

Cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*)

CUADERNOS DE ACUICULTURA 8



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad

Cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*)

CUADERNOS DE ACUICULTURA **8**

Fundación Biodiversidad

MADRID, 2017



Cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*)

Serie:

Cuadernos de Acuicultura

© Fundación Biodiversidad

© José Daniel Beaz Paleo, capítulos 1-10

Antonio Figueras Huerta y Beatriz Novoa, capítulo 12

Maquetación e impresión: DiScript Preimpresión, S. L.

Existe un catálogo de publicaciones del Observatorio Español de Acuicultura en www.observatorio-acuicultura.es

Citación: OESA - Fundación Biodiversidad (2017). Cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*). Fundación Biodiversidad, Madrid, España. 104 páginas

Índice

Ficha técnica	4
1. Historia	5
2. Biología	14
3. El ciclo productivo	20
4. Sistemas de producción e instalaciones	27
5. Problemas actuales vs posibles soluciones	46
6. Mantenimiento de las bateas	52
7. Maquinaria auxiliar	58
8. Desguace de la batea	60
9. Nuevos diseños	65
10. Contaminación biológica: Mareas rojas	71
11. Producción, comercialización y consumo de mejillón	78
12. Las enfermedades del mejillón	93
13. Bibliografía y referencias	100

Cultivo del mejillón

El mejillón es un molusco bivalvo lamelibranquio que pertenece a la familia Mytilidae.

Existen dos especies en Europa, *Mytilus edulis* y *Mytilus galloprovincialis* siendo la segunda la especie autóctona en nuestro país. Presenta los siguientes nombres:

- Castellano: Mejillón.
- Gallego: Mexillón.
- Catalán: Musclo.
- Vasco: Muskullu.
- Alemán: Muschel.
- Francés: Moule.
- Inglés: Mediterranean Mussel.
- Italiano: Mitilo.
- Portugués: *Mexilhão*.



1. Historia

Existen referencias relativas a la presencia del mejillón en las costas de la península ibérica desde hace más de 100 millones de años, como los fósiles encontrados en el Parque Regional de El Valle y Carrasco y en la Región de Murcia, y es que los restos de bivalvos pueden encontrarse en la práctica totalidad de los sedimentos marinos existentes desde el Triásico medio hasta el Cuaternario. Destacan por su concentración los bancos y arrecifes de ruditas durante el Cretácico inferior y las acumulaciones de grandes ostreidos y pectínidos durante el Mioceno superior.

De su consumo, se han encontrado restos procedentes del Paleolítico, como los de la Cueva de los Aviones o la Cueva de los Mejillones en los Belones (Imagen 1), descubierta en 1978 por Pedro Escudero y Martín Ros, en Cabo de Palos, en el término municipal de Cartagena, donde han sido identificados fragmentos de arpones fabricados con huesos de ciervo y dardos, procedentes del 4.500 a.C, que eran empleados en las labores pesqueras y de marisqueo.



Imagen 1. Cueva de los Belones, Cartagena.

Igualmente, en la Cueva de los Mejillones del Cabezo del Horno (Dolores de Pacheco, Los Alcázares), desde donde puede verse el Mar Menor y el Mediterráneo, se ha podido constatar la importancia de los moluscos, y más concretamente del mejillón, como alimento y elemento decorativo.

Si nos trasladamos a Galicia, los celtas en el siglo VIII A.C ya tenían la costumbre de bajar a la costa con la bajamar para recolectar mejillones y otros moluscos de las rocas para su consumo. Los romanos fueron sus primeros cultivadores, recolectándolos del medio y transportándolos a criaderos artificiales. Apicio, gastrónomo romano del siglo I D.C preparaba una receta consistente en la elaboración de una salsa con garum, puerro picado, cominos, vino de pasas, ajedrea, vino y agua, en la que se introducía los mejillones para su cocción.

Más cerca de nuestros días, el gallego Martínez Motiño, cocinero de Felipe II de Austria, conocido como el Prudente, que fue Rey de España, Sicilia y Cerdeña, desde 1556 y 1598, introdujo en los menús de la corte el mejillón, que era traído hasta Castilla en barriles procedentes del puerto de Aveiro.

Ya en el siglo XVIII, el Regidor de Santiago de Compostela, Don José Cornide de Saavedra ya decía del mejillón que «su carne después de la de la ostra es la mejor». En esta época, el mejillón procedía de parques o zonas determinadas, sujetas a un régimen de concesión que ostentaban algunas familias.

Durante las primeras décadas del siglo XX, se refuerzan los intentos por consolidar el cultivo de mejillón en cercados o estacas en Galicia, pero los orígenes de la miticultura, tal y como la conocemos en nuestros días, se sitúan en Cataluña en 1901, momento en el que los catalanes iniciaron el cultivo de mejillones sobre viveros flotantes en Tarragona. Esta experiencia se extiende a Barcelona, alcanzando su cenit en 1909 (119 bateas). Este sistema se extendió rápidamente a otros puertos del litoral mediterráneo, de forma que en los años 20 existían en España en torno a 156 bateas; las 119 de Barcelona, más 21 en el puerto de Tarragona y 16 en Valencia. La producción en esta década llegó a alcanzar las 2.700 toneladas anuales. Lamentablemente este sistema no pudo mantenerse por la dificultad de abastecerse de semilla, las ampliaciones de las instalaciones portuarias que expulsaron a los mejilloneros y que condujo al empeoramiento de la calidad de las aguas con lo cual en 1970 solo estaban registradas 30 mejilloneras. En Tarragona el declive aún fue más pronunciado; 38 bateas en 1940, 14 en 1958 y «cero» en la década de los 80.

Las primeras experiencias con el mejillón en Galicia comienzan en 1940 en la Ría de Arousa, dentro del puerto de Vilagarcía, junto al dique de Ferrazo, por iniciativa de D. Alfonso Ozores Saavedra, Señor de Rubianes y Marqués de Aranda y propietario de «Viveros del Rial», que llevaba tiempo intentando criar mejillones sobre estacas, y decide cambiar el método y pasar a un cultivo suspendido. Otros autores dicen... *Corrían por aquel entonces los duros años de la post-guerra civil española... Dentro de la Ría, en un lugar llamado El Grial, próximo a Vilanova, sus habitantes se habían acostumbrado a observar los esfuerzos del «Marqués» para intentar criar mejillones sobre estacas clavadas en las orillas cercanas a las instalaciones de Viveros del Rial, con el escaso éxito que todos le pronosticaban. El método era similar al utilizado por los franceses y D. Alfonso había recibido asesoramiento del ilustre naturalista D. Luis Iglesias, pero los resultados fueron desalentadores* (Durán, Acuña y Caamaño. 1990).

Durante el año 1941, Molins, con el asesoramiento de Oliver, biólogo del Instituto Español de Oceanografía (IEO), fondea las primeras bateas en la Ría de Vigo. Otras fuentes señalan que las primeras bateas instaladas en Vigo fueron en 1950. Los excepcionales resultados obtenidos en estas primeras experiencias en Galicia, idéntico desarrollo en ocho meses que en Barcelona en dos años, demostraron la idoneidad de las Rías Gallegas para el cultivo del mejillón.



Figura 1.1. D. Alfonso Osorio Saavedra, «El Marqués».



En 1945 se fondean en la Ría de Arousa las primeras bateas, con un único flotador en forma de cubo de madera, que soporta el entramado, también de madera, de donde se colgaban las cuerdas de esparto crudo. Al año siguiente se instalaron 10 bateas en la escollera del puerto de Vilagarcía de Arousa.

A partir de esta fecha la miticultura en Galicia tuvo un desarrollo vertiginoso y el cultivo de mejillón se extiende a Cambados, O Grove, Bueu, Redondela y Pobra de Caramiñal. En 1955 se instalan bateas en Sada, en 1956 en la Ría de Muros, y a final de la década de los 50 en la Ría de Viveiro.

En el libro, base de este Cuaderno, «Ingeniería de la Acuicultura Marina. Cultivo de moluscos y crustáceos en el mar (Beaz 2011)», se demuestra, con criterios científicos, que la batea creada e inventada por los «bateiros» es la estructura más perfecta que se pudo haber diseñado para la función que debe hacer y el lugar donde debe trabajar...

Como dato curioso de esta evolución se puede apuntar, que de los 400 parques flotantes de cultivo instalados en 1956; se pasó a 2537 en 1967, fundamentalmente repartidos entre la Ría de Arousa (1782), Vigo (394), Pontevedra (192), Betanzos (130) y Muros (39);

Alcanzando en 1976 las 3100-3300 bateas y la producción pasó de 51.000-61.500 Tm en 1959-60 a 173500-192.000 Tm en 1975-76, lo que convirtió a España en el primer productor mundial del mejillón. A partir de ese momento se limitan las concesiones de los emplazamientos, por eso el número actual de bateas de 3.669 en Galicia se aproxima a las 3300 que había en el año 1976.

A continuación se hará una pequeña historia de la batea contemplando su pasado y su presente...

- **Cascos de barcos viejos modificados** (Figura 1.2). Ya no están en operación y solo queda una a modo de museo. El casco de los barcos se cubría de cemento para proteger la madera y la estructura de soporte de las cuerdas se fijaba a la cubierta del barco.
- **Catamarán de prismas triangulares.** Tampoco están en operación y se puede decir que constituyen la segunda generación aunque se utilizaron muy poco y al principio de los tiempos.
- **Batea de un flotador central** (Figura 1.3). El flotador era un cajón de madera de 12 x 5 x 1.75 m. recubierto de cemento. Constituyen la tercera generación y su uso fue bastante extendido.



Figura 1.2. Batea de casco de barco.

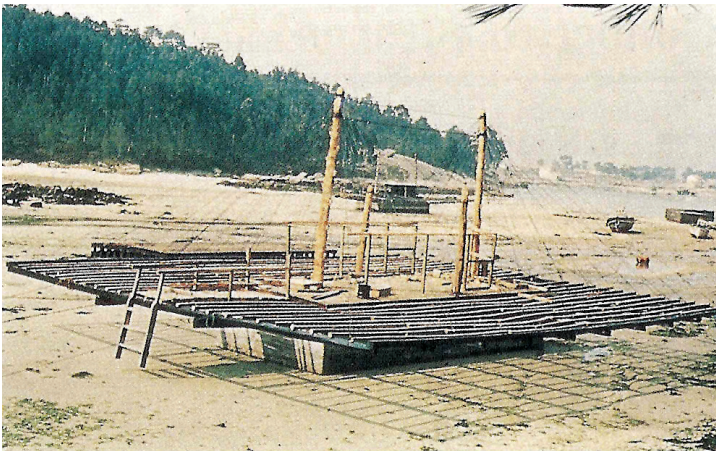


Figura 1.3. Batea de un flotador central.

- **Batea de flotadores de sección rectangular** (Figura 1.4). Los flotadores eran generalmente seis cajones de madera recubiertos de cemento.
- **Batea de flotadores cilíndricos** (Figura 1.5). Los flotadores son de hierro recubiertos actualmente de fibra de vidrio. Suelen ser cuatro o seis (siendo este número el predominante). Su forma es cilíndrica con cabezas cónicas.

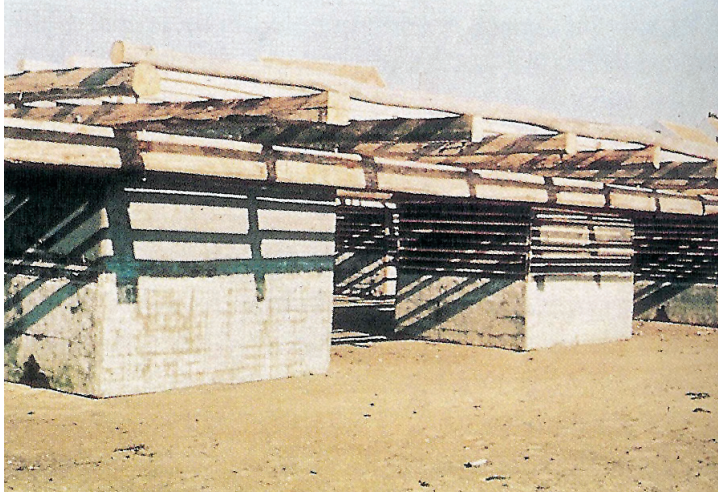


Figura 1.4. Batea de flotadores de sección rectangular.



Figura 1.5. Batea de flotadores cilíndricos.

- **Batea con flotadores en forma de tubos verticales** (Figura 1.6). Estos tubos actuaban como tanques de lastre para variar la flotabilidad del artefacto y protegerlo durante los temporales. Se fabricó en acero pero el prototipo nunca llegó a estar en operación.



Figura 1.6. Batea con flotadores verticales.



Figura 1.7. Batea con flotadores de tubos horizontales.

- **Batea con flotadores en forma de tubos horizontales** (Figura 1.7). Los cuatro o seis flotadores son tubos de poliéster que van de costado a costado. Las propiedades de este material, poco peso y gran resistencia a la corrosión, hicieron concebir grandes esperanzas, pero actualmente hay muy pocas en operación debido a su precio y a su rigidez que provoca pérdidas de mejillón por los «latigazos» de las cuerdas durante el mal tiempo.



Respecto a los materiales utilizados se podrían citar los siguientes:

- **Eucalipto.** La batea típica siempre incorpora el emparrillado (estructura de donde se cuelgan las cuerdas) de este material (Figura 1.8).
- **Hierro.** Los flotadores son normalmente de hierro recubierto de fibra de vidrio. Se intentó también el diseño de la batea con el emparrillado de hierro pero resultó demasiado rígida y solo se utilizó en lugares muy protegidos.
- **Polietileno.** Estos materiales alternativos han sido ensayados pero con poco éxito a pesar de que son más duraderos. La razón fundamental es que el rendimiento no es superior a las de eucalipto y su precio normalmente es más alto.



Figura 1.8. Emparrillado de una batea.

Como complemento final de esta historia se pueden citar dos elementos utilizados en el pasado pero hoy en desuso: la arboladura y la caseta.

La **arboladura** ya no se utiliza en las bateas actuales porque el emparrillado está sustentado por los flotadores. Pero en las bateas de cascos viejos y en las de un solo flotador si era necesario para sostener el emparrillado (Figura 1.9).



Figura 1.9. Cubierta de batea con arboladura.



Figura 1.10. Caseta de una batea.



La **caseta** era fundamental en los primeros diseños ya que todos los trabajos se hacían a bordo. Se construía sobre la cubierta de trabajo, cerrada desde la mitad de la eslora hacia proa y prolongando el tejado hasta popa. Actualmente, como todos los trabajos se realizan desde el barco auxiliar mejillonero, la caseta no es necesaria (Figura 1.10).

Gracias a esta mejora continua de estructuras y métodos de cultivo, España se situó a la cabeza de la producción mundial, habiendo sido desplazada de esta situación hace apenas unos años por China.

Hay que destacar que este auge y consolidación del cultivo del mejillón en Galicia se debe, casi exclusivamente, al trabajo de los «bateeiros» y a su intuición y experiencia, ya que se trata de un subsector de la acuicultura, al que los científicos no han prestado una excesiva atención, especialmente durante los primeros años de su desarrollo.

En 2012 estaban registrados en España 3.669 establecimientos de cultivo vertical, siendo en esta categoría donde se integran las bateas en la estadística oficial del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, incluyéndose también otro tipo de sistemas de cultivo vertical utilizados para el cultivo de moluscos como los long-lines.

2. Biología

Este hermoso bivalvo de tonos azules fuertes, es quizás uno de los más injustamente tratados desde el punto de vista gastronómico. Ya sea por su abundancia, tanto en la naturaleza como gracias a su cultivo en bateas, o por su bajo precio asequible a casi todos los bolsillos.

Es capaz de vivir, tanto en las aguas salobres del interior de las Rías como en las zonas más batidas de los acantilados de mar abierto, acompañando a los percebes. En cuanto a profundidad, no suelen vivir más allá de los quince metros, aunque en la Ría de Arousa se han encontrado mejillones en restos de bateas a treinta y cinco metros.

Este ser tan peculiar, ha adaptado perfectamente la forma de su concha y de su cuerpo a las condiciones del entorno en las que vive. El extremo por donde se

fija a las rocas, se ha estrechado al máximo, para facilitar las labores de anclaje, y en cambio la parte opuesta, se ha ensanchado considerablemente para obtener el alimento (Figura 2.1).



Figura 2.1. El mejillón. *Mytilus galloprovincialis*. (Xunta).

Su cuerpo también ha evolucionado de tal forma, que el músculo abductor anterior casi ha desaparecido, y es el poderoso músculo abductor posterior el encargado de la apertura y cierre de las valvas. Este músculo desarrollado es el rabillo que observamos adherido a la concha antes de comerlo.

- Su espíritu gregario, es decir su agrupación con otros de su especie, también favorece la protección contra el oleaje, ya que tan solo una mínima parte del cuerpo está sometida al impacto de las olas. Esta proximidad favorece la retención de agua y humedad, que crea unas condiciones de vida entre ellos y debajo de ellos, ideales para muchos otros organismos como pulguitas, cangrejos de pequeño tamaño y gusanos, entre sus comensales más habituales.
- Todos los seres marinos tienen su polémica, y el mejillón de Galicia no iba a ser menos... Su nombre científico... Si hasta la década de los 80 todo el mundo lo bautizaba como *Mytilus edulis*, poco a poco fueron aumentando los partidarios de la oposición que apuntaban que su denominación correcta era la de *Mytilus galloprovincialis*, hasta el punto de que hoy se le



asigna este nombre científico. Las diferencias entre estas dos especies se basan en dos características: el paralelismo de sus bordes y las valvas más alargadas y sobre todo el color del manto. La figura 2.2 visualiza las diferencias de la concha: más alargada en *M. edulis* y más redondeada y abombada en *M. galloprovincialis*. La figura 2.3 muestra las diferencias del color del manto: crema amarillento en *M. edulis* y violeta o púrpura oscuro en *M. galloprovincialis*. Algunos autores, como Norman Tebble, afirman que son dos razas de una misma especie o dos subespecies en vías de separación evolutiva.

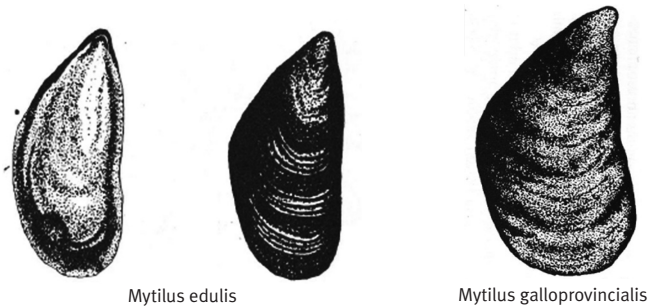


Figura 2.2. Diferencias entre las conchas de *M. edulis* y *M. galloprovincialis* (Rosa Ramonell).



Figura 2.3. Diferencias entre los mantos de *M. edulis* y *M. galloprovincialis* (CIS).

La figura 2.4 visualiza la **distribución** en Europa y África del Norte de ambas especies. La especie *M. edulis* habita en zonas geográficas más septentrionales y *M. galloprovincialis* más sureñas.



Figura 2.4. Distribución de ambas especies (CIS).

El ciclo de la vida de este ser se inicia con la madurez sexual de los machos y de las hembras a los 3-8 meses de vida y su tamaño varía entre 15 y 35 milímetros. La proporción es aproximadamente del 50%. El aspecto exterior es igual en los machos que en las hembras; sin embargo en la época próxima al desove el cuerpo de las hembras cambia a rojizo y el de los machos permanece blanco cremoso (Figura 2.5).





Figura 2.5. Hembras y machos (CIS).

El efecto de algún factor ambiental cíclico, principalmente las fases lunares (luna llena), inicia el proceso de desove del mejillón y se produce una comunicación entre ellos mediante moléculas químicas liberando los gametos al medio marino para su fecundación externa. En Galicia este proceso tiene lugar todo el año, con dos picos importantes en primavera y en otoño, siendo el más importante el primero porque la fijación es mucho mayor. Una sola hembra es capaz de liberar entre 600.000 y un millón de huevos y tras el desove se queda muy enflaquecida.

Las larvas son planctónicas, viven suspendidas en los 10 primeros metros de profundidad y son muy resistentes. Su supervivencia depende de los depredadores y del alimento disponible. Después de varios días realizan una fijación primaria en el fondo, donde se producen cambios en su organismo, y cuando alcanzan una talla de 1 a 2 milímetros, se desprenden para fijarse con el biso en su hogar definitivo en las rocas formando piñas debido a su carácter gregario.

Desarrolla los sentidos del tacto, gusto y equilibrio con el que es capaz de saber si está de pie, tumbado o boca abajo. Son sensibles a los cambios de luz gracias a unos «ojos» muy rudimentarios.

Las figuras 2.6 y 2.7 muestran la morfología del cuerpo del mejillón así como un esquema de sus partes interiores.

Los mejillones son seres filtradores que se alimentan fundamentalmente de materia orgánica en forma de partículas inertes (detritos), fitoplancton (microalgas) y zooplancton (larvas).

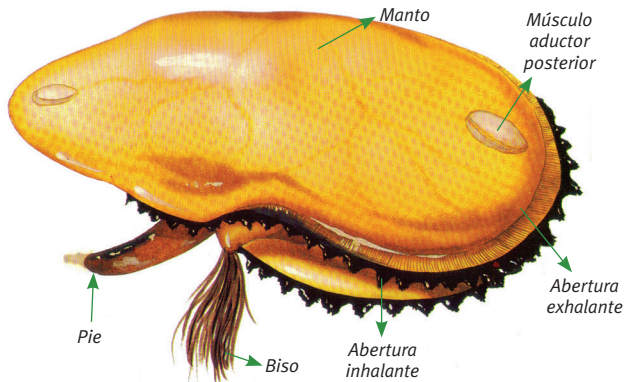


Figura 2.6. Morfología del cuerpo del mejillón (CIS).

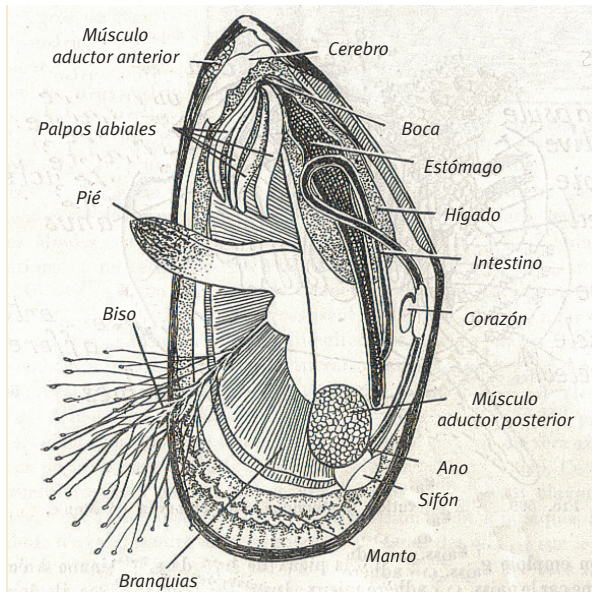


Figura 2.7. Dibujo de las partes interiores del mejillón (Boudarel).



Es un ser muy activo en su alimentación ya que es capaz de ingerir cien mil larvas y filtrar 150.000 metros cúbicos cada día.

Su vida media varía entre tres y cuatro años, creciendo hasta los quince centímetros. El record de crecimiento lo alcanzaban en el fondo de las bateas antiguas instaladas sobre barcos donde pueden llegar hasta los veinticuatro centímetros.

Sus peores enemigos son: la estrella de mar, un caracolillo perforador que a través del agujero que taladra absorbe su cuerpo, los peces con fuertes mandíbulas (sargos y ballestas) y las gaviotas que para comérselo lo dejan caer sobre las rocas haciendo que se rompa.

La gran familia *Mytilidae* se extiende por todo el mundo y a ella pertenecen multitud de géneros y especies, setenta y cinco únicamente en la costa oeste de América. El tamaño de las distintas especies es muy variable entre uno y veinticinco centímetros. Su característica común es la fijación mediante el biso, pero su hábitat es muy diferente. Algunos viven en zonas intermareales y otras por debajo del nivel mínimo de las mareas. Unos se aferran a las rocas, otros a la grava de las playas y algunos se entierran parcialmente en el fango o en la arena. Existen también especies excavadoras que se alojan en el interior de rocas blandas. A grandes profundidades marinas se han encontrado mejillones viviendo al lado de los escapes volcánicos alimentándose de bacterias sulfurosas.

Como detalle adicional se puede mencionar que el mejillón gallego (*M. galloprovincialis*) es, probablemente, la especie más resistente de Europa, ya que nunca ha sido afectada por ninguna plaga devastadora como ha sucedido en la especie *M. edulis* en Holanda, Inglaterra e Italia. La única explicación lógica apunta a que el mejillón de Galicia está mejor alimentado, gracias a la riqueza planctónica de las Rías y este hecho le otorga una mayor fortaleza y resistencia.

3. El ciclo productivo

Las fase de la cría del mejillón en la batea y su cronología de cultivo se describen a continuación.

3.1. Obtención de la semilla

Cuando la naturaleza provoca el desove del mejillón, los huevos se desarrollan hasta convertirse en larvas, y el siguiente paso es transformarse en «mexilla» o

semilla del mejillón que se adhiere a las rocas de litoral, y es ahí donde los bateeros recogen aproximadamente la mitad de la simiente que necesitan para su cultivo. El tamaño durante la recolección oscila entre 0.5 y 1 centímetro (Figura 3.1).

Aprovechando la gran capacidad reproductiva que tienen la ingente cantidad de mejillones del interior de la batea, se suelen colocar unas cuerdas en la proa o en las dos proas donde están fondeadas las cadenas, para que sirvan de colectores de las larvas que se producen. Estas cuerdas colectoras que en número máximo de 100 se convierten en otra fuente de captación de semilla, estando permitida su colocación entre abril y septiembre, debiendo ser marcadas convenientemente.

Posiblemente gran parte del éxito del cultivo se debe a la cantidad de semilla que se puede obtener, tanto de las piedras como de las cuerdas del perímetro de la batea que sirven de colectores, y su abundancia dependerá de los desoves que a su vez dependen de la climatología.

En algunas regiones de España (Cádiz) y del mundo (Australia) se está investigando el desarrollo de criaderos para la obtención de semilla de mejillón.



Figura 3.1. «Mexilla».

3.2. El encordado

El encordado sirve para situar la cantidad adecuada de semilla en la cuerda de cultivo (antes de cáñamo con alquitrán hoy de nylon trenzado) mediante el auxilio de una redcilla de algodón, cuyo objetivo es mantener el mejillón cerca de la cuerda



para que al desarrollar el biso, en pocos días, estos se fijen de forma que cuando la redcilla se pudra y desaparezca se sostengan por si mismos.

Antes el encordado se hacía manualmente (Figura 3.2) y actualmente se hace con la máquina encordadora (Figura 3.3). El proceso de fijación se desarrolla entre 24 y 48 horas, y a partir de los 5 días la red fina de algodón se deteriora y se desprende.

Para evitar que se caigan los mejillones (cuando las piñas de mejillón alcanzan algo de peso), cada 40 centímetros aproximadamente, se coloca perpendicularmente una pequeña pieza o barrotillo entrelazada con los hilos o cordeles de la cuerda, antes de madera hoy de plástico, llamada palillo (Figura 3.4).



Figura 3.2. Encordado manual.

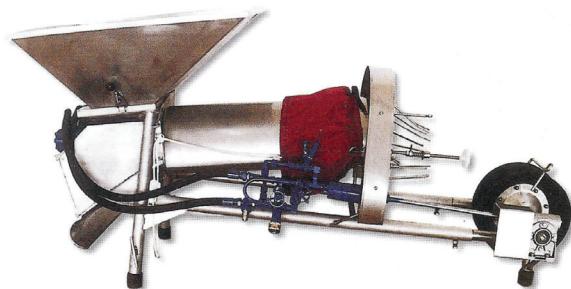


Figura 3.3. Máquina encordadora (Aguín).

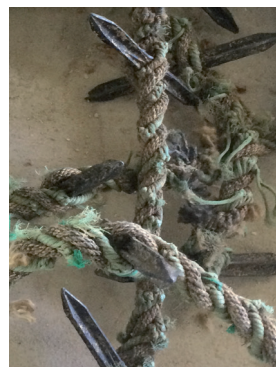


Figura 3.4. «Palillos».



Figura 3.5. Cuerdas con «mexilla».

Cada cuerda incorpora entre 10 y 15 kilos de semilla dependiendo de su longitud (Figura 3.5).

3.3. El desdoble

El mejillón crece muy rápidamente, si las condiciones son adecuadas, y en pocos meses (6 si todo va bien) su peso aumentará de tal forma que exigirá desdoble cada cuerda inicial en dos o tres. Esta operación es muy importante porque el crecimiento dependerá de cuanta cría se mete en la cuerda y si viene muy gorda «se le dará un pique», es decir un desdoble anterior.



Figura 3.6. Cesta de izado.

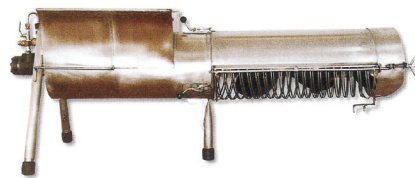


Figura 3.7. Desgranadora.

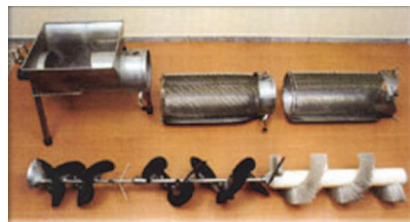


Figura 3.8. Desgranadora con prolongador y cepillo.



Para iniciar el desdoble es necesario subir las cuerdas, donde se hizo el encordado inicial, con la grúa auxiliar del barco mejillonero, y con mucho cuidado, para evitar el desplome del mejillón. Una cesta situada en el extremo inferior de la cuerda recoge los posibles desprendimientos (Figura 3.6). Después se separan las piñas de mejillón, se «realiza» una limpieza exhaustiva, con el sistema de cepillos instalados en la grúa o en la cesta, y se seleccionan por tamaños (Figura 3.7). A continuación las máquinas encordadoras se encargan de repartir el mejillón de cada cuerda inicial en las cuerdas de desdoble (50 kilos de mejillón de unos 5 centímetros por cuerda) (Figura 3.3). Antes esta operación se hacía manualmente (Figura 3.2).

3.4. El cosechado

La segunda etapa del engorde, después del desdoble, se prolonga entre 8 y 14 meses hasta alcanzar los tamaños de comercialización (7-10 centímetros).

La cosecha se realiza (Figuras 3.9, 3.10 y 3.11) cuando se alcanza un compromiso entre tres parámetros fundamentales: el tamaño de comercialización, el peso de la vianda (entre el 18 y el 25% del total, concha + agua + vianda) y el peso por unidad de longitud de cuerda (15 kilos por metro). Después se vuelven a separar las piñas con la desgranadora (Figuras 3.7 y 3.8) y se clasifica en las mesas correspondientes (Figura 3.10).



Figuras 3.9 y 3.10. Cosechado.



Figuras 3.11. Cosechado.



Figura 3.12. Mesa clasificadora.

3.5. La selección

El mejillón destinado al consumo en fresco tiene que ser limpiado, clasificado y embolsado en los sacos negros reglamentarios de 11 a 15 kilos, cuyo siguiente destino es la depuradora. El mejillón para fresco tiene mejor precio pero también da más trabajo. La única ventaja es que se puede hacer otro segundo desdoble, que puede llevar a tamaños mucho más grandes, con un precio más aceptable. Este proceso se denomina «selección», y estos mejillones afortunados «disfrutan» de las zonas ideales de las Rías (más corrientes de agua) para llegar a tamaños «record». Este proceso no se suele realizar actualmente... En la Ría de Viveiro, hace muchos años, podía degustarse ejemplares de casi 20 centímetros recogidos de los fondos de los barcos batea...

3.6. El transporte

Si es para consumo en fresco el transporte se hace en bolsas o «bins», que facilitan las descargas y las manipulaciones, como se ha descrito en el párrafo anterior, que son destinadas a las depuradoras y el mejillón destinado para conserva se transporta en camiones.



3.7. La depuración

El mejillón que se comercializa en fresco tiene que pasar por la depuradora (Figura 3.13) el tiempo que prescribe la ley, para reducir la carga microbiana en sus órganos hasta niveles aptos para el consumo si se captura en zona B, el cosechado en zona A no lo necesita. Hay tres zonas según la legislación actual en Galicia: la zona A (comercialización sin depuración); la zona B (necesita depuración) y la zona C (no se pueden comercializar).



Figura 3.13. Depuradora.

3.8. Cronología del cultivo

Aunque hay una cronología teórica ideal, la realidad de la climatología, las mareas rojas y el mercado obligan a adaptarse a estas circunstancias diferentes y muchas veces adversas. La figura 3.14 esquematiza de forma genérica la cronología de la cría del mejillón. De forma teórica esta podría ser la cronología:

- *Recogida de semilla*

En roca se realiza normalmente entre el 1 de diciembre y el 30 de abril, que es la época de permiso de la administración para recogerla.

Los colectores de cría en bateas suelen colgarse durante el mes de marzo, para que se cubran de verdín, y ya en abril captan las larvas pelágicas y se utilizan para el encordado cuando alcanzan el tamaño adecuado (0.5-1 cm.).

- *Desdoble*

El desarrollo de la comercialización impone normalmente el desdoble y los bateiros, aunque tienen sus pautas teóricas, se acoplan al mercado sobre todo cuando las mareas rojas complican aún más el ciclo de producción... El verano es la época ideal.

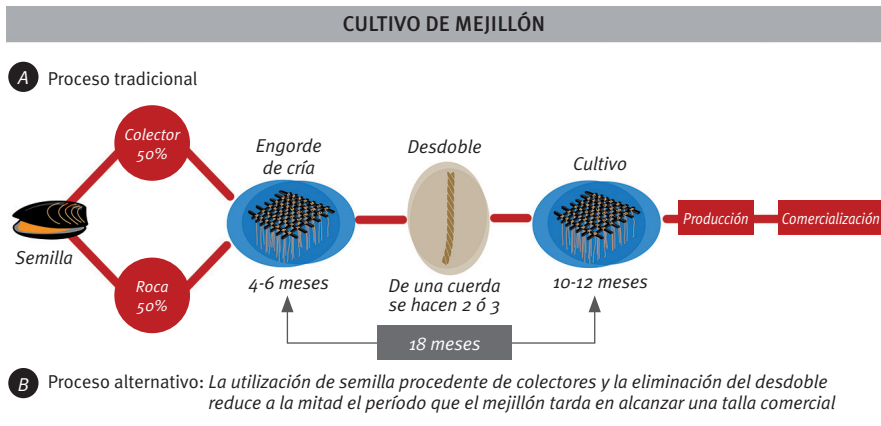


Figura 3.14. Cronología de la cría del mejillón. OESA.

- *Cosecha*

Hay muchos factores que inciden en la cosecha como ya hemos comentado anteriormente... Las mareas rojas que paralizan absolutamente la producción; la oferta y la demanda del mercado; las condiciones meteorológicas (temporales que provocan pérdidas)... Pero la norma actual más usada es vender cuando se pueda para evitar problemas... Aunque no se suele cosechar en las épocas de puesta, en las que el mejillón baja mucho su rendimiento en carne por el desgaste de la reproducción.

4. Sistemas de producción e instalaciones

Este capítulo está basado, muy genéricamente, en la unidad didáctica número 11 de la Xunta de Galicia cuyos autores son **Ricardo Figueiro Casas** y **Miguel A. Cuña Casasbellas**.

La batea

Los principales conjuntos o sistemas que componen la batea son los siguientes:

- El entramado de vigas o emparrillado.
- El sistema de flotación.
- El sistema de fondeo.
- El sistema de cultivo.

La figura 4.1. muestra un esquema de las partes de la batea.

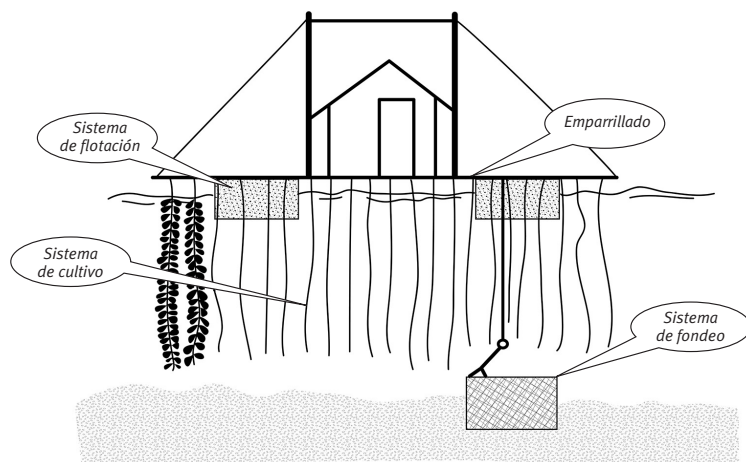


Figura 4.1. Partes de la batea. OESA.

A continuación se describen cada uno de estos conjuntos o sistemas y sus elementos, primero de una forma general y luego particularizando para cada tipo de bateas.

4.1. El emparrillado

El esquema de la figura 4.2. ilustra muy bien las vigas (en rojo, en azul claro y en morado) y los pontones (en azul oscuro) del emparrillado. Como elementos de unión se utilizan las cabillas y las puntas. Otros elementos auxiliares que pueden existir, aunque ya no son habituales en los diseños actuales, son la cubierta, la arboladura y la caseta.

Las *vigas* son los elementos estructurales del emparrillado que proporcionan la rigidez necesaria a la batea.

Existen cuatro tipos de vigas en la batea: maestras, de través, de amarre y látigos.

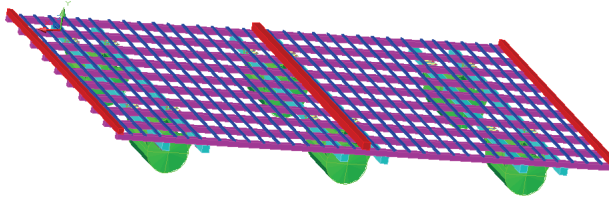


Figura 4.2. Elementos del emparrillado (Global Aquafish = GA).

Las *vigas maestras de proa* (en azul claro, paralelas a la dirección de fondeo), en la batea de proa (Figura 4.3), soportan todo el emparrillado, se sitúan sobre los flotadores de proa a popa y se fijan en dos flotadores cada dos vigas. La sección de la viga es cuadrada. La figura 4.4. visualiza la unión de las vigas maestras a los flotadores. Esta unión se realiza con dos pares de pernos y dos puentes atornillados en su parte más alta y la parte inferior de la viga maestra apoyada en los tres alojamientos de cada flotador. Tanto las vigas maestras como las de través (en rojo) son de gran longitud (entre 20 y 27 metros) por lo tanto es muy difícil encontrar un árbol que las suministre de una sola pieza. La solución más habitual es unir dos medias vigas por su extremo más fino. Algunos constructores sostienen que deben ir instaladas de tal forma que a una viga colocada por su extremo fino (cabeza) le siga otra colocada por su extremo gordo (tacón).

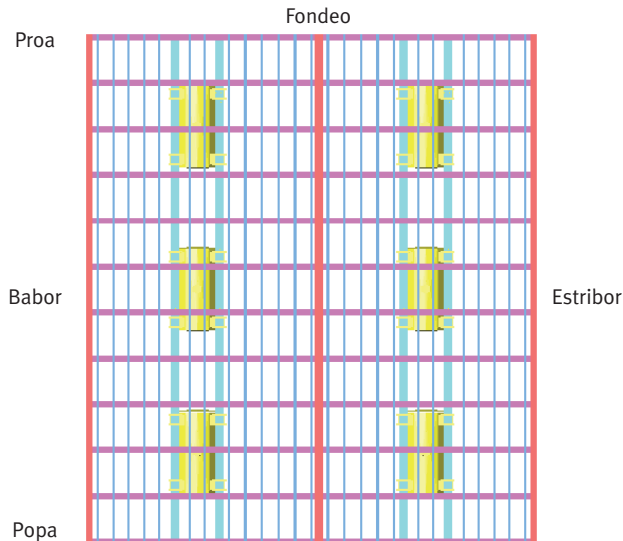


Figura 4.3. Batea de proa (GA).



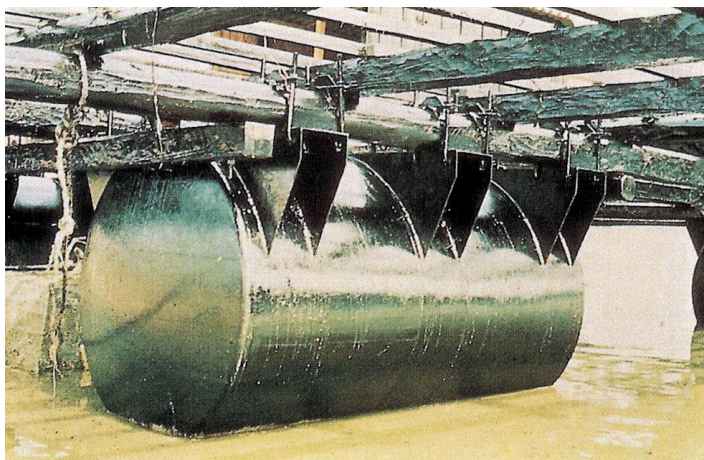


Figura 4.4. Unión de las vigas maestras a los flotadores (Figueiro y Cuña).

La disposición correspondiente a las bateas de través (Figura 4.5) se denomina *vigas maestras de través* ((en verde claro, perpendiculares a la dirección de fondeo). En este diseño se instalan cuatro vigas maestras (dos y dos). Cada dos vigas se sujetan de costado a costado a dos o tres flotadores de manera análoga a la batea de proa.

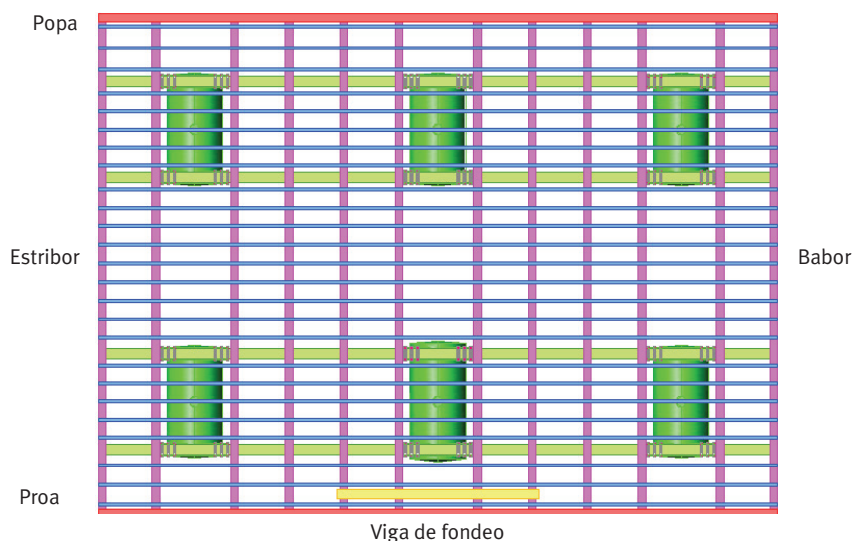


Figura 4.5. Batea de través (GA).

Las *vigas de través* (en morado) son perpendiculares a las maestras y se instalan sobre ellas.

En el caso de la batea de proa de seis flotadores, normalmente se instalan 12 de proa a popa, según se puede apreciar en la figura 4.3 (color morado), situadas de la siguiente forma:

- Dos a proa de los flotadores de proa.
- Una por encima y en el eje transversal de los flotadores de proa.
- Tres entre la fila de flotadores de proa y la de crujía.
- Dos sobre los flotadores de crujía.
- Dos entre los flotadores de crujía y de popa.
- Una por encima y en el eje transversal de los flotadores de popa.
- Dos a popa de los flotadores de popa.

En el caso de la batea de proa de cuatro flotadores, una distribución recomendada sería la siguiente dependiendo de la distancia entre flotadores de proa a popa:

- Dos a proa de los flotadores de proa.
- Una por encima y en el eje transversal de los flotadores de proa.
- Seis (o cinco) entre la fila de flotadores de proa y de popa.
- Una por encima y en el eje transversal de los flotadores de popa.
- Dos (o tres) a popa de los flotadores de popa.

En el caso de las bateas de través de seis flotadores (Figura 4.5) las 12 vigas de través se sitúan de babor a estribor como la situación mostrada en la figura y en bateas de cuatro flotadores las vigas se sitúan proporcionalmente a las distancias.

La unión de las vigas de través sobre las maestras se puede apreciar en la figura 4.6.

Dada la gran longitud de estas vigas, y como a menudo no son todo lo rectas que se desearía debido a su configuración natural, algunas veces estas deformaciones son corregidas mediante gatos hidráulicos u otros utensilios, que provocan tensiones adicionales en el material y pueden disminuir su vida de operación.





Figura 4.6. Unión de las vigas de través sobre las maestras (Figueiro y Cuña).

La *viga de amarre en las bateas de proa* es similar a una de las maestras, se sitúa en crujía a lo largo de todo el emparrillado de proa a popa y tiene como misión adsorber los esfuerzos del sistema de fondeo (Figura 4.2). Tiene el tacón (extremo de mayor espesor) en la proa donde se cuelga el collar de la cadena, entre las dos primeras vigas de través de proa. Para evitar que el collar resbale se coloca un trozo de viga entre el borde de proa de la viga de amarre y el collar (figura 4.7).

La viga de amarre va unida con cabillas de 20 mm de diámetro a cada una de las 12 vigas de través. Si en vez de 12, se instalan 24 medias vigas de través unidas en el medio, entonces la del amarre se encabilla a cada una de estas medias vigas, dando mayor robustez a la unión a las vigas de través.

La *viga de amarre en las bateas de través* es un trozo de viga, de sección similar a las maestras, que se coloca en la proa sobre las cuatro vigas de través centrales (en amarillo en la figura 4.5). Su encabillado es similar al descrito en el párrafo anterior.

Los *látigos* son las vigas más delgadas del emparrillado, ya que los pontones no se consideran vigas. Su misión es alinear los bordes de los costados del emparrillado y proteger a la bodega durante los atraques de los barcos auxiliares. Son paralelas a las maestras en las bateas de proa y perpendiculares a las mismas en las de través. Constituyen la borda de la bodega al ser las partes más exteriores de babor y estribor (Figura 4.8).



Figura 4.7. Cadena de fondeo en viga de amarre (Figueiro y Cuña).



Figura 4.8. Látigo (Figueiro y Cuña).

Los látigos se unen en las vigas de través con cabillas de 15 a 20 mm, con la punta de la rosca hacia arriba, para evitar el riesgo de que el barco auxiliar quede enganchado cuando se mete debajo de la batea. Evidentemente desempeñan un papel importante en la seguridad de la batea.



Los *pontones* o *cancos* son los elementos del emparrillado donde se amarran las cuerdas de cultivo y las soportan. Son listones de madera de eucalipto cuya sección ha variado desde la inicial de 4x5 cm hasta la actual de 9x9 cm. Los pontones se instalan paralelamente a las vigas maestras y al principio se encabezaban con un chaflán de 45 grados en sus extremos de unión. Actualmente el encabezado se realiza apoyando, cada punta de cada uno de los pontones en los 30 cm de lado de la viga de través y unidos ambos extremos a tope (Figura 4.9). Cada pontón se clava a la correspondiente viga de través con una punta galvanizada de 200x10 mm.

La separación entre pontones ha variado desde los 40 ó 50 cm inicialmente hasta los 90 a 100 cm que en algunos casos ya se arman actualmente, lo que favorece muchísimo la circulación del agua entre las cuerdas.

Cada pontón suele apoyar sobre cinco vigas de través, no deben coincidir las uniones de pontones en dos filas seguidas de la misma viga y tampoco debe cubrir un solo trozo de pontón el hueco entre dos vigas.

Las *cabillas* y *puntas* son los elementos de unión indispensables en la carpintería de la batea, ya citados en párrafos anteriores.

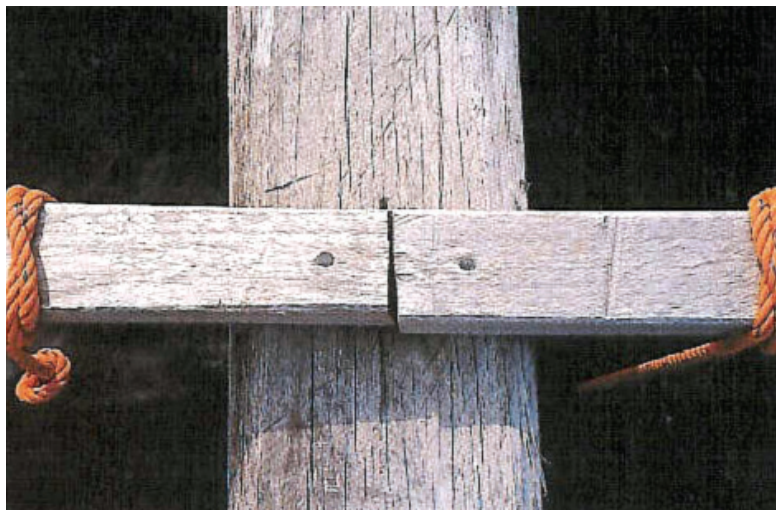


Figura 4.9. Unión de dos pontones sobre la viga de través (Figueiro y Cuña).

Las cabillas fallaban al principio por fatiga de cizalladura, pero actualmente ya existen materiales de alta calidad, flexibles y no frágiles que tienen un comportamiento excelente.

Las puntas son todas galvanizadas.

4.2. El sistema de flotación

Este sistema es el responsable de mantener el emparrillado a flote del que cuelgan las cuerdas de cultivo. El peso total del conjunto puede alcanzar entre las 80 y 100 toneladas.

Los sistemas de flotación han ido evolucionando sucesivamente... Se citarán los sistemas ya obsoletos y se describirán los actuales.

Los sistemas históricos son los siguientes: cascos de barcos viejos, flotador de un cuerpo de madera, cuatro o seis flotadores de madera y flotadores tubulares de poliéster («puros»).

Actualmente se utilizan los *flotadores de chapa de hierro* que sustituyeron a los de madera y se fabrican de chapa marina de hierro recubiertos de poliéster. Son contemporáneos de los tubulares («puros» figura 1.7), que ahorraban las vigas maestras, pero poco a poco fueron descartándose los «puros» para dar paso a los «bombos» con cabezales de apoyo para soportar mejor el empuje del agua (Figura 4.10).



Figura 4.10. Diseño de los «bombos» (Figueiro y Cuña).



Sobre cada flotador se asientan dos vigas maestras y se sujetan con seis puentes a cada flotador. Tanto en las bateas armadas para ser fondeadas de través como de proa, la generatriz o el eje de los bombos siempre se orienta en la misma dirección que el flujo de las mareas.

4.3. El sistema de fondeo

Este sistema es de vital importancia ya que debe mantener la batea firme frente a los temporales de tal forma que se minimicen las recolocaciones anuales.

Los elementos esenciales son tres: el muerto, la cadena y el amarre.

El *muerto* asegura la posición de la batea. Al principio se utilizaban bloques de piedra, barrenados en el centro para colocar un redondo de hierro donde se enganchaba la cadena.

Actualmente se utilizan bloques de hormigón, que ya incorporan un chicote de cadena unido a unas piezas de hierro embebidas en el hormigón, para dar mayor resistencia al bloque. Las formas más habituales son las siguientes: paralelepípedica (siendo la base de asiento una de las caras de mayor superficie), troncopiramidal de base cuadrada (Figura 4.11) y troncocónica (evita el roce de la cadena con las aristas del muerto).

Las anclas no se utilizan aún en el fondeo de bateas aunque hay algunos casos aislados.



Figura 4.11. Muerto troncopiramidal.

La *cadena* es el elemento de unión entre la batea y el muerto. Cuatro son sus elementos principales: los grilletes, el collar, los grilletes de unión y el giratorio.

Los trozos de cadena que se utilizan se denominan grilletes o ramales, teniendo cada uno 25 metros de longitud y terminan en un tamaño de eslabón mayor, llamado malla real, que no tiene conrete para poder instalar el grillete de unión. El conrete evita la deformación de la malla y el liado de la cadena.

El grosor de las mallas va desde los 50 mm en los polígonos de menor profundidad hasta los 80 mm cuando se fondea con dos grilletes ya que hay más profundidad. La longitud de la cadena (el «faima») suele ser de 1.5 a 2 veces la profundidad, e incluso algo más en zonas de tormentas habituales. Quizás en algunas zonas habría que llegar a la relación 3 a 1 normal en el fondeo de viveros de acuicultura.

El collar es el trozo de cadena que se sujeta a la viga de amarre y luego cuelga con sus dos chicotes en el mar (Figura 4.7). En estos chicotes se engrilleta el giratorio. Su tamaño puede ser igual a la cadena del muerto o un poco más pequeño. En el amarre se le suelen dar dos vueltas a la cadena.

El giratorio es fundamental para que la cadena trabaje adecuadamente, ya que elimina sus vueltas que por la marea y los vientos tiene que realizar. A veces se instalan dos giratorios para minimizar el peso que deben soportar y facilitar su misión.

El *amarre* en las bateas de casco de barco y en las de un solo flotador se le encomendaba a un tronco de roble, llamado turco o fraile, que atravesaba la cubierta y se ensamblaba en la sobrequilla. Actualmente la viga de amarre cumple este cometido y en su ausencia las dos vigas maestras de proa, en las bateas de través, se encargan de ello.

4.4. El sistema de cultivo

El cultivo se realiza en los cabos que se amarran en los pontones del emparillado y soportan el mejillón durante todo el ciclo de producción.

Los materiales empleados fueron evolucionando a medida que se aumentaba la longitud de las cuerdas. Al principio se utilizó el esparto crudo (vírgen) con



los palillos de rama de mimosa cada 40 cm. Al sobrepasar las cuerdas los 5-6 metros de longitud se hicieron ensayos con cintas de goma, red y poliuretano colchado que no tuvieron éxito.

Fueron los propios cultivadores los que encontraron la solución colchando red plástica de aparejos de arrastre en dos cordones gruesos. Entonces la industria ofreció el cabo acolchado con red de nylon de cuatro cordones o dos cordones de plástico y dos de nylon. Estos cabos tienen el inconveniente de que los materiales tienen distinta elasticidad y rompe siempre el menos flexible (el plástico). Actualmente se ha impuesto la cuerda de red de nylon, como la de los arrastreros, por su resistencia, su escaso mantenimiento y la buena adherencia que presenta el biso del mejillón.

Otro tema importante es el *comportamiento de la cuerda* con los movimientos de la batea y sus consecuencias. La batea cabalga sobre las olas y al pasar de una cresta a un seno, la cuerda queda en banda, para dar un fuerte tirón hacia abajo cuando la batea sube la siguiente cresta de la ola. En estos momentos, a veces se rompen las rabizas o se desplazan las cuerdas hacia popa, y a menudo se cae el mejillón de la primera braza de la cuerda (la más sumergida).

La *rabiza* es el trozo de cuerda que está fuera del agua. Las primeras rabizas eran de esparto pero el sol las dañaba («empichaba») y en pocos años se hacían inservibles. Con las cuerdas de nylon se intentó que la rabiza y la cuerda constituyesen un todo único, pero no dio resultado por las dificultades para amarrar al pontón. Actualmente la rabiza es de cabo de nylon de 16 mm de mena con una colcha (unir los cordones de un cabo torciéndolos unos con otros) no muy fuerte para facilitar el amarre al pontón. Es importante que la colcha de la rabiza y la de la cuerda sean en el mismo sentido ya que si no la rabiza se iría descolchando. Las rabizas de plástico son más baratas pero son menos duraderas por los efectos del sol. La figura 4.12 muestra una rabiza con uno de los muchos modelos de sujeción a los pontones.

Hasta hace pocos años para unir la rabiza a la cuerda se hacían dos gazas en los dos chicotes de la rabiza y de la cuerda, y se pasaba el chicote de la rabiza por la gaza de la cuerda y por la gaza de la rabiza, quedando hecho un balles-trinque. Como este nudo abulta bastante por las gazas, actualmente se pasa el chicote de la rabiza por en medio de los cordones del principio de la cuerda y

se le dan dos vueltas mordidas y bien azocadas¹. El nudo de la rabiza con la cuerda debe estar, siempre que sea posible, debajo del agua para evitar que con el balanceo se desprenda el mejillón, y también impedir la pérdida de mejillón cuando se acaba de encordar y aún no se ha fijado a la cuerda.

El *nudo de la rabiza al canco* debe ser firme y fácil de desatar. Al principio se utilizaban cotes² mordidos, pero tenían el inconveniente de que al arriar una cuerda había que suspenderla a pulso, lo que exigía un esfuerzo muy grande al estar cargada. El más usado, por comodidad y seguridad, es el de dos vueltas sin morder el pontón y tres cotes bien azocados sobre la rabiza. Este nudo es firme y fácil de arriar y además evita el desplazamiento de la rabiza sobre el pontón que podría provocar el roce de dos cuerdas. Las rabizas de plástico se unen a los

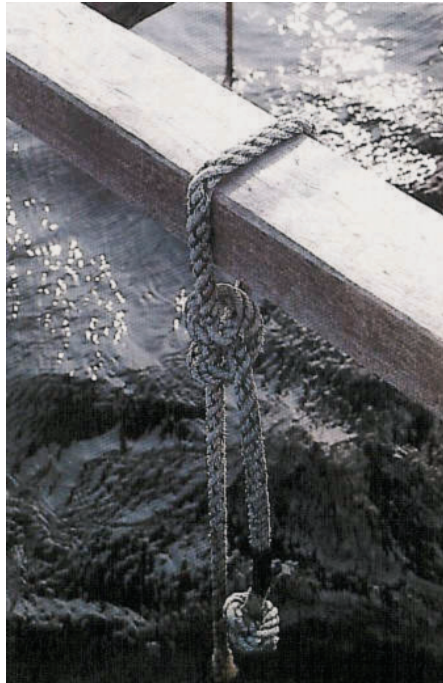


Figura 4.12. Rabiza amarrada a un pontón (Figueiro y Cuña).

¹ Azocar significa unir o entrelazar dos cabos

² Cote es la forma que se logra al cruzar una parte de la cuerda sobre la otra.



pontones, con cuatro o cinco cotes, sin nudo de tope al final, porque al azocar este nudo es muy difícil de desatar.

Los *palillos* (Figura 4.13) son pequeños trozos de madera o de plástico colocados de través en las cuerdas de cultivo, para evitar que las piñas de mejillón deslicen por la cuerda cuando aumentan y se desprendan. Al principio eran de ramas de mimosa hechos por cada «bateiro», después fueron tacos de sección cuadrada fabricados en un aserradero, pero fueron sustituidos por materiales plásticos porque la madera se estropeaba a los dos o tres años. Actualmente son de plástico fundido en molde, con cajera para la cuerda en su parte media. Su longitud es de 25 mm y se colocan cada 35 a 45 cm en las cuerdas, y algo más cercanos en la primera braza de la cuerda, para minimizar el desprendimiento del mejillón cuando la batea cabecea con el mal tiempo. De la colocación a mano se ha pasado a la utilización de la empalladora que ha automatizado el proceso.



Figura 4.13. Cuerda con palillos.

Los «Long lines»

Este sistema para la cría de mejillón es muy utilizado en el norte de Europa y en Japón. En España se ha empezado a utilizar en la última década en Andalucía y más recientemente en el País Vasco. En Galicia en la Ría Ares-Betanzos también se han instalado long lines experimentales para captación mejilla.

Las «Long lines» (flotantes) constan de un cabo de gran longitud (denominado cabo madre) que flota gracias a una serie de boyas y que a su vez cuelgan de el numerosas cuerdas en las que se fijan los mejillones. La sujeción al fondo se realiza por una serie de muertos o anclas regularmente espaciadas. Un esquema genérico se aprecia en la figura 4.14.

Las operaciones que se realizan en este sistema son análogas a las ya descritas anteriormente.

Existen algunas variantes que se van a describir a continuación brevemente... Sistema escocés: cuerdas en escalera... Sistema «Smartfarm»... Long line continuo...

En Escocia han desarrollado un sistema de «**long lines**» con cuerdas en escalera (Figura 4.15). Los flotadores están reforzados haciendo que la estructura sea robusta y resista mejor las inclemencias del tiempo. Además de esta forma se consigue soportar mejor el peso del mejillón a medida que este crece. Con la distribución en escalera se consigue que haya más mejillones entre los flotadores. Los flotadores tienen colores oscuros para que el impacto visual sea el menor posible. De todas formas debido a su complejidad este sistema solo se ha probado realmente válido para aguas protegidas.



Figura 4.14. «Long lines» (flotantes).

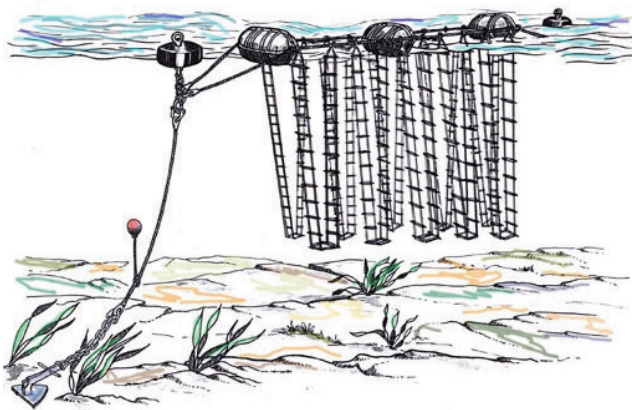


Figura 4.15. «Long lines» con cuerdas en escalera.

La empresa noruega **Smartfarm AS** ha diseñado y desarrollado un sistema especial de long-lines a base de **SmartUnits**, que se compone de tubos de polietileno para conseguir la flotabilidad, con redes colectoras de mejillones que cuelgan a lo largo de los tubos, en lugar de cuerdas.

El sistema se utiliza ampliamente en países del norte y centro de Europa, donde existen más de 600 «SmartUnits» en producción. La figura 4.16 muestra los detalles del conjunto tubo red.

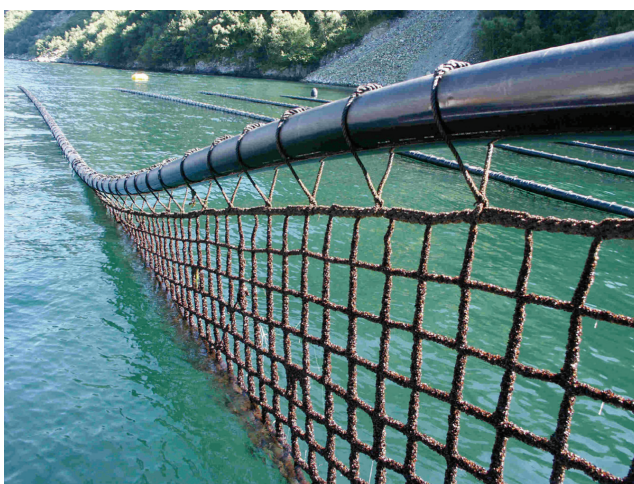


Figura 4.16. «SmartUnit». Detalle tubo red (Vigo Marine Solutions).

Este sistema se complementa con la utilización de una máquina de cepillos o multimáquina (Figura 4.17) que realiza las funciones de controlar la densidad del cultivo, limpieza de depredadores, maneja cuidadosamente los mejillones, cosecha y limpia totalmente la red colectora.

La gran ventaja del **sistema continuo** es que permite equipar embarcaciones de dimensiones mucho más reducidas (Figura 4.18) que las habituales, con la maquinaria suficiente para realizar una labor rápida y efectiva, y además pueden manejar longitudes de cuerda de hasta 500 metros.



Figura 4.17. Multimáquina en funcionamiento (Vigo Marine Solutions).



Figura 4.18. Embarcación auxiliar para el «long-line» continuo (Aguín).

El esquema genérico se muestra en la figura 4.19. En él se aprecia una línea principal de donde se van a colgar todas las cuerdas unidas que constituyen una «cuerda continua»... Contemplando la figura 4.20 se aprecian en primer

lugar los lazos donde se sujetan las cuerdas a la línea principal. La separación entre los lazos de sujeción es de 400 mm y las varillas de acero de 10 mm de diámetro y de 400 mm de longitud se sitúan cada 4 metros, que es la longitud efectiva de la cuerda que cuelga. Como se ve en la figura 4.20 estas varillas se sitúan en la parte inferior de cada trozo de cuerda de 4 metros. Los palillos de color rojo son los que incorporan las varillas de hierro en el fondo y se unen a los lazos de unión en la superficie.

La figura 4.21 ilustra la sujeción de las varillas a los palillos de color rojo y al cabo, en la parte inferior.

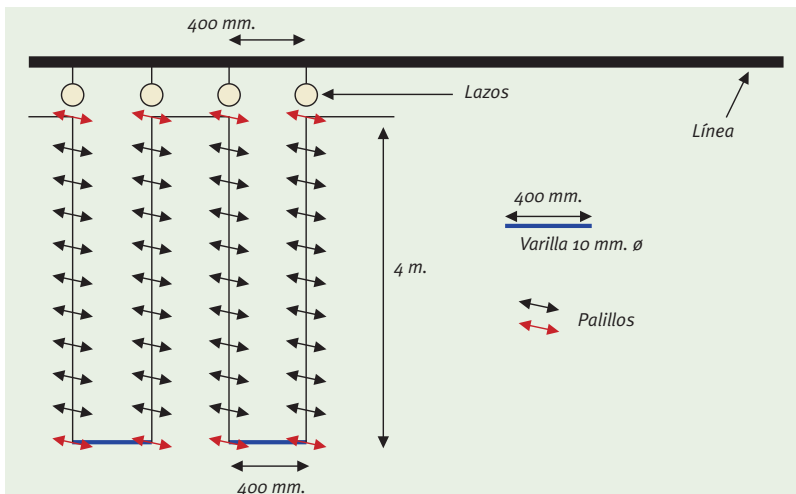


Figura 4.19. «Long line» continuo (Aguín).

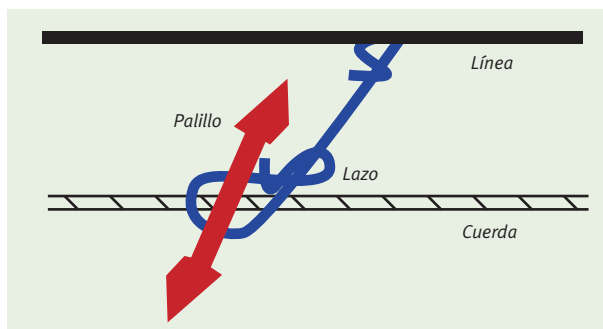


Figura 4.20. Sujeción de las cuerdas a la línea (Aguín).

La figura 4.22 muestra el conjunto de una de las cuerdas, que se prepara en tierra, con la sujeción de los palillos rojos de los extremos a la línea principal y la varilla de hierro en el centro de la cuerda que corresponde a la parte más profunda de la cuerda (Figura 4.23).

Los detalles de las operaciones de trabajo del sistema (desdoble, cosechado...) pueden ser consultados con detalle en la Web de Aguín (<http://www.aguin.com/espanol.htm>) ya que están fuera del alcance de un trabajo de divulgación como es este.

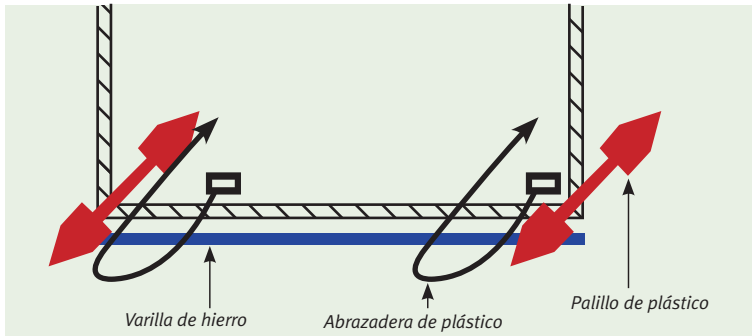


Figura 4.21. Sujeción de las varillas a la cuerda (Aguín).

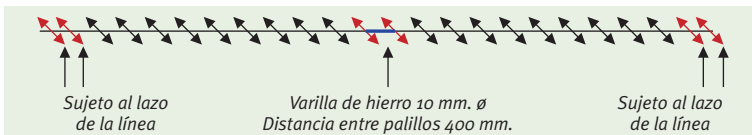


Figura 4.22. Cuerda, palillos y varilla (Aguín).

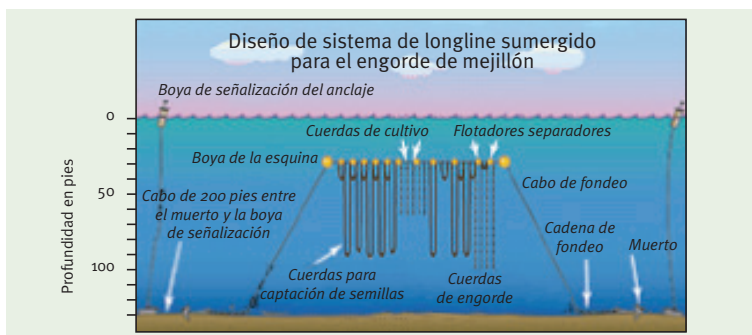


Figura 4.23. «Long line» sumergido (Gestenaval).

5. Problemas actuales vs posibles soluciones

A continuación se detallan los problemas más habituales de los equipos de una instalación para el cultivo de mejillón, no los de tipo económico y social, y se sugieren algunas posibles soluciones.

Problemas en el emparrillado

El **emparrillado** más utilizado es el de madera de eucalipto.

La principal característica de este material, que lo hace casi insustituible, es su elasticidad que le permite amortiguar la acción de las olas y evita, hasta cierto punto, el desprendimiento del mejillón de las cuerdas.

Los principales problemas que existen en la estructura principal y que han sido identificados por los bateeiros y los constructores se esquematizan a continuación:

- Desprendimiento del mejillón debido a la transmisión de los movimientos bruscos del emparrillado a las cuerdas que provocan «latigazos» que originan la caída del mejillón.

Recomendación: Amortiguación de estos movimientos bruscos con quillas de balance en los flotadores. Otra posibilidad, ya empezada a utilizar, es el uso de juntas de caucho, como elemento amortiguador, en las cajeras de los flotadores donde se apoyan las vigas.

- Degradación de la madera (Figura 5.1).

Recomendación: Estudiar materiales de protección respetuosos con el medio ambiente.

- Vida en operación del eucalipto (alrededor de 30 años).

Recomendación: Investigar nuevos materiales cuyo comportamiento sea similar al eucalipto.

- Utilización de imprimaciones protectoras de la madera no respetuosas con el medio ambiente: alquitrán, saín, aceites usados...

Recomendación: Estudiar materiales de protección respetuosos con el medio ambiente.

- Encontrar vigas de longitud (hasta 27 metros) y sección (40x40 cm) adecuadas.

Recomendación: Estudio de nuevos diseños de estructuras con nuevos materiales.

- Los medios de unión entre vigas actuales (cabillas y puntas de acero galvanizado) se degradan con facilidad debido al ambiente corrosivo del mar, combinado con los grandes esfuerzos a que están sometidos (corrosión bajo tensión).

Recomendación: Rediseño de los sistemas de unión de las vigas.

- El transporte de las vigas de gran longitud (27 metros) requiere condiciones especiales que suponen costes muy elevados (Figura 5.2).

Recomendación: El empleo de nuevos materiales evitaría el uso de estos transportes especiales.



Figura 5.1. Degradación de la madera (GA).

- Acumulación de bateas y de materiales de desguace de las bateas en playas, que ocupan el espacio disponible para la construcción de nuevas bateas y puntos de fondeo para completar la fabricación (Figura 5.3).

Recomendación: Desguaces controlados en instalaciones adecuadas diseñadas especialmente para esta función.



Figura 5.2. Transporte de las vigas (GA).



Figura 5.3. Bateas para desguace (GA).

Problemas en el sistema de flotación

Para identificar los problemas se consideran los sistemas de flotación más utilizados que son los flotadores de chapa naval recubiertos de poliéster. Los principales problemas identificados por el sector se resumen a continuación:

- Control del calado de las bateas al variar la carga de cultivo.
Recomendación: Diseño de un sistema de flotabilidad variable.
- Curación de la madera con el agua de mar.
Recomendación: Diseño de un sistema de flotabilidad variable que permita, al variar la carga de cultivo a lo largo del año, mantener las vigas al nivel adecuado para realizar esta operación.
- Proliferación de seres vivos litófagos.
Recomendación: Diseño de un sistema de flotabilidad variable que permita, al variar la carga de cultivo a lo largo del año, aumentar el calado en verano para eliminarlos.
- Adherencia de seres vivos a los flotadores que disminuyen la flotabilidad y facilitan la corrosión.
Recomendación: Definir materiales antiincrustantes («antifouling») inofensivos para el cultivo y para el medio ambiente.
- Limpieza de los flotadores excesivamente agresiva que provoca, a veces, el desgarro del recubrimiento de poliéster.
Recomendación: Control de la limpieza.
- Materiales de fabricación no certificados.
Recomendación: Control de los materiales mediante su certificado.

Problemas en el sistema de fondeo

Inicialmente se fondeaba con un solo muerto*, pero en zonas expuestas se empezó a fondear con dos, y la tendencia actual es hacerlo de esta forma. Realmente el fondeo con un muerto permite bornear a la batea, con lo cual recorre «más mar» y por lo tanto su alimentación será más rica, su crecimiento mayor y la dispersión de los residuos mucho más amplia.

* Hay otros factores que influyen en el sistema de fondeo como es la tradición. En las rías de Arosa, Betanzos, Noya y Muros tradicionalmente se ha fondeado a un muerto, mientras en las rías de Pontevedra y Vigo se realiza a dos muertos.



Los problemas identificados por el sector en el trabajo de campo son los siguientes:

- Sobredimensionamiento de los componentes del sistema que origina grandes enredos, provoca un mantenimiento excesivo y crea costes superiores a los normales.

Recomendación: cálculo detallado del sistema de fondeo y de sus componentes. Evitar adquirir lo que se ofrece en los desguaces que por su bajo coste se compra muy sobredimensionado.

- Gran desgaste de las cadenas por rozamiento con el fondo.

Recomendación: el cálculo detallado puede disminuir la longitud necesaria de cadena y minimizar el problema.

- Mal funcionamiento de los eslabones giratorios por exceso de peso. En muchas ocasiones se están instalando dos giratorios para impedir o minimizar los enredos.

Recomendación: el cálculo detallado puede disminuir la longitud y minimizar el peso.

- Alto coste del mantenimiento.

Recomendación: el cálculo detallado puede optimizar la línea de fondeo y bajar estos costes.

- Abandono de los sistemas desechados en los fondos de las Rías. Muchas veces esto ocurre por los excesos de peso de los componentes que hacen casi imposible recuperarlos al ir poco a poco enterrándose.

Recomendación: el cálculo detallado puede optimizar la línea de fondeo y disminuir los pesos que podría facilitar la recuperación de los restos.

Problemas en el sistema de cultivo

La tecnología desarrollada en la actualidad, en cuanto a equipos auxiliares y materiales para el cultivo del mejillón, es satisfactoria para la mayoría de los productores, ya que se han hecho grandes avances en los últimos años mejorando en gran medida los procesos productivos.

Los materiales de las cuerdas de cultivo también presentan grandes ventajas para los productores ya que ofrecen una gran duración y un bajo coste.

Problemas en el desguace

Este es un aspecto que aunque no afecta directamente a la producción, si tiene una gran importancia por los efectos negativos que produce en el medio ambiente. A continuación se esquematizan los principales problemas:

- Larga estancia de las bateas en las playas para el desguace.
- Los materiales de desguace, tales como los flotadores y las vigas antiguas de poliéster o madera, se abandonan muchas veces en las playas.
- Abandono total, en algunos casos, de las bateas al final de su vida productiva.
- Normalmente no se trata cada residuo provocado con el tratamiento necesario para evitar daños medio ambientales.

En este apartado no se han dado recomendaciones porque se dedica un capítulo monográfico en este libro al tema de los desguaces.

Recopilación de los problemas principales

Considerando la información aportada en los párrafos anteriores se podría hacer la siguiente recapitulación de los problemas principales relacionados con el campo de la ingeniería:

- *Desprendimiento del mejillón de las cuerdas.*
- *Estudio de nuevos materiales estructurales.*
- *Estudio de nuevas imprimaciones para protección.*
- *Estudio de un sistema de flotabilidad variable.*
- *Estudio del comportamiento de la estructura.*
- *Aumentar la vida productiva de las bateas.*
- *Obtención y transporte de vigas de gran longitud.*
- *Estudio del sistema de fondeo.*
- *Zonas de desguace.*



6. Mantenimiento de las bateas

El mantenimiento de las bateas es totalmente artesanal y, en estos momentos, muy lejos de cualquier práctica científica, siendo el criterio de cada propietario el que establece la necesidad de realizar algún tipo de mantenimiento.

6.1. Reseña histórica

La preocupación por la protección de la madera es muy antigua, incluso se menciona en la biblia, griegos y romanos inmunizaban las maderas con sustancias bituminosas. En el Renacimiento se introdujeron las sustancias químicas, y en el siglo XVII se empiezan a desarrollar aceites y alquitranes derivados de la destilación de la madera y son los inicios de la protección actual.

En el siglo XIX aparece la primera patente anti-incrustante para proteger las estructuras de los barcos y construcciones portuarias de la fijación de moluscos marinos.

6.2. Tecnología actual

Los bateeiros prefieren sustituir la pieza o elemento en el momento que se encuentre defectuosa, antes que implantar un mantenimiento preventivo y anticiparse al fallo.

La **madera** suele protegerse con estos tipos de imprimaciones:

- *Alquitrán*. Hasta hace unos años se usaba alquitrán natural, de mayor duración y menor impacto ambiental que el utilizado actualmente, el piche, que se emplea en el asfaltado de las carreteras y es más denso que el anterior.
- *Sain*. Es un aceite obtenido del pescado.
- *Aceites vegetales*. Se suelen emplear mezclados con cualquiera de los anteriores. También se utiliza el aceite de coches y el de cocina desechados.
- *Patentes y pinturas navales*. Muy poco utilizadas, pero con un gran futuro, debido a la legislación más estricta en materia medioambiental que en unos años se implantará en el sector (Figura 6.1).



Figura 6.1. Pintado de vigas con patente (GA).

Cuando se producen grietas en la madera, dependiendo del tamaño de las mismas, se opta o por una protección de alquitrán, o bien reparándose mediante refuerzos o abrazaderas que compriman la madera y no permiten que la grieta progrese (Figura 6.2).

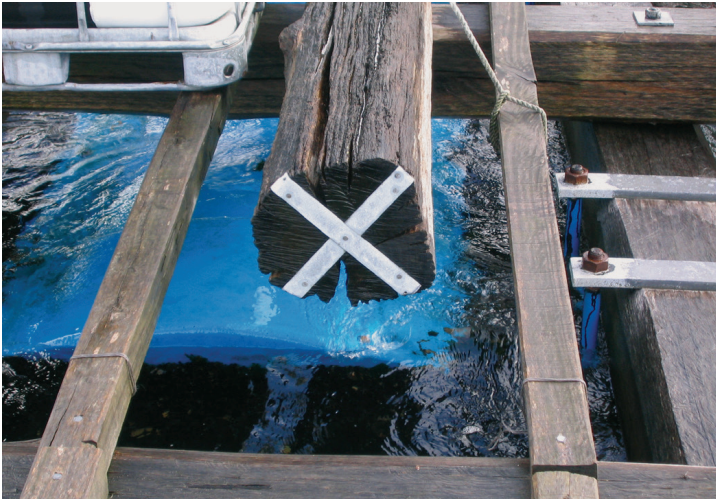


Figura 6.2. Grieta reparada en vigas de amarre (GA).



Otra labor de mantenimiento realizada es la limpieza de las incrustaciones de seres vivos adheridas a la madera que está sumergida y muy cerca de la superficie del agua. También se suele subir un poco la batea en verano para eliminar los seres vivos que quedan al aire.

En lo que se refiere a los **materiales férricos**, elementos de unión y flotadores, la práctica habitual es la siguiente:

Las *cabillas de unión*, *clavos* y *arandelas* de las diferentes vigas del emparrillado son de hierro galvanizado. Se emplea este material en lugar del acero ya que ofrece una mayor resistencia al doblado y se deforma sin romperse más fácilmente.

Para ofrecer una mayor resistencia a la corrosión que el acero, se somete a un proceso de galvanizado en caliente, proporcionando una capa protectora de zinc. Después de su colocación se suele impregnar de alquitrán para evitar oxidaciones (Figura 6.3).

La operación más común que se suele realizar es el apriete de estas piezas de unión, para evitar aflojes.

En cuanto a los **flotadores**, el trabajo más habitual es la limpieza de su superficie con una rasqueta metálica (Figura 6.4), lo que a veces provoca el desprendimiento del poliéster, dejando desprotegida la chapa naval.

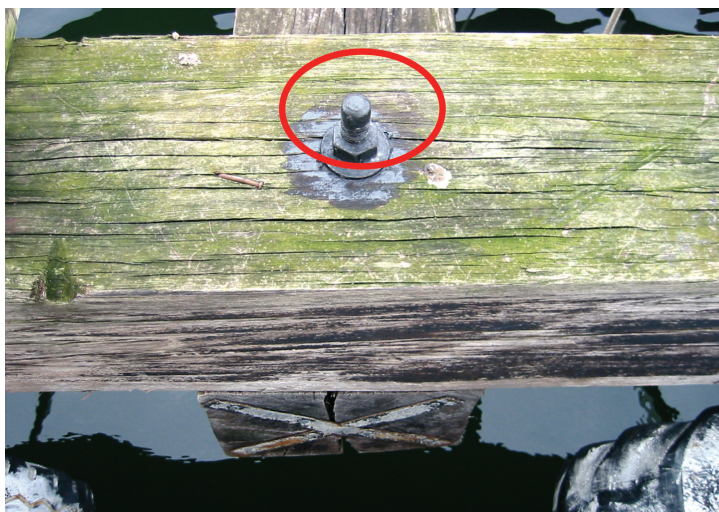


Figura 6.3. Cabilla protegida (GA).



Figura 6.4. Rasqueta (GA).

Cuando se desguaza la batea se suelen reutilizar los flotadores, limpiándolos con un chorreado de arena y cubriéndolos con una nueva capa de fibra.

A los **grilletes** y a las **cadenas de fondeo** no se les proporciona una protección para aumentar su durabilidad. Los grilletes y la cadena son de acero y cada dos o tres años se suele realizar una revisión de toda la cadena para comprobar su estado, y en su caso, sustituir los tramos en mal estado. Con los cabos sucede lo mismo, una vez pierden sus propiedades se cambian, pero no se les somete a un mantenimiento preventivo.

Las **cuerdas** están sometidas a un exceso de peso y trabajo en su parte alta y casi nulo en su parte baja, **por lo que se suele chicotear*** la cuerda cuando pierde colcha por exceso de alargamiento. El desgaste de las **rabizas** es un punto crítico, y debería revisarse siempre que se limpien las cuerdas y reponer o reparar las defectuosas.

Los **palillos** se suelen reponer cuando se izan las cuerdas (Figura 6.5).

* Chicoteo: técnica mediante la que se ata la cuerda de la batea por los dos extremos en forma de U.





Figura 6.5. Cuerdas con sus palillos (GA).

6.3. Recomendaciones de mantenimiento

La protección de los elementos de la batea es un asunto que se considera de vital importancia, ya que en pocos años entrarán en vigor estrictas normativas de la Unión Europea que restringirán el uso de pinturas y patentes que, actualmente son utilizadas para aumentar la vida útil de la madera de eucalipto (Figura 6.6).



Figura 6.6. Protección de la madera (GA).

A continuación se resumen las recomendaciones actuales:

En las bateas nuevas, la **madera** debería almacenarse en un lugar seco (talleres, almacenes...) una vez ha sido transportada desde los aserraderos, y no en la playa como se muestra en la figura 6.7.

El **tratamiento y el pintado** deben realizarse, lo más rápidamente posible, para que no absorba humedad y se puedan producir desprendimientos posteriores. Un lijado superficial de la madera con el consiguiente aumento de rugosidad (mayor adherencia), aumenta considerablemente su vida útil.

Si se va a pintar en el mar la tarea es más difícil. La madera estará húmeda y con incrustaciones. Como no es posible la limpieza con productos químicos, debería realizarse un lavado de la batea con agua dulce a baja presión, para eliminar la suciedad y las sales, que de otro modo producirían vejigas y desprendimientos de pintura. Es recomendable dejarla secar el mayor tiempo posible y pintarla a flote con pistola y con brocha cuando sea necesario.

En el caso de los **componentes metálicos** durante la fabricación no hay problemas pues suelen venir limpios. En el caso de los flotadores que muestren corrosión y daños, al estar parcialmente sumergidos es necesario llevar la batea a tierra si están dañados la mayoría de los flotadores, si es uno el que está deteriorado se cambia en el sitio mediante barcos especializados.



Figura 6.7. Almacenamiento de la madera en la playa (GA).

Para consultar las **alternativas propuestas**, y debido a su extensión y complejidad técnica, se recomienda consultar la publicación técnica del mismo autor «*Ingeniería de la Acuicultura Marina: Cultivo de moluscos y crustáceos en el mar (Beaz 2011)*».

7. Maquinaria auxiliar

Partiendo del trabajo puramente artesanal en los primeros años, ha habido una evolución continua y sorprendente hasta llegar a las máquinas actualmente en servicio, que cubren prácticamente todos los procesos de producción y que se describen a continuación.

- La **empalladora** facilita la labor de armar las cuerdas introduciendo los «palillos». Consta en esencia de un vástago doble que penetra en la cuerda y al abrirse las dos partes permite la introducción del palillo. Al principio se accionaba con un pedal y actualmente son hidráulicas y automatizadas.
- La **desgranadora** cuya misión es separar los mejillones de las piñas, limpiarlos de la flora y de la fauna asociada y permitir la clasificación por tallas. Los modelos varían desde la mesa parrilla con acción directa de las manos del personal para su separación, hasta las cilíndricas que desgranar y clasifican a la vez y en las que un chorro de agua elimina los sedimentos y la fauna acompañante. Los últimos diseños incorporan cintas transportadoras, motores vibradores y embolsadoras (Figura 7.1).
- La **encordadora** facilita el enmalle del mejillón en la cuerda. En esencia consta de una tolva donde se deposita el mejillón limpio que procede de la desgranadora, un canal por donde se hace pasar la cuerda y un mecanismo que incorpora la red de algodón en torno a los mejillones (Figura 7.2).

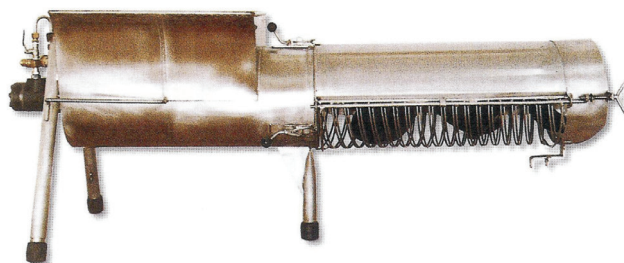


Figura 7.1. Desgranadora (Talleres Aguín).

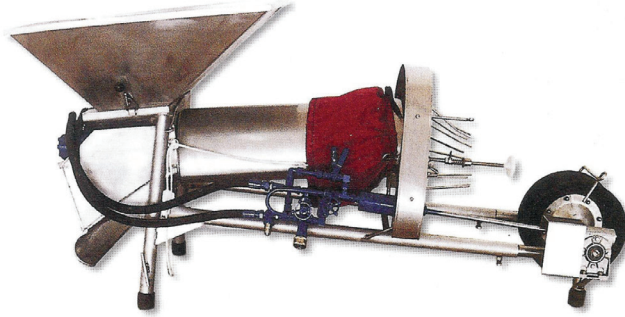


Figura 7.2. Encordadora (Talleres Aguín).

La cualidad más importante de estas máquinas es su grado de precisión en el suministro de la cantidad deseada de mejillón o de metro de cuerda, siendo la labor del operario únicamente de control y no de actuación directa.

El **barco mejillonero** antes era de madera pero ahora la mayoría se construyen de fibra. Suelen tener una eslora entre 15 y 20 metros, puente a proa o a popa y amplia cubierta donde se realizan la casi totalidad de las labores necesarias para el cultivo (Figura 7.3). Van equipados con grúas hidráulicas potentes provistas de una cesta que facilita el izado de las cuerdas a la cubierta (Figura 7.4).



Figura 7.3. Catamarán mejillonero (GA).





Figura 7.4. Grúa y cesta de barco mejillonero (GA).

8. Desguace de la batea

En el desguace actual de las bateas se han detectado diversos problemas relacionados con la conservación del medio ambiente, debido a que suelen abandonarse diferentes elementos en lugares no apropiados.

En la mayoría de los casos en los que el productor quiere realizar un cambio de batea por una de nueva construcción, una vez construida la amarra a la vieja y traspasa la cadena y las cuerdas con el mejillón de una a otra. Finalizada esta operación remolca la batea vieja hasta la zona permitida para el desguace (en otros casos la entrega a empresas autorizadas para esta labor).

Las zonas de desguace suelen ser playas, en las que se aprovechan las mareas para varar la batea en la arena y tener una mayor accesibilidad para la recogida de los materiales por parte de camiones y tractores.

Una vez en la playa, dos o tres personas se encargan de ir desguazando el artefacto mediante motosierras, empezando por los pontones, de tal forma que la batea conserve su esqueleto (vigas principales). Se desmontan los flotadores mediante soplete (cortando las cabillas), que serán trasladados a talleres para su reutilización, o a la chatarrería para su destrucción. Y por último se cortan las vigas maestras, los látigos y las de través, si no se utilizan.

La madera suele ser vendida a bajo precio para combustible de calderas, o para la construcción de casas. Si queda alguna viga que se puede reutilizar para otras bateas, se almacena para su posterior uso.

Por último se limpia la playa de los restos de madera que se han ido desperdigando en el desguace.

Los encargados de desguazarlas suelen variar: unas veces son los propios bateiros, en otros casos el propietario cede todos los materiales a cambio de que desmantelen la batea. Pero prácticamente, en ningún caso, interviene un gestor autorizado de residuos.

La duración de las operaciones de desguace no sobrepasa los dos días, trabajando tres personas. El traslado de vigas y flotadores es la operación que más dura, abandonándose en las playas en ciertas ocasiones (Figura 8.1).

Considerando la legislación actual en materia de residuos y de medioambiente, y las operaciones que se realizan actualmente para el desmantelamiento de las bateas, se podría decir que la solución ideal sería la construcción de **Centros de Desguace** diseminados por las Rías Gallegas. Esta decisión supondría un enorme salto en la calidad ambiental y en la gestión de residuos. Un esquema simplificado de la idea que se propone se muestra en la figura 8.2.

Una propuesta más detallada acerca de la necesidad y oportunidad de este tipo de centros de desguace, ya fue incluida en el año 2011 en la publicación de la Fundación OESA y de este mismo autor, «Ingeniería de la acuicultura marina: Cultivo de Moluscos y crustáceos en el mar». Más recientemente, en agosto de 2012, el ente Puertos de Galicia, dependiente de la Consejería de Medio Rural y del Mar de la Xunta de Galicia, aprobó un protocolo de actuación para la instalación, reparación y desguace de bateas con plenas garantías ambientales y operativas. Algunas de las cuestiones a contemplar a la hora de establecer este tipo de centros, en relación a su diseño, ubicación y dependencia, se recogen de manera resumida a continuación.





Figura 8.1. Abandono de materiales (GA).

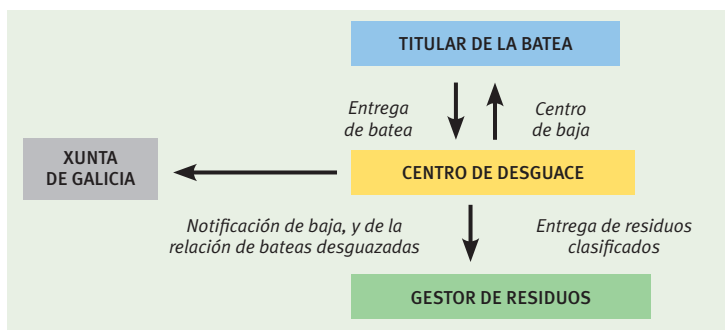


Figura 8.2. Esquema del sistema de desguace propuesto (GA).

¿Dónde se podría ubicar razonablemente esta instalación?. Para responder a esta pregunta, es necesario estudiar las necesidades del sector además de considerar otros aspectos tales como la interferencia con otros sectores, impacto ambiental, accesibilidad, presupuesto...

Una aproximación a la baja de las bateas que se desguazan en Galicia al año podría ser de trescientas. Teniendo en cuenta el número de bateas por Ría (2450 en la de Arousa, 503 en la de Vigo, 343 en la de Pontevedra, 106 en Sada, 14 en Baiona y 124 en Muros y Noia) se podría estimar en 200 las que son desguazadas al año en Arousa, 50 en Vigo, 30 en Pontevedra, 6 en Sada, 7 en Muros y Noia y una en Baiona.

A la vista de estos cálculos aproximados, se llega a la conclusión que son las Rías de Arousa y Vigo las únicas que podrían rentabilizar una instalación de este tipo. Por lo tanto una conclusión lógica sería ubicar un único centro en la Ria de Arousa. Una vez verificada su eficiencia, y suponiendo que fuese positiva, se podría considerar una segunda fase de expansión hacia otras Rías.

Las partes más importantes que debe incluir esta instalación son las siguientes:

8.1. Rampa de recepción

Zona amplia de entre 30 y 40 metros de anchura para la varada de las bateas (Figura 8.3), construida con una ligera pendiente y que debe de disponer de dos vías a modo de varadero, y dos chigres para el izado del artefacto.



Figura 8.3. Varadero (GA).

Sobre las vías irían unas «camas» de forma semicircular donde apoyarían los flotadores de la batea. Estas camas deberían ser ajustables en su anchura ya que la distancia entre flotadores es variable de unas bateas a otras. Se engancha la batea y con los chigres sería remolcada hasta la zona de desguace.

8.2. Nave para el desguace

Es la zona donde se realizaría el desmantelamiento de la batea. Sería un lugar lo suficientemente amplio para que los trabajos y desplazamiento de material se realicen de forma cómoda (Figura 8.4). Debería estar cubierto y poseer un suelo impermeable.

Por un lado debe tener acceso al mar a través de las vías, y por otro hacia el exterior para el traslado del material a los gestores de residuos y el almacenamiento en su defecto.

Contará con dos zonas de almacenamiento de los residuos peligrosos y no peligrosos; entre los primeros solo se incluyen aquellas maderas impregnadas con productos como el chapapote, alquitranes, aceites...

Podría contar con una pequeña oficina-laboratorio con los equipos adecuados para el control de calidad de los flotadores, para la reutilización de los mismos y la investigación del grado de contaminación de los materiales.



Figura 8.4. Nave de desguace (GA).

8.3. Zona exterior de almacenamiento

El centro deberá contar con un área exterior de almacenamiento, lo suficientemente amplia, para acumular los residuos generados durante varios días, hasta que el gestor autorizado los recoja.

Las operaciones que se realizarían en este «centro», incluirían el serrado de la madera; el desmontaje de flotadores; y la separación, clasificación y almacenamiento de los materiales, para su posterior traslado.

8.4. Equipos necesarios

Los equipos necesarios para el funcionamiento del «centro» son de dos tipos: por un lado los de estiba y manejo de vigas y flotadores, y por otro los de corte y manipulado.

Una información mucho más amplia y detallada se incluye en el libro, ya antes citado, del mismo autor «*Ingeniería de la Acuicultura Marina: Cultivo de moluscos y de crustáceos en el mar* (Beaz 2011)».

La figura 8.5 muestra la planta del Centro de Desguace.

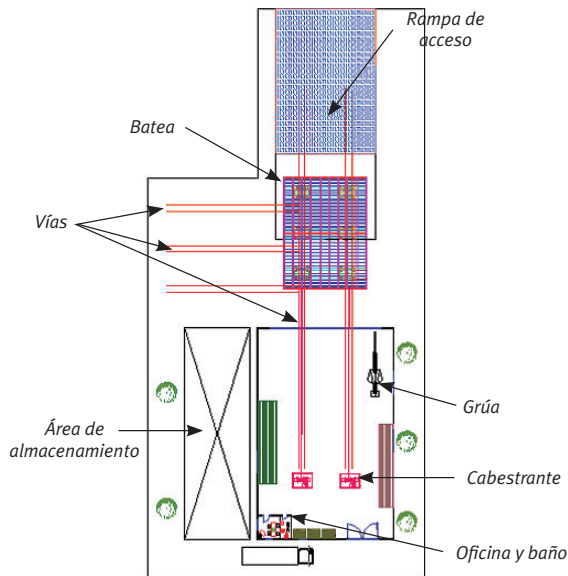


Figura 8.5. Planta del Centro de Desguace (GA).

9. Nuevos diseños

La batea actual pero hecha de **polietileno de alta densidad** es una de las primeras alternativas... (Figura 9.1).



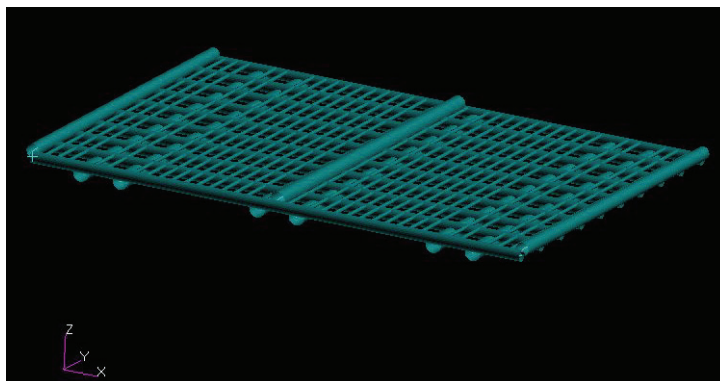


Figura 9.1. Batea de polietileno de alta densidad (GA).

9.1. Batea Medusa de Acuicultura Multitrófica Integrada en Galicia por IMAS SL

La idea de este diseño es hacer un vivero mixto para el cultivo de moluscos y de peces. La imagen de la figura 9.2 muestra la maqueta presentada en el VIII Foro de O Grove.

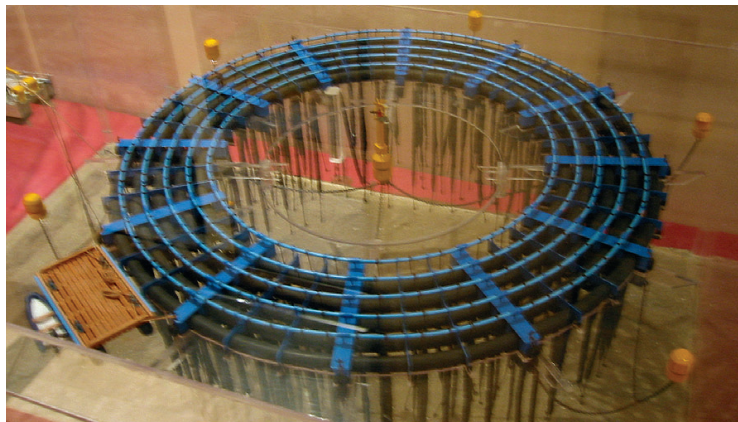


Figura 9.2. Maqueta de la Batea Medusa (IMAS SL).

Toda ella está fabricada de polietileno de alta densidad (PEAD). Consta de cuatro anillos circulares que son tubos de PEAD, similares a los de los viveros de peces en los que IMAS SL tenía una gran experiencia, que sirven para

sustentar las cuerdas donde pueden criarse los moluscos bivalvos. Los refuerzos en azul sirven para dar cierta rigidez a la estructura pero sin quitarle la flexibilidad natural de este material, que es una de las ventajas de la estructura.

En la parte interior es donde se aconseja cultivar peces, que en principio se había pensado en rodaballo, y después al ofrecer este diseño para ser instalado en otras aguas se pensó también en dorada y lubina. La figura 9.3 muestra la imagen real de la batea Medusa.



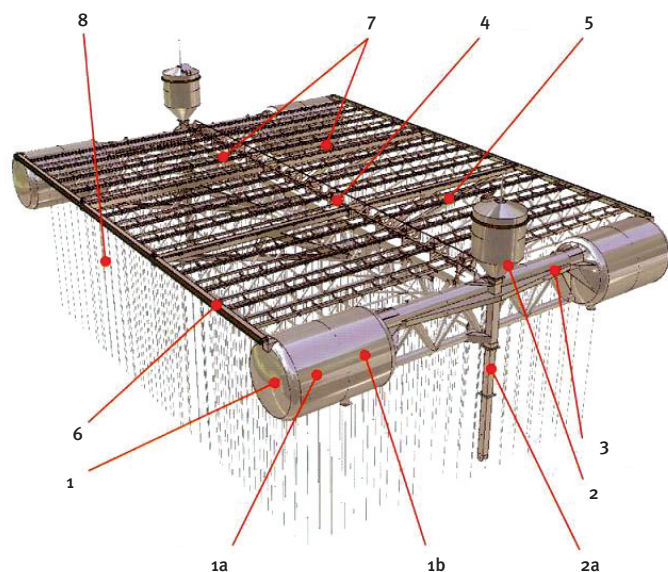
Figura 9.3. Batea Medusa (IMAS SL).

9.2. Batea EXTRUMAR

La plataforma es una estructura rectangular de 540 metros cuadrados, construida en acero naval. Su estructura principal está diseñada en forma de «H», para que sus módulos sean intercambiables o reparables ante cualquier posible daño. La figura 9.4 muestra el aspecto de este diseño.

A continuación se relacionan los componentes principales siguiendo la identificación de la figura 9.4.





- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Tanque o flotador principal. | 4. Cuerpo o estructura central. |
| a. Compartimento. Tanque de presión. | 5. Vigas en voladizo estructurales. |
| b. Compartimento. Tanque de lastre. | 6. Vigas de perímetro o defensa. |
| 2. Boya de señalización. | 7. Rejillas o pasarelas. |
| a. Tubo guía de boya baliza. | 8. Cuerdas de cultivo. |
| 3. Alas de estructura general. | |

Figura 9.4. Batea EXTRUMAR (EXTRUMAR).

Su acabado está pensado para una larga vida en operación: tratamiento de chorreo metálico con acabado de pintura EPOXI, gran protección frente a la contaminación y corrosión marina, le asegura una durabilidad de más de 30 años. Sus dimensiones de 20 x 27 metros son similares a uno de los modelos de bateas actuales. El peso de la plataforma es de 74 toneladas y los contrapesos de 27.5 toneladas.

Es capaz de sumergirse y subir a la superficie con un sistema de fondeo a base de poleas cuyos diseños se pueden apreciar en las figuras 9.5 y 9.6. Esta capacidad de sumergirse evita el impacto del oleaje y favorece la conservación del mejillón en las cuerdas. Permite la navegación por encima ya que puede sumergirse entre dos y cuatro metros. En la inmersión quedan situadas las dos boyas balizas a proa y a popa con luces de posición para

orientar la navegación, y los mástiles para captar las ondas para sus maniobras.

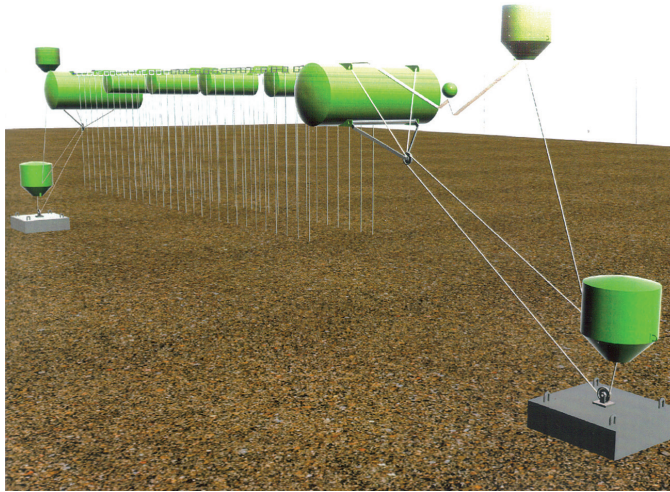


Figura 9.5. Sistema de fondeo de la batea EXTRUMAR (EXTRUMAR).

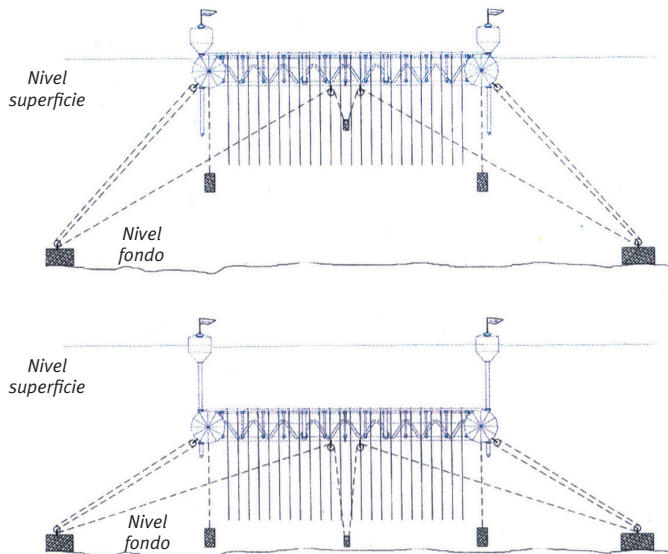


Figura 9.6. Detalles del sistema de fondeo de la batea EXTRUMAR (EXTRUMAR).



La seguridad en el trabajo se facilita por el diseño de los siguientes componentes:

- Calles de paso antideslizante, anchas y cómodas.
- Barandillas anti-caída por oleaje.
- Práctica y sencilla sujeción de las cuerdas.
- Facilidad en el transporte de la carga.

Por medio de ordenador o a través de dispositivos móviles se puede realizar el control remoto de la inmersión y subida a la superficie. También incorpora posicionamiento GPS. La plataforma posee un sistema de vigilancia y control para conocer su posición en todo momento, controlar la nivelización y estabilización en función de la carga e indicar el nivel de profundidad.

9.3. Batea FLOTAR fabricada por TEPSA

El diseño de unos módulos, totalmente fabricados en Polietileno de Alta Densidad (PEAD), permite a TEPSA fabricar cualquier tipo de estructuras flotantes... Desde pantalanes a barcos pasando por bateas.

La utilización de este material le da una doble ventaja. Técnicamente le proporciona a la estructura una gran elasticidad que se traduce en una menor pérdida de mejillón en las cuerdas. Y ecológicamente, al ser el PEAD un material biodegradable, lo hace ideal desde el punto de vista medioambiental.

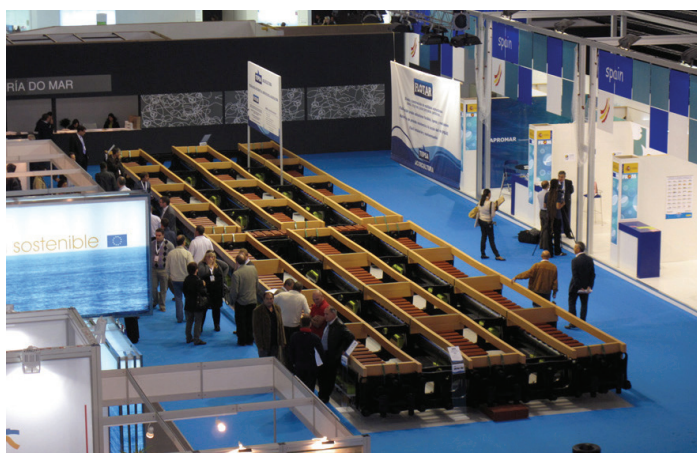


Figura 9.7. Varios elementos ensamblados de una batea FLOTAR (TEPSA).

10. Contaminación biológica: Mareas rojas

10.1. Introducción

Las mareas rojas o «purgas de mar», como se denominaban antes en las Rías Gallegas, constituyen un fenómeno cada vez más frecuente, consistente en un aumento de la presencia de determinadas especies de microalgas en el mar, que puntualmente pueden provocar en función de la especie y su pigmentación, un cambio de color del agua.

Algunos de estos organismos, generan un producto tóxico para el hombre, que es filtrado y acumulado por los moluscos bivalvos, pudiendo provocar daños en el consumidor, en caso de ingesta. Estas toxinas son termoestables, de forma que no pueden ser destruidas a través de los procesos de depuración, esterilización o cocción.

Los cierres preventivos de las instalaciones de cultivo, no solo las bateas de mejillón, son la principal herramienta para evitar que estos moluscos puedan llegar al consumidor, y provocan retrasos en la comercialización que repercuten en el precio, y a veces se necesita un proceso intermedio de elaboración previa de su salida al mercado, como es el caso de la vieira en la que se elimina el hepatopáncreas por ser el órgano que acumula estas microalgas. Este caso es especialmente grave ya que estos seres necesitan hasta 5 años para eliminar la toxina.

10.2. Antecedentes

Posiblemente la primera referencia de las mareas rojas en la antigüedad aparece en el Éxodo... Una de las plagas que Yavé manda sobre Egipto es la transformación del agua del Nilo en un líquido rojizo que mata a gran parte de la fauna local... Probablemente era una marea roja...

Cayo Bruto cita que en Galicia, durante la invasión romana, pudo observar también un fenómeno extraño en el mar al cambiar su tonalidad de transparente a rojo...

Montaner, Cook y Darwin también citan este extraño fenómeno en sus obras a través de las aguas del mundo.



Sobrino Buhigas en el año 1918 describe con sorpresa también el cambio de coloración en las aguas de Vilagarcía de Arousa.

Ya en la segunda mitad del siglo xx hay numerosas referencias entre las que podríamos citar la gran mortalidad de almejas en Alaska en 1950; un gran afloramiento en Noruega en 1960; 1300 personas afectadas en Japón en 1976; 5 000 casos en España en 1981 y 3 300 afectados en Francia en 1983 (todos ellos con episodios diarreicos). Y en Filipinas ocurrieron 21 muertes en 1983 por parálisis corporal.

Dos refranes en Galicia alertan sobre sus consecuencias.

«Desde San Bartolo a San Simón non probe-lo o mexilón» (24 de agosto – 28 de octubre).

«Rojo en el mar, toma los bueyes y ponte a arar».

10.3. Especies culpables y efectos

Los «culpables» de este fenómeno natural son unos dinoflagelados tóxicos (algas unicelulares) que aparecen en grandes concentraciones cambiando el color del agua de mar, pero aún en pequeñas cantidades pueden tener efectos tóxicos.

Debido a su gran extensión en la superficie del mar, algunos episodios pueden tener un frente de varios kilómetros, siendo considerados como macro fenómenos que producen una gran alarma social y en el turismo, realizan un gran secuestro de nutrientes (nitratos y fosfatos), consumen una gran cantidad de oxígeno (desfavorable para la vida en el mar) y pueden crear importantes mortalidades de peces.

Se clasifican según los efectos nocivos sobre las personas en cinco grupos:

- DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning). De efectos diarreicos, detectado en España.
- PSP (Paralytic Shellfish Poisoning). De efectos paralizantes, detectado en España.
- NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning). De efectos neuronales, no detectado en España.

- ASP (Amnesic Shellfish Poisoning). De efectos amnésicos, también detectado en España.
- CIGUATERA. Hay dudas sobre su aparición en España.

Aunque al principio cada especie era típica de un lugar en el mundo, actualmente aparecen en aguas diferentes de su origen, debido al transporte de los barcos al hacer limpieza de los tanques cuando navegan en lastre.

La **toxicidad de tipo diarreico** produce gastroenteritis muy fuertes por lo que a menudo se le confunde con los mismos efectos provocados por otras causas... Los síntomas más habituales son diarreas, vómitos y dolores estomacales. Los efectos suelen durar entre 12 horas y tres días y la microalga que lo provoca en Galicia es *Dinophisys acuta*.

La **toxicidad de tipo paralizante** es producida por dinoflagelados tóxicos habiendo causado muertes en países del tercer mundo. La especie *Pyrodinium bahamense* provocó 21 muertes en Filipinas en 1983. Otra especie es *Gymnodinium catenatum* que ha sido localizada en España y Tasmania y ha producido 3 muertes en México. Este ser ha provocado grandes pérdidas económicas en los cultivos de ostra y mejillón por la paralización de su comercialización. Aun a bajas concentraciones su toxicidad es considerable y obliga a cerrar los polígonos de cultivo. La saxitoxina es el elemento que estos dinoflagelados transmiten. Los síntomas son muy rápidos, paralización de los nervios, cosquilleos en la lengua, labios y dedos, ardor en la boca, adormecimiento del cuello, brazos y piernas, problemas en el habla y dificultades respiratorias. En Galicia nunca se ha detectado y la recuperación es posible. El tratamiento se realiza a través de provocar vómitos, hacer lavados de estómago y mediante diuréticos.

La **toxicidad de tipo neurótico** es debido a la acción del dinoflagelado *Gymnodinium brevis* y los síntomas son parecidos a los del tipo paralizante aunque mucho más atenuados. No se han detectado muertes y en España no ha sido detectado. En los estados de Florida y Texas los episodios son anuales y se realiza una gran vigilancia.

La **toxicidad de tipo amnésico** se detectó en Canadá por primera vez en 1987 en mejillones, afectando a 129 personas con dos víctimas mortales. Los dolores estomacales son los síntomas normales acompañados de alteraciones nerviosas que pueden producir pérdida de memoria y desorientación. La diatomea



Nitzschia pungens es la «culpable» de estos efectos. En Galicia se ha detectado en vieiras infectadas con ácido domoico por el efecto de estas diatomeas.

La **ciguatera** es producida por el dinoflagelado bentónico tóxico *Gambierdiscus toxicus* que se transmite a través de los peces herbívoros hasta llegar a los seres humanos. La temperatura adecuada para su aparición tiene que ser superior a los 20 °C por lo que es difícil que aparezca en Galicia. Los síntomas son muy parecidos a la toxicidad diarreica.

10.4. Formación, mantenimiento y desvanecimiento

Desde hace tiempo se investiga sobre las causas de estas proliferaciones. Tomás R. Tovar (2008) resume las siguientes causas:

- «1. Biológicos. Los más importantes son la presencia de una población «semilla de los mencionados organismos del fitoplancton.
2. Antropogénicos. Destaca de manera específica la contaminación orgánica del mar, la cual incrementa anormalmente la cantidad de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, que en concentraciones mayores a las normales en el sitio específico provocan un aumento en la reproducción del fitoplancton, llamado florecimiento (blooms).
3. Ambientales (físicoquímicos). Se considera el aporte de nutrientes por parte de la atmósfera y de las aguas intercontinentales y subterráneas. También son importantes los procesos de circulación en el agua.»

En el caso de Galicia las dos condiciones básicas para la formación de las mareas rojas son dos fundamentalmente: la calma «chicha» y el aporte de nutrientes.

Poniendo como ejemplo las Rías Bajas de Galicia, este fenómeno se puede iniciar con una brisa de nordeste, que aleja las aguas superficiales fuera de la costa en esa dirección, y poco a poco las aguas profundas van surgiendo y ocupando su lugar. Si estas condiciones coinciden con una época de concentración de alimento, como puede ser el verano y el otoño, los quistes de los dinoflagelados tóxicos, que están en el fondo, suben a la superficie y al encontrar una gran cantidad de nitratos y de fosfatos, que suben también a la superficie por efectos del afloramiento, se produce un bloom en la eclosión de los quistes que provoca la aparición incontrolada de dinoflagelados. En

otoño como la estabilidad del mar es aún mayor este fenómeno es aún mucho más extenso.

Estos quistes que se han citado son la herramienta que los dinoflagelados tienen para sobrevivir. Tienen tres funciones fundamentales: evitar las épocas de condiciones adversas, ampliar sus lugares de vida y defenderse de sus enemigos. Cuando se produce alguna de estas tres condiciones el dinoflagelado se enquistaba y se deposita en el fondo a la espera de situaciones más favorables. Su resistencia a la desecación es enorme y su longevidad normal supera los 15 años, habiéndose encontrado quistes viables de varios cientos de años. Este sistema de defensa es más eficaz en aguas poco profundas y Galicia es una zona muy propicia por esta razón. El desvanecimiento, o sea su desaparición, se produce cuando la dilución producida por el agua de mar es mayor que su tasa de crecimiento, o sea que el movimiento del mar separa las microalgas y ellas no se reproducen con la suficiente velocidad para mantener el afloramiento y se dispersan y forman los quistes. Por esta razón los «blooms» solo se producen con calma «chicha».

10.5. Influencia en la vida marina

Las sustancias tóxicas que producen los dinoflagelados no tienen influencia en los seres no humanos pero provocan algunos efectos nocivos en la vida marina. Provocan la desaparición de larvas, y mortalidad de la semilla de vieira, mortandad también en el berberecho y los «longueirones» (navajas), pérdidas en las crías de salmones y la muerte de otras microalgas por la falta de oxígeno que absorben los dinoflagelados.

En la ostra y en el mejillón los efectos son similares e impiden su comercialización durante algunas semanas o varios meses dependiendo de su concentración. En las almejas y berberechos la prohibición de la captura suele ser entre 3 y 6 semanas. Las vedas de estos bivalvos suelen disminuir el impacto económico y el mayor efecto se produce en las épocas de reproducción por su influencia sobre las larvas y semillas.

10.6. Intoxicación y desintoxicación

La acumulación es específica para cada especie y depende también de la densidad de la «marea roja». La desintoxicación también es específica y cuanto más bajas sean las temperaturas mayor es el retardo en la desaparición del efecto.



También varía el lugar de fijación de la toxina. Mientras que en los mejillones se fija en el aparato digestivo y su eliminación es más rápida, en la vieira se fija en el hepatopáncreas llegando los períodos de desintoxicación hasta los 5 años. Por esta razón las vieiras frescas solo se pueden comercializar totalmente limpias con únicamente el órgano sexual hermafrodita y el potente músculo aductor...

Los períodos de retención son muy variables. A modo de ejemplo citaremos algunos. En el mejillón entre 10 y 50 días o entre 4 y 11 semanas dependiendo del tipo de dinoflagelado. En la vieira hasta 5 años como se ha citado antes y entre las ostras del género *Crassostrea* varía de una especie a otra... 1 a 9 semanas en la *Gigas*, 2 a 6 semanas en la *Virginica* y hasta dos meses en la *Cucullata*. Las especies de más rápida eliminación son la almeja americana «Quahog» que es inmune a muchas mareas rojas, la ostra y el mejillón.

La desintoxicación de la cría (hasta que es adulto no se puede comercializar) es muy importante para reducir el período de la no comercialización. Este efecto es muy variable, no siempre es efectivo y a veces económicamente inviable. A continuación se citan algunos métodos ensayados: la autodepuración en aguas libres, el choque térmico en agua de mar, la cloración, se ha probado en Francia pero afecta al sabor del ser y por lo tanto no es muy aceptable en los mercados y el tratamiento con ozono que no provoca alteraciones físicas pero económicamente no es viable.

10.7. Vigilancia

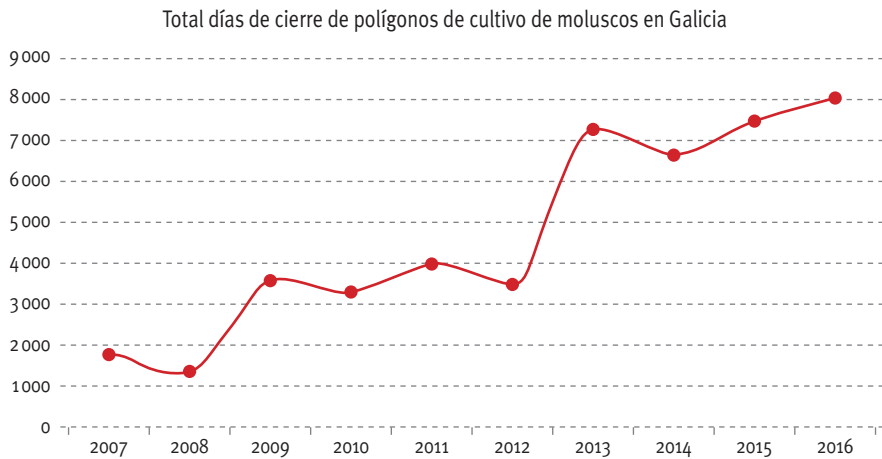
Para garantizar la seguridad del consumo de moluscos existe una red de vigilancia continúa que permite detectar la presencia de crecimientos exagerados de dinoflagelados tóxicos. La Xunta de Galicia controla continuamente la presencia de las toxinas paralizante (PSP; paralytic shellfish poison), amnésica (ASP Amnesic shellfish poison) o diarreica (DSP, Diarrhetic shellfish poison). Tan pronto como su presencia es detectada, se prohíbe la extracción y comercialización de los moluscos procedentes de la ría o sección de la misma. El Real Decreto 345/1993 sobre calidad del agua establece en su anexo II que el contenido en PSP no debe sobrepasar en 80 µg por 100 gramos de parte consumible de moluscos bivalvos y que los métodos habituales de análisis biológico no deben dar reacción positiva a la presencia de DSP.

Ante esta amenaza poco se puede hacer hasta estos momentos. La prioridad absoluta es la predicción ya que la eliminación de estos fenómenos de gran extensión es, probablemente, imposible. Actualmente hay investigaciones orientadas sobre todo a la predicción.

10.8. Impacto económico

El impacto económico más significativo se produce en el retraso en la comercialización del molusco, lo que provoca una distorsión en el mercado. También la abstención de los consumidores al conocer la existencia de «mareas rojas» es un daño a la comercialización ya que provoca la caída de las ventas. En definitiva es un efecto «dominó».

En la siguiente gráfica puede observarse la evolución del número de días de cierre de los polígonos de cultivo de moluscos en bateas en Galicia, generados principalmente por biotoxinas.



Gráfica 10.1. Total días de cierre de polígonos de cultivo de moluscos en Galicia.
Elaboración propia. Fuente: Intecmar

10.9. Investigación

Muchos organismos oficiales como el IEO y el CSIC investigan sobre este tema con el objetivo de predecir y paliar los efectos de las mareas rojas. Además, el laboratorio comunitario de referencia para biotoxinas está situado en Vigo (España) y sus funciones son:



- Coordinar y asesorar a las redes europea y nacional, en la identificación de toxinas y su control.
- Liderar el desarrollo y puesta en marcha de nuevos métodos de detección de toxinas marinas en moluscos, y en la identificación de nuevas toxinas que puedan ser causa de problemas para la salud.
- Asesorar a la DG SANCO (Comisión Europea) para desarrollar la legislación necesaria que se adapte a las demandas técnicas del control de las toxinas.

11. Producción, comercialización y consumo de mejillón

11.1. Introducción

España es un país rico en especies y sistemas productivos, gracias a las particularidades biogeográficas de la península ibérica, la elevada capacidad de nuestro sistema de I+D+i y el empuje del mundo empresarial, siempre interesado en diversificar sus producciones e ingresos.

A pesar de esta riqueza productiva y del importante incremento productivo que han experimentado un buen número de especies, especialmente de peces, en los últimos años en nuestro país, sigue destacando por encima de todas el mejillón, que se sitúa como la especie más importante en volumen y valor de la producción acuícola española. Gracias a la producción de este apreciado molusco nuestro país se sitúa dentro de los 20 principales productores de acuicultura a nivel mundial y a la cabeza de la producción europea.

Como ya ha sido puesto de relieve en este cuaderno, el cultivo de mejillón se encuentra totalmente arraigado en la vida social y cultural, especialmente en una zona muy concreta de la geografía española, las rías gallegas (Tabla 11.1. Rías Gallegas), donde ser miticultor o en el acerbo popular, «bateiro», constituye todo un estilo de vida y una forma de entender la relación del ser humano con el mar. Las 3.337 bateas autorizadas por la Xunta de Galicia, se reparten de forma desigual entre las cinco rías gallegas y los 47 polígonos existentes, siendo la Ría de Arousa, la que mayor densidad de bateas y producción, registra, con casi el 70 % de las bateas ubicadas en sus 230 km² de superficie.

En los últimos años, se han incrementado significativamente las experiencias de cultivo de mejillón en nuestro país, especialmente en la Comunidad

Autónoma de Andalucía, aprovechando también la riqueza productiva de sus rías y algunas experiencias indican que en ellas puede reducirse en ciclo de cultivo de mejillón en 4-5 meses, respecto al ciclo tradicional gallego, que abarca entre 14 y 18 meses, utilizando el sistema de cultivo denominado Long-line. También merece la pena destacar las experiencias de cultivo de mejillón en el Delta del Ebro, con producciones en torno a las 4.000 toneladas en 2015, la Comunidad Valenciana, que comercializa su mejillón bajo la denominación de Clóchina de Valencia y produjo algo menos de 1.022 toneladas en 2015 o más recientemente en el País Vasco, que aún no cuenta con producción comercial de este molusco, pero que cuenta con interesantes proyectos relacionados con el cultivo en mar abierto de mejillón a través de sistemas de long-lines.

RÍA	VIGO	PONTEVEDRA	AROUSA	MUROS - NOIA	AREAS - BETANZOS
LONGITUD (KM)	33	23	33	12	19
SUPERFICIE (KM²)	175	145	230	120	72
VOLUMEN (M³)	3.100	3.240	4.300	2.700	750
PROFUNDIDAD MÁXIMA (M)	42	40	69	46A	40
RÍO	Oitavén Lagares	Lérez	Ulla Umia	Tambre	Eume Mandeo
POLÍGONOS DE MEJILLÓN	12	8	22	3	2
Nº BATEAS	478	346	2.292	118	103
% BATEAS	14,32	10,37	68,68	3,54	2,09

Tabla 11.1. Características de las rías Gallegas. Fuente: Consejo Regulador del Mejillón de Galicia.

11.2. Evolución de la producción, comercialización y consumo a nivel mundial y europeo

Según la FAO, la acuicultura sigue creciendo en términos generales en el mundo, a un ritmo menor que en los últimos años y de forma muy desigual entre las distintas regiones del planeta. Según las últimas estadísticas dis-

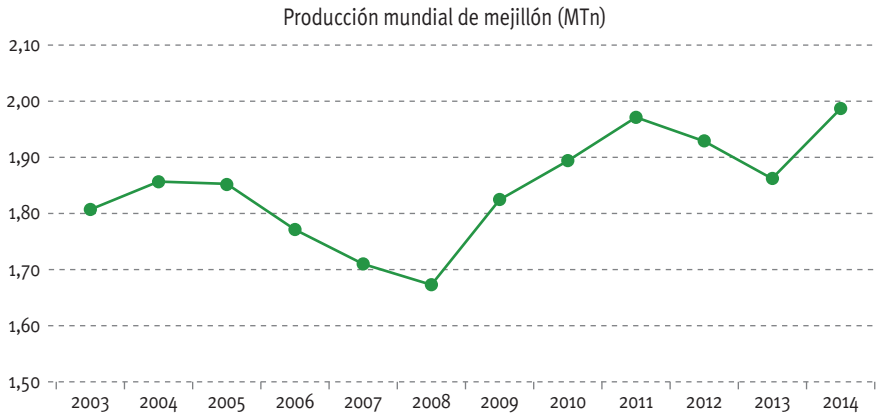


ponibles, correspondientes al año 2014, la producción acuícola mundial alcanzó 73,8 millones de toneladas se estimó en un valor de primera venta de 160.200 millones de USD, de los que 49,8 millones de toneladas de peces de escama (99.200 millones de USD) y 16,1 millones de toneladas de moluscos (19.000 millones de USD), 6,9 millones de toneladas de crustáceos (36.200 millones de USD) y 7,3 millones de toneladas de otros animales acuáticos como las ranas (3.700 millones de USD). La estadística mundial incluye también la producción de 22.400 toneladas de productos no alimentarios (222,4 millones de USD), como perlas y conchas marinas para usos ornamentales y decorativos.

La información más reciente de la FAO estima que la producción acuícola mundial de pescado representó el 44,1 % de la producción total (incluidos los usos no alimentarios) de la pesca de captura y la acuicultura en 2014, una cifra superior al 42,1 % alcanzado en 2012 y al 31,1 % registrado en 2004. En 2014, China por sí sola habría producido en torno a 45.469,0 millones de toneladas de peces comestibles, un 61,62 % de la producción mundial.

Los moluscos representan en torno al 21.8% de las especies comestibles (16,1 millones de toneladas) y su valor económico alcanza 19.000 millones de USD y dentro de estos las distintas especies de mejillón cultivadas, generaron en 2014, 1,901 millones de toneladas y el 12% de la producción de moluscos. Su valor económico ascendió a 4.070 millones de USD. Según estos datos, a nivel global, cada kilo de mejillón se comercializó de media en 2014 a 2.14 USD. En la gráfica 11.1 puede observarse la evolución de la producción de este molusco que ha experimentado en los últimos años fluctuaciones significativas, motivadas por condiciones exógenas al propio cultivo relacionadas con la productividad primaria de las zonas de cultivo, la contaminación, la salinidad y temperatura del agua etc. y en mayor medida relacionadas con el comercio internacional, la evolución de las importaciones y exportaciones y la aparición de importantes productores, como es el caso de Chile.

El primer productor de mejillón en el mundo es China y en la última década el cultivo de esta especie ha experimentado un crecimiento moderado (en 2014 se produjeron 805,583 tn). Le sigue Chile, con una producción estimada en 2014 de 240.821 tn y en tercer lugar se sitúa España con 220. 449 tn.



Gráfica 11.1. Evolución mundial producción de mejillón.
Elaboración propia. Fuente: FAO.

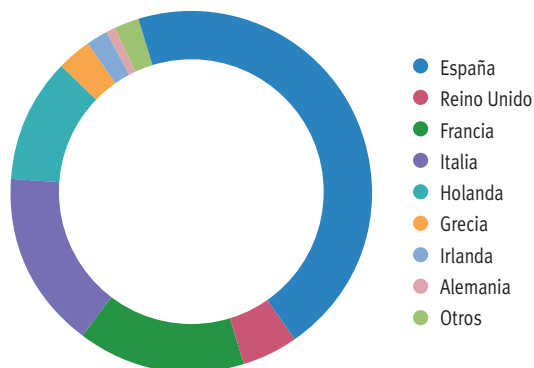
Por su parte, en el continente europeo, la acuicultura experimentó en la primera década del 2000 un profundo estancamiento en términos productivos, que parece haber llegado a su fin en 2011 y 2012, con crecimientos productivos superiores al 5% anual. En el año 2014, la producción acuícola supuso 2,933 MTn. El valor económico de esta producción fue de 13.620 millones de USD, representando un incremento económico por encima del 20% respecto al dato de 2012. Los moluscos suponen 631.789 Tn (1.508 millones de USD), según los datos de FAO para el ejercicio 2014 y dentro de estos el mejillón representa 495.974 Tn (666 millones de USD estimados). El principal país productor es España, cuya producción representó en 2014, 220.449 Tn, algo más del 44% del total. Le sigue Italia con 79.000 Tn, seguida muy de cerca por Francia con 75.100 Tn y Holanda con 54.300 Tn. Se registran menores producciones en el Reino Unido (22.500 Tn), Grecia (16.678 Tn) e Irlanda (11.374 Tn).

En la última década la producción de mejillón se ha visto reducida en Europa en más de 70.000 Tn, mostrando un tendencia de decrecimiento, como puede apreciarse en la gráfica 11.3. Las variaciones interanuales experimentadas son reflejo en gran medida de los episodios de mareas rojas que se han venido produciendo, pero intervienen también otros factores socio-económicos, que cobran cada día una mayor importancia y que están relacionados con la comercialización y las tendencias de consumo de esta especie en Europa y a nivel global.

La comercialización de productos pesqueros se ha visto favorecida a nivel global y también en Europa en los últimos años, a medida que avanzaba el proceso de

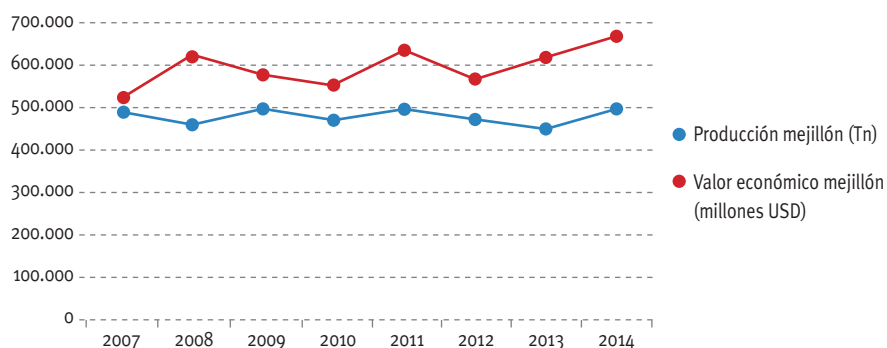


Producción europea de mejillón (2014)



Gráfica 11.2. Distribución por países de la producción Europea de mejillón 2014. Elaboración propia. Fuente: FAO.

Evolución Producción europea de mejillón



Gráfica 11.3. Evolución 2006-2014 producción y valor económico de mejillón en Europa. Elaboración propia. Datos FAO.

globalización, así, en nuestros días, una especie y así ocurre con el mejillón, puede ser producida en un país, transformada en otro y consumida en un tercero. Así, como ha ocurrido también en otros sectores en los que la mano de obra es importante, se observa a nivel global una clara tendencia a la subcontratación de los trabajos de procesado y transformación en países con salarios y costes de producción más bajos y si es posible próximos a la zona de producción de las materias primas, aumentando la competitividad y reduciendo los crecientes costes

derivados del transporte. Contribuyen a acentuar esta tendencia, el incremento del consumo de pescado generalizado en todo el mundo, la mejora de los sistemas de logística y distribución, la liberalización de los mercados y la reducción, y en algunos casos eliminación, de tasas y aranceles vinculados a la importación y un mayor acceso de los países emergentes a la procesos y tecnologías innovadoras, orientados a los nuevos gustos y tendencias de los consumidores.

Los expertos apuntan un cambio de tendencia: de una producción orientada al consumidor local a otra enfocada al comercio internacional. Esta tendencia se ve reforzada con los datos de exportaciones de productos pesqueros que han pasado de representar un 25% de los producción pesquera total en 1976 a un 36% en 2014. También ha crecido notablemente el comercio mundial de pescado y productos pesqueros en cuanto al valor. Las exportaciones pasaron de 8.000 millones de USD en 1976 a 148.000 millones de USD en 2014.

Como es lógico, la crisis global que desde el año 2009 han experimentado en mayor o menor medida todos los países, ha motivado una estabilización del comercio internacional de productos pesqueros, que tradicionalmente se encuentra muy ligado a la evolución de la economía mundial. La recuperación de los índices macroeconómicos en 2015 y las previsiones de recuperación del crecimiento económico en los países más desarrollados, tras años de recesión, y la estabilización y moderación de las economías de los países emergentes, incluida China, permite aventurar que la demanda de productos pesqueros y especialmente acuícolas, de alto valor comercial, se verá incrementada, lo que podría afectar a sus precios.

Europa es el principal importador de productos pesqueros a nivel global y lo seguirá siendo en los próximos años, debido al incremento del consumo de pescado y a las limitaciones internas para incrementar la oferta de productos pesqueros, especialmente a través de la acuicultura. Si hacemos el análisis por países, observamos que a pesar del incremento que están experimentando las importaciones chinas, hasta situarse en 2014 como el tercer lugar, Estados Unidos y Japón siguen liderando las importaciones. El cuarto lugar lo ocupa España, con unas importaciones en 2014 de 7.051 millones de USD, a las que contribuyen de manera muy significativa las importaciones de mejillón. El dato en euros facilitado por la Agencia Estatal de Administración Tributaria, sitúa las importaciones en 2015 en 5.783 millones de euros, de los cuales, algo más de



1.035 millones de corresponden a la categoría de moluscos, con 372.788 Tn importadas.

Europa es el principal importador de productos pesqueros a nivel global y lo seguirá siendo en los próximos años, debido al incremento del consumo de pescado y a las limitaciones internas para incrementar la oferta de productos pesqueros, especialmente a través de la acuicultura. Si hacemos el análisis por países, observamos que a pesar del incremento que están experimentando las importaciones chinas, hasta situarse en 2014 como el tercer lugar, Estados Unidos y Japón siguen liderando las importaciones. El cuarto lugar lo ocupa España, con unas importaciones en 2014 de 7.051 millones de USD, a las que contribuyen de manera muy significativa las importaciones de mejillón. El dato en euros facilitado por la Agencia Estatal de Administración Tributaria, sitúa las importaciones en 2015 en 5.783 millones de euros, de los cuales, algo más de 1.035 millones de corresponden a la categoría de moluscos, con 372.788 Tn importadas.

En relación a las exportaciones, China es con diferencia el primer exportador del mundo, con 20.980 millones de USD, seguido de Noruega, Vietnam y Tailandia. China es el principal productor de pescado y también es el mayor exportador de

	EXPORTADORES	IMPORTADORES	
China	20.980	20.317	Estados Unidos de América
Noruega	10.803	14.844	Japón
Vietnam	8.029	8.501	China
Tailandia	6.565	7.051	España
Estados Unidos de América	6.144	6.670	Francia
Chile	5.854	6.205	Alemania
India	5.604	6.166	Italia
Dinamarca	4.765	4.783	Suecia
Países Bajos	4.555	4.638	Reino unido
Canadá	4.503	4.271	República de corea
SUBTOTAL 10 PRINCIPALES	77.801	83.447	SUBTOTAL 10 PRINCIPALES
SUBTOTAL RESTO DEL MUNDO	70.346	57.169	SUBTOTAL RESTO DEL MUNDO
TOTAL MUNDIAL	148.147	140.616	TOTAL MUNDIAL
Millones de USD			

Tabla 11.2. Ranking importadores y exportadores de productos pesqueros 2014.
Fuente de los datos FAO. Elaboración propia.

pescado y productos pesqueros desde 2002, Estados Unidos de América ocupa el quinto lugar con 6144 millones de USD. España no está presente en este ranking de 2014 pero en 2012 ocupaba el noveno puesto con 3.927 millones de USD. En el caso de Estados Unidos, Japón, China y España aparecen en este orden en los primeros puestos del ranking de importaciones, un porcentaje muy significativo de las importaciones se destinan a su elaboración o transformación y posterior exportación. En el caso de España, el puerto de Vigo, es una referencia a nivel mundial (Garza et al, 2007) en la recepción de productos pesqueros congelados destinados a la elaboración de transformados.

Por su parte la Unión Europea es, con diferencia, el mayor mercado único de pescado y productos pesqueros importados, valorado en 54.000 millones de USD en 2014 (28.000 millones de USD si se excluye el comercio dentro de la UE), es decir, un 6 % más que en 2013. Las estimaciones para 2015 indican una disminución del 11 % en su valor de importación en dólares estadounidenses; sin embargo, en euros, sus importaciones se incrementaron más de un 6 %.

Las importaciones europeas se producen mayoritariamente (61%) entre países europeos y en menor medida proceden de Asia (15%), África y América del Sur (8%), Estados Unidos (6%) y Oceanía (1%).

No resulta posible diferenciar, en estos datos estadísticos agregados, que parte de las importaciones y exportaciones mundiales corresponde a productos pesqueros procedentes de la pesca y de la acuicultura, ya que estos se integran de manera agregada en función de su formato de comercialización (peces vivos, pescado fresco y refrigerado, pescado congelado, filetes y carne de pescado, pescado seco, salado o en salmuera, ahumado, crustáceos, moluscos, preparados y conservas de pescado y preparados y conservas de moluscos, entre otros), pero lo que sí que resulta indiscutible es que los productos procedentes de la acuicultura, especialmente los de mayor valor económico, juegan cada día un papel más importante en el comercio internacional de pescado, habiendo multiplicado de manera significativa su presencia en la última década en las mesas de los consumidores, diversificando las especies y productos a las que estos pueden acceder y dotando al comercio de productos pesqueros de un mayor peso en el contexto del comercio internacional.

A este hecho también ha contribuido los cambios experimentados en los gustos de los consumidores, cada día más exigentes y diversos, en los cuales se observa una clara evolución hacia una mayor demanda de productos congela-



dos y preparados o en conserva. En ambos casos han duplicado su dato de exportación en los últimos 40 años.

Desde la perspectiva del consumo todos los datos y previsiones indican que en los próximos años se mantendrá la tendencia de incremento del consumo de productos pesqueros, apoyado en el incremento de la población mundial, los ingresos, especialmente con la expansión de la clase media chica con una mayor capacidad adquisitiva, la urbanización y la diversificación de la dieta.

Según las previsiones realizadas por la FAO para el año 2025, los precios medios al productor serán presumiblemente más elevados que durante el período de referencia 2013-15, puesto que se espera que el crecimiento de la demanda supere al de la oferta. Sin embargo, se prevé que los precios medios de los productos comercializados para el consumo humano y la obtención de harina y aceite de pescado sean ligeramente inferiores en 2025 en comparación con el período de referencia. No obstante, en términos reales, se prevé que todos los precios desciendan ligeramente tras alcanzar su máximo en 2014 y que posteriormente se mantengan estables en un rango elevado.

Según el informe Fish to 2030 (El pescado hasta 2030), elaborado por el Banco Mundial y basado en los resultados del modelo IMPACT del IFPRI, se han realizado unas proyecciones hasta 2030, resumidas en la siguiente tabla 11.3.

11.3. Evolución de la producción, comercialización y consumo de mejillón en España

En nuestro país se crían más de una veintena de especies de moluscos. La mayoría de ellas presentan pequeñas producciones, con la excepción de las tres especies de almeja (babosa, fina y japonesa), el berberecho, la ostra y el ostión y muy especialmente el mejillón, que representó en 2015 el 99% de la producción y el 88% del valor económico respecto a los moluscos y algo más del 81% de la producción acuícola nacional y el 20% de su valor. El cultivo de esta especie, que como se ha puesto de relieve en este cuaderno, se asienta sobre todo en las 5 rías gallegas, representa un importante motor de desarrollo social y económico de estas zonas estrechamente vinculadas a los sectores marítimo, pesquero y acuícola.

	SUMINISTRO DE PESCADO (Millones de tn)		CONSUMO DE PESCADO (Millones de Tn)	
	Datos 2008	Proyección 2030	Datos 2008	Proyección 2030
Captura	89 443	93 229	64 533	58 159
Acuicultura	52 843	93 612	47 164	93 612
Total mundial	142 285	186 842	111 697	15 1771
Desglose regional:				
Europa y Asia central	14 564	15 796	16 290	16 735
América del norte	6 064	6 472	8 151	10 674
América Latina y el Caribe	17 427	21 829	5 246	5 200
Otros Asia oriental y el Pacífico	3 724	3 956	3 866	2 943
China	49 224	68 950	35 291	57 361
Japón	4 912	4 702	7 485	7 447
Asia Sudoriental	20 009	29 092	14 623	19 327
Otros Asia meridional	6 815	9 975	4 940	9 331
India	7 589	12 731	5 887	10 054
Cercano Oriente y África del Norte	3 518	4 680	3 604	4 730
África Subsahariana	5 654	5 936	5 947	7 759
Resto del Mundo	2 786	2 724	367	208

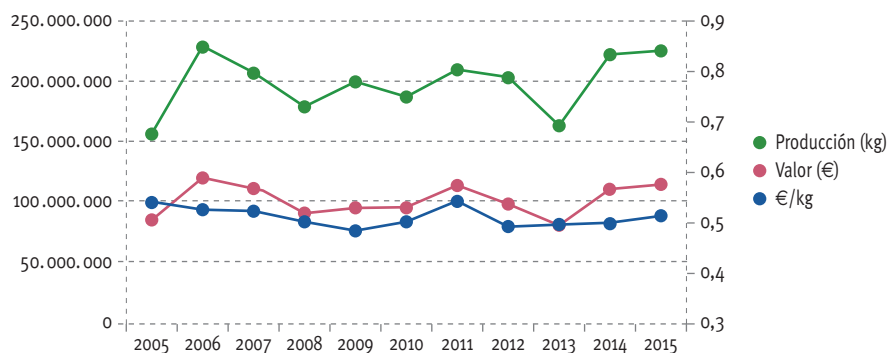
Tabla 11.3. Proyecciones del modelo IMPACT, Fish to 2030.

La producción de mejillón alcanzó en 2015 las 225.307 toneladas, dato 39% superior al de 2013, que ascendió a 162.012 toneladas. Según los agentes del sector mejillonero existe en este dato una minoración de la producción real derivada del sistema de comercialización y producción. Esta producción se centra en la Comunidad Autónoma de Galicia, que representó en 2015 el 95,7% con 217.999 Tn seguida a larga distancia de Cataluña (3.911 Tn), Andalucía (2.254 Tn), la Comunidad Valenciana (1.022 Tn) y las Islas Baleares (118 Tn). En términos de valor económico la producción de mejillón reportó, en 2015 unos ingresos de 115,179 M de euros, el 22,4% del valor agregado de la producción española. El precio medio del kg de mejillón comercializado se situó en 2015 en los 0,51, precio muy similar al obtenido en los últimos años.

La gráfica 11.4 muestra la evolución que ha experimentado la producción de mejillón en nuestro país.



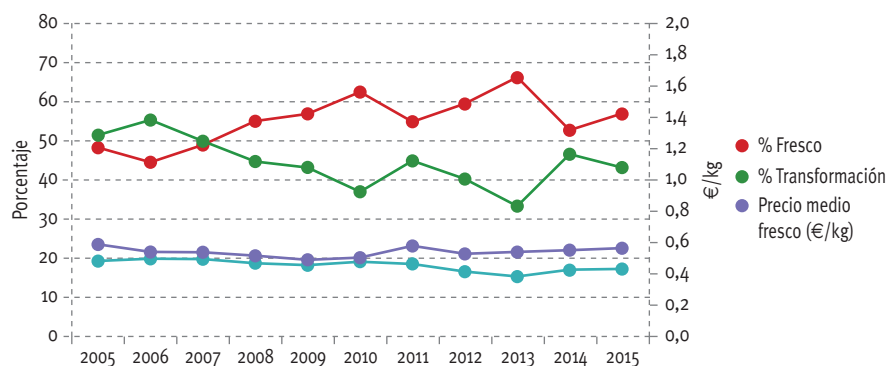
11. Producción, comercialización y consumo de mejillón



Gráfica 11.4. Evolución 2005-2015 producción mejillón en España.
Elaboración propia. Datos MAPAMA.

Los moluscos producidos en nuestro país se comercializan, en un porcentaje superior al 78%, dentro de la misma CCAA donde han sido criados, y el 22% restante se distribuye entre su comercialización en el resto de España con el 6% y en la UE con 12%. La producción destinada a su comercialización en terceros países es prácticamente inexistente.

La totalidad del mejillón se destina al consumo humano, en un 57% de manera directa, en fresco y en un 43% a través de la industria alimentaria. En los últimos años se observa una ligera tendencia a una mayor comercialización del mejillón producido en España a través del canal en fresco. La gráfica 11.5 muestra esta tendencia.



Gráfica 5. Comparativa evolución 2005-2015 destino producción de mejillón.
Elaboración propia. Datos MAPAMA.

Esta tendencia se acentúa a partir de 2007, año en el que la Unión Europea establece el Acuerdo de Asociación y Libre Comercio (ALC) con Chile, y elimina los aranceles a las importaciones de mejillón procedentes de este país.

Según los datos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente relativos a la industria transformadora, nuestro país produjo en 2014, algo más de 911.624 toneladas de productos de pescado elaborados o en conserva y de productos a base de pescado, con un valor económico de 3.578 millones de €.

Estos datos representan un incremento del 7% en cantidad y del 3% en valor respecto a los datos correspondientes al 2013. Dentro de este importante sector económico, los productos elaborados con mejillón, representaron en 2014 en conjunto 37.415 toneladas, y un valor económico de 168.173 miles de €, correspondiendo 23.620 toneladas a las conservas o preparados de mejillón y 13.795 toneladas a la vieira y mejillón congelados. Estos datos son significativamente superiores a los datos de 2013, que representaron 28.902 toneladas de mejillón elaborado, con un valor económico de 124.318 €.

11.4. Perspectivas

El plan estratégico plurianual de la acuicultura española 2014-2020 (PEAE), aprobado por la Conferencia Sectorial de Pesca en abril de 2015, incluye un completo análisis de la evolución del sector acuícola español, de sus perspectivas de desarrollo y crecimiento y un amplio conjunto de acciones estratégicas en clave nacional (37) y autonómica (321) cuya puesta en marcha en los próximos años permitirá la consecución de los objetivos estratégicos, alcanzando, en último término la visión establecida en el plan, que no es otra que conseguir que la acuicultura española en el año 2030 sea un sector económico, sostenible, pujante y competitivo, capaz de crear riqueza para la sociedad y ofrecer empleo de calidad.

El PEAE incluye un DAFO para el conjunto del sector acuícola español y un DAFO para cada uno de los subsectores que lo integran, habiéndose destacado en el caso del cultivo de mejillón los siguientes aspectos:

DAFO Cultivo Moluscos

DEBILIDADES
1. Escaso dinamismo en la producción.
2. Inseguridad jurídica.
3. Amplios plazos para la tramitación administrativa.
4. Planificación de la actividad acuícola con un perfil predominantemente sectorial y sin una coordinación total con su dimensión territorial.
5. Atomización del sector y de sus estructuras organizativas.
6. Escasa coordinación de políticas y líneas de trabajo en I+D+i específicas para el sector.
7. Escasa transferencia de resultados de investigación al sector productor.
FORTALEZAS
1. Existencia de centros de investigación especializados en la cría de moluscos.
2. Capacidad innovadora acreditada.
3. Condiciones naturales del territorio.
4. Apertura de mercados gracias a la pesca y a la transformación.
5. Complementariedad de especies con la pesca y el marisqueo.
6. Existencia de apoyo institucional a nivel regional.
7. Elevada capacidad para la diversificación de productos a través de la I+D+i.
8. Actividad con un fuerte arraigo social y cultural.
9. Existencia de entidades formativas de contratada valía y experiencia.
10. Sistema de trazabilidad y control de eficacia contrastada.
AMENAZAS
1. Creciente competencia internacional y desigualdad de oportunidades.
2. Atracción hacia los mercados de productos pesqueros de la Unión Europea de producciones de terceros países.
3. Existencia de conflictos crecientes por el uso del suelo y del agua.
4. Elevado número de actividades económicas que impactan sobre las zonas de cultivo.
5. Elevados crecimientos productivos a nivel global, frente a un estancamiento de la producción nacional.
6. Aspectos sanitarios vinculados a los impactos de los otros usos sobre la zona litoral.
7. Capacidad productiva infrautilizada.

OPORTUNIDADES
1. Apuesta decidida por la acuicultura en el marco de la nueva Política Común de Pesca Europea.
2. Existencia de financiación europea en la actualidad (FEP) y en el futuro (FEMP).
3. Apuesta por la acuicultura en el marco de las planificaciones estratégicas autonómicas, especialmente en Galicia.
4. Incremento del consumo de productos acuáticos a nivel global y nacional.
5. Existencia de la DOP «Mexillón de Galicia».
6. Creciente interés por los cultivos multitroóficos integrados.
7. Proyección internacional de procesos y productos.
8. Existencia de centros de investigación con capacidad de transferencia y proyección internacional.
9. Capacidad productiva elevada, economía de escala.

Entra las demandas del sector productor, recogidas también en el PEAE, con vistas a su crecimiento y desarrollo se encuentran las siguientes:

1. **Aumento de la competitividad:** Es necesario investigar e innovar en otros formatos y presentaciones así como en la valoración del producto.
 - El incremento de las exportaciones es un factor muy importante en la comercialización, el mejillón chileno lleva ventaja y esta copando los mercados de Francia, Bélgica, y Rusia entre otros. Por esto, se debe hacer una estrategia de comercialización, estudiando cada uno de los mercados, la importancia de las marcas de calidad diferenciada (DOP Mexillón de Galicia, Agricultura ecológica) u otras marcas de certificación (IFS, MSC, etcétera).
 - En cuanto a la transformación, es necesaria una nueva apuesta por la innovación y el desarrollo de nuevos productos y formatos.
 - El Consello Galego de Pesca ya se pronunció ante la Política Pesquera Común sobre la necesidad de avanzar en la identificación y diferenciación de los productos del mar y la igualdad de existencias en el etiquetado para todos los productos.

2. **Mejoras administrativas que faciliten el trabajo y la gestión:** Hay que priorizar objetivos y orientar los fondos de cara a dichos objetivos.
 - El marco administrativo de la flota auxiliar, las normas de seguridad marítima aplicadas a este sector, las normas del personal enrolado en las em-



barcaciones, que dificultan las labores operacionales. La legislación actual no está adaptada a este sector, obliga a los bateiros a que cada uno tenga su propia embarcación.

- Seguir atendiendo a los proyectos de nuevas bateas, aunque no sean innovadoras.
- Supresión del canon de ocupación desde el año 2010 y un trato igualitario ya que las asociaciones están exentas de pagar este canon a excepción de las Rías de Pontevedra y Vigo.
- Mayor control sobre las actividades pesqueras alrededor de las bateas.
- Saneamiento de las rías, ya que el deterioro ambiental afecta al cultivo de mejillón.
- Mayor control en la implementación de fábricas en las zonas portuarias y costeras, evitando la contaminación.
- Las cotizaciones a la Seguridad Social deben ser por la batea y no por el barco.
- Minimizar el impacto de los episodios tóxicos y acelerar la disminución de la toxina del mejillón.

3. Formación:

- Es necesario ajustar las actuales titulaciones de patrón para las embarcaciones auxiliares de bateas. Debe permitirse el intercambio de medios humanos en las distintas explotaciones.
- Adecuación de las titulaciones formativas específicas del sector mejillero. Realizar promociones internas para los actuales trabajadores. Algunas titulaciones a distancia solo se pueden hacer en Asturias o Alicante.
- Potenciar la licencia profesional a través de la valoración de la experiencia.

4. Mayor organización sectorial:

- Debe fomentarse la organización y unión del sector, lo que redundará en su propio beneficio.
- Falta de campañas de promoción.

En lo que respecta a las previsiones de crecimiento el PEAE incluye una estimación de la evolución de la producción y de su valor económico, así como del empleo, a partir de la aplicación de la metodología del crecimiento anual promedio en tres escenarios, pesimista, moderador y optimista, a partir del análisis de toda una serie de factores directos e indirectos que afecta a la evolución del sector.

La previsiones realizadas para el mejillón se recogen en la tabla 11.4.

		2.012	2.015	2.020	2.025	2.030
Producción a talla comercial	Escenario Pesimista	203.663	204.268	204.472,0	214.902	228.100,6
	Escenario Moderado	203.663	216.129	238.156,0	262.737	290.083,15
	Escenario Optimista	203.663	222.548	257.994,2	299.086	346.722,62
	Valor económico moderado (miles €)	100.296	105.903	116.696	131.369	145.042
	Precio medio moderado (€/Kg)	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50
Producción alevines	Producción alevines (millones de individuos)	68,75	75,12	86,84	100,55	116,57
	Valor económico (miles €)	15	16	18	22	25
	Precio medio alevín	-	-	-	-	-
TOTAL	Empleo (UTA)	2.100	2.142	2.213	2.287	2.365
	Empleo (Personas)	13.700	13.925	14.386	14.868	15.370
	Valor económico total (miles €)	100.311	105.919	116.714	131.391	145.067
Crecimiento promedio anual escenario pesimista			0,10	0,10	1,00	1,00
Crecimiento promedio anual escenario moderado			2,00	1,90	2,00	2,00
Crecimiento promedio anual escenario optimista			3,00	3,00	3,00	3,00
Crecimiento total acumulado				16,94		42,43

Tabla 11.4. Previsiones crecimiento producción mejillón. Fuente: PEAE.

12. Las enfermedades del mejillón

Uno de los principales retos a los que se enfrenta la producción de moluscos bivalvos es la prevención y el control de las enfermedades. El control de las enfermedades en las explotaciones acuícolas es crítico, ya que de poco sirve una especie de buen crecimiento alto valor comercial si esta especie se muere o desarrolla malformaciones como consecuencia de una enfermedad que limite su comercialización. Estas enfermedades en ocasiones pueden producir pérdidas recurrentes, debido a condiciones ambientales estacionales o a la superación de un umbral de estrés en los hospedadores. Conocer el desarrollo de la enfermedad, así como un rápido diagnóstico de la misma es vital en la producción acuícola.

La investigación en enfermedades de moluscos ha estado enfocada principalmente a los estudios de la morfología del patógeno y su ultraestructura, los



efectos de factores ambientales sobre los patógenos y su infectividad y en el desarrollo de técnicas de diagnóstico basadas en la inmunología y en biología molecular. Además, se han puesto a punto reacciones en cadena de la polimerasa (PCRs) específicas para los patógenos más importantes de moluscos que tienen una mayor eficacia en la detección de los mismos que las tradicionales técnicas de citología e histología.

Hay muy pocos medios para reducir el efecto de los patógenos en la acuicultura. Por lo general, los moluscos son cultivados en mar abierto lo que limita fuertemente el potencial uso de quimioterapias por la gran cantidad de producto usado, su impacto en el medio ambiente y el riesgo de re-infección. Igualmente, la vacunación no es una opción ya que los moluscos no poseen inmunidad adquirida y, por tanto, no producen anticuerpos.

Las enfermedades que afectan al mejillón son pocas y de hecho las mortalidades registradas también son escasas.

12.1. Neoplasias

Las neoplasias gonadales son los segundos tumores más diagnosticados en moluscos bivalvos. Entre otras especies, se han descrito neoplasias gonadales en mejillones *M. galloprovincialis* (ALONSO et al. 2001) y en *Mytilus edulis* (ELSTON et al. 1990) Aunque el establecimiento de relaciones causa-efecto entre la detección de signos de enfermedad y mortalidad en poblaciones naturales de moluscos bivalvos resulta muy difícil, existen estudios que responsabilizan a las enfermedades de tipo neoplásico de originar mortalidad en especies de moluscos de interés comercial como el mejillón (ELSTON et al. 1992). ELSTON et al. (1992) describen como en *Mytilus edulis* de la costa oeste de los Estados Unidos la presencia de neoplasia estaba asociada con un retraso de la gametogénesis en períodos de baja cantidad de alimento en el medioambiente pero no cuando el alimento abundaba.

La transmisión de la neoplasia diseminada se ha constatado tanto en condiciones experimentales como en el medio natural de hecho se consiguió, en *Mytilus edulis* (ELSTON et al. 1988a), la transmisión de la neoplasia mediante inoculación de hemolinfa de individuos enfermos a sanos. Los estudios más recientes de las neoplasias de moluscos se centran en aclarar el papel de alteraciones genéticas. Las mutaciones del gen p53 son las más estudiadas de-

bido a su función reguladora del ciclo celular y de la apoptosis y a su alta frecuencia de mutación en cánceres humanos. Se ha secuenciado el gen p53 en diversas especies de mejillón.

12.2. Virus

Los mejillones son animales filtradores que pueden acumular virus, no solo propios, sino también de otros animales. Es posible que muchos de estos virus ni siquiera repliquen en los moluscos y simplemente sean reservorios de virus de vertebrados que llegan a su hospedador definitivo mediante la ingestión del molusco.

Existen bastantes publicaciones sobre la detección de partículas virales similares a picornavirus en moluscos bivalvos, sin embargo, en ningún caso se llevó a cabo un aislamiento de los virus en línea celular y simplemente han sido visualizados mediante microscopía electrónica o con tinciones de ácidos nucleicos, por lo que faltan evidencias de que los virus detectados sean la causa de las mortalidades de los bivalvos. En 1986, RASMUSSEN detectó partículas virales de unos 27 nm de diámetro en *Mytilus edulis* en Dinamarca. Las partículas se encontraban en vesículas formando estructuras paracristalinas o individualmente y se asociaron a granulocitomas. Más adelante se publicó la presencia de picornavirus en otro mejillón, *Perna canaliculus*, que sufría mortalidades en Nueva Zelanda (JONES *et al.* 1996). Estaba asociada a hemocitosis extensiva y necrosis de las células intersticiales, basales y las del epitelio de los túbulos digestivos. El estudio ultraestructural reveló el retículo endoplasmático muy modificado y asociado a partículas similares a virus envueltas que medían de 25 a 45 nm de diámetro. Se detectaron también en *M. galloprovincialis* de la misma zona. Más adelante, en 1999, COMPS *et al.* detectaron partículas similares a virus en la ostra perlífera *Pinctada margaritifera* en la Polinesia francesa. Se visualizaron en granulocitomas asociados a necrosis focales y se sugirió que podría tratarse de un picornavirus.

12.3. Bacterias

La especie *V. alginolyticus* ha sido identificada como responsable de mortalidades en larvas de numerosas especies de bivalvos. En los experimentos realizados con huevos de *Mytilus galloprovincialis* se observa un efecto sub letal, no hay mortalidades masivas pero se ve afectado el desarrollo normal



(ANGUIANO-BELTRÁN et al. 2004). Desde la primera descripción de mortalidades de mejillón (*Mytilus californianus*) adulto ocasionadas por bacterias (ZOBELL y FELTHAM 1938), se han descrito casos de mortalidades de diferentes especies de bivalvos producidas por diferentes especies de *Vibrio* como *V. tubiashii*, *V. alginolyticus* o *V. splendidus* entre otros (GAY et al. 2004 a,b). En 2014 se ha relacionado la aparición de grandes mortalidades de mejillón en la costa atlántica francesa con el aislamiento de varias especies de *Vibrio*.

12.4. Parásitos protozoos

M. refringens es un parásito protozoo que causó graves problemas en los cultivos de ostra plana, *O. edulis* en Francia, y que se detecta en el mejillón *Mytilus* spp. *M. refringens* se aisló por primera vez en la ostra plana de la Bretaña Francesa (Aber Wrach). Como consecuencia de las transferencias de ostra plana de unas zonas a otras, también se encuentra *M. refringens* en la zona intermareal del litoral atlántico de Francia, en Marruecos (laguna de Nador), España (costa mediterránea y atlántica) e Italia.

La prevención de la marteiliosis es de crucial importancia en la acuicultura de moluscos ya que los episodios de mortalidad son un cuello de botella para la producción debido a que afectan al desarrollo socioeconómico del sector. En Francia, durante la década de los setenta los episodios de mortalidad debidos a la marteiliosis y a la bonamiosis (otra enfermedad de graves consecuencias que afecta a los moluscos bivalvos y que se explicará en detalle en otro capítulo) llevaron consigo una disminución de la producción desde aproximadamente 20.000 toneladas por año en 1970, a unas 2.000 toneladas por año a principios de los años ochenta. En aproximadamente una década, la producción de ostra plana en Francia sufrió un fuerte declive que llegó a impactar negativamente en la economía del país (BERTHE et al. 2004)

Este parásito causa la enfermedad conocida como enfermedad de la glándula digestiva o de Aber. *M. refringens* parasita la glándula digestiva de la ostra y del mejillón induciendo una decoloración de la misma y una reducción de la cantidad de glucógeno presente en las ostras afectadas. Los bivalvos parasitados aparecen muy delgados con la consiguiente reducción del crecimiento y con episodios de mortalidad. La parasitosis va acompañada de cambios histopatológicos que afectan a las células del epitelio del estómago y de los túbulos

digestivos que muchas veces experimentan cambios necróticos. Todos estos efectos se observan en ostra plana, porque en el caso del mejillón, la presencia de *M. refringens* no está vinculada a mortalidades. Como ocurre generalmente con *Mytilus spp.*, pueden no ser los responsables de mortalidades elevadas, pero sí pueden provocar problemas de carácter fisiológico como la pérdida de índice de condición o problemas en el desarrollo gonadal (VILLALBA *et al.* 1993b; PÉREZ CAMACHO *et al.* 1997).

El desarrollo de células adipo-granulares de almacenaje en el manto del mejillón, *Mytilus galloprovincialis*, se ve disminuido por la presencia de *Marteilia refringens* (VILLALBA *et al.* 1993b). Al igual que ocurre con *O. edulis* las esporas maduras también rompen los túbulos digestivos al ser liberadas al medio externo (ROBLEDO y FIGUERAS 1995). Como se ha comentado anteriormente, el parásito también tiene efectos negativos sobre el desarrollo gonadal de los mejillones, ya que la presencia del mismo puede llegar a reducir la gametogénesis significativamente, haciendo que los individuos más parasitados sean incapaces de empezar un nuevo ciclo gametogénico al año siguiente (VILLALBA *et al.* 1993b). En el caso de los mejillones hay discrepancias entre autores a la hora de valorar el potencial letal de este parásito, así mientras algunos autores han responsabilizado a *Marteilia refringens* de mortalidades altas en mejillón (VILLALBA *et al.* 1993c; FUENTES *et al.* 1994) otros indican que la patogénesis de este paramyxo no está asociada a mortalidades (COMPS *et al.* 1982; LONGSHAW *et al.* 2001).

Es necesario señalar la presencia de *M. maurini* en mejillones *M. galloprovincialis* y *M. edulis*, solapándose su distribución con la de *M. refringens* en Europa, si bien se cree que podría ser una especie sinónima o una variedad de esta última. Las distintas especies de *Marteilia* no se distinguen morfológicamente mediante microscopía óptica. Además, se han descrito diferentes especies de *Marteilia spp.* en otros hospedadores como *Cerastoderma edule*, *Venerupis pullastra*, *Venerupis rhomboides* y *Ruditapes decussatus* tanto en Francia como en Galicia, *Argopecten gibbus* de La Florida (E.E.U.U.), *Tridacna maxima* en Fiji, *Ruditapes philippinarum* en Japón y *Solen marginatus* en Galicia.

No existen características ultraestructurales que permitan separar *Marteilia maurini* (descrita originalmente en mejillones) y *M. refringens* (descrita originalmente



en ostra plana) (Longshaw *et al.*, 2001). La secuencia de la subunidad pequeña del RNA ribosómico (18S SSU rRNA) es idéntica en todos los aislados de *Marteilia* estudiados (Berthe *et al.*, 2000). Sin embargo, la región interna espaciadora transcrita del clúster de genes ribosómicos (ITS-1) que evoluciona más rápidamente que la SSU rRNA revela un posible polimorfismo. Este hecho se determinó fácilmente mediante análisis de RFLP (restriction fragment length polymorphism) de un fragmento de esta región ITS, y se detectaron dos perfiles: el tipo «O» que correspondería a *M. refringens* presente en ostra plana y el tipo «M» que correspondería *M. maurini* presente en mejillón (Le Roux *et al.*, 2001). Estudios posteriores llevados a cabo en España mostraron que aunque había dos linajes evolutivos diferentes que más o menos se correspondían de forma estricta con los tipos «M» y «O», era evidente que en base a estudios filogenéticos algunos tipos «O» habían mutado a «M» y viceversa. Además se encontraron *Marteilia* tipo «O» en mejillones y tipo «M» en ostras lo que sugiere que probablemente haya habido varias transmisiones de *Marteilia* entre especies de mejillón y ostra.

La lista de especies en el género *Marteilia* no se debe dar por concluida ya que se han descrito aislados cuya validación está aún por aclarar. Así, en Europa, se han descrito *Marteilia sp.*, en berberecho, *Cardium edule*, en almeja *Tapes decussatus*, *Tapes romboides* y *Tapes pullastra* (COMPS *et al.* 1975; PODER *et al.* 1983; VILLALBA *et al.* 1993a; FIGUERAS *et al.* 1996), en navajas *Ensis minor* y *E. siliqua* (CESCHIA *et al.* 2001) en *Solen marginatus* (LOPEZ y DARRIBA 2006) y en mejillones, *Mytilus modiolus*, *M. edulis* y *M. galloprovincialis* (COMPS *et al.*, 1975; PODER *et al.*, 1983; AUFFRET y PODER 1985, 1987; CESCHIA *et al.* 1991; FIGUERAS *et al.* 1991, ZRNCIC *et al.* 2001; ICES-WGPDMO 2006) aunque éstos últimos informes se refieren a aislados de *M. maurini*.

Sobre *Marteilia* se han realizado importantes esfuerzos en el desarrollo de técnicas inmunológicas y moleculares para diagnosticar el parásito, identificando los tipos de parásitos presentes en mejillones y ostra en distintos lugares de Europa y aplicando estas nuevas metodologías para el estudio del ciclo de vida de *Marteilia*.

Sin embargo, quedan varias cuestiones pendientes: ¿hay dos especies de *Marteilia* en Europa, una parasitando mejillones y otra la ostra plana? ¿Debería ser la *Marteilia* que aparece en el mejillón, sin causar mortalidades, una enfermedad de declaración obligatoria? ¿Cual es el huésped intermediario?

Por ejemplo, *Crassostrea gigas*, *Mytilus edulis*, *M. edulis*, *Ruditapes decussatus*, *R. philippinarum* no son ni vectores ni huéspedes intermediarios de *Bonamia ostreae*. El copépodo *Paracartia granii* puede actuar como un huésped intermediario en el ciclo de vida de *Marteilia refringens* (Audemard *et al.*, 2002) aunque se deben llevar a cabo más esfuerzos en estos estudios sobre los ciclos de vida que pueden permitir controlar la expansión de estos patógenos.

Los protozoos del filo Haplosporidia son parásitos obligados o hiperparásitos de una amplia variedad de hospedadores invertebrados. importantes mortalidades y pérdidas económicas que ocasionan al sector marisquero en todo el mundo: *Haplosporidium nelsoni*, *Bonamia ostreae* y *Bonamia exitiosa*. *H. nelsoni* es causante de mortalidades masivas de la ostra *Crassostrea virginica* de la costa atlántica de los EEUU; además se ha detectado en ostras *Crassostrea gigas* en EEUU, Corea, Japón y Francia. A *B. ostreae* se le responsabiliza de mortalidades muy altas de la ostra plana *Ostrea edulis* en la costa atlántica Europea y en el litoral pacífico y atlántico de los EEUU; también se ha detectado en Canadá y en Marruecos. *B. exitiosa* ha causado mortalidades masivas de la ostra *Ostrea chilensis* en Nueva Zelanda y también se ha detectado su presencia en ostras *Ostrea angasi* de Australia y *O. edulis* de España.

Minchinia sp. también ha sido identificada infectando al mejillón *Mytilus galloprovincialis* en Francia (COMPS y TIGÉ 1997). CARBALLAL *et al.* (2005) describieron la ultraestructura de la espora de *Urosporidium sp.* infectando al turbelario *Paravortex cardii*, localizado en el lumen digestivo de un berberecho, *Cerastoderma edule*, en Galicia (España). Otros parásitos tipo Haplosporidia se han descrito infectando las ostras *C. gigas* en California (EEUU) (KATKANSKY y WARNER 1970) y *Ostrea lurida* en Oregón (EEUU) (MIX y SPRAGUE 1974); las almejas *Tresus capax* en Oregón (ARMSTRONG y ARMSTRONG 1974), *Ruditapes decussatus* en Galicia (NOVOA *et al.* 2004) y *Ruditapes philippinarum* en Japón (ITO *et al.* 2005); la vieira *Argopecten irradians* en China (CHU *et al.* 1996); el longueirón *Ensis minor* en Italia (CESCHIA *et al.* 2001); los mejillones *Mytilus edulis* en Maine (EEUU), Nueva Escocia (Canadá) (FIGUERAS *et al.* 1991; STEPHENSON *et al.* 2002) e Inglaterra (Reino Unido) (BIGNELL *et al.* 2008) y *Mytilus galloprovincialis* en Galicia (FUENTES *et al.* 2002) e Inglaterra (BIGNELL *et al.* 2008); y el mejillón cebrá *Dreissena polymorpha* en Francia y Alemania (BURRESON y FORD 2004).



12.5. Bonamia

Aunque *Bonamia ostreae* infecta principalmente a la ostra plana (*Ostrea edulis*) no ha sido posible infectar experimentalmente a la ostra japonesa *C. gigas*, los mejillones *Mytilus edulis* y *M. galloprovincialis*, las almejas *Ruditapes decussatus* y *R. philippinarum* y el berberecho, *Cerastoderma edule* (VAN BANNING 1987; FIGUERAS y ROBLEDO 1994; RENAULT *et al.* 1995; CULLOTY *et al.* 1999).

12.6. Parásitos metazoos

Los metazoos que causan perjuicios en los bivalvos sometidos a explotación son muy diversos. La patología ocasionada por los copépodos es, en general, leve; sin embargo, varias mortalidades masivas han sido atribuidas sobre todo a *Mytilicola sp.*, debido a que parasita el intestino causando su obstrucción cuando se presenta en altas intensidades (Fig. 33) (LAUCKNER 1983). En Europa, *M. intestinalis* ha sido el causante de efectos catastróficos sobre los cultivos de *M. edulis*, por afectar tanto el crecimiento como la robustez del bicho (FIGUERAS y FIGUERAS 1981). En general, no se han hallado variaciones en la abundancia de *Mytilicola spp.* al incrementarse la densidad de los mejillones. Las tallas menores no están usualmente infectadas; sin embargo, la abundancia aumenta en las tallas subsiguientes de manera exponencial (DAVEY 1989; GOATER y WEBER 1996).

En definitiva la lucha contra las enfermedades de bivalvos descansa en dos pilares: (1) mantener un plan de vigilancia empleando técnicas de diagnóstico eficaces y sencillas de diagnóstico para verificar la ausencia de la enfermedad en las zonas reputadas como libres y (2) prohibir la importación de moluscos provenientes de zonas afectadas por la enfermedad o de zonas donde el estado sanitario es desconocido, permitiendo únicamente la entrada de individuos procedentes de zonas reconocidas como libres de la enfermedad.

13. Bibliografía y referencias

Beaz Paleo, J. D. 2011. Ingeniería de la Acuicultura Marina: Cultivo de moluscos y de crustáceos en el mar. FOESA y CSIC.

- Beaz Paleo, J. D. 1988. Bivalvos de la Ría de O Barqueiro. La Voz de Ortigueira. Consejo Regulador del Mejillón de Galicia. <http://www.mexillondeg Galicia.org>
- Durán Neira, C. Acuña Castroviejo, R. Santiago Caamaño, J. 1990. EL MEJILLÓN. Biología, Cultivo y Comercialización. Fundación Caixa Galicia.
- El estado mundial de la pesca y la acuicultura, FAO, 2016. <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>
- Figueiro Casas, R. Cuña Casasbellas, M.A. 1991. La batea como sistema de cultivo. Unidad didáctica de acuicultura de la Xunta de Galicia.
- FISH TO 2030, Prospects for Fisheries and Aquaculture, The World Bank, 2013. <http://www.fao.org/docrep/019/i3640e/i3640e.pdf>
- GLOBAL AQUAFISH. 2003 – 2006. Estudio Científico de la Batea. Xunta de Galicia.
- Instituto tecnológico para el control del medio marino de Galicia. (Intecmar) <https://www.intecmar.gal/informacion/biotoxinas/Evolucion/CierresBatea.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). Estadísticas Pesqueras. <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-pesqueras/>
- Villaverde, L. 1974. Mariscos de Galicia. Ediciones do Castro.



Cultivo del mejillón (*Mytilus galloprovincialis*)

Fundación Biodiversidad

La Fundación Biodiversidad es una entidad adscrita al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente creada en 1998 con la misión de contribuir a la protección y conservación de nuestro patrimonio natural y la biodiversidad. Para ello, la Fundación Biodiversidad ejecuta un buen número de proyectos propios de conservación y canaliza ayudas y fondos —muchos de ellos europeos— para el desarrollo de proyectos de otras entidades como ONG, entidades de investigación, universidades, etc. colaborando cada año en más de 300 proyectos.

El Observatorio Español de Acuicultura (OESA) es un proyecto propio de la Fundación Biodiversidad, a través de cual la Fundación persigue servir de plataforma para el seguimiento y análisis del desarrollo sostenible de la acuicultura en España, impulsando las mejores prácticas sociales, ambientales y económicas, reforzando su imagen entre la sociedad, apoyando la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación medioambiental, fomentando la transferencia del conocimiento y apoyando la cooperación internacional.

Esta publicación se enmarca dentro de la serie «Cuadernos de Acuicultura» que incluye, desde el año 2008, otros siete documentos sobre algunas de las principales especies de la acuicultura española, como son: la dorada, el atún rojo, la corvina, el rodaballo, la lubina, la trucha arco iris y el lenguado.

Con este octavo título se rinde homenaje a la principal especie de nuestra acuicultura, el mejillón (*Mytilus galloprovincialis*), que con una producción que fluctúa entre las 200 y 300 mil toneladas anuales, permite a nuestro país ser líder en la producción acuícola europea.

El cultivo del mejillón, conocido en nuestro país como miticultura, constituye una actividad con un importante arraigo social y económico, especialmente en las rías gallegas, donde ser «bateiro» es más que una profesión, una forma de vida.