adecuadas, las de mayor rendimiento para el preengorde.

Surgió así esa actividad intermedia en la que el negocio consiste en recibir alevines de 5 grs. y alimentarle con el mejor rendimiento hasta los 30 grs. en que el engordador los retira para sus jaulas o instalaciones indoor. Muchas veces el propietario de las alevinas aporta también el pienso necesario.

Esa función de preengorde puede hacerla la Hatchery o el engordador. Se trata de un problema económico cuya decisión depende del balance.

La operación de engorde se supone entonces se inicia con alevines de 30 grs. aproximadamente.

El engorde puede realizarse en instalaciones en tierra o en jaulas en el mar. La decisión suele ser muy compleja.

Por un lado condiciona la especie bien sea en el mar o tierra. En ambos casos sujeta a la concesión administrativa y a las condiciones de impacto ambiental.

Del engorde en jaulas hablaremos en un capítulo aparte. El engorde en tierra puede ser en espacios naturales, generalmente salinas, o en tanques y depósitos.

Los primeros son estanques naturales aprovechados de antiguas salinas, que disponían de reservas de agua con comunicación directa con el mar que aprovecha las mareas y los sistemas de canalización y compuertas, para manejar el agua necesaria para renovar la de los estanques de engorde.

Se echan los alevines en los estanques en los que se les alimenta con pienso por medio de unos sistemas automáticos situados en zonas concretas a las que acostumbran a acudir a los peces para pulsar ellos la válvula cuando necesitan alimento o a las horas adecuadas, dependiendo de la especie y de los estanques. Se disponen unas redes para evitar que aves predatoras terminan con la existencia de peces.

También hay que disponer de sistema de aeración para poder aumentar la cantidad de oxígeno disuelto para tener densidades rentables.

En el flujo de aguas suelen entrar alevines de otros peces característicos de la zona que comen en el engorde y que tienen su valor comercial.

La medicación debe hacerse por medio de mezclas medicamentosas en los piensos, no siendo posible ni la vacuna para el pez ni el tratamiento del agua.

El despesque se hace mediante redes, en las que cosechas son muy variadas por cuanto no ha habido clasificación previa de tallas.

No es posible una actuación sobre las variables del agua y del medio ambiente por lo que solamente se puede criar especies que tengan probabilidades de desarrollo en temperaturas variadas y con salinidades muy amplias.

En todo caso éste sistema de crianza queda circunscrito a zonas en las que la geografía la hace posible: Delta del Ebro, Salinas de Huelva y Cádiz.

Hay especies como el rodaballo que hoy por hoy solamente se cultivan en tanques en tierra, por sus características de pez plano y pasivo que se queda inmóvil en el fondo, lo que no hace posible el cultivo en jaula. Se está investigando y haciendo pruebas de jaulas sumergibles y semisumergibles para tratar de conseguir un cultivo en el mar.

Cultivo en tierra del rodaballo

La base está en la captación de agua de mar. Debe hacerse en alta mar y no en rías para garantizar-se la calidad. Con un mar batido se consigue agua más limpia y oxigenada. Conviene captar lejos de tierra y, por supuesto, en zonas donde no haya emisarios ni ninguna otra contaminación, y a la mayor profundidad posible en una zona libre de algas y de corrientes.

En una situación extrema como lo que ha originado el hundimiento de un petrolero y la marea negra correspondiente, se ha podido comprobar la importancia decisiva de la captación. Se han podido defender los pozos de captación y bombas de forma que no ha entrado ni un gramo de chapapote en el sistema.

Hay que tener en cuenta el volumen de agua requerido para un cultivo correcto. Una granja que produce al año 1.000 Tm. de rodaballo consume 5.000 l./sg de agua limpia.

Un sistema previo impide la entrada de sólidos, algas fundamentalmente, al circuito. El agua es bombeada a través de un depósito regular en el que se separa la espuma que genera el zooplancton al agitarse.

Se procede a oxigenar el agua por varios de los sistemas actualmente en explotación con alto rendimiento, hasta llevar el agua prácticamente saturada de oxígeno (16 p.p.m.).

Se filtra a continuación el agua en filtro de tambores. Si el agua es limpia no requiere más tratamiento biológico ni tratamiento de esterilización con ozono, ultravioleta, ionización, etc.

Un sistema de tuberías debe llevar el agua a todos los tanques, sistemas y depósitos de engorde.

Los alevines procedentes de la Hatchery con un tamaño de 10 grs se introducen en los estanques de la nursery o preengorde, fase primera del engorde.

Se alimenta con pienso en los tanques, y se controla el crecimiento hasta llegar a los 100 grs.

El sistema puede ser totalmente manual, en lo que en el agua se opera con válvulas y se distribuye a mano el alimento, o totalmente automatizado con control centralizado en el que se introducen los datos de biomasa existente y la curva de crecimiento que se solicita y automáticamente se automatizan la alimentación y los controles de temperatura, oxigenación, etc.

Los peces no se mueven del estanque durante los meses en que pasan de 10 grs. a los 100 grs. requeridos para pasar al engorde.

De la calidad de los alevines depende la homogeneidad en tamaño, pigmentación e índices de mortalidad. Lo que se invierte en calidad de alevín se ahorra en rendimientos.

Al pasarlos a los tanques de engorde es conveniente hacer una selección previa por tamaños. Se puede hacer manualmente lo que requiere una notable mano de obra o por selección automática, vertiendo los peces desde el canal de selección a la zona de selección que automáticamente selecciona en 3 tamaños por el sistema de ranura "pasa no pasa". A continuación se vacunan uno a uno con pistola, único tratamiento que se les da a los peces.

Se conducen entonces a los tanques de engorde generalmente circulares 10/12 m de f y 100/120 cms de profundidad, cubiertos con un plástico de invernadero negro que impide la entrada del sol y el ataque de las aves. La alimentación de éstos estanques puede ser manual o por medio de un cañón de lanzamiento. Se controla la calidad del agua y se remueve en cantidad suficiente para mantener la limpieza necesaria, la salinidad, la temperatura y el contenido de oxígeno.

De los tanques se pesca al alcanzar el tamaño comercial que se demanda; previamente se ha mantenido dos días de ayuno para limpiar el tracto digestivo. Se depositan en recipientes de agua y hielo donde mueren y se pasan a la sala de manipulación para clasificación, embalaje y expedición.

Donde hay engorde de dorada y lubina en tierra, en tanques se sigue el mismo procedimiento con variables propias de cada especie.

En el caso de la dorada, el engorde se favorece aumentando la temperatura del agua. Es conveniente situar las instalaciones en dimas calientes y recircular el agua. En especies como la anguila, su ubicación en Levante no es suficiente para tener las temperaturas adecuadas a un rendimiento rentable.

La tecnología que está desarrollando y que en el futuro será la aplicada a la totalidad de los cultivos en tierra, es la recirculación integral. Se pretende que con el mismo agua, renovando solamente la que se puede perder por evaporación o pérdidas de circuito se pueda hacer la crianza completa.

Se consigue así la temperatura óptima y se mantiene con muy poco consumo energético; no se tira oxígeno a través los efluentes, ni el exceso de pienso no consumido que se puede volver a poner en circulación. Es necesario para ello limpiar el agua fundamentalmente de los excrementos de los peces y de medicamentos, etc. Para ello se filtra el agua en filtros de tambor o centrifugos, etc. donde quedan los residuos sólidos y a continuación pasa el agua a un filtro biológico donde se elimina enzimas, bacterias, fósforo y amonios. Se deja caer el agua en forma de ducha a un lecho de gran superficie, donde hay enzimas y bacterias controladas que eliminan las nocivas que pueda haber en el agua.

Se están consiguiendo recirculaciones del 80%. Cuando se consiga el 100% habremos llegado a la crianza con efluentes cero y sostenibilidad 100%.

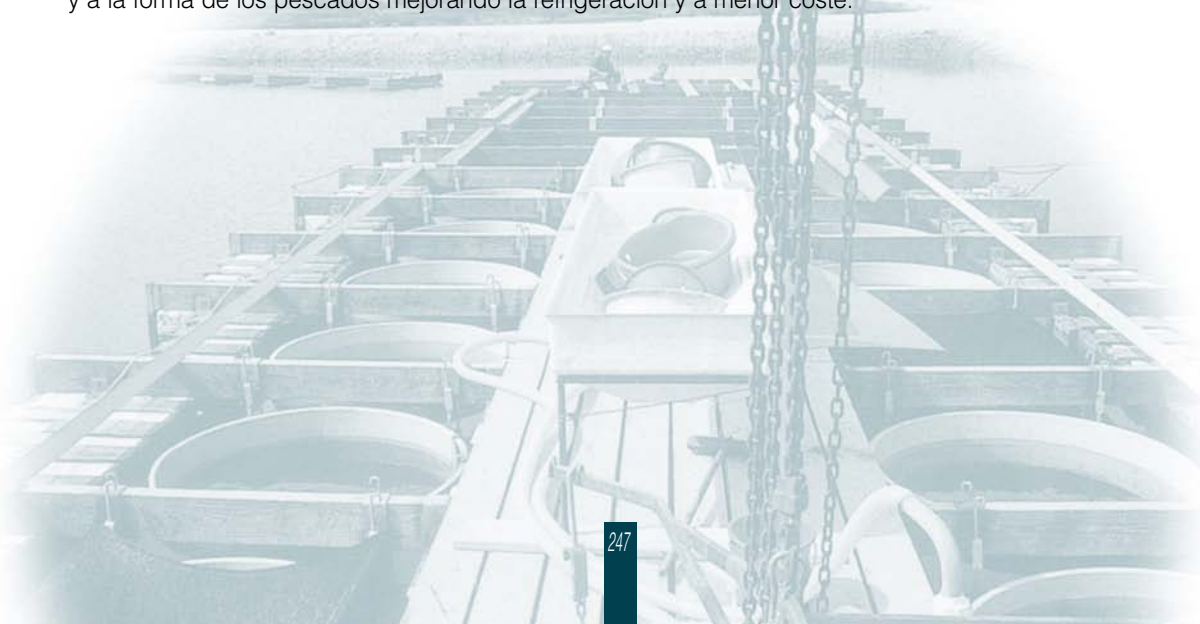
5.4. Manipulación

Al llegar al tamaño comercial los peces son extraídos de sus jaulas, depósitos, esteros, etc. para ser manipulados para su salida al mercado. Las operaciones deben realizarse de forma que no se “estresen” y que no se deterioren porque afecta a su calidad, tanto en apariencia externa (no debe tener golpes, etc.) como en la calidad de la carne, fruto de un proceso correcto antes, en y después del rigor mortis. Las operaciones deben realizarse buscando evitar mal trato a los peces.

Por medio de redeles, pequeños redes de cerco, etc. con ayuda de grúas, en las naves o en los barcos de apoyo y acuicultores submarinistas en las jaulas se extraen los pescados y se depositan en grandes depósitos con agua y hielo donde se adormecen hasta morir sin sufrimiento. Pasan de ahí a unas máquinas selectoras donde se clasifican por tamaño y peso y en algún caso se le pone el marchio identificativo de la marca o de la empresa. De ahí pasan a las cajas de embalaje generalmente de porespán en las que se colocan saquitos de hielo para que ésta no esté en contacto con la piel, lo que podría perjudicar y apelmazar la carne del pescado. Se cierra, precinta y se expide.

En la actualidad, y a petición del Consejo de Europa, se investigan distintos sistemas de sacrificio de los animales tratando de “humanizar” la muerte de los peces. Los ensayos aplicando sistemas de percusión, golpeando fuertemente la frente de los pescados y por medio de descargas eléctricas, parece que proporciona una muerte más rápida, pero que parece difícil se pueda llegar a aplicar para grandes cantidades, es decir, en aplicación industrial en instalaciones en el mar. En todo caso éstas nuevas tecnologías no afectan a la sostenibilidad.

Están asimismo haciéndose pruebas con “hielo líquido” aplicando una nueva tecnología en la que se consigue un gel que puede ser de agua de mar, que está a una temperatura inferior a 0° C. Al estar formado por microcristales estos no afectan a la piel de los pescados, se adaptan exactamente a la piel y a la forma de los pescados mejorando la refrigeración y a menor coste.



6. Cultivos en jaulas

Las jaulas fueron probablemente las primeras estructuras usadas por los pescadores para mantener vivos a los peces capturados durante la jornada de trabajo hasta su venta en el mercado. Se ha desarrollado a la vez en muy diversos lugares fundamentalmente en el Oriente. Las jaulas se construían en los mismos barcos que servían de vivienda y de tienda en los mercados flotantes habituales.

Hay jaulas fijas en las que las estructuras están formadas de partes enterradas en el fondo y los flotantes que son las que vamos a analizar aquí.

6.1. Jaulas

Estos artilugios básicos para la crianza de peces en el mar requieren un diseño y una ubicación que hay que dejar en manos de los expertos, por las variantes técnicas que hay que aplicar y por la complejidad de los estudios previos, para poder diseñar las soluciones adecuadas al proyecto y al medio.

Nos vamos a limitar por lo tanto a una descripción y análisis de las mismas, para proporcionar un conocimiento básico que sirva para entender las soluciones propuestas.

El fundamento es muy sencillo: hay que conseguir un espacio en el mar adecuado a la producción de biomasa que necesitamos, limitada por una red que a su vez limite el espacio de libertad de los peces. Para ello “anclamos” en la zona elegida un flotador del que colgamos las redes. Por la parte superior, y desde el flotador, tenemos acceso a la “vasija” donde están los peces para alimentarlos, manipularlos, etc.

Son pues tres los elementos fundamentales de las jaulas flotantes:

1. Estructuras de flotación y sustentación.
2. El recinto, vasija o bolsa de red.
3. Sistema de fondeo.

1. Estructura de Flotación: Esta estructura puede ser de variados materiales y de distintas formas: rectangulares, redondas. Las más usuales son las circulares, cuya estructura es un collar o anillo que por un lado sirve de soporte para las operaciones, proporcionando la debida flotabilidad, y por otro sostiene la bolsa de red.

Debe estar formada por dos aros concéntricos unidos entre sí, y soportando entre ambos un pasillo para maniobras y una barandilla para soportar la red, y posibilitar las operaciones de alimentación, cambio de redes, etc.

Suelen ser tubos de polietileno de Alta Densidad HDPE rellenos de porespan (polietileno expandido) para mejorar la flotabilidad, unidos entre sí de forma que no sea una estructura rígida sino que compongan una estructura flexible que se adapte al movimiento de la superficie del mar.

2. Recinto o bolsa de red: Es el local de la crianza. Puede ser rígido o flexible, y de formas variadas. Para las especies gregarias, dorada y lubina, es preferible hacerlas redondas, ya que los peces tienden a nadar en círculos. Los materiales suelen ser sintéticos: poliamida de alta resistencia, poliéster, polipropileno y últimamente un polietileno especial (“*Dyneema*” o “*Spectra*”).

El tamaño de la malla hay que ajustarlo al tamaño de los peces que va a contener, procurando que sea lo mayor posible para favorecer el paso del agua –imprescindible para renovar del oxígeno– y también para eliminar los residuos y minimizar la deformación por corrientes y esfuerzos dinámicos (lo ideal sería poder mantener la teórica forma cilíndrica). Un tamaño excesivamente grande, aunque impida la salida de los peces de su interior, puede favorecer la entrada de alevines depredadores que pueden engordar peligrosamente dentro.

Los organismos vivos que hay en el mar se van adhiriendo a la red, aumentando su peso y cerrando los agujeros de la malla. Este fenómeno es conocido como “*fouling*”, que hay que combatir.

La red debe proteger de los impactos de objetos flotantes, y del ataque de los depredadores. Debe ser resistente a la abrasión y a la corrosión. Otra característica importante debe ser la elasticidad o extensibilidad para poder resistir esfuerzos adicionales sin romperse.

La forma de la malla puede ser cuadrada o hexagonal, preferiblemente sin nudo.

Para facilitar las operaciones deben ser ligeras y fáciles de manejar, reparar y lavar. Tienen que tener una textura suave para no dañar la piel de los peces.

3. Sistema de fondeo: El sistema de fondeo varía con las condiciones del suelo, el tamaño de las redes y la profundidad del mar. En forma elemental estaría constituido por un muerto (bloque de hormigón) o una ancla; una cadena que lleva unos flotadores, y a la que se une un cabo o estacha que sujeta a la estructura de la jaula.

Inicialmente se utilizó el fondeo individual; cada jaula se fondeaba con sus medios propios, armando el sistema a la estructura fija. Resulta débil para situaciones expuestas.

El fondeo en flotita se utiliza en algunos casos en situaciones no extremas. Varias jaulas se fondean y otras se amarran a los fondeados formando un conjunto o flotilla.



El fondeo en entramado es el que ha conseguido hasta ahora fondear jaulas de anillo en zonas semiexpuestas. Consiste en fondear una estructura o entramado de cadenas, cabos y cables, que necesitan mantenimiento intenso, pero hoy por hoy es la mejor solución. Las jaulas se sujetan a esta estructura.

Se investiga activamente en jaulas mayores, y para ubicarse en mar abierto. Hay ya varias en funcionamiento y se conciben como el futuro de la acuicultura marina.

Hay varios modelos según la casa que las diseñe:

- a) Ocean Spar Net System. Esta solución fondea por jaula cuatro boyas metálicas verticales, que son cilindros verticales de entre 60 y 90 cms. de diámetro y 12 m. de longitud, que mediante una serie de tensores consiguen mantener una tensión en todo el sistema que logra mantener la forma de la red en condiciones muy extremas.
- b) Jaulas Sumergidas. Se han diseñado por dos razones, resistir las fuertes tormentas y evitar problemas de hielo (no es nuestro caso).

Un diseño típico contempla la sujeción de la jaula a las boyas de anclaje en la superficie y durante las condiciones normales la jaula permanece de 2 a 5 metros por debajo de la superficie. Los peces se alimentan por medio de un tubo de alimentación y la jaula se sumerge hasta los 10 m.

Hay diseños de flotadores de goma sintética de flotabilidad variable que puede llenarse o vaciarse con aire comprimido o agua de mar desde la superficie.

Las jaulas se sumergen únicamente en condiciones desfavorables. Lo más avanzado y que nos llevaría a soluciones óptimas y que está entre los programas de investigación de alguna de multinacionales son:

- a) Las bolsas que constituyen el recinto de los peces estarían constituidas por burbujas de aire. Unos detectores acusarían la llegada de un pez a la zona límite y abre unas válvulas que permiten la salida de aire en pequeñas burbujas que al ir subiendo por mera presión han aumenta-

do de tamaño lo que haría desistir al pez que retrocedería a sus posiciones habituales. El mismo efecto se produciría en sentido contrario no dejando entrar peces al interior del recinto. Con el tiempo los peces se acostumbrarían a quedar dentro de los límites del recinto de alimentación.

- b) Otro sistema sería la jaula eléctrica similar a la que se usa en las vallas eléctricas para ganado vacuno en los prados. Cuando se acerca una res recibe una sacudida de pequeña intensidad (baja tensión 12/24 v) que le advierte sin producirle ningún deterioro. De la misma forma se podría pensar en una jaula de corrientes eléctricas de baja intensidad que limitaría el recinto de alimentación con independencia de corrientes marinas o fenómenos meteorológicos limitando el paso en los dos sentidos.

6.2. El sistema de Anclaje

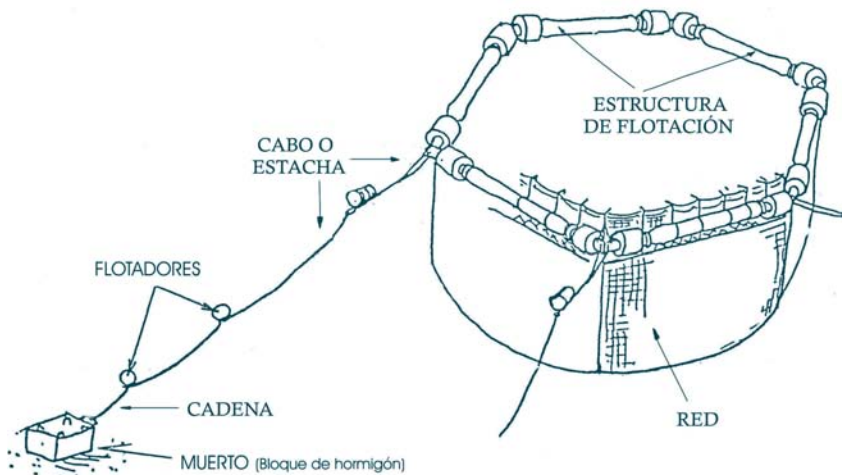
Es lo más complicado y lo más técnico de la instalación de jaulas. Es el constructor de la jaula el que debe definir y realizar el sistema de anclaje, en función de las tecnologías existentes y de los materiales.

El sistema de anclaje tiene por misión fijar en el fondo el conjunto de jaulas de la instalación, de forma que resista la hidrodinámica del lugar elegido. Todo ello debe componer un conjunto elástico que se adapte a las corrientes, mareas y tormentas, conservando lo mayor posible y lo más regular el volumen interior de la red para comodidad de los peces.

El conjunto está constituido por el elemento de fondeo, que puede ser por medio de muertos o de anclas. Cadenas, estachas y boyas componen el conjunto elástico, con ayuda de anillos, grilletes y giratorios.

Es necesario poner en manos de los especialistas el cálculo y diseño de los sistemas de anclaje. Hay que cuantificar en primer lugar las fuerzas que actúan sobre el sistema, la energía que éste puede absorber y qué cantidad de ésta energía se transfiere desde el conjunto "jaula-red" al sistema de anclaje.

Hay que estudiar los fondos. La naturaleza rocosa o arenosa y las corrientes de agua a las distintas alturas.



Se puede utilizar cuerda de fibra natural aunque es degradable por seres vivos. Cable de acero, más fuerte más caro y menos elástico. Las cadenas son los que tienen más resistencia y se combinan con cuerda de fibra sintética.

La cadena debe conectar directamente con el muerto, el ancla o el elemento de fondeo de forma que se constituya en catenaria aumentando la eficacia.

Las técnicas derivadas de la industria naval deben adecuarse debidamente a un nuevo elemento marino que es la jaula de cultivo.

6.3. Sistema de alimentación

Los sistemas de alimentación en jaulas condicionan la evolución de las mismas y por ello de la acuicultura marina en el mar.

Si vamos a producciones en un grupo de jaulas de 500 Tm/año de dorada o lubina vamos a necesitar aportar a los peces que se encuentran en ellas más de 1Mill. de Kg. de pienso al año. Ya no es posible pensar en un suministro manual o de manguera. Hay que automatizar la alimentación.

Hay muchos sistemas en el mercado, pues los fabricantes de maquinaria para acuicultura están en continua actividad de I+D en busca de soluciones técnicas y económicas.

Un sistema de alimentación constaría de:

- a) Una instalación en tierra que reciba y almacene en debidas condiciones el pienso.
- b) Un sistema flotante para llevar el pienso a pie de jaula.
- c) Sistemas de alimentación o dispensadores propiamente dichos.

Si se tratara de unidades muy próximas a tierra y en zonas muy protegidas se podría suministrar el pienso directamente desde tierra evitando el sistema flotante. Sería lo más sencillo pero apropiado sólo para muy pocas y muy pequeñas instalaciones. La tendencia es a instalaciones grandes "off shore" en sitios muy expuestos. Por lo tanto el elemento fundamental es la plataforma auxiliar que apoya la operación de la instalación.

El diseño es conveniente que recoja la mayoría de los elementos que se necesitan para las operaciones de la forma más racional y económica posible.

Se necesita:

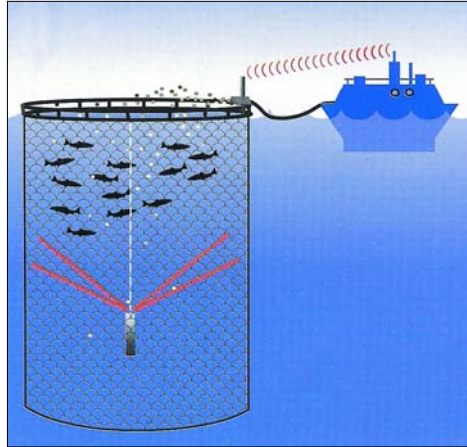
- a) Almacenar y distribuir pienso.
- b) Lavar y reparar redes.
- c) Compresor para botellas de buceo. Almacén material de buceo.
- d) Despesque.
- e) Laboratorio.

Debemos por lo tanto incluir en la plataforma flotante:

- 1) Silos de almacén de pienso. En cantidad y disposición necesaria para cada proyecto concreto.
- 2) Una unidad de dosificación.
- 3) Enfriador de pienso.
- 4) Soplante para impulsar el pienso a las mangueras. Un tornillo sin fin trasladará el pienso desde la unidad de dosificación a la soplante.
- 5) Válvula distribuidora que conecta la manguera que trae el pienso de los silos con las mangueras que van a las distintas jaulas.
- 6) Equipo de instrumentación, mando y control centralizado en un ordenador desde el que se centraliza la operación.
- 7) Sistema eléctrico autónomo compuesto por dos grupos electrógenos para tener garantía de suministro y un banco de baterías. Todo el sistema eléctrico, marinizado.
- 8) Sistemas de trasiego de peces, con bombas de trasiego, clasificadora de peces, contadora de peces, etc.
- 9) Lavadora y reparadora de redes.
- 10) Alumbrado: todas los sistemas para los trabajos previstos en las distintas zonas de trabajo, incluida la subacuática.
- 11) Sistemas marinos auxiliares como son: sistemas de lastrado para ir compensando el consumo de pienso con vistas a la estabilidad de la instalación.

Combustible – tanque y distribución.

Agua potable – calentamiento de la misma para las operaciones de lavado, etc.



Acondicionado y ventilación para mantener el pienso a temperatura adecuada así como los habitáculos de personal, etc.

Sistemas de apoyo a buceadores, almacenamiento, mantenimiento de equipos y descanso.

Una grúa de cubierta para poder mover los pesos precisos en las operaciones.

Consideramos que ésta sería una plataforma básica que puede simplificarse o completarse según decisiones propias de cada proyecto, pero que deben servir de control a la que hay que considerar en el diseño para no quedarse corto en prestaciones.

La plataforma puede ser autopropulsada o remolcada y debe preverse los sistemas de fondeo que pueden ser estáticos o dinámicos por medio de muertos y anclas. En todo caso las soluciones tienen que ser aportadas para técnicos especialistas que aseguren soluciones contrastadas.

6.4. Instalaciones en tierra

Vienen forzadas por las condiciones del lugar, etc., que puedan encontrarse. Generalmente hay que ubicarlos en un puerto que suele estar saturado de instalaciones, por lo que es muy difícil conseguir la nave y su ubicación adecuada a las necesidades. La configuración óptima sería una nave amplia muy próxima a un muelle de carga donde pueda atracar la plataforma auxiliar y que a su vez tenga un fácil acceso por carretera.

En estas condiciones es posible suministrarse con camiones depósitos donde viene el pienso a granel y por aire a presión es transmitido a los distintos silos de almacenaje. Desaparece el trasiego de sacos, big-bags, etc., con carretillas transportadoras, paletas, etc.

La instalación para cargar las plataformas flotantes puede ser tan sencilla como sofisticada según posibilidades de espacio y de inversión.

En todo caso hay que tener presente el movimiento de material y de personal que una instalación conlleva y si se pretende ahorrar en espacio y medios, se acaba pagando en tiempo y energías.

En tierra tiene que haber espacios para almacenaje y para todas las operaciones que puedan realizarse en la plataforma para que deben ser susceptible de ser hechos en tierra, en caso de temporal. Hay que tener equipo de lavado y reparación de redes. Almacenamiento y auxiliar de buceo. Mantenimiento y reparación de todos los elementos de jaulas.

Asimismo oficinas de administración y de personal.

Sistema de alimentación

Propiamente dichos son los que realizan el reparto del pienso a las jaulas.

Para su diseño es necesario conocer:

Cantidad máxima diaria de pienso.

Tiempo total para alimentar todas las jaulas en función del biorritmo de la alimentación (la lubina prefiere comer a primera hora de la mañana y última de la tarde).

Número y longitud de mangueras.

El sistema básico se basa en impulsar por aire generado por una soplante, los gránulos de pienso a través de mangueras.

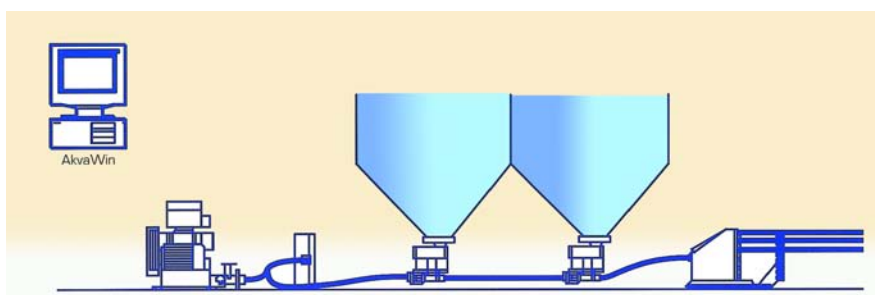
Cada casa suministradora tiene sus propias soluciones y diseños que adaptan a las solicitudes de los clientes. Los más conocidos son:

Akva Marina

Tiene unas unidades de dosificación por silo y válvula selectora de varios sólidos para acometer varias jaulas a la vez. Tiene un sistema software que se adapta a cualquier régimen de alimentación.

Storvik

Distribuye por medio de un anillo flotante que sostiene el alimentador y un cono receptor que recoge y recircula el alimento no consumido. Regula la cantidad de pienso que expende tanteando el apetito de los peces empezando por cantidades pequeñas que va incrementando hasta que detecta sobrantes.



Aquafeed – Chinook (Sedia)

Traslada el pienso de silo al SDAP por un tornillo sin fin y de allí por soplante y manguera única para 8 jaulas.

Otros métodos: ARENA, ARVO.TEC, FEEDMASTER, etc.

6.5. Equipo de balizamiento

Es obligatorio para delimitar la zona ocupada, y preservarla de la invasión de la navegación, tanto deportiva como de marina mercante.

Hay unas normas muy estrictas que hay que cumplir escrupulosamente, y que definen el número de boyas a instalar, el tipo de las mismas y su ubicación. Teniendo en cuenta que deben realizar su función tanto de día como de noche, deben estar provistas de un acumulador que se carga por medio de placas solares, que permite no tener que preocuparse más que de un mantenimiento preventivo para lo que deberán ser resistentes al agua, abrasión y el impacto.

El foco debe mantenerse a una altura de unos 3 metros sobre la línea de flotación y el alcance de visibilidad debe ser del orden de 4/5 millas marinas.

Las boyas que delimitan el área ocupada debe tener un equipo de regulación de intermitencias con arreglo a la clave que se le designe. Un interruptor de fotocélula se encenderá cuando la luz solar desaparezca y una serie de lámparas de repuesto van entrando en servicio cuando se van fundiendo.

6.6. Redes

Pueden ser de malla rígida o de malla flexible. En el primer caso se hacen de un plástico rígido netlón extruído; mejoran a las metálicas por su resistencia a la corrosión pero son menos resistentes al desgaste y al fouling.

Las mallas flexibles son las de mayor uso. Se fabrican actualmente con fibras sintéticas de PA poliámi-da, PES poliéster, PP polipropileno o PE polietileno.

Sobre la bolsa de red actúan dos tipos de fuerzas: estáticas y dinámicas. Las estáticas actúan verticalmente en función del peso de la bolsa más el fouling. Son fáciles de medir para diseñar adecuadamente.

El problema está en las fuerzas dinámicas debidas a las corrientes, fuerza del viento, etc. El problema fundamental es que se deforma la bolsa, disminuye el volumen de la bolsa y somete a los peces a moverse con dificultad a rozarse y a estresarse.

Hay mucha investigación a realizar y muchos ensayos. Hay que encontrar nuevos materiales susceptibles de nuevos diseños. Previo a una instalación hay que informarse lo más ampliamente posible de lo que ofrece los distintos fabricantes para aconsejarse técnicamente.



Otro de los temas pendientes es el problema del fouling actualmente sin resolver. Hay que conseguir nuevos productos antifouling que no sean contaminantes. La continua limpieza de las redes es de un alto costo. Y los antifouling a base de sales de cobre y estaño son contaminantes y deben ser prohibidos.

6.7. Personal

El sistema de engorde en jaula, confirma una serie de operaciones que son muy similares a las propias de la pesca extractiva.

Por un lado, el objeto de ambas técnicas es el pez. De su conocimiento deriva en gran parte la calidad y el rendimiento del engorde. El acuicultor debe observar continuamente el comportamiento de los peces, de día de noche, ante cualquier variación meteorológica, ante la alimentación, etc. Debe estar por tanto perfectamente familiarizado con los peces.

Por otro lado, la crianza en jaula exige que el medio marino sea el hábitat del acuicultor. Debe estar familiarizado con el mar, en todas sus variantes de calma a tormenta, predecir los fenómenos meteorológicos y saber hacer frente a cuerpos flotantes y amarres.

En primer lugar, un acuicultor de primera, debe estar capacitado y documentado para llevanza de embarcaciones, atraque, transporte y manipulación a bordo. Asimismo debe estar capacitado y documentado para operaciones subacuáticas a pequeñas profundidades, inspección de redes, reparaciones pequeñas, control de amarres, etc.

En cuanto a las operaciones de jaula, alimentación, limpieza, despesque, es un conjunto de operaciones marinas en unas estructuras ligeras y flotantes.

No cabe duda que un pescador está perfectamente preparado, física, anímica y técnicamente para realizar estas operaciones mejor que cualquier trabajador de otra procedencia.

Una formación complementaria, sobre la acuicultura y unas prácticas de operaciones deben ser suficientes para un rendimiento normal. Un excedente de pescadores es sin duda la cantera sobre la que se debe asentar la formación de acuicultores.

Y en este sentido la mujer está asimismo plenamente capacitada, siempre que este físicamente capacitada para los esfuerzos propios.

7. Alimentación

Es la base del desarrollo de la acuicultura de peces marinos. Las especies de crianza desarrolladas industrialmente responden a una solución correcta en su alimentación. Podemos conseguir la reproducción pero si no se resuelve la alimentación específica, el desarrollo de especie queda relegado a nivel de experimentación hasta que se solucione.

Una vez resuelta la alimentación a nivel de desarrollo industrial, prosigue la experimentación para mejorar los índices y modificar componentes en busca de la sostenibilidad.

El huevo ya se alimenta de la gota de grasa que contiene y que proviene de una correcta alimentación de la hembra reproductora. Hasta la fase de destete nos movemos con alimento vivo como ya hemos tratado en el capítulo de las hatcheries.

En este capítulo vamos a tratar del alimento seco o pienso, base del crecimiento desde el destete hasta llegar al tamaño comercial.

Uno de los temas que más preocupa al consumidor es precisamente el de la alimentación, debido a la falta de información correcta, y a la tendencia a generalizar.

En particular el tema de las vacas locas junto con informaciones poco correctas, ha sido el que más ha afectado a la opinión pública que tiende a simplificar y da más credibilidad a lo negativo. Con independencia de todos los ensayos que se hayan hecho y sin poder garantizar lo que en países del Tercer Mundo se haya podido hacer con la alimentación de los peces, existe una garantía absoluta en cuanto a la composición de los piensos. Desde un principio la acuicultura marina apostó por la calidad y con independencia de los problemas surgidos en harinas de tipo animal, nunca se han usado en la composición de los piensos.

Como cualquier ganadería los peces necesitan proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, energía, vitaminas y minerales. El conocimiento de cómo asimilan el alimento y lo convierten en sus propias proteínas, cómo asimilan los lípidos, las grasas, etc. es lo que permite aportarle todos los elementos que necesita partiendo de elementos naturales aunque no sean los mismos que consigue en el medio natural.

Vamos a analizar qué le pedimos a la alimentación y cómo atendemos esa demanda a través del pienso que producen las fábricas especializadas.

¿Qué le pedimos a la alimentación?

- Que consiga un pescado lo más parecido posible al pescado “salvaje” en sabor, estructura de la carne, características organolépticas y duración “post-mortem”.
- Que sea altamente digestible.
- Que aporte un crecimiento rápido.

- Que estimule el apetito.
- Que tenga un índice de transformación próximo a uno.
- Que sea absolutamente inocuo; libre de dioxinas, PCB, etc.
- Que sea barato.
- Que disminuya los excrementos y que su composición sea lo más amigable al medio ambiente.
- Que su producción sea sostenible.

En cuanto a las características físicas:

- Que sea de tamaño homogéneo y uniforme.
- Que no suelte polvo al ser distribuido.
- Que no desprenda aceite cuando entre el grano en el agua.
- Que descienda lentamente.

Hoy por hoy los piensos que se usan en acuicultura están constituidos por harina de pescado, aceite de pescado y proteína vegetal. Ello nos lleva a un planteamiento de sostenibilidad. Si el pescado come pescado, cada vez se cría más pescado, cada vez se necesita más pienso y no podemos agotar ni siquiera disminuir las especies, anchovetas, etc. que se obtienen de la pesca industrial. Es necesario conseguir que las proteínas que necesita el pescado para engordar tengan en parte otra procedencia, vegetal generalmente.

Toda la evolución tecnológica en la fabricación del pienso va orientada a la sostenibilidad. Se trata de conseguir:

- a) Que el pez coma menos.
- b) Que excrete menos.
- c) Que no coma pescado.
- d) Que no enferme.
- e) Su seguridad alimentaria.

Las investigaciones van orientadas por tanto a tratar de conseguir:

- a) Un factor de convertibilidad lo más bajo posible es decir que la relación en peso de alimento consumido y peso del pescado sea lo menor posible. Hay especies que llevan muchos años de experimentación en las que el factor se ha reducido de una forma espectacular como ha ocurrido con el salmón y la trucha.

Es por tanto cuestión de tiempo que se vayan reduciendo esos factores para las especies que se han ido incorporando posteriormente al ciclo productivo. Si hoy por hoy el pienso para estos peces está básicamente constituido por harina y aceite de pescado, cuanto menos haya que consumir de estos para obtener 1 kg de pescado, menor será la presión ejercida sobre la pesca de esas especies que aportan la harina y el aceite.

- b) Una mejor digestibilidad del alimento de forma que con un mayor rendimiento la excreción sea menor y menos contaminante. De hecho se han conseguido unas apreciables disminuciones en Fósforo y Nitrógeno bien sea como nitritos o nitratos. Se sigue experimentando para mejorar la calidad y cantidad de las heces y disminuir la contaminación.
- c) Otra línea que también influye directísimamente en la sostenibilidad es la que permita sustituir proteínas de pescado en la dieta por proteínas vegetales. Sustituir aceites de pescado por aceites vegetales. Los aceites de colza y de girasol se usan ya en algunos piensos. Otros aceites vegetales de alto contenido energético son el aceite de palma y el aceite de oliva que pueden utilizarse en pequeñas proporciones. Se ensayan la harina de gluten de maíz, la harina de gluten de trigo y los concentrados de soja.

Una parte del aceite de la dieta se utiliza como carburante para nadar, y desaparece en forma de energía metabolizable. No se debe por tanto gastar un bien escaso como el aceite de pes-

cado cuando se puede utilizar para ese fin el aceite vegetal. Sin embargo no es posible sustituir la totalidad del aceite de pescado porque el pez marino no puede sintetizar EPA y DHA que son los ácidos grasos Omega 3 de cadena larga. Necesita algo de aceite de pescado para sus requerimientos de EFA.

Más avanzadas son las investigaciones sobre alimentos sintéticos como bioproteínas extraídas del gas del mar del Norte y posteriormente fermentado.

- d) Cada vez son más y mejores las dietas preventivas de las enfermedades más características de las distintas especies. Hay dietas antiestrés con ingredientes inmuno-estimulantes.

En aquellas especies que llevan más tiempo de experimentación como son el salmón y la trucha, las dietas preventivas han eliminado prácticamente los consumos de antibióticos. La disminución ha sido drástica y su consumo prácticamente despreciable frente al consumo de otras ganaderías y del hombre. Las actuales investigaciones se dirigen a extender estas dietas a todas las especies.

- e) Seguridad alimentaria de prioridad de las fábricas de piensos para peces es conseguir la seguridad total del pescado de crianza como alimento. Lo más preocupante es el contenido de dioxinas en el pescado de crianza procedente del pienso. Las mediciones que se realizan últimamente demuestran que el contenido de dioxinas del pescado de crianza en todas las especies es inferior al 50% del contenido de dioxina del pescado de captura. Por otro lado, se trata de controlar que ningún componente del pienso y por tanto de la dieta de los peces esté genéticamente modificado pues aunque no haya ninguna certeza de los efectos perniciosos en tanto no se pueda medir el efecto de su aplicación los fabricantes han decidido no incluirlo.

Una línea muy importante de investigación y desarrollo de alimentación es la que se orienta a las nuevas especies que están en proyectos de investigación. Ésta no puede avanzar si no se resuelve previamente el suministro de su dieta alimentaria específica. En este sentido no hay dos especies iguales. En la actualidad:

- a) Está resuelta la alimentación del lenguado que ya tiene producción comercializada
- b) Igualmente el besugo tiene resuelta su dieta y engorde en jaulas de Galicia.
- c) El pulpo es objeto de la máxima atención en el intento de conseguir pienso seco que sustituya al alimento actual de crustáceos y peces.
- d) Se buscan dietas vegetales para especies omnívoras que pueden consumir fito y zooplancton, buscando piensos exclusivamente vegetales para disminuir la presión sobre la producción de la harina de pescado. Es el caso del mujol y de la tilapia.
- e) Fábricas de piensos tienen ya desarrolladas dietas para especies que están en la línea de investigación de los centros de Desarrollo de la acuicultura: sargo picudo, dentón, pargo, etc.

Pienso orgánico

La acuicultura orgánica (mal llamada ecológica por algunos) está actualmente sin regular a nivel europeo, pero debe ser considerada porque tendrá su propio desarrollo y un nicho en el mercado.

El pienso “orgánico” no se fabrica actualmente. En principio es incompatible con la fabricación actual pues debe fabricarse en instalaciones propias en las que no exista el más mínimo riesgo de contaminación.

Requeriría fábricas nuevas exclusivamente para piensos orgánicos sin antioxidantes y con componentes certificados.

7.1. Piensos

Dado que la alimentación es actualmente el principal coste en la crianza de peces marinos es muy importante valorar el producto que ofrezca la mejor relación calidad precio. Hay que valorar además de los componentes, el sistema de producción, cómo se mezclan y cómo se presentan.

Hay piensos GRANULADOS que son los más sencillos y económicos, no se agrega agua a la mezcla (si acaso un golpe de vapor que aporta máximo un 15% de humedad). No hay aportación de calor, ni se somete a alta presión, no se cuece la mezcla, por lo que los almidones apenas se gelatinizan, resultando poco digestibles. Las sustancias aglutinantes que se aportan son mal asimiladas por el pez. Los piensos EXPANDIDOS sufren un proceso más sofisticado. Se mezclan los componentes y sufren un proceso extractor en el que se añade agua caliente, vapor, se calienta hasta 110^o C y se cuece a presión, lo que gelatiniza hasta el 75% de los almidones. Este hecho y la texturización de las proteínas formando una malla, da más cohesión al gránulo, no precisa aglutinantes y es mucho más digestible.

Y por último los piensos EXTRUSIONADOS. En este proceso se micronizan (micropulverizaciones) los componentes y se amasan con vapor y agua caliente. En el proceso extrusor se le da un choque térmico (125^o C) y se somete a fuerte presión, la mezcla se cuece y gelatiniza la totalidad de los almidones y se texturizan las proteínas. Mejora notablemente la digestibilidad porque se hacen más accesibles a las enzimas digestivas. Con la alta temperatura desaparecen las bacterias y se desactivan las enzimas que tienen los componentes.

Las ventajas que aportan los extrusionados son determinantes para pensar que el futuro está en la eliminación de los expandidos y granulados salvo en situaciones muy especiales.

Además de las ventajas señaladas, los extrusionados tienen en contraposición con los otros:

- Gran estabilidad en el agua.
- Poluciona menos el agua en los fondos.
- Más digestibles.
- Mínimo contenido en fibra.
- Producen menos heces.
- Mejora el índice de conversión.
- Ahorra entre un 15/20% de alimento.
- No tiene aglutinantes.
- No tiene bacterias.
- La oxidación de las grasas es mínima.
- El pienso es más duradero.
- Es más resistente al transporte.
- Tiene muy pocos finos.
- Permite obtener dietas con alto contenido en grasa.

Para una buena eficiencia en la alimentación hay que cumplir unas determinadas pautas: hay factores que afectan al crecimiento:

- Clasificación de lotes, la dispersión de talla empeora la eficiencia del pienso.
- El estrés de cualquier tipo: por enfermedad, por el medio, por el manejo.
- La densidad de peces o carga de trabajo.
- La concentración de oxígeno disuelto.
- El control de la eficiencia de la distribución del pienso no es fácil.

Si es una instalación en tierra, se pueden poner receptores en el fondo para tomar muestras y ver qué concentraciones hay en el fondo.

En cultivos semi-intensivos la práctica ideal es acostumar a los peces a comer en determinados lugares/horas o por medio de estímulos, ondas sonoras, etc.

En el caso de las jaulas hay que recurrir a la observación submarina por medio de cámaras de TV y monitores. Se investiga activamente en sistemas más eficaces para realizar este control.

Control de las dosis: se investiga para poder determinar con mayor exactitud las necesidades de cada pez en función de las especies, la temperatura del agua, la luz, el medio, etc.

Hay discusión todavía si conviene aplicar las tablas que aportan los fabricantes de pienso o dejar comer "*ad libitum*".

La lubina y la dorada son especies de aguas templadas y tienen tendencia sobre todo a temperaturas elevadas a ingerir piensos en exceso. No aprovechan en crecimiento lo que comen, luego el coeficiente de conversión es muy malo y si las dietas son de alta energía, más caras, se pierde mucha eficiencia y aumentan los costes. El FCR (factor de conversión del pienso) empeora de igual manera con una alimentación en exceso, que en defecto.

Hay distintas tendencias según el fabricante y el tipo de dieta. Unos opinan que el óptimo es un 10% de sobrealimentación. Otros consideran que lo óptimo es el ajuste a las tablas.

El contenido del oxígeno en el agua es muy importante, las dietas de alta energía aumentan la demanda de oxígeno, si éste no se aporta disminuye el rendimiento del pienso de alta energía e incluso se pueden producir mortandades masivas.

La elección del pienso adecuado es un arte, fruto de la recopilación de información y de la experiencia, de la continua observación, de la actitud y de las reacciones de los peces (por ejemplo: no come lo mismo en otoño que en primavera a igualdad de temperatura y por la mañana que por la tarde). Acertar en el pienso y en su administración es clave de éxito.

Una tabla de alimentación para una dieta determinada relaciona: el peso medio del pez, con el tamaño del pienso (miga, granulometría en mm), y con la temperatura.

Es fundamental una fluida relación productor-fabricante de piensos, intercambiando información continuamente y haciendo experiencias conjuntas.

7.2. Técnicas de alimentación

El principal indicador de la eficacia del pienso es el FCR (factor de conversión del pienso) en pescado. O sea Kgs de pienso que se necesitan para producir un Kg de pescado.

Dorada, lubina están en el orden del 2 en FCR.

Para obtener un FCR bajo que es lo económicamente deseable es preciso:

- A. Utilizar un buen pienso de alto rendimiento.
- B. Alimentar adecuadamente.
- C. Mantener los peces sanos en un ambiente confortable.

Los peces tienen más apetito cuando son pequeños debido a su mayor actividad y su metabolismo más rápido. Necesitan comer en pequeñas dosis porque su boca y su estómago son pequeños.

Desde el punto de vista práctico en España hay cuatro casas suministradoras de pienso, que son multinacionales implantadas en todo los países donde hay acuicultura. Tienen unas instalaciones totalmente automatizadas y un severo control de materias primas y de proceso. Tienen potentes laboratorios de investigación y están continuamente buscando mejoras en cada una de los factores que intervienen.

La relación con el fabricante es básica y hay que mantener una información fluida aportando todos los datos necesarios para fijar una dieta básica y a partir de ahí la información del comportamiento de los peces.

Un ejemplo de un pienso de mercado sería:

Pienso compuesto completo para Dorada.

Ingredientes: Harina de pescado, aceite de pescado, productos y subproductos de semillas oleaginosas, subproductos y granos de cereales, aceites vegetales, minerales.

Constituyentes analíticos %

- Proteína bruta.....mín: 46%
- Grasa brutamín: 22%
- Carbohidratos.....aprox: 10%
- Celulosa bruta.....máx. 1%
- P. Total1, 3%

Valores energéticos en MS/Kg

- Energía bruta.....21, 2
- Energía digestible18, 9

Contenido vitamínico por kg

- Vitamina A V.I.10. 000
- Vitamina D3 V.I.1. 500
- Vitamina E (a tocaferal) V.I.150

Reparte de la energía digestible

- 54%Proteína
- 40%Lípidos
- 6%Glucidos

Granulatría

- **Gránulo** nº 2; f granula 2,6mm; Peso peces, 10 a 40 grs

7.3. Patologías

Uno de los factores más importante a tener en cuenta al determinar la rentabilidad de cualquier instalación de acuicultura es el estado de salud de los peces. Si hay mortalidad apreciable o creciente lento, se producirán pérdidas seguras.

El estudio de las patologías y su tratamiento es básico: hay que prevenir las patologías por dos procedimientos:

- a) Aplicación segura de los protocolos de actuación desde la selección de reproductores hasta el embalaje.
- b) Evitar situaciones de estrés por manejo, manipulación, etc. que producen un incremento hormonal de cortisol y adrenalina y una disminución de la resistencia a las enfermedades.

La dorada y la lubina son bastante resistentes a las enfermedades; la dorada más que la lubina porque es menos susceptible al estrés. El rodaballo es delicado y tiene unas patologías específicas.

Hay patologías víricas y patologías bacterianas.

— Enfermedades víricas: en los peces se han identificado multitud de virus diferentes, que provienen de muy diferentes lugares, el medio, peces salvajes, aves, el hombre, etc. y puede transmitirse desde el reproductor, a través del huevo, etc. y entre los propios peces, por roces, excrementos, etc.

No vamos a detallar los distintos virus, basta saber que en cultivos continentales la Septicemia Hemorrágica (SHV), la Necrosis (NHI), la Necrosis Pancreática (NPI), la Viremia (VPI), son el azote del acuicultor. En cultivos marinos los principales peligros vienen en la lubina por el Nadavirus, la Linfacistes y el Herpesvirus del rodaballo.

— Enfermedades bacterianas: la mayoría de las bacterias son bacilos Gram negativos y producen: Forunculosis, Vibriosis, Pseudomoniasis, Yersiniasis, Posleretosis, Estreptococias, etc.

En menos cantidad e importancia hay enfermedades parasitarias, enfermedades micóticas, endoparásitos, etc.

El mejor sistema de actuación ante las enfermedades es la prevención. Están indicados todos los sistemas que hay que cuidar para evitar el contagio y la propagación y en especial limpieza y normas higiénicas. Nunca es excesiva, porque nunca es suficiente lo que se haga.

Ante un peligro latente la prevención a aplicar debe ser la inmunización, es decir, la vacunación. Puede hacerse a la totalidad de los peces uno a uno, o basándose en la estadística.

Si a pesar de todo se presenta la enfermedad hay que utilizar la farmacología y la terapéutica.

Es básico un diagnóstico correcto y gran rapidez porque la mayoría de las enfermedades son epidémicas y el tiempo juega en contra. No es fácil la sintomatología; hace falta mucha experiencia y un laboratorio bien dotado. Si se trata de parásitos hay suficiente con un buen microscopio; si se trata de un virus hay que llevarlo inmediatamente a un centro especializado; si se trata de bacterias hay que hacer cultivos lo más rápidamente posible en 48 horas se debe conocer la bacteria y su antibiograma.

Hecho el diagnóstico hay dos sistemas de tratamiento, externos por baño o mezclas medicamentosas, y pienso con el preparado farmacológico incorporado.

El primero que es muy bueno en tanques, depósitos, etc. es difícil de aplicar en jaulas, porque necesitan sistemas complejos de manipulación, lonas de retención, etc. para echar el antibiótico o medicamento y difundirlo con oxígeno para mantener una concentración constante.

El pienso es más seguro de reparto pero tiene el inconveniente de que el pez enfermo pierde apetito y por tanto no consume medicamento.

En ningún caso se debe abusar del medicamento y de los antibióticos porque las bacterias acaban desarrollando resistencias, por ello es mejor completar el tratamiento y cambiar periódicamente de antibiótico.

La investigación tiene mucho que decir en este campo, como en el de la salud humana. Hay que mejorar, aunque sea con mutaciones genéticas, la resistencia de los peces a las enfermedades y luego las técnicas de reproducción y engorde para que desaparezcan las enfermedades en los cultivos.

La sostenibilidad está basada en la salud, pero no sólo de los cultivos sino de los pescados que se reproducen y viven en un medio natural.

Existe una legislación muy estricta para regular el mundo de la salud en los peces, con un grave problema que la demanda de medicamentos para las ganaderías menores es muy pequeña para las firmas que producen medicamentos y al carecer de interés comercial no fabrican lo que necesitamos.

8. Nuevas especies

Es del todo punto necesario conseguir la crianza, si no de todas las especies, por lo menos de aquellas consideradas como estratégicas, o porque hay que conservar, o porque constituyen parte de la dieta y se es deficitario en la captura.

Cuantas más especies se crían en las debidas condiciones, es decir, con un desarrollo sostenible, mejor será la comercialización de todas las especies, mayor la posibilidad de mejorar la alimentación de mayor proporción de gente que no puede disfrutar de las ventajas inherentes al producto.

Es obvio que a medida que se amplía el número de especies se producirá un incremento de las cantidades de crianza, de las instalaciones y por tanto, de la mano de obra necesaria, sin detrimento de la pesca extractiva en cuyo esfuerzo pesquero no se interfiere.

Sin embargo, hay opiniones contrarias que apuestan por centrarse en unas especies básicas (pollo del mar), que a modo del pollo sean fuente barata de proteína, al producirse en grandes cantidades y al centrar todos los esfuerzos y la investigación en 3 ó 4 especies.

Consideramos que el desarrollar especies similares tiene como ventaja:

- a. Que la investigación y la puesta a punto de la producción es muy rápida y barata porque podemos utilizar las mismas instalaciones, los mismos piensos, etc., como punto de partida.
- b. Que por las mismas razones se abaratan costes.
- c. Que se puede desestacionalizar la oferta.

En el caso de especies muy diferentes, consideramos como ventajas:

- a. Disminución de riesgos, lógico al aumentar las especies.
- b. Que el producto no tiene competencia en el mercado, suele haber demanda grande y los precios de venta son muy elevados.

En ambos casos se puede considerar como inconveniente para especies similares:

- Que la demanda es pequeña, hay que invertir en fomentarla y por su similitud puede ser competencia de las clásicas ya cultivadas. El consumidor español está acostumbrado a una variedad conocida de especies, le cuesta introducir nuevas especies.

En el caso de especies muy distintas los inconvenientes son:

- Alto coste de la investigación y lo que se puede tardar en conseguir la crianza de esas especies.

Con estos planteamientos, se tiende a nivel mundial a completar la investigación de todas las especies susceptibles, cada país en función de las características de sus mares y de la existencia de mercados propios (Chile, merluza; Escocia, bacalao, etc.)

Es posible que con el tiempo y una vez concluida la investigación y el desarrollo de la crianza de todas las especies, la oferta irá reduciéndose y centrándose en unas pocas especies, como ocurrió con las especies de tierra en la ganadería que está centrada en bovino, ovino, porcino y aves. Apenas hay algo de caza y especies complementarias, pavo, avestruz...

Esta evolución vendrá motivada por la alimentación. Hay que pensar en un desarrollo en base a peces herbívoros, moluscos filtradores y como mucho omnívoros, con un nivel trófico inferior.

En nuestro caso es muy posible un panorama de futuro con este diseño:

- a) Un pez plano para plancha o filete: lenguado, rodaballo, halibut...
- b) Pescado para corte y guiso: atún, merluza, pez gato, salmón...
- c) Un pescado de escama para horno: dorada, lubina, besugo, chicharro, sardina...
- d) Un crustáceo: langostino, gamba...
- e) Cefalópodos: pulpo...
- f) Moluscos filtrantes: mejillón, ostra...

Esta podría ser la base de la alimentación en Occidente, la aportación de proteína del mar de una acuicultura sostenible.

En cuanto a especies nuevas en España, la situación en peces marinos es la siguiente:

- a) Totalmente resueltas, en explotación industrial y comercial: la dorada, la lubina, el rodaballo y la anguila.
- b) En pequeñas cantidades en el mercado, resuelto técnicamente, a falta de lanzamiento industrial: el lenguado, el halibut, la tilapia y el besugo.



- c) Solamente engorde, sin resolver la reproducción: el atún rojo y el pulpo. Se capturan juveniles y se les engorda en jaulas con notable rendimiento. Se experimenta la reproducción en ambos casos y se trata de afinar el pienso seco para el pulpo.
- d) En investigación y experiencias:
- Aclimatización y engorde de la sepia
 - Adaptación al medio marino del esturión
 - Cultivo de la lisa en esteros
 - Cultivo de microalgas para la obtención de productos de interés comercial como son los ácidos grasos poliinsaturados, omega 3, omega 6 y los b-carotenos.
 - Cultivo del denton, sargo picudo y pargo y bocinegro en Canarias, característicos del mediterráneo donde tienen un amplio consumo. El denton se reproduce bien pero con maduraciones muy desiguales que hay que corregir con hormonas o por procedimientos físicos. La principal dificultad está en el destete en donde se producen muchos casos de canibalismo y mala supervivencia. Hay que resolver su nutrición. El sargo picudo se consigue pero hay que mejorar la patología, la nutrición y las técnicas de cultivo. El pargo, como especie tiene muchas analogías con la dorada. Los principales problemas se presentan en la pigmentación además de los nutricionales y patológicos.

El resto de las especies marinas podemos dividir las en tres grupos:

1º constituido por peces de alto valor comercial, pero de los que se tiene muy poca información. Se piensa que puede ser viable su cultivo en cautividad pero se adivina muy difícil: rape, merluza, pez San Pedro y calamar.

2º se tiene información abundante pero las experiencias no permiten iniciar la fase industrial: salmónete, seriola y esturión.

3º y un tercer grupo que ya están resueltos técnicamente pero que de momento no tienen valor comercial. Se considera su utilidad para repoblar caladeros o para pesca deportiva. Son el aliote, la hurta, el abadejo, mujilidos, etc.

Por no tener temperaturas de agua adecuadas en España no es rentable intentar otras especies que se reproducen a bajas temperaturas. Por ejemplo, el salmón, del que ha habido varios intentos, incluso se mantiene alguna producción testimonial.

El bacalao sería un cultivo muy apreciado por su gran consumo y precio. Las experiencias que se hacen en Noruega no las podemos realizar, porque aún no tenemos sistemas económicos de enfriar grandes volúmenes de agua. Como casos curiosos podemos citar los esfuerzos del Aula del Mar de Málaga para criar el chanquete que ha desaparecido prácticamente de sus aguas. Si se tiene en cuenta que un maduro acaba por alcanzar 0,5 grs es fácil comprender la dificultad de conseguir 2000 chanquetes para alcanzar un precio asequible del Kg.

9. Otras acuiculturas

9.1. Anguicultura

Conviene hacer mención al cultivo de la anguila porque es importante en algunas zonas de España y existe un gran mercado en Oriente.

No se ha conseguido la reproducción controlada por lo que el engorde se hace partiendo de las angulas que se capturan vivas cuando entran en los ríos en su migración natural.

Parece ser que la reproducción natural, es decir, la puesta de huevos y su fecundación tiene lugar en el mar de los Sargazos a profundidades superiores a los 400 m. De los huevos eclosionan en primave-

ra unas larvas que evolucionan hasta convertirse en leptocéfalos, especie de pececillos transparentes que pueden llegar a medir 80 mm y que vienen nadando hasta nuestras costas aprovechando las corrientes marinas, viaje en el que invierten 36 meses. Cuando llegan frente a las costas se concentran en bancos y sufren una metamorfosis convirtiéndose en la angula que conocemos y comemos.

Cuando alcanzan los cauces de agua dulce se dispersan por las noches, quedando escondidos de día en el fondo, alimentándose de insectos, pequeños batracios, crías de aves, etc. Es un voraz depredador. Van creciendo y cambiando de color (anguilas amarillas) hasta que llegan a la madurez sexual (6 años las hembras, 4 años los machos). Entonces tienen un aspecto característico, color plateado, lomo con grasa y tamaño sobre las 35/45cms. Es entonces cuando vuelven al lugar en el que nacieron, el mar de los Sargazos para reproducirse en un alarde de memoria genética.

Se cree que como la mayoría de los peces migratorios después de la puesta se mueren. El engorde de las anguilas se hace en granjas que dispongan de aguas calientes o consigan altas recirculaciones que mantengan el agua caliente sin consumo energético.



Las angulas vivas que se adquieren para engordes se pescan en las rías y tienen alrededor de 0,2 grs. y unos 4 cms. de longitud. Es decir por Kg. entran unas 5.000 unidades.

La alimentación se realiza por medio de piensos adecuados debidamente formulados por las casas especializadas.

La crianza encierra dificultades porque se produce canibalismo entre los distintos tamaños y los crecimientos son muy dispares por lo que obliga a continuas clasificaciones por tamaño.

Las características especiales de esta especie la hacen especialmente sensible en su crianza a la captura de angulas, lo que puede motivar una sobrepesca de éstas y poner en grave peligro la sostenibilidad de su crianza.

Por ser un alimento muy importante en Japón y Oriente se está investigando para conocer la biología de esta especie y buscar soluciones a su reproducción.

9.2. Mitilicultura, Cultivo del mejillón

El mejillón es un molusco lamelibranquio, que en su hábitat natural forma bancos en las rocas en fondos pocos profundos o en zonas intermareales. Se une a las rocas por medio del "biso" que es un conjunto de filamentos segregados por una glándula situada en la base del pie. Es capaz de regenerar el biso por lo que puede variar de sustrato fijándose tantas veces cambie. Se alimenta filtrando el agua de la que aprovecha el fitoplancton y las bacterias. Puede filtrar hasta 5 ls. de H₂O por hora. Se desarrolla entre 4º C y 30º C.

Su reproducción es sexual. La fecundación se hace dentro de la hembra, hasta que pueden nadar y son liberados manteniéndose hasta 15 días en fase pelágica hasta que buscan un sustrato adecuado y se fijan al él por medio del biso.

Su cultivo es de los llamados extensivos, ocupa mucha superficie y no hay que alimentarlos ni prestarles excesiva atención. Para fijarlos en estructuras para el crecimiento hay varios sistemas.

- a) sobre cuerda
- b) sobre estaca
- c) sobre fondo

a) Se fijan los mejillones sobre cuerdas que a su vez se suspenden de una estructura flotante llamada batea.

El ciclo se inicia recogiendo pequeños mejillones. Si es en primavera las propias larvas pelágicas se fijan a las cuerdas que cuelgan de las bateas.

En otoño se cogen mejillones pequeños de los bancos naturales y se fijan por medio de una malla fina, "encordar", alrededor de las cuerdas.



La malla acaba desapareciendo por el roce y la abrasión y quedan los mejillones fijados a la cuerda al segregar nuevo biso. Los mejillones pequeños filtran agua y engordan en poco tiempo en función de la cantidad de fitoplancton del medio. Cuando crecen unas 10 veces su peso inicial se procede al "desdoble", repartiendo los mejillones que hay en una cuerda entre dos ó tres cuerdas, sujetándose nuevamente con una malla fina. Vuelven a segregar un nuevo biso y siguen filtrando hasta llegar al tamaño comercial, en cuyo momento se suben las cuerdas, se les desengancha y se les lleva a una depuradora para que filtren agua depurada y tratada que elimina cualquier patógeno que pueda llevar el mejillón.

La velocidad del crecimiento es función de la calidad del agua y de la temperatura. Los rías gallegas es el lugar óptimo para el cultivo por su riqueza en un fitoplancton de gran calidad nutritiva. En un año pueden alcanzar de 8 o 9 cms, lo que en otros lugares requiere 3 a 4 años.

b) Consiste en colocar estacas de madera en sitios no muy profundos. Hay unas estacas de fijación que se colocan en las zonas donde hay larvas de mejillón. Cuando alcanzan un cierto tamaño, se llevan a las estacas de engorde más cerca de la costa de donde se recogen para consumo.

c) Se fijan las semillas a colectores o sustratos y se llevan a parques protegidos donde engorda y se retiran con máquinas de recogida.

Las tecnologías aplicadas han tendido siempre a resolver los problemas mecánicos que comportan las estructuras flotantes y la manipulación de las cuerdas que por su gran peso necesitan elementos auxiliares. Se han desarrollado bateas de plástico con diseños más apropiados y toda una serie de maquinarias auxiliares para encordar mejillón, para extraer cuerdas y desencordar.

Dado el gran tonelaje que se mueve, sólo en Galicia se crían más de 250.000 Tm. al año, es necesario, limpiarlos, clasificarlos, depurarlos y envasarlos.

La sostenibilidad del cultivo está asegurada siempre que no se contaminen las costas donde están los parques naturales y se respeten las capturas y las densidades de cultivo en función de las concentraciones de fitoplancton.

Este sector necesita más investigación porque debido al éxito inicial del sistema y sus grandes posibilidades en comparación con otras zonas, no se ha invertido lo suficiente en la investigación precisa desde la biología hasta la mecánica de cultivo.

Los problemas que presentan este tipo de cultivo son la presencia de depredadores, cangrejos, estrellas de mar, etc. Los cultivadores ya saben tomar medidas para evitarlos. Pocos son los peligros derivados de competidores tróficos y espaciales y de los parásitos: los hay externos que o se fijan sobre la

concha aumentando su peso y obligando a su limpieza o se introducen dentro y dificultan su crecimiento y su vulnerabilidad.

Ahora bien la mayor amenaza la constituyen las mareas rojas que no alteran su crecimiento pero que les hace tóxicos y peligrosos para el consumo. Están formadas estas mareas por pequeñas algas dinoflageladas que forman parte del fitoplancton pero que en determinadas condiciones proliferan y algunas especies segregan toxinas que al ser filtradas por el mejillón se acumulan en su interior y no pueden ser consumidas hasta que no desaparece la marea roja y por filtración las toxinas del interior del molusco.

Es necesario encontrar las razones de esta proliferación y encontrar procedimientos para detectarla e impedirla.

En tonelaje en España es la acuicultura más productiva así como en utilización de mano de obra. Se calcula unas 13.000 personas directas o indirectas.

La miticultura es la que tiene mayor capacidad de crecimiento en utilización de mano de obra, si se extienden la zonas de cultivo, si se resuelven los cultivos en líneas en alta mar, etc. Hay un problema en la comercialización por competencia de mejillones de otras procedencias, más baratos pero de una calidad muy inferior. Hay que desarrollar marcas de calidad y denominación de origen.

También deberían hacerse ensayos en otras partes de España, en las que aunque no se consigan las mismas calidades que en Galicia, puede tener un claro mercado por sus calidades nutrientes, contenidos minerales, etc.

9.3. Ostricultura

Generalidades

La Ostricultura es la crianza de la ostra. La ostra es un invertebrado de cuerpo blando, cubierto con dos conchas calcáreas articuladas. Hay dos tipos fundamentales en la crianza:

1. La *ostrea edulis* de concha circular u ostra plana.
2. La *carssostrea gigas* de concha más larga que ancha (ostra francesa).

La ostra tiene reproducción sexual y la obtención de la semilla es el mayor problema para su crianza. La semilla puede recolectarse en el medio natural o puede producirse en una hatchery a partir de reproductores. Los huevos fecundados se transforman en larvas y postlarvas que se alimentan con fitoplancton o microalgas.

Una vez conseguida la semilla se coloca en substratos y en bateas o en cestas alimentándose del agua del mar hasta alcanzar el tamaño comercial.

La ostra es un alimento muy completo y comercialmente muy apreciado. Su cultivo actualmente asegura su sostenibilidad, puesto que puede reproducirse cuanto se quiera partiendo de especímenes naturales y su alimento se lo proporciona la naturaleza.

Su desarrollo encuentra las dificultades de las patologías y enfermedades. Las modificaciones del medio natural, salinidad, temperatura, etc, los depredadores (pulpos, gasterópodos, crustáceos, peces y pájaros); los competidores (esponjas perforantes, anélidos, asadios, etc, dificultan decisivamente su crecimiento. Por otro lado hay una serie de patógenos, unos alteran las condiciones de crecimiento y otros provocan fuertes modalidades actuando de forma epidémica. Llega a terminar con especies enteras. Destacan la *Martulia* y la *Bonamia* que han causado verdaderos estragos y son el enemigo del criador de ostras.

La investigación debe centrarse en conseguir erradicar las enfermedades o en producir mediante selecciones genéticas conseguir especies resistentes a esas enfermedades que tengan un rápido crecimiento.

Entonces se podrán dar entrada a numerosos cultivadores pequeños, de empresas familiares, que sin el riesgo de las enfermedades pueden dar a la proliferación de pequeñas unidades de crianza

rentables. A partir de esa base se podrán aplicar nuevas tecnologías para mejorar los sistemas productivos.

Con nuestras costas, nuestra tradición consumidora apenas producimos 4.000 Tm., lo que representa el 0,1% mundial.



9.4. Carcinocultura, cultivo de crustáceos

Utilizando el mar como medio de producción se crían varias especies de crustáceos: langostinos, bogavante, gambas, camarones y quisquillas de aguas cálidas. La mayoría se hace en instalaciones extensivas, sólo el langostino y algo el bogavante son objeto de cría intensiva e industrial.

El langostino es un crustáceo decápodo de aguas templadas subtropicales o tropicales. Su reproducción es sexual. La hembra pone los huevos por la noche, una sola vez al año y unos 800.000 huevos por puesta. Los huevos son fecundados por espermatozoides de los machos. Se produce la eclosión enseguida (13/15 h) y pasa a la primera fase larvaria (nauplius) que es pelágica. Sufre una serie de mudas que a las 36 horas la convierte en protozoa y a los 4 días y 3 mudas más, pasa a ser mysis o postlarva. Éstos engordan muy deprisa a temperaturas altas, por encima de 20°C crecen a milímetro por día. Comen pequeños crustáceos, bivalvos y gasterópodos.

En las granjas de engorde se pueden aplicar técnicas de acuicultura semiintensiva, intensiva y superintensiva. En las primeras la alimentación es natural y traída por las mareas a los estanques. Su rendimiento es de 100 grs./m². En los semiintensivos ya se consiguen rendimientos de 300 grs./m²/año, porque se añade a la dieta natural algunos tipos de pienso. Y en las superintensivas se consiguen 1000grs./m²/año, a base de una alimentación intensiva de pienso (hasta 12 Kgs./Kg. de langostinos), con temperaturas superiores a 20°C aguas renovadas continuamente y oxigenadas. En 6/7 meses pueden alcanzar tamaño comercial.

En España queda solamente una sola instalación de cría de langostino por efecto de la competencia de los langostinos asiáticos y de países del Caribe que a riesgo de graves daños medioambientales, tienen unas grandísimas cosechas a muy poco precio.

La calidad de nuestro langostino es muy superior a la de las especies japónica y orientales así como de las caribeñas. Sin embargo su mayor coste le deja un pequeño mercado. Alimentándose de pienso, las nuevas tecnologías tienen que desarrollar piensos más adecuados, con base vegetal y mejor índice de conversión.

La sostenibilidad en algunas zonas está amenazada por actuaciones descontroladas que han dado lugar a grandes ataques de los medios ecologistas con el debido fundamento, pero que han sido aprovechadas, sin justificación alguna, para atacar a toda la acuicultura.

En España puede haber un buen futuro si se regulan los costes de producción y se hace una comercialización adecuada a la calidad.

9. 5. Cultivo de almejas

Las almejas son bivalvos que no tienen esqueleto interno y tienen el cuerpo encerrado en una concha con dos valvas simétricas unidas por un ligamento. Son filtradores a través de los sifones por donde captan y expelen el agua con el fitoplancton y materia orgánica de sedimento. Cuanta más densidad en fitoplancton y mayor temperatura más deprisa engordan.

Hay gran variedad de almejas, las más conocidas y sujetas a crianza son:

- Almeja fina.....*Ruditapes decussatus* y *semidecussatus*
- Almeja Japonesa.....*Ruditapes philippinum*
- Almeja babosa*Veneupes pullastra*

La reproducción es sexual. La hembra expulsa los huevos al exterior y son fecundados por los machos. Después de un mes de vida natante la larva adquiere el tamaño de 25 mm. e inicia la metamorfosis.

El principal enemigo de las almejas es el cangrejo y algunos peces como la dorada y la solla.

No tiene graves problemas de patología. Tiene un parásito característico, el *Pellissus morenius* que suele surgir periódicamente.

El cultivo se hace de la misma forma en la que la hace en la naturaleza, en los fondos arenosos-fangosos teniendo en cuenta:

- El nivel de marea influye en la cantidad de alimentación que tiene la almeja a su disposición para sifonar. En zonas en que la marea retira totalmente el agua de bajamar la almeja tiene muchas menos horas de alimentación y por lo tanto tarda más tiempo en crecer. En los parques de cultivo se trata mediante compuertas que siempre quede agua encima de las almejas cultivadas.
- La granulometría del sedimento es también determinante de la facilidad de engorde.
- La temperatura óptima está entre los 15/20º C aunque pueden vivir entre los 10 y los 30º C, y la salinidad óptima entre 25 y 35 ‰. La variedad de almeja fina es capaz de cerrarse y vivir varios días sin sifonar, lo que le permite subsistencia con agua dulce durante un cierto tiempo.

El tamaño más adecuado para la siembra de la almeja es de 12/15 mms. Hay que preengordar por tanto las almejas que se producen en las hatcheries que tienen 3-5 mms.

Hay varios sistemas o semilleros para cubrir esta etapa de preengorde:

- a) Cajas de rejilla plástica colocada sobre caballetes colocados a 20-30 cms. del fondo. Suelen tener un tamaño de 1 m. x 0.5 x 0.05 y se cubre con una tapa. La época más indicada es de primavera a otoño.
- b) Parcela cubierta por una red. Se prepara el suelo colocando una red que impida el paso de predadores. Encima una capa de tierra donde se entierran las almejas y una red encima para proteger el sustrato. En 4 a 6 meses según la calidad del alimento y la densidad de éstos en el agua se llega a un tamaño de siembra de 12/15 mms.
- c) Hay otro sistema aprovechando las características geográficas de alguna zona que tiene un alto rendimiento. Una zona con agua de mar que pueda aislarse, llenarse y vaciarse a través de compuertas como un estero.

En comunicación con dos esteros hay una zona donde se colocan las jaulas con las almejas. Se trata de hacer pasar a través de las jaulas durante 24 horas agua enriquecida con fitoplancton, con una corriente inducida de agua a poca velocidad (rueda de paletas a muy baja velocidad). Si mientras se trasiega el agua de uno de los esteros, el otro se vacía y se deja secar. Al llenarlo de agua se produce una afloración de fitoplancton que enriquece el agua.

Engorde: El engorde se realiza sembrando la semilla de almeja en una zona de arena protegida de predadores, en una zona con control mareal de forma que siempre hay agua encima del campo y las almejas pueden sifonar agua renovada con fitoplancton las 24 horas del día.

La siembra se hace a mano a razón de 250 almejas/ m², las almejas se distribuyen ellas solas y se entierran a la distancia de sus sifones para poder bombear continuamente.

Hay que tener mucho cuidado con los predadores vigilando continuamente y controlando el crecimiento.

En zonas de alto rendimiento se pueden conseguir almejas de cuchillo de 42 mms. (15 grs.) en un periodo de 13/14 meses.

Una vez que las almejas alcanzan un tamaño comercial se procede a su recolección. Si la parcela es pequeña se hace a mano con rastrillos. Si es una gran extensión se recurre a procedimientos mecánicos, bien autónomo, o bien remolcados.

Si el engorde se hace en zonas cubiertas de agua, se recurre a las chuponas que aspiran el sustrato junto con las almejas, tamizan el sustrato que queda bien preparado para otra siembra y eliminan junto con las almejas residuos sólidos.

Una supervivencia normal sería del 70/80%. La cosecha debe pasar por una depuradora donde permanece 24 horas en agua de mar tratada para que lave el interior de la almeja de cualquier patógeno, parásito o arenas, que pueda tener en su circuito interior.

Las depuradoras tratan el agua de mar con cloro activo, con ozono o con UV. Volvemos a insistir en la necesidad de aplicar otros sistemas que sean más amigables con el medio ambiente.

El cultivo de la almeja no contamina, no genera efluentes y con un control adecuado para no invadir hábitats ajenos es suficiente para garantizar la sostenibilidad.

En nuestras costas sería una fuente de creación de puestos de trabajo, puesto que el consumo en España es muy elevado y se importan en gran cantidad de Italia, Chile y de otros países.

Hay que mejorar rendimientos para mejorar los costes y hay que poner en marcha una industria de transformación que pueda competir con la de cualquier país.

Este cultivo es una actividad compatible y complemento de la pesca en muchas zonas costeras, en donde no se aprovecha la capacidad de generar empleo y riqueza.

9. 6. Cultivo de plantas marinas

En Occidente no existe el consumo de las plantas acuícolas que existen en otros países de Asia y Oceanía especialmente si las consideramos como alimento humano. Se trata de una cultura y unas tradiciones muy arraigadas que empiezan ahora a ser conocidas en occidente y consumidas como comidas exóticas.

Por otro lado se utilizan para la obtención de ciertos productos, coloidales como el agar-agar y el carragen que se utilizan en la industria alimentaria como conservantes y espesantes sustitutos de las pectinas naturales.

Otro uso del agar-agar obtenido de las algas especialmente del *Gelidium seschipedale*, es el bacteriológico obtenido de esta alga roja de gran calidad y que se utiliza para las placas Petri que sirven de base a los cultivos en Biotecnología.

En España no está desarrollada la alguicultura de la algas marinas, aunque tenemos unas muy buenas condiciones para su desarrollo. En nuestras costas del Norte hay extensos campos de algas, gracilarias y una concentración de gelidium de muy alta calidad y dureza en una cantidad que se da en muy pocos sitios en el mundo.

El gelidium crece en los fondos marinos en el mar Cantábrico, su nombre *seschipedale* obedece a que del tallo principal salen seis tallos y de cada uno otros seis y así compone una masa vegetal. Cuando se producen las mareas vivas de otoño, la hidrodinamia de los fondos rompe los tallos y libera masa vegetal. Una parte es arrastrada a las orillas donde las mareas la depositan sobre las arenas o las rocas. Otra parte mucho mayor forma bolsas que se pierden mar adentro. Una parte de lo que llega a las orillas "caloca" es recogido por los campesinos que lo secan al aire en los prados y lo venden a alguna fábrica de agar-agar. Pero la mayor parte se pierde de forma incomprensible. Estamos hablando

de un producto que puede valer 300 pts./Kg y clasificado, secado y compactado alcanza mayores precios en el mercado mundial.

En el IEO de Santander se han hecho investigaciones con resultado positivo para su cultivo de forma que podrían desarrollarse tecnologías de cultivo en huertas submarinas.

Hay todo un mundo de posibilidades de desarrollo de estos cultivos, así como de otras algas comestibles con un enorme valor nutritivo como la "undaria" y la "nori" que forma parte de la dieta en Oriente.

Hay por lo tanto, unas tecnologías incipientes que debidamente desarrolladas podrían dar lugar a una actividad productiva con creación de puestos de trabajo en toda la cornisa cantábrica y Galicia.

También es posible el cultivo de algas en huertas acotadas en los fondos marinos. El Instituto Oceanográfico de Santander ha realizado unas experiencias en las que ha conseguido la reproducción de las plantas por esporas que son fijadas a un sustrato que luego es posible llevar al fondo del mar en zonas adecuadas donde existan campos naturales y en los que se desarrollarían convenientemente permitiendo las siegas en los momentos oportunos, manteniéndose la planta para sucesivas campañas.

Este es el único procedimiento para conseguir la sostenibilidad de las especies. El procedimiento que todavía se practica en algunas zonas de la costa de arrancar las plantas, lleva a la destrucción de los campos. Solamente el cultivo protegido y la siega controlada de los campos naturales puede mantener esa enorme riqueza que tenemos en nuestra cornisa cantábrica y que está sin explotar.

9. 7. Repoblación y rancheo

Muchas poblaciones de peces de agua dulce se habrían reducido significativamente o habrían desaparecido de su hábitat natural como resultado de las actividades humanas sin una repoblación periódica con peces producidos en granjas.

En algunos casos como en el del esturión se ha iniciado una repoblación ecológica de especies que han desaparecido en la zona. Las experiencias francesas en esturión y salmón en Holanda y Bélgica han dado muy buenos resultados.

FEAP (Federación Europea de Asociaciones de Productores) aprobó en 1997 una resolución:

"Considera los aspectos positivos de la acuicultura para la repoblación y protección de especies con poblaciones reducidas. La rápida evolución de la tecnología en la acuicultura proporciona una importante herramienta externa para la protección de las especies en peligro. El importante stock de peces que se consigue por el establecimiento de regímenes de control genético puede permitir una producción efectiva de reservas para apoyar a las especies en peligro, así como para la repoblación de especies locales desaparecidas. De este modo, la acuicultura debería recibir apoyo de los Estados miembros por su papel en el mantenimiento de los recursos pesqueros."

Debe prestarse especial atención a como las poblaciones naturales deben ser conservadas y desarrolladas, dado las implantaciones del plan de acción de Biodiversidad. La repoblación con individuos genéticamente variados puede no resultar suficiente en el momento actual para la consolidación y desarrollo de las actividades de repoblación. La repoblación es una técnica que hay que tener presente. Se trata de repoblar con especies apropiadas algunas zonas adecuadas. Se han hecho pruebas con rodaballo y lenguado (*Solea solea*). Se cría en hatcheries hasta que son juveniles, se les marca y se les suelta. La fase crítica está en adaptar el juvenil a las condiciones de vida "salvaje" alimentándoles con mejillón.

9. 8. La Acuicultura Orgánica

Los productos orgánicos certificados son aquellos que en su producción cumplen una serie de condicionamientos que les confieren unas características singulares respecto a la producciones normales.

No existiendo una normativa internacional, no es posible hoy por hoy determinar cuales son las características, pero en todo caso responde a criterios ecológicos a condiciones naturales. En la acuicultura orgánica se disminuyen las densidades, se eliminan las medicaciones, antibióticos, etc. tendiendo a imitar lo más posible la acuicultura natural del medio marino o continental.

Todo ello representa un mayor coste y por lo tanto un mayor precio de venta (entre un 10 y un 50%) que se paga por una mayor calidad, sanidad y seguridad.

La trazabilidad cobra aquí el mayor interés por cuanto sería el único control posible cuando existan las normas internacionales comunes.

Estas producciones repercuten "ecológicas" en la Mano de Obra. Una granja de crianza orgánica requiere menos densidades y más controles, lo que lleva inevitablemente aparejada una mayor mano de obra y una formación específica. No es fácil conseguir realmente una acuicultura orgánica que tenga realmente peso en la producción.

Es conveniente tener cuando menos una muestra de acuicultura orgánica. Un muestrario completo de todas las especies sería un modelo a tener presente como índice de lo que se puede hacer siguiendo las normas de la naturaleza.

La presión de las necesidades de alimentación de una población creciente y la economía de mercado busca rendimientos fuera de esas condiciones orgánicas y es necesario atenderlas.

El concepto de sostenibilidad puro sería el que aplicara solamente elementos naturales.

9. 9. Biotecnologías

Se vienen aplicando estas técnicas desde hace mucho tiempo fertilizando estanques para alimentar peces con los avances en los conocimientos de genética y de biología molecular, se están estudiando técnicas de desarrollo de sondas con ADN para el diagnóstico de enfermedades, aumento de tasas de crecimiento, resistencia a las enfermedades, tolerancia fisiológica a condiciones extremas por aplicación de biotecnología genética.

Hay un enorme campo de experimentación como el desarrollado en la Agricultura y en la Ganadería que permitirá ampliar los conocimientos y las técnicas aplicadas fundamentalmente a la seguridad alimentaria y utilización más racional de los recursos.

Hoy por hoy en España no se están utilizando a nivel de producción ninguna biotécnica.

El campo que se ofrece a la investigación es enorme. Hasta ahora la FEAP, la Federación Europea de Asociaciones de Productores, no aprueba la utilización de organismos genéticamente modificados, dada su preocupación acerca del mantenimiento de las características naturales de los productos y de las cualidades medioambientales de la biodiversidad. Sin embargo los resultados de la investigación genética pueden jugar un importante papel en el desarrollo futuro de la producción global de alimentos. FEAP revisará su posición acerca de este asunto si los resultados son aceptables para el consumidor y no suponen ningún problema ambiental o sanitario.

Las investigaciones actualmente se dirigen a conseguir variedades, razas o clones para mejorar las características ligadas al proceso productivo.

- Se busca disminuir el tiempo de crianza necesario para llegar a la talla comercial.
- Mejorar el coeficiente de transformaciones, es decir aumentar el peso con menos pienso.
- Disminuir la mortalidad.
- Aumentar las resistencias a las patologías.
- Aumentar la fecundidad.
- Aumentar la resistencia y la tolerancia a circunstancias externas: bajas temperaturas, disminución de oxígeno, salinidad, etc.

Todo ello, por supuesto, manteniendo la calidad como objetivo básico.

10. Acuicultura y medio ambiente

Las soluciones correctas parten de planteamientos correctos. Con frecuencia se generaliza y se adjudica a la acuicultura actuaciones puntuales que han causado problemas medioambientales, y ello da motivo a una alarma alentada por algunos grupos sin el debido rigor científico.

La acuicultura, como toda actividad humana, tiene un potencial de polución; una capacidad de perjudicar equilibrios naturales, que en principio pueden ser eliminados con buenas prácticas. Es un hecho que en algunos países el cultivo de langostinos en manglares, se ha actuado sin respeto alguno medioambiental, creando verdaderos desastres ecológicos que han arruinado el entorno y la actividad. Algunos cultivos intensivos en zonas no apropiadas han conseguido eutrofizar los fondos y las zonas, arruinando la flora y la fauna de sus fondos y de su entorno así como la actividad acuícola.

La crianza de seres marinos requiere una calidad del agua; un entorno sin contaminar, porque no puede realizarse sin estas condiciones previas. La contaminación del medio, venga de donde venga, de la propia actividad de crianza o de actividades o circunstancias exteriores, es incompatible con la Acuicultura Sostenible. Por lo tanto el principal interesado en mantener su medio en las debidas condiciones, es el criador, porque si él contamina su medio, él arruinará su negocio.

Para él y para toda la acuicultura, el problema viene de la contaminación exterior; de la polución de las aguas por actividades agrícolas, industriales y turísticas en zonas de influencia. Este es el problema. Esta es la causa de la disminución de peces en los mares habituales. Al polucionarse su medio, han desaparecido los microorganismos que inician la cadena de alimentación marina; no hay zooplancton ni fitoplancton, ni por tanto alevines ni peces.

Al ubicar una instalación de acuicultura, lo primero que hay que hacer es analizar la calidad de las aguas y la posibilidad de que por su situación esté expuesta a corrientes o influencias externas que le contamine e impida el crecimiento normal de su biomasa. Una vez encontrado el sitio y realizada la inversión, no va a ser el propio acuicultor el que lo contamine y arruine su negocio.

¿Que ha habido malas prácticas y que las hay todavía?, sin duda. Es precisamente la formación la que debe llevar al conocimiento de las consecuencias.

Hay que educar y controlar que la actividad de la acuicultura se realice en las condiciones que la hagan sostenible, pero en ningún caso hay que dificultar que prospere una iniciativa acuícola, porque la acuicultura contamina. No es posible poner ni la más mínima dificultad a los objetivos de un programa como ACUIPESCA, por esgrimir razones que no son reales. Ese sería el principal obstáculo para una expansión integral de la actividad acuícola.

Es necesario insistir; si los pescados tienen dioxinas PCB,s o metales pesados es porque lo han absorbido del agua del mar, contaminada por otras actividades. No es admisible una presión desmesurada de la navegación por hipotéticas dificultades de los artilugos flotantes en el mar, con la contaminación de los buques por lavado de tanques, mareas negras, etc.

Después de este preámbulo, entramos en los apartados medioambientales de la Acuicultura.

La mayoría son comunes a cualquier instalación acuícola, pero su repercusión en cantidad y calidad dependerá de muchos factores: entorno, dimensión, modalidad y técnica aplicada. Por tanto se verán asociados a:

1. El espacio que ocupan y su competitividad con otros usos posibles, pues la actividad de la crianza requiere una gran ocupación de espacio y una elevada disponibilidad de agua.
2. La alteración de la calidad del medio acuático, ya sea en el que se realiza la explotación, ya en el que recibe los efluentes. Sus efectos dependen de la variedad del cultivo, de la capacidad de dispersión del medio y de las técnicas que se empleen.
3. Las posibilidades de escapes de individuos que pueden afectar a la flora y fauna del lugar.
4. La transmisión de enfermedades que pueden causar los mismos efectos que en el punto anterior.
5. Como toda actividad industrial, se generan residuos, emanaciones de gases, ruidos, etc., pero no por ser común debe ser desatendida.

Analicemos uno a uno y posteriormente veremos las nuevas tecnologías aplicadas y las que están en fase de investigación.

La ubicación y los grandes consumos de agua es el principal problema a considerar, no sólo por la actividad propia, sino por la conflictividad que se manifiesta al haber otras más que compiten con el medio: pesca, navegación, deporte, defensa, turismo en las aguas costeras y en las aguas continentales, uso humano, regadío, paisaje.

Como característica principal del uso agrícola del agua es que no es consuntivo dejando el agua en las mismas condiciones previas al uso; todas son compatibles, si no es el espacio ocupado, sí en el medio acuícola.

En la introducción llamamos la atención sobre los peligros de faltar a la ecuanimidad en los planteamientos por presiones exteriores, y generalmente con intereses económicos en la zona.

La mejor herramienta para evitar estos problemas es un Plan de Ordenación Litoral de toda la costa española, basado en un estudio real de la situación. Estudio de fondos: zonas de arena a preservar, praderas de poseidonias u otra flora marina; Fondos de arrecifes naturales o artificiales; zonas de buceo turístico o parque natural que debe ser preservado.

Estudio de usos: turísticos, pesca, navegación, navegación deportiva y demás actividades costeras.

Impactos medioambientales de las instalaciones, ciudades, complejos, etc., existentes.

Quedarían así reservadas “zonas para acuicultura”. En 5.000 Kms. de costa entendemos hay posibilidades para un desarrollo sostenible de cualquier actividad. Sin embargo, y para evitar el permanente conflicto, la acuicultura marina investiga su desarrollo off-shore; salir a mar abierto y eliminar así dificultades.

Esto en cuanto a la ubicación. En cuanto a la posible alteración del medio acuático, distingamos según la técnica de cultivo empleado y la especie cultivada.

En caso de los sistemas extensivos, la alteración del medio va a depender de la actividad biológica del propio cultivo, y por tanto la densidad del cultivo es muy importante. Se han producido graves deterioros en manglares y humedales en Asia y Sudamérica que han deteriorado de forma gravísima el medio y consecuentemente han arruinado los propios cultivos. En España no solemos tener estos sistemas, y el cultivo extensivo existente se cuida con criterios de sostenibilidad del medio.

En los sistemas intensivos hay dos causas fundamentales:

- La alimentación
- Productos químicos en limpiezas y tratamientos sanitarios

El impacto en el medio acuoso se produce por presencia de amoníaco, amonio, nitratos, nitritos, nutrientes, que no alteraría si fueran escasos y consumidos por otros peces del entorno, pero que si llegan a concentrarse en zonas producen fenómenos de eutrofización. Contiene fósforo y nitrógeno.

Otras materias orgánicas, que necesitan oxígeno que consumen de lo disuelto en el agua y disminuye las disponibilidades para la flora y fauna habituales (medido del DBO5 demanda biológica de oxígeno).

Turbidez. Sólidos en suspensión que pueden llegar a decantarse sobre los fondos y alterar la vida en ellos.

Y la fuente fundamental de posible contaminación es el “*pienso*”, bien sin consumir o por los residuos que aporta (heces) por los peces que lo consumen.

Es muy difícil estimar la cantidad de cada uno de estos dos sumandos. Se evalúa en un 10% del pienso que no es “capturado” por los peces. Puede aumentar si la operatividad no es correcta en cantidades imposibles de acotar, y es muy difícil solucionar el problema aunque se están aplicando sistemas que analizaremos en las Nuevas Tecnologías.

La incidencia de estas cantidades depende de la “*calidad*” del pienso. Hay algunos que en contacto con el agua liberan grasa que se extiende sobre la superficie, y forma una finísima capa que desaparece con rapidez, pero que tiene una mala incidencia “*óptica*”. No contamina apenas y además tiende a ser eliminada por los fabricantes.

La carga contaminante proviene del fósforo, nitrógeno y materia orgánica, y está directamente relacionada con el índice de conversión. El desarrollo del pienso tiende a mejorar el nivel de carga contaminante. Entre tanto la solución es la ubicación adecuada de forma que se disperse por efecto de las mareas y de las corrientes marinas.

En segundo lugar apuntábamos los productos químicos procedentes de:

- a) Tratamiento de enfermedades y patologías
- b) Algucidas (tratamiento antifouling)
- c) Limpiezas y desinfecciones

Sus efectos sobre el medioambiente son la toxicidad derivada de los componentes de los medicamentos generalmente biocidas que atacan a bacterias y virus.

El formol que se utiliza en la limpieza es tóxico, y la posible acción sobre la generación de resistencias a los antibióticos que se utilizan, que al ser muy pocos los disponibles, ellos mismos ponen en peligro su uso posterior por la resistencia generada. Alguien apunta connotaciones con la salud humana, pero no se ha podido comprobar.

La solución está en poder eliminar su uso, aportando unos alevines muy resistentes, procedentes de unos reproductores muy bien seleccionados –y que además hayan sido vacunados–, y una buena operatividad basada en la absoluta limpieza, densidades adecuadas y control.

En tercer lugar apuntábamos las posibilidades de escapes de individuos y su repercusión en las especies autóctonas o de las alóctonas. No se sabe realmente cual es el efecto; las posibles competencias o los peligros de hibridación, pero se intuye que pueden ser nocivos y se alerta sobre ello. Hay distintas teorías y distintas sensibilidades. En todo caso se trabaja para evitar que se produzcan fugas de individuos en ningún momento de la crianza.

Transmisión de enfermedades, es un riesgo en los dos sentidos. Hay algún caso típico como el cangrejo de río español autóctono, que es el que ha difundido la alarma, aunque como en el caso anterior no hay evidencias en los cultivos actuales.

Y por último, la generación de residuos propios de cualquier actividad productiva. En este capítulo podemos destacar:

- a) Peces muertos, que requieren una investigación exhaustiva y un destino controlado.
- b) Residuos de limpiezas, lodos, efluentes y lodos del tratamiento de efluentes.
- c) Envases y embalaje de productos tóxicos y normales.
- d) Residuos del mantenimiento propio de instalaciones industriales, especialmente aceites.

Tanto en tierra como en el mar existen las normas correspondientes que deben ser escrupulosamente observadas, y debe haber una formación permanente de todo el personal en este sentido.

Por la cantidad de agua consumida, hay que hacer algunas consideraciones en los cultivos en tierra. Aunque hemos dicho que los cultivos no consumen agua, sí alteran los caudales para otros usos y eso se hace más patente en periodos de sequía. Aparece aquí el concepto de caudal ecológico. Para hacernos una idea, revisamos los consumos necesarios para crianza:

- Trucha común (por término medio) 560 m³/año por Kg. de producción
- Trucha Arco Iris: ptm 90 m³/año por Kg. de producción
- Rodaballo: ptm 205 m³/año por Kg. de producción
- Dorada: ptm 230 m³/año por Kg. de producción

En cuanto al mejillón hay algunas cuestiones específicas que conviene señalar, y que derivan fundamentalmente de la elevada concentración de bateas en las rías. Ello conlleva una descarga de materia orgánica de la excreción de los mejillones, que se deposita en el fondo "*sedimento de batea*". También tiene importancia el residuo del laboreo de limpieza de cuerdas. Son muchas Tm.

También hay que destacar los efectos de la recolección de semillas en sus habitats naturales.

La gran densidad de bateas altera la hidrodinamia de las rías y el transporte de fondos, con todas las consecuencias sobre las comunidades bentónicas. Sin embargo, el mayor problema es la contaminación de las rías procedente de tierra, bien sea por los incendios forestales y las cenizas que terminan en el agua de la ría, como de los pesticidas utilizados en el cultivo de los viñedos en las zonas de los ríos.

En cuanto a la crianza de ostras, si se realiza en bateas, podemos aplicar lo dicho para el mejillón. Si acaso el cultivo se hace en cestos y aparece el fouling, y por tanto la necesidad de aplicar antifouling.

El cultivo en fondo de almeja, cualquiera que sea su especie o variedad, conlleva que se modifique el fondo tanto en la siembra como en la recogida. Sin duda se alteran las condiciones naturales, y por tanto la hidrodinamia y los sedimentos.

Por otro lado, al tener que eliminar los predadores en los parques, especialmente los cangrejos que se comen las almejas, se producen cambios en la fauna y flora. Unas buenas prácticas medioambientales mitigarán los efectos de por sí poco significativos.

11. Transformación de productos pesqueros

En el capítulo décimo de la parte correspondiente a la pesca se trata la transformación de los productos pesqueros que incluyen las de crianza.

Hoy por hoy la totalidad de los peces marinos de acuicultura se consumen en fresco. A nuestra cultura de consumo de pescado fresco de calidad se une que las especies de crianza tienen una demanda superior a la oferta, por lo que el mayor porcentaje se consume en fresco a los 3 ó 4 días de su despegue.

Sin embargo hay que pensar en que con el aumento de la producción y la aparición de nuevas especies, también los productos de acuicultura seguirán los pasos de los otros productos de la pesca.

Es aplicable por tanto cuanto se especifica en los sistemas de conservación y envasado en atmósferas modificados y sistemas R.S.W. y técnicas de pasteurización.

Asimismo se irán introduciendo las técnicas de transformación de pescado con arreglo a las exigencias del mercado.

La primera fase será el eviscerado y fileteado para abrir los mercados europeos que así lo exigen y un envasado para aumentar la conservación en fresco.

Se pasará posteriormente a la elaboración de platos preparados en distintas fases de elaboración:

Barquetas preparadas con recetas en crudo que se someten a microondas o a horno para su elaboración.

Recetas cocinadas que únicamente necesitan ser calentadas.

La cocina oriental se va imponiendo de momento como cocina exótica, pero debidamente tratada tiene muchas posibilidades de llegar a una adaptación a nuestros gustos y tener un lugar en nuestros mercados de Restauración. Contamos con pescados crudos frescos de alta calidad apropiados para los "sushis" como son el atún rojo, fundamentalmente el engrasado, el rodaballo y la dorada.

También mencionamos el Surimi como técnica de transformación para conseguir músculo blanco de variedades diversas de pescado, fácil de conservar y base para la elaboración de productos varios con distintas presentaciones pero siempre con proteína del mar.

12. Conclusiones

La sostenibilidad debe ser un objetivo, considerado en sus tres facetas interactivas:

1. **Económica:** *"una explotación acuícola es sostenible económicamente cuando ofrece una renta a sus titulares que les permite vivir dignamente, básicamente de la actividad productiva acuícola ejercida en la propia explotación".*
2. **Social:** *"se podría resumir como tejido humano en el medio rural o costero con relevo generacional y mantenimiento de empleo. La sostenibilidad social de una explotación se garantiza, principalmente, cuando ésta puede ser traspasada a una nueva generación. Otros factores de sostenibilidad de la explotación están relacionados con el mantenimiento del empleo acuícola y la población rural y costera (Informe del CES 2002)".*
3. **Medioambiental:** la actividad acuícola no debe hacer un uso esquilante de los recursos naturales que le sirven de soporte, de forma que se puedan traspasar sin deterioros a las generaciones venideras.

Las nuevas tecnologías a aplicar deben ser capaces de conseguir un equilibrio sostenible entre las funciones económicas, sociales y ecológicas.

El orden no es arbitrario, si no existe sostenibilidad económica, no hay empresa, no hay empleo y ya no se debe hablar del medioambiente.

En los últimos documentos de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo, dice textualmente: *"La Comisión ha reconocido la importancia de la acuicultura en la reforma de la política pesquera común (P.C.P.) y la necesidad de desarrollar una estrategia para el desarrollo sostenible de este sector".*

"La acuicultura tradicional desempeña un importante papel socioeconómico en algunas zonas" es "una alternativa a los trabajadores procedentes del sector de la pesca, puesto que la acuicultura marina necesita trabajadores especializados con experiencia en trabajos en barcos". "La evolución de esta industria debe adoptar un enfoque que integre las técnicas de cultivo, los aspectos económicos y sociales, la utilización de los recursos naturales y la gobernanza, para garantizar la sostenibilidad".

Por otro lado la Comisión de Pesca del Parlamento Europeo en su documento *"Considerando que la acuicultura debe orientarse en su totalidad por el principio de desarrollo sostenible".*

Es una constante en todos los planteamientos a todos los niveles. De ahí la importancia de desarrollar tecnologías que contribuyan a la sostenibilidad, pero no basta con ello, es fundamental conseguir una difusión eficaz de esas nuevas tecnologías y hace falta formación a todos los niveles y redes eficaces de comunicación.

"Una prioridad debería ser la recopilación y evaluación de la información existente y su presentación en formatos accesibles por un lado, y por otro lado la preparación de las personas que puedan tener los medios para acceder a la información de forma eficaz y adecuada y la preparación para utilizarla. (Conclusiones Beijing 2002)".

13. Bibliografía

- 1. Acuicultura Marina Animal – Julio Coll.
- 2. Acuicultura Marina. Blanca Masy, Alejandro Tiana.
- 3. Acuicultura y Desarrollo Sostenible – VIII Congreso Nacional de Acuicultura.
- 4. Acuicultura y Economía. Universidad de Málaga. Departamento de Economía y Administración de Empresas.
- 5. Acuicultura Marina – Fundamentos Biológicos y Tecnológicos derivados de la producción y sus derivados de la producción. Universidad de Barcelona.
- 6. Avances en el desarrollo de la Acuicultura Marina. Instituto de Estudios Económicos. Fundación P. Barrio de la Hoz.
- 7. El pescado y sus productos derivados – A y R Madrid; Juan M. Vicente.
- 8. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales y Oceánicos.
- 9. FAO Comité de Pesca. Subcomité Subcomité de Acuicultura Beijing 2002.
- 10. Fondo de artículos traducidos por APROMAR 1999-2002, de las principales publicaciones mundiales.
- 11. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.
- 12. Global Aquafish. Sistema Autónomo de Alimentación.
- 13. La Acuicultura. Biología, Regulación, Fomento, Nuevas Tendencias y Estrategia Comercial. Fundación Alonso Martín Escudero.
- 14. Libro Blanco de la Acuicultura – Secretaría General de Pesca Marítima.
- 15. Unidades didácticas de Acuicultura – Xunta de Galicia.