

LA ALMEJA JAPONESA

Un cultivo integrado



VNIVERSITAT
ID VALÈNCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Marina Monje Lluch

Septiembre 2014



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. La empresa	3
a. Descripción	3
b. La instalación	6
c. La plantilla	8
d. Especies con las que se trabaja	9
e. Actividades que se realizan	15
2. Justificación y objetivo del proyecto	27
3. El proyecto	28
a. Introducción	28
b. Especies a tratar	28
c. El cultivo	32
d. Condiciones para el cultivo de la especie a incorporar	39
e. Medidas de los parámetros fisicoquímicos	41
f. Diseño de la nueva instalación	43
g. Producción anual	45
h. Coste de la producción	46
i. ROI de integración de cultivos	50
4. Problemas encontrados	52
5. Valoración personal	55
6. Bibliografía	57

1. La empresa

a. Descripción

El Grupo Andrómeda es una compañía de producción acuícola que engloba a una serie de empresas de acuicultura distribuidas por el Mediterráneo, que posee actividad en toda Europa y capacidad para exportar sus productos en todo el mundo.

El grupo se está convirtiendo en una gran asociación de empresas que tiene por objetivo liderar la acuicultura mediterránea.

Para ello, se desarrolló el “Proyecto Mediterráneo”, cuyo mayor reto consistía en hallar una vía por la cual el producto llegara lo más fresco posible a un mayor número de consumidores.

Para lograr este objetivo, Andrómeda expandió su negocio hacia otros países mediterráneos, consiguiendo así abarcar una mayor extensión comercial y ofreciendo un producto de calidad que garantiza la frescura del mismo.

La sede principal del grupo se sitúa en Atenas, desde donde se llevan a cabo las principales tareas de administración y se controlan las operaciones internacionales.

El grupo cuenta con una serie de filiales:

- *Andromeda S.A*: Ubicada en Grecia, cuenta con oficinas en Patras e instalaciones a lo largo de la costa del país para la producción y distribución tanto de alevines como de pescado fresco.
- *Acuícola Marina*: Las instalaciones de Acuicola Marina se encuentran situadas en el puerto de Burriana. Esta instalación se dedica al engorde tanto de lubina como de dorada en el mar. Su buena ubicación permite un transporte rápido hasta la instalación de procesado y envasado.
- *Frescamar*: es el brazo comercial del Grupo Andrómeda en España. Sus instalaciones, que también incluye una planta de procesado de última generación, se encuentra en Burriana, próxima a los mercados vecinos de Portugal y Francia.
- *Njordseas*: Se sitúa entre las empresas líderes en el sector de la acuicultura española, dedicada a la producción y distribución de alevines y pescado fresco. Posee instalaciones en Alicante, Murcia y Barcelona, abasteciendo no sólo al mercado español sino también a Francia y a Europa Central.
- *Piscimar*: Situada en Burriana, es la piscifactoría más grande de España, la cual se dedica a la cría y al pre-engorde de dorada y lubina. Sus instalaciones y las avanzadas técnicas de producción permiten obtener una producción anual de 20 millones de alevines de 10 g, entre otros productos.
- *Andromeda Marine*: Situada en Grecia, es una instalación de producción que favorecerá el crecimiento de la empresa gracias a su ubicación estratégica cercana a los mercados emergentes del Mar Adriático.

De esta forma, el Grupo Andrómeda se encuentra abarcando los principales puertos mediterráneos (fig. 1), que garantizará un buen crecimiento a nivel empresarial del grupo y será capaz de ofrecer un producto de calidad según las exigencias del mercado.

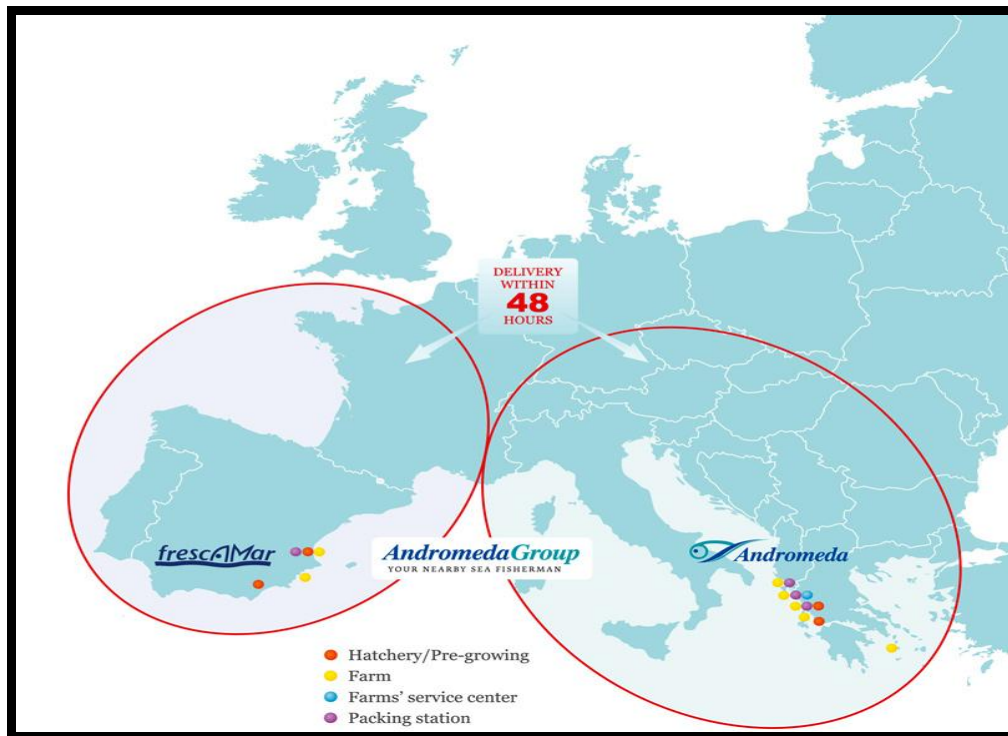


Fig.1 : Empresas que engloba y forman el Grupo Andrómeda
(www.andromedagroup.eu)

El grupo tiene en explotación 2 “criaderos”: uno en España y otro en Grecia. Ambos ponen en práctica las técnicas de producción más avanzadas, como el perfeccionamiento de la filtración biológica, que permite proteger adecuadamente a los alevines frente a diversas enfermedades, así como reducir el consumo de agua y el impacto ambiental.

En estos criaderos (piscifactorías) se controla:

- Stock de crías
- Larvas
- Alimento vivo (producción de fitoplancton, rotíferos y *Artemia*)
- Fotoperiodo
- Incubación
- Destete de las larvas
- Desarrollo de los alevines
- Pre-engorde

También cuentan con diversas granjas de engorde formadas por 8 polígonos. Las granjas marinas consisten en jaulas que están ancladas en formación (fig. 2). Cada jaula está formada por una estructura flotante y redes de pesca que cuelgan de la misma y alcanzan una profundidad de hasta 14 m.

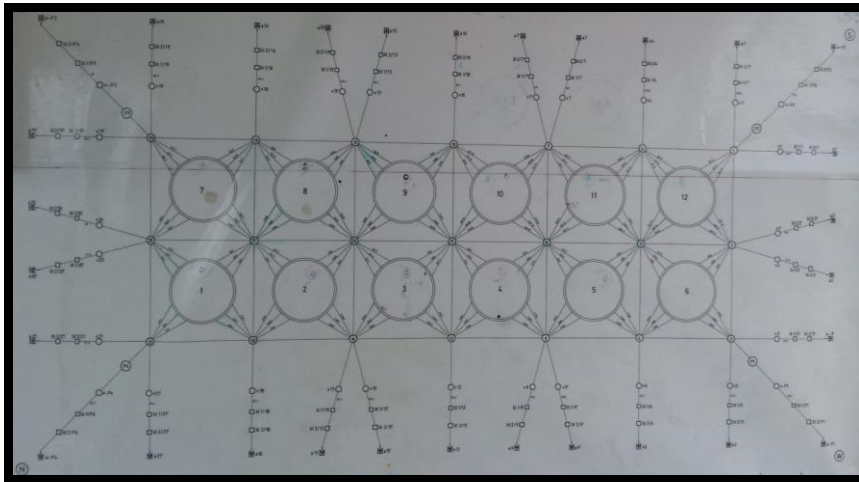


Fig. 2: Disposición de las jaulas en la instalación de Acuicola Marina (dibujo expuesto en un barco de la instalación)

El proceso de engorde en las jaulas dura de 16 a 20 meses, dependiendo del tamaño comercial deseado.

Las jaulas se encuentran en Grecia, España y Albania.

Así mismo, el grupo también posee 3 instalaciones de envasado certificadas (2 en Grecia y 1 en España) con una producción anual de aproximadamente 60.000 toneladas. Estas instalaciones se encuentran situadas cerca de las granjas con el fin de minimizar el tiempo transcurrido entre la pesca y el envasado, garantizando así la frescura del producto final.

De igual manera, el grupo cuenta con unidades de procesamiento en España, donde se tratan y envasan los productos de valor añadido (PVA) según exigencias del mercado.

Finalmente, el grupo dispone de una red de distribución altamente organizada que permite proporcionar un pescado de buena calidad.

Con respecto al control de calidad, la empresa garantiza un estrecho seguimiento de todas las etapas del ciclo de producción. Por ello, se encuentran certificados con la ISO 22000 y la ISO 9001, desde las piscifactorías hasta el consumidor final.

Así, los controles de calidad que se llevan a cabo incluyen las siguientes categorías:

- Alevines
- Pescado fresco
- Materia primas y proveedores
- Pienso

Estos controles de calidad del pescado se realizan en 4 fases: durante la pesca, durante la recepción en la planta de envasado (antes de iniciar dicho proceso), durante el envasado y, por muestreo, antes del envío a los clientes.

b. La instalación

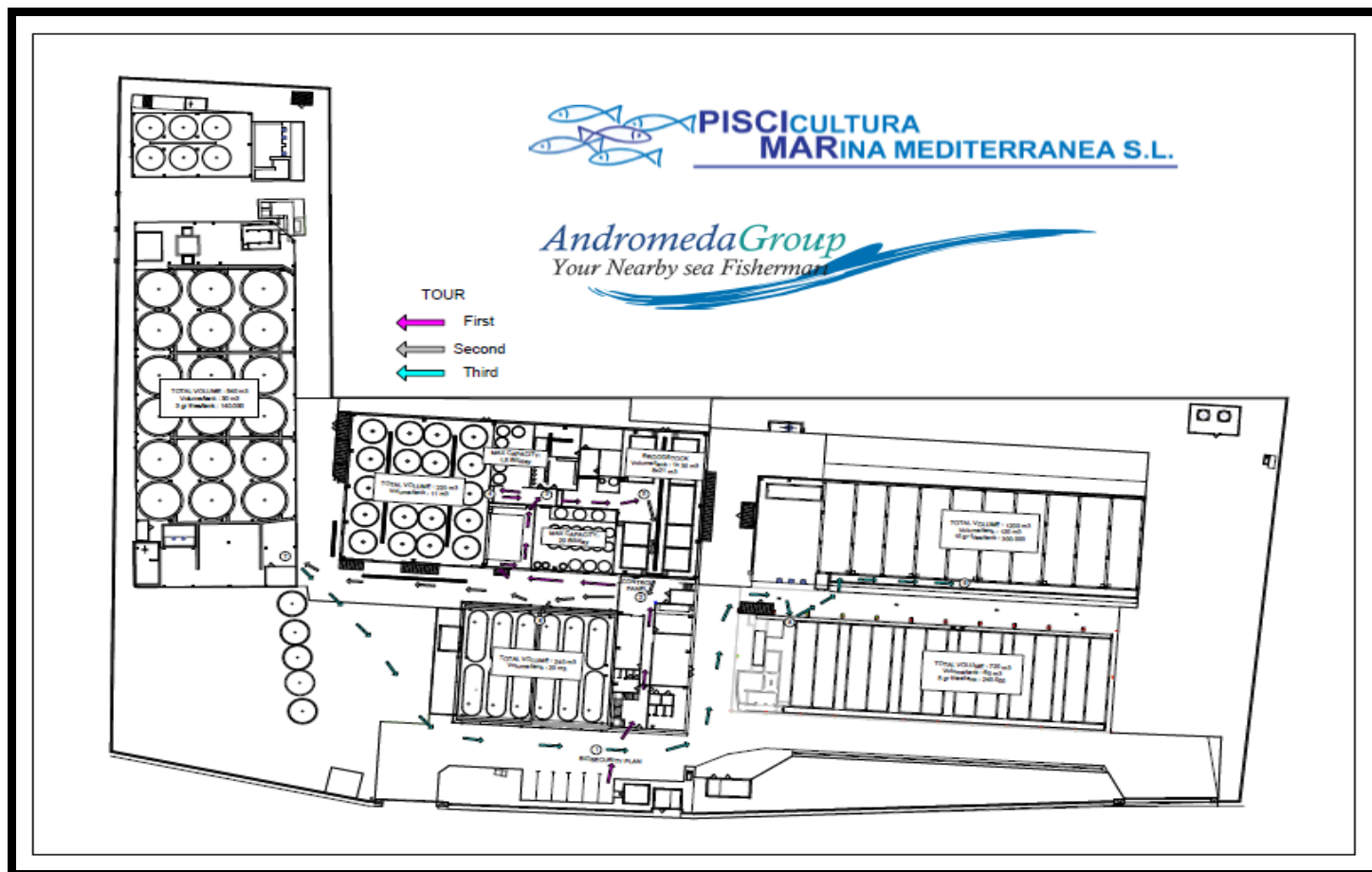


Fig. 3: Mapa de la instalación de Piscimar

Si observamos el mapa siguiendo las primeras flechas que nos encontramos, la instalación distribuida de la siguiente manera: Nada más entrar encontramos a mano derecha una pequeña habitación donde poder cambiarnos el calzado que utilizaremos para movernos por la instalación. Es a continuación donde nos encontramos el primer pediluvio. Continuamos hacia dentro y pasaremos al lado de los vestuarios hasta llegar a la zona de la Hatchery. En este recinto se encuentran las salas de producción de *Artemia* y rotíferos, así como los reproductores tapados para controlar el fotoperiodo (tanques cuadrados y rectangulares), los incubadores y el larvario (tanques circulares). Dentro de esta nave se disponen de diferentes pediluvios en las distintas separaciones entre actividades.

Si seguimos las flechas grises observamos que empiezan en los tanques de los reproductores y se adentran en la zona de destete (weaning) (fig. 4), que está compuesta por tanques tipo "raceway".

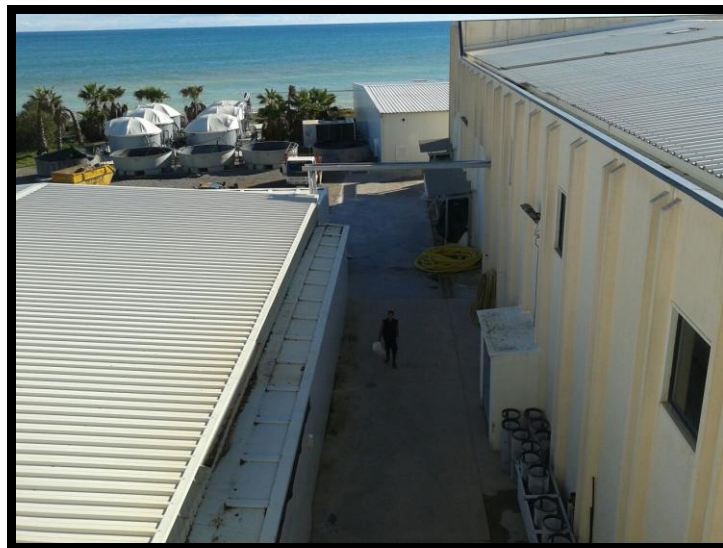


Fig. 4: A la derecha se observa la Hatchery y a la izquierda la zona de destete.

Las flechas salen de la nave y se dirigen a la Nursery (fig. 5), compuesta por 21 tanques circulares.



Fig. 5: Techo de la Nursery y 6 tanques exteriores de reproductores

Observamos como las flechas azules salen y pasan por unos tanques circulares que se encuentran en el exterior (fig. 5). Aquí se mantienen algunos reproductores de dorada, lubina y corvina también tapados para controlar el fotoperiodo. Las flechas se dirigen en primer lugar a la zona denominada Pre-engorde I (fig. 6), donde encontramos ejemplares de dorada y lubina y, finalmente, se dirigen a la zona de Pre-engorde II (fig. 7), donde sólo se encuentran ejemplares de dorada debido a que son tanques exteriores y la lubina se estresa en exceso.



Fig. 6: Pre-engorde I



Fig. 7: Pre-engorde II

c. La plantilla

La plantilla de Piscimar está compuesta por técnicos, encargados de sección y planta, el gerente, el comercial y demás trabajadores (los responsables del mantenimiento y las mujeres encargadas de la limpieza de los vestuarios y las oficinas).

Los turnos se dividen en 3: de mañana (de 08:00 a 16:00), de tarde (de 16:00 a 00:00) y de noche (de 00:00 a 08:00), garantizando que siempre se encuentre alguien en la instalación para controlar que no ocurren inconvenientes y, en el caso de que así sea, solucionarlos lo más rápidamente posible.

Por la mañana tienen lugar todas las tareas que se pueden dar en la instalación, mientras que por la tarde y por la noche las tareas se reducen a controlar el oxígeno, alimentar a los peces (no en el caso de la noche), preparar las cantidades de pienso para el día siguiente y controlar que todo se encuentre correctamente.

Puesto que los turnos de tarde y noche son mucho más ligeros en cuanto a carga de actividad, también se aprovecha para realizar pequeñas tareas de mantenimiento y limpieza.

d. Especies con las que se trabaja

En la empresa se trabaja principalmente con dorada y lubina, aunque se está barajando la posibilidad de introducir la corvina, tanto en la hatchery a nivel de reproductores como en las jaulas para engorde.

Pero puesto que todavía no se ha llevado a cabo la producción con esta especie nos centraremos en la dorada y la lubina.

DORADA (*Sparus aurata*)

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Sparidae

Género: *Sparus*

Especie: *Sparus aurata*

Posee un cuerpo ovalado y comprimido lateralmente. Puede alcanzar un tamaño máximo de 57 cm de longitud. Su coloración es gris azulada en la parte superior y gris plateado en la parte inferior. Posee una mancha negra en la parte superior del opérculo así como una línea parda en la parte dorsal que recorre al animal y una macha dorada entre los ojos característica de la especie (fig. 8).



Fig. 8: Sparus aurata

La forma de la cabeza es curva y la boca se encuentra en la parte inferior, la cual posee unos labios gruesos que utilizan para buscar alimento entre el sustrato y las rocas, en la parte anterior de la mandíbula se pueden distinguir unos pequeños dientes caninos, tanto en la mandíbula superior como en la inferior. A continuación se encuentran dientes romos y en la parte posterior entre 2 y 4 filas de molares, fundamentales debido al tipo de alimentación que poseen (fig. 9) (para poder triturar las conchas y los exoesqueletos de pequeños crustáceos).



Fig. 9: Detalle de la mandíbula de Sparus aurata

El hábitat de la dorada abarca todo el Mediterráneo, así como parte de la costa este del océano Atlántico: Islas Británicas, y la costa de África desde el Estrecho de Gibraltar hasta Cabo verde, bordeando las Islas Canarias (fig. 10).

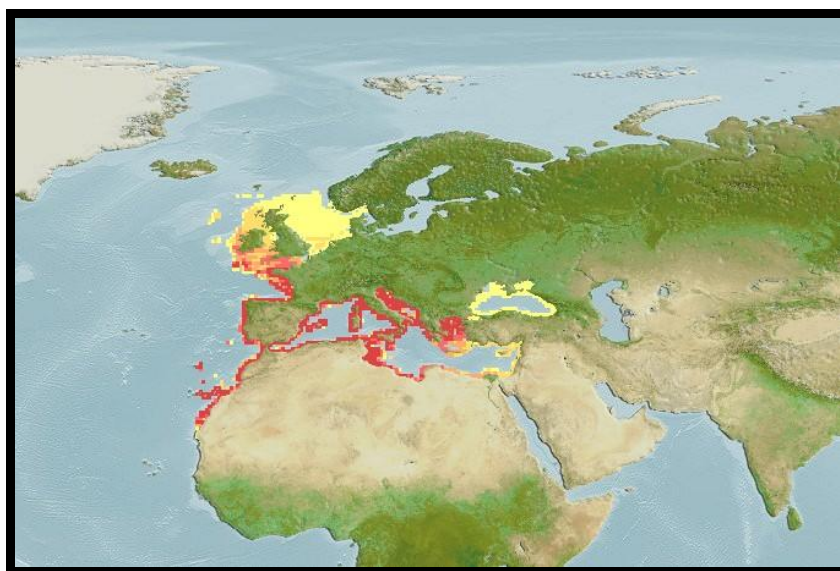


Fig. 10: Distribución geográfica de Sparus aurata

Los ejemplares más jóvenes de dorada suelen encontrarse en áreas poco profundas (aproximadamente 30 m), mientras que los adultos alcanzan profundidades mayores (60 m).

Habitualmente se encuentran sobre fondos rocosos, prados con pastos marinos y fondos arenosos.

La especie es eurihalina y euritérmica, encontrándose así en gran diversidad de ambientes como aguas más salobres, zonas estuarias y lagunas costeras.

Sin embargo, es muy sensible a cambios bruscos de temperatura y su rango de tolerancia no es tan amplio como con respecto a la salinidad, encontrándose la temperatura letal por debajo de los 4°C.

La reproducción y la puesta tienen lugar en mar abierto entre octubre y diciembre. Al comienzo de la primavera los juveniles migran hacia las aguas costeras donde se encuentran más protegidos y pueden encontrar alimento en abundancia. Una vez alcanzan la madurez, vuelven al mar abierto a reproducirse.

La dorada es una especie proterándrica, es decir, primero son machos y posteriormente hembras. Los machos alcanzan la madurez sexual a los 2 años de edad (20-30 cm) y las hembras a los 2-3 años (33-40 cm).

Anteriormente, para la producción de dorada se capturaban los juveniles aprovechando la migración que realizan estos hacia las aguas costeras. El sistema de producción era extensivo y se llevaba a cabo en lagunas y en estanques de agua salada.

Sin embargo, la captura de los juveniles, así como la pesca y factores ambientales que afectaban las zonas de alimentación de esta especie obligaron a los acuicultores a buscar otros métodos de obtener los juveniles.

También fue necesario intensificar la producción y, salvando los pormenores que se iban presentando (como una alimentación adecuada para los estadios larvarios que aseguraran una mayor supervivencia, o el diseño de tecnología e instalaciones adecuadas para esta producción) se observó que la dorada era una especie muy adecuada para su producción masiva en cautividad debido al rápido crecimiento de la especie entre otros factores.

En la actualidad, la producción acuícola de dorada en Europa y en el resto del mundo (2013) se estima en 179.924 toneladas, según estadísticas de (APROMAR, 2014). Esta cifra es un 11,42% superior a la de 2012 (166.639 ton) y supone un repunte tras la caída en ese ejercicio y el máximo de producción.

Existe producción de dorada en 19 países (fig. 11), siendo los principales productores Grecia, Turquía y España. Su cría se realiza también en Italia, Egipto, Francia, Chipre, Portugal, Croacia, Malta, Túnez y Marruecos y hay producciones incipientes en Albania, República Dominicana, Emiratos Árabes Unidos, Bosnia, Omán, Libia y Kuwait.

La producción de juveniles de dorada en 2013 en Europa se estima ascendió a 582,8 millones de unidades, un 2,7% menos que en 2012. El principal país productor es Grecia (266 millones), seguido por Turquía (140 millones), Italia (65 millones) y España (51,4 millones de juveniles).

La descarga en los puertos pesqueros de diversos países del Mediterráneo y del Atlántico de dorada procedente de la pesca extractiva ascendió a 8.096 toneladas en 2012, cifra un 7,2% superior a la del año anterior. Esta cuantía permanece relativamente constante en los últimos años (fig. 12), fluctuando entre las 7.000 y las 8.000 toneladas anuales, mientras que la dorada de crianza supone un 95,1% del total.

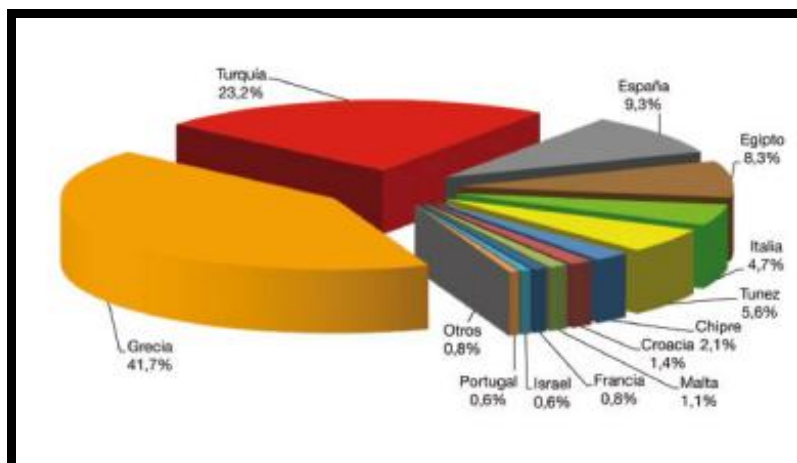


Fig. 11: Distribución porcentual de la producción de acuicultura de dorada en 2013 (Informe APROMAR 2014).

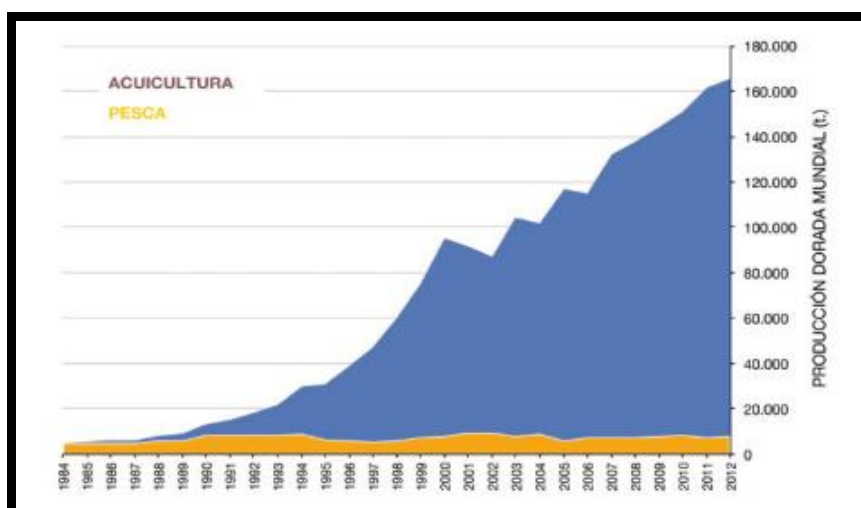


Fig. 12: Evolución de la producción mundial de dorada mediante acuicultura y pesca en el periodo 1984-2012 (www.fao.org)

La producción de dorada de acuicultura en España en 2013 ha sido de 16.795 toneladas, un 13,6% menos que en 2012.

En 2013, la Comunidad Valenciana ha encabezado la producción de dorada de acuicultura en España con 6.974 toneladas (el 42% del total).

La producción de juveniles de dorada en España en 2013 ha sido de 51,4 millones de unidades, lo cual supone una reducción del 6,5% sobre el dato de 2012 (fig. 13). Esta producción se concentra en la Comunidad Valenciana, Islas Baleares, Cantabria y Andalucía.

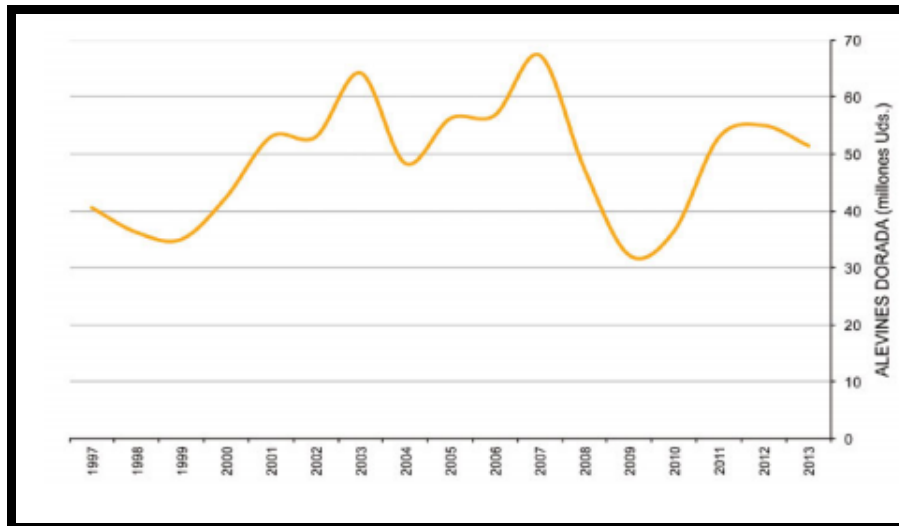


Fig. 13: Evolución de la producción de juveniles de dorada en España (1997-2013) (www.fao.org).

LUBINA (*Dicentrarchus labrax*)

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Moronidae

Género: *Dicentrarchus*

Especie: *Dicentrarchus labrax*

La lubina posee un cuerpo fusiforme y vigoroso, con grandes escamas. La cabeza es puntiaguda con aberturas nasales pequeñas, ojos también pequeños y boca grande. La mandíbula inferior es algo prominente.

Su coloración es gris plomizo, más oscura en la parte dorsal y con laterales plateados. Sobre el opérculo tiene una mancha negra. La aleta caudal es ligeramente ahorquillada. Puede alcanzar un tamaño de hasta 70 cm de longitud (fig. 14).

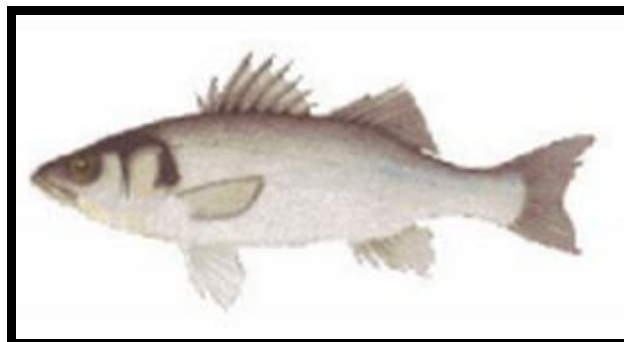


Fig. 14: *Dicentrarchus labrax*

La distribución geográfica de esta especie es muy similar a la de la dorada. Se distribuye por las costas orientales del océano Atlántico, Canal de la Mancha y Mar Báltico, desde Noruega hasta Marruecos, y por todo el Mar Mediterráneo (fig. 15).

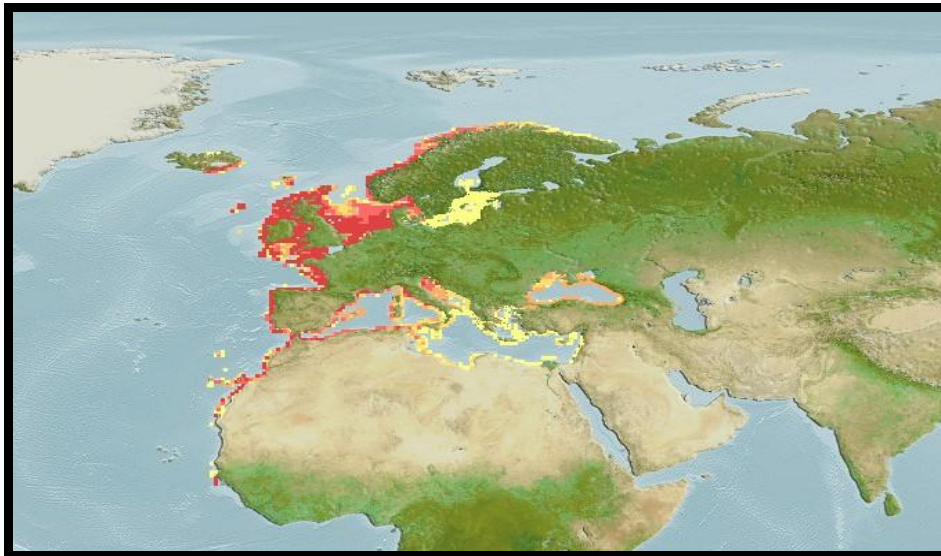


Fig. 15: Distribución geográfica de *Dicentrarchus labrax*

Es una especie litoral pelágica, que vive sobre fondos arenosos, rocosos o de guijarros hasta los 100 m de profundidad. Frecuenta los estuarios y las lagunas litorales. Tolera amplias variaciones de temperatura y salinidad. Las hembras crecen más deprisa y suelen ser de mayor tamaño que los machos.

La primera maduración sexual tiene lugar generalmente a los 2-4 años. Su alimentación en el medio natural se basa en peces y crustáceos. Su longevidad se estima en 30 años.

La producción acuícola total de lubina en Europa y el resto del mundo se estima en 137.723 toneladas, según estadísticas de FEAP y APROMAR. Esta cifra es un 4,1% inferior a la de 2012.

Los principales países productores de lubina son Turquía, Grecia y España (fig. 16).

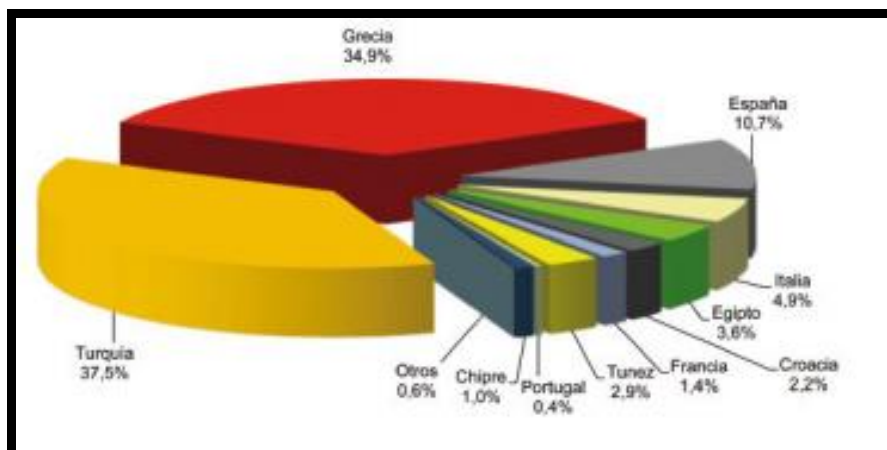


Fig. 16: Distribución porcentual de la producción de lubina en 2013.

La producción de juveniles en 2013 en Europa ascendió a 486,5 millones de unidades, siendo Grecia el principal productor.

La producción de lubina en 2013 en España ha sido de 14.707 toneladas, un 3,1% más que en 2012, siendo la región de Murcia la que mayor producción ha obtenido con 4.987 toneladas (el 34% del total).

La producción de juveniles en España ha decrecido un 14,5% sobre el dato del 2012 (fig. 17). Y al igual que para la producción de dorada, también se requiere que sean importados juveniles. Se estima que en 2013 se importaron 20,7 millones de juveniles de lubina con origen de Grecia y Francia.

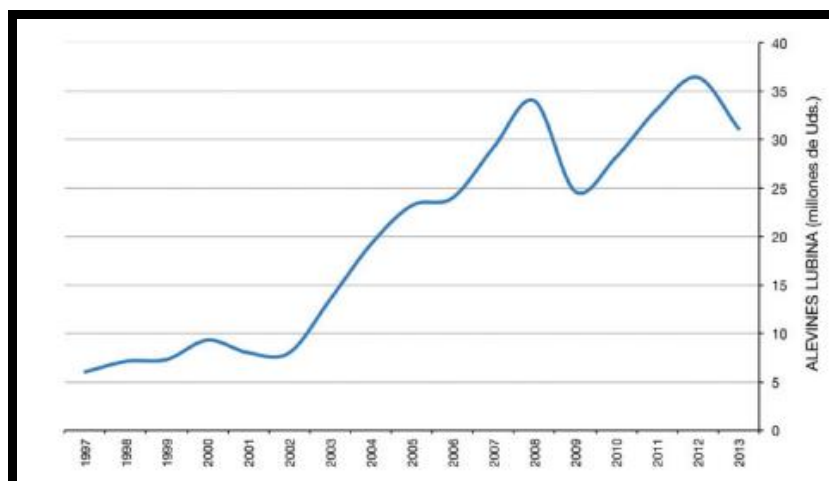


Fig. 17: Evolución de la producción de juveniles de lubina en España (1997-2013).

e. Actividades que se realizan

En Piscimar se llevan a cabo diferentes actividades para poder proporcionar una producción satisfactoria.

Estas son actividades variadas en función del sector de producción en el que nos encontremos.

Así pues, las dividiremos en los consecuentes sectores para poder abordarlas mejor:

Hatchery

- Producción de Rotíferos: La producción de rotíferos tiene lugar principalmente en dos salas. En la primera sala que nos encontramos si seguimos el recorrido de la instalación se mantienen los “másters”. Estos rotíferos son los iniciales y a partir de los cuáles se obtendrá todo el cultivo. Los rotíferos son organismos de agua dulce, por lo que se intenta que poco a poco se acostumbren a cierto grado de salinidad. Durante todo el proceso la temperatura del agua de cultivo estará entre los 29 y los 30°C.

En primer lugar, son colocados en matraces de 250 mL, y pasado un tiempo durante el cual aumenta el volumen del cultivo son traspasados a matraces de 5000 mL. Finalmente son colocados en bolsas de 240 L, donde se cosechan y

son llevados a la siguiente sala. En ésta, los rotíferos se colocan en tanques de 2000 L y se crían durante 4 días. Durante este periodo son alimentados con *Chlorella* en pasta. Posteriormente se cosecha el tanque con mallas de 34 µm y se colocan en tanques de enriquecimiento. Para este proceso se emplean 5 tanques (que corresponderán a las 5 tomas que se les proporciona a los peces a lo largo del día), de esta manera se garantiza que los rotíferos consigan un contacto adecuado con el enriquecedor.

Finalmente se cosechan y se colocan en un tanque intermedio donde se ajusta la densidad adecuada y mediante una bomba de membrana se les proporciona a las larvas.

- Producción de *Artemia*: La *Artemia* es “producida” en una sala también específica. La *Artemia* enquistada se coloca en tanques de 3600 L, donde se eclosiona y se descapsula mediante un sistema conocido como SEPAR imantado, aunque no toda la *Artemia* se descapsula mediante SEPAR. Este proceso consiste en imantar ligeramente los quistes ya eclosionados y pasarlos posteriormente por una zona metálica de manera que quedan retenidos. Este proceso no es totalmente efectivo pero sí que obtiene mejores resultados que la separación de los quistes aprovechando el fototactismo de los individuos (técnica que se empleaba anteriormente).

Posteriormente, se enriquece la *Artemia* y se coloca en un tanque, además de colocar en una lechera la *Artemia* que está preparada para ser consumida.

Durante todo el proceso es necesaria una aireación fuerte para el descapsulamiento así como una luz intensa que dirija la *Artemia*, además de una buena oxigenación y una temperatura constante de entre 28 y 30 °C.

- Larvario: Es el lugar donde se mantienen las larvas de los peces. Dispone de 20 tanques de 12 m³ circulares, que resultan más seguros para las larvas. Si se trabaja con doradas siembran directamente los huevos, mientras que si trabajan con lubinas estos pasan por incubadores y se colocan en los tanques las larvas ya eclosionadas. Colocan una pequeña cantidad de alga verde en los tanques ya que sirve para que las larvas aprecien mejor la presa y ayuda a que el rotífero se conserve mejor.

Es muy importante mantener muy limpia la superficie y para ello se emplean skimmers que trabajan constantemente y un stick que va empujando la suciedad de la superficie hacia el skimmer. También resulta de vital importancia mantener un control exhaustivo sobre el alimento, ya que es el único factor de importancia que puede repercutir en un desarrollo deficiente de la larva.

- Manejo de reproductores: En la zona de los reproductores encontramos ejemplares tanto de dorada como de lubina, aunque recientemente se ha incorporado la corvina. Estos tanques se encuentran cubiertos con el fin de mantener un completo control sobre el fotoperiodo, el cual se realiza mediante ordenador. En esta zona también se encuentra los incubadores donde eclosionarán las larvas de lubina, que consiste en un tanque rectangular provisto de calentadores.

La alimentación de los reproductores difiere principalmente en la composición del pienso que se les proporciona, además de que a la dieta se le añaden pequeños trozos de cefalópodos como el calamar.

- Destete (Weaning): En esta zona de la instalación tiene lugar el paso de ingesta de alimento vivo a pienso por parte de las larvas. Los tanques son de tipo "raceway" para favorecer una adecuada circulación del agua y la alimentación se realiza *ad libitum*.

Es en esta sección donde se llevará a cabo una primera clasificación de los peces, principalmente para evitar canibalismo por la dispersión de tamaños y así maximizar la supervivencia. Esta clasificación se realizará mediante cajas, la cual comentamos con más detalle posteriormente.

Nursery

En la Nursery se llevan a cabo diversas actividades encaminadas a la clasificación de los ejemplares por tamaños y al descarte de otros con el fin de favorecer un máximo crecimiento. Las principales actividades que se realizan son:

- *Desvejigado*: Consiste en eliminar aquellos ejemplares que no desarrollaron correctamente la vejiga natatoria. Es necesario descartar estos peces porque al no poseer dicha vejiga necesitan mantener un movimiento constante para no permanecer en el fondo, gastando más energía de la que debieran y no aprovechando completamente el alimento para engordar. Esto se traduce en pérdidas económicas por un excesivo gasto de pienso que no va a ser aprovechado por el pez para obtener biomasa. Además, los peces sin vejiga desarrollan una malformación en la columna generando una lordosis.

Para desvejigar se llenan dos cubas grandes con 22,5 kg de sal y 180 mL de benzocaína en cada una (en el caso de la dorada; si trabajáramos con lubina utilizaríamos 19 kg de sal). También se añade oxigenación. Se van realizando varios despesques dentro del tanque principal (50 m³), con una red manejada de manera que se vayan capturando porciones de toda la población, puesto que no interesa que los peces estén mucho tiempo en la red debido al estrés. Se van colocando ciertas cantidades de ejemplares en las cubas grandes y se espera a que se duerman.

Es en este momento cuando se aprovecha para retirar aquellos peces con malformaciones (boca, opérculo, lordosis, escoliosis...) que se aprecien a simple vista. Esta no es una depuración exhaustiva, ya que este procedimiento tendrá lugar al menos una vez más a lo largo del ciclo de producción.

En la (fig. 18) que se muestra a continuación se puede observar un ejemplo de las malformaciones a las que nos referimos.



Fig. 18: Ejemplo de malformaciones tanto en dorada como en lubina

Posteriormente se recogen y se colocan en cajas con mallas rígidas dentro del nuevo tanque para que se vayan despertando poco a poco. Cuando estas cajas van estando muy llenas se vuelcan y se vacían dentro del tanque.

Los peces que no poseen vejiga natatoria van al fondo de la cuba, donde terminan de morir debido a la larga exposición al anestésico (por eso el proceso ha de realizarse con cierta rapidez). Cuando se recogen los peces anestesiados hay que realizarlo suavemente para no crear remolinos que resuspendan los peces sin vejiga, ya que pueden ser repescados.

- *Clasificación mediante cajas:* Consiste en clasificar los peces en dos tamaños (grandes y pequeños). Para ello se colocan tres cubas una seguida de otra y conectadas formando lo que denominan “tren”. Las dos cajas clasificadoras se colocan en las dos cubas de los extremos, lo que permite trabajar a 2 personas a la vez en el mismo sistema. Las cajas están provistas de mallas rígidas de diferentes tamaños en función del porcentaje de peces grandes y pequeños que deseemos obtener. Los peces pequeños atraviesan la malla y quedan en las cubas de los extremos, mientras que los grandes son arrojados a la cuba central.

Cuando se realizan las actividades de clasificado es fundamental controlar que se estén realizando adecuadamente y que los tamaños seleccionados se ajusten a los deseados inicialmente. Para ello se llevan a cabo diversos controles a lo largo del clasificado. Este control consiste en obtener un peso conocido de peces y contarlos uno a uno. De esta manera se obtiene un peso medio de los peces clasificados. Si esto lo realizamos en los apartados a los que se van depositando los peces clasificados obtenemos un porcentaje de

tamaños que nos orientará sobre el porcentaje final que obtendremos, así también podremos ajustar el tamaño del dispositivo clasificador para obtener el porcentaje deseado.

Pre-engorde I

- Clasificado mediante rodillos: Esta actividad se lleva a cabo mediante una clasificadora que denominan vulgarmente “Milanese”, y sólo se lleva a cabo en esta sección. La actividad consiste en lo siguiente: se realizan pescas sucesivas (fig. 19) y se mantienen los peces en la red (fig. 20)



Fig. 19: Ejemplo de pesca para trabajar en la clasificadora de rodillos



Fig. 20: Los peces son mantenidos en la red durante el proceso

Como la lubina se estresa en exceso, si trabajamos con ésta le añadiremos al agua un poco de benzocaína. De la red se van cogiendo los peces (con un salabre tipo acuario) y se van introduciendo en la clasificadora (fig. 21).



Fig. 21: Los peces van por los rodillos y van cayendo según su tamaño

La clasificadora, previamente calibrada, va seleccionando en dos tamaños (G y P). Se calibra en función de la proporción de tamaños que deseamos obtener, por ejemplo, 40% P y 60% G. Para ello se cogen bastantes individuos y se cuentan para ir acercándose a la proporción deseada. La máquina se calibra separando o juntando los rodillos.

Los peces caen a dos cubas donde quedan separados (fig. 22).



Fig. 22: Los peces van cayendo en las cubas con aireación y renovación constante

El agua de la cuba se está renovando constantemente y se le incorpora oxígeno (fig. 22). Una vez las cubas van estando llenas, se recogen los peces y se pesan, y posteriormente se depositan en el tanque de destino.

Para calcular las proporciones:

Conocemos el peso medio de los peces (2,62g los P y 3,75 los G). Se suma el peso de los cubos que se han ido obteniendo. Estos pesos están en kg, así que los pasamos a gramos (multiplicamos por 1000). Seguidamente dividimos por el peso medio de los peces, obteniendo el número de peces. Sumamos el total de peces obtenidos (tanto grandes como pequeños). El valor más inferior (el del 40%) lo dividimos por el total y lo multiplicamos por 100, obteniendo así el porcentaje que representa ese número con respecto al total.

- Clasificación mediante placas: Esta actividad se realiza tanto en la zona de Pre-engorde I como en la de Pre-engorde II. Se lleva a cabo mediante una máquina que denominan vulgarmente como “Corelsa” y consiste en lo siguiente: Los peces son pescados y dejados en la red. De igual manera que en el caso anterior, si se trabaja con lubina es necesaria la adición de una pequeña cantidad de anestésico en el agua para evitar que los peces se estresen en exceso.

En función del porcentaje del tamaño de peces que se desea obtener se calibra la máquina para separar o juntar las palas por las que estos irán pasando. A medida que caen, los peces son depositados en cubas con oxígeno. Los peces se capturan con salabre y se depositan en cubos que se pesan y se trasladan al tanque correspondiente.

Para llegar hasta la clasificadora los peces son succionados y trasladados mediante una máquina denominada “PIN-PIN”.

- Vacunación por inyección: De igual manera que en actividades anteriores, los peces son pescados y mantenidos en la red. En pequeñas porciones estos peces son recogidos y depositados en un cubo con anestésico donde son dormidos para facilitar el proceso de vacunación. Uno a uno los peces son vacunados mediante una pistola que va conectada directamente a la vacuna y que con un pinchazo proporciona la cantidad adecuada para cada pez. La cantidad administrada es 0,1 ml por pez, una vez han sobrepasado los 9 g. En la imagen se muestra como los peces anestesiados son pinchados uno a uno.



Fig. 23: Detalle de la vacunación por inyección

La vacunación por inyección en la acuicultura es una actividad de gran importancia, ya que mediante este método se consigue una protección del animal durante todo el ciclo de producción, mientras que mediante la vacunación por baño sólo se cubre 6 meses de protección inmunológica.

Además, vacunar a los peces contra los principales patógenos, no sólo los protege de las enfermedades infecciosas sino que mejora su estado sanitario, incrementa la producción y reduce considerablemente tanto la contaminación ambiental con antibióticos como el riesgo de zoonosis y de transmisión de la enfermedad a la fauna salvaje.

Se dan fundamentalmente 2 tipos de vacunas:

- Vacunas muertas o inactivadas: consisten en cultivar el patógeno y desactivarlo mediante tratamientos con calor y/o formol. Posteriormente, este patógeno desactivado es el que se inocula al pez. Al resultado de desactivar las bacterias también se le denomina bacterinas, y ésta es el tipo de vacuna que emplean en Piscimar. En su caso, la desactivación se produce mediante formol.
- Vacunas subunitarias: son vacunas consistentes en antígenos purificados del patógeno. Se basa principalmente en producir bacterias y “trocearlas” de manera que se obtengan partes que el organismo pueda reconocer como perjudiciales, pero que son insuficientes para producir un daño patológico en dicho organismo. Éste sería el mejor tipo de vacuna a emplear ya que no se utilizan productos químicos como el formol, pero el proceso es más complicado y, por tanto, incrementa el coste final de la vacuna.

Asimismo, las vacunas poseen diferentes tipos de adyuvantes. Los adyuvantes, son agentes que añadidos a la vacuna potencian la respuesta inmunitaria frente a los antígenos con los que se encuentra mezclados.

Los adyuvantes que se emplean en vacunas animales son múltiples y generalmente se les clasifica por sus propiedades químicas o físicas. Otra posibilidad de clasificación se basa en los mecanismos inmunitarios que

desencadenan. Sin embargo, es común que los mecanismos se solapen, coincidiendo más de uno, o que se conozcan sólo parcialmente.

En la instalación se vacuna para *Pasteurella (Photobacterium damsela* subespecie *piscicida*), vibriosis y *Aeromonas salmonicida*.

- Vacunación por baño: Este tipo de vacunación resulta menos estresante para los peces ya que no requiere que estos estén totalmente dormidos. Para llevar a cabo esta actividad se disuelve un litro de vacuna por 10 litros de agua (o bien 2 litros de vacuna por 20 de agua). Los peces se pescan y se sumergen unos 5 kg durante 1 minuto. Para ello, previamente se mide aproximadamente este peso en uno de los salabres, para que no sea necesario pesarlos cada vez. Las cubas que contienen la solución también han de estar oxigenadas. Los peces son depositados en otras cubas perforadas que permiten pasar la vacuna sin que se escapen, de manera que pueden ser manejados con facilidad. Posteriormente se devuelven al tanque que previamente ha sido separado con un dispositivo para evitar que se mezclen. Durante todo el proceso hay que vigilar el comportamiento de los animales para asegurarse de que se está procediendo adecuadamente.
- Depurado: consiste en seleccionar los peces que no cumplan con los requisitos de venta, como un tamaño muy pequeño o demasiado grande, escoliosis, lordosis, faltas de opérculos o deformaciones del mismo, deformaciones de la boca y otras irregularidades. Para ello se realizan sucesivas pescas y los peces son introducidos en anestésico. Después se depositan en “la mesa” donde se realiza el depurado. Los descartados se colocan en un conducto que los almacena y los válidos se depositan en otro conducto que los devuelve al tanque por detrás de la red de los ya pescados. Cuando los peces alcanzan un mayor tamaño se realiza otro depurado.
- Carga de peces: Consiste en recoger los peces para que el camión se los lleve. Para ello los peces son pescados y dejados en la red (se realiza por porciones). Mediante dos salabres se van colocando peces en un cubo que se pesa. Se colocan unos 2 salabres por cubo. Estos peces son depositados en una cuba que va succionando los peces mediante una máquina a la que denominan “PIN-PIN”, que los transporta hasta el camión. Cuando han sido pesados unos 98 kg de peces se le indica al camión que cambie la manguera de cuba (ya que es la capacidad aproximada permitida). El camión posee unas 12 cubas.

Pre-engorde II

- Depurado: El depurado en Pre-engorde II se realiza de la misma manera que en Pre-engorde I, excepto que en esta sección sólo se trabaja con dorada ya que la lubina únicamente llega hasta la sección anterior. Además, los peces poseen un mayor tamaño y resulta más fácil trabajar con ellos ya que se aprecian más fácilmente los defectos que puedan tener.

- Clasificación mediante placas: se lleva a cabo de igual manera que en Pre-engorde I salvo que sólo se trabaja con dorada y no implica a los tanques de la sección anterior.
- Carga de peces: al igual que en las actividades de esta sección, sólo se trabaja con dorada, pero el procedimiento es el mismo que en Pre-engorde I.

Así mismo, se dan una serie de actividades comunes que tienen lugar en todas o en casi todas las zonas de producción:

- Guardia de oxígeno: Existen sensores y alarmas que alertan de cualquier nivel de oxígeno en los tanques que no sea el adecuado, sin embargo, estos sensores pueden no estar bien calibrados y, debido a que el aporte de oxígeno es vital para los peces, se requiere de un control exhaustivo por parte del personal. Además este control y manejo del oxígeno tiene lugar de diferente manera en función del lugar de la instalación en el que nos encontremos:

- o Nursery: Consiste en revisar el oxígeno de los tanques mediante un oxímetro, el cuál mide en ppm. Habrá que ajustar el oxígeno teniendo en cuenta factores como el estrés que puedan sufrir en el momento, la alimentación y otras actividades que tengan lugar y que pueda suponer un consumo adicional de oxígeno. Así, es fundamental mantener el oxímetro en el tanque mientras se les alimenta (puesto que el empleado que se encuentra revisando los niveles de oxígeno también se encarga de dar algunas de las tomas).

Por la mañana, generalmente, siempre se les sube un poco el oxígeno ya que se les bajó durante la tarde-noche (ya que los peces poseen menos actividad y no necesitan tanta oxigenación). El oxígeno se aumenta manualmente y se suele dejar alrededor de 12 ppm (puesto que resulta una buena saturación y además supone un ahorro de oxígeno).

Además, hay que tener en cuenta la biomasa por el número de peces de cada tanque, es decir, habrá más consumo de oxígeno en aquellos tanques que posean peces más pequeños, debido a que hay más “bocas respirando”.

El oxígeno, en esta sección de la instalación, puede ser inyectado de tres formas diferentes:

- Mediante piedras de oxígeno
- Por renovación del caudal
- Inyectando oxígeno directamente al circuito cerrado (sistema Ventury)

Lo ideal es encontrar la mejor manera de oxigenar buscando la saturación adecuada y el ahorro económico.

Cada 6 tanques hay un panel de control donde se encuentran las llaves de las piedras que inyectan el oxígeno. Cada panel posee una primera fila donde se encuentran las llaves principales y una segunda fila para poder abrir las llaves de la aireación extra. Esta aireación puede ser

utilizada normalmente, pero hay que prescindir de ella de la mayor forma posible para asegurar una buena oxigenación adicional en caso de emergencia.

- Pre-engorde I: En esta sección, se oxigena principalmente mediante Ventury, es decir, se inyecta en el circuito cerrado y el agua llega al tanque ya oxigenada. En la (fig. 24) se muestra las tuberías por donde viaja el oxígeno y el dispositivo que regula si es necesaria la entrada auxiliar de oxígeno.



Fig. 24: Detalle de la instalación para la entrada de oxígeno

También se emplean piedras de oxigenación, pero estas generan una cortina de burbujas que en ocasiones puede estresar al pez. En la fig. 25 se muestra el grifo que regula la entrada del agua oxigenada al tanque y el Ventury que muestra la cantidad de oxígeno que se está inyectando.



Fig. 25: Tubería y dispositivo Ventury

- Pre-engorde II: En esta zona el control es muy similar a la zona anterior. Para oxigenar se emplea el sistema Ventury arriba explicado y la inyección mediante piedras.

Es fundamental vigilar el buen estado y la limpieza de las sondas para que realicen una buena detección, ya que de normal no aportan valores reales. En caso de que una de las sondas detecte un nivel bajo de oxígeno se dispara una alarma sonora y luminosa, de forma que la luminosa indica si se está dando lugar en esa zona de la instalación o no.

- Alimentación: La alimentación tiene lugar en todos los tanques de la instalación (como resulta obvio). La única diferencia radica en que las larvas de los peces se alimentan de rotíferos y *Artemia* hasta que llegan al destete (weaning) donde se realiza el paso de alimento vivo a pienso.
Las tomas se reparten en 6 tandas, desde primera hora de la mañana (07:30-08:00), hasta las 18:30-19:00, momento en el cuál se apagan las luces y los peces dejan de alimentarse.
Además, el pienso correspondiente a cada tanque se prepara el día anterior y la cantidad varía en función de la biomasa y las condiciones propias de los animales del tanque, es decir, si van a ser transportados o manipulados, si van a ser sometidos a algún tipo de tratamiento, etc.
Como resulta lógico, se dan diferentes tamaños de grano del pienso dependiendo del tamaño de los peces que se desea alimentar.
- Limpieza: La limpieza es fundamental para mantener unas buenas condiciones sanitarias y evitar la aparición y proliferación de patógenos. Para llevarla a cabo, se emplea detergente y cepillos para quitar la suciedad, y posteriormente se enjuaga bien con agua.
La limpieza se lleva a cabo en cuanto se ha vaciado un tanque, ya que de este modo no sólo se mantiene una buena higiene, sino que además queda preparado inmediatamente para darle uso.
- Mantenimiento: La instalación se va deteriorando y la maquinaria y los materiales requieren ser reparados o repuestos. Como estos incidentes se dan constantemente, se requiere que en todo momento esté disponible el personal de mantenimiento para poner solución al problema y así evitar que la producción se vea perjudicada.

2. Justificación y objetivo del proyecto

La motivación que me ha conducido a desarrollar el proyecto que presento a continuación ha sido principalmente el estado actual económico en el que nos encontramos.

La posible falta de consumo de pescado debido a su elevado precio con respecto a otros alimentos, la competencia existente con el sector de la pesca y el coste de la misma producción, hace que sea necesario el planteamiento de alternativas e innovaciones que supongan una distinción entre el resto de producciones competidoras.

Así surgió la idea de aprovechar lo que ya se dispone (en este caso, aquello que se desecha) para producir un cultivo diferente que pudiera aportar ingresos económicos extra para la empresa y ampliar las posibilidades de mercado, al ofrecer productos más variados.

Se ha pensado en reutilizar el caudal de agua que sale de la instalación para engordar Almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*), aprovechando el carácter filtrador de este tipo de organismos.

De esta manera, llevando a cabo una inversión económica se pueden obtener más beneficios a largo plazo.

3. El proyecto

a. Introducción

El cultivo de moluscos bivalvos ocupa un lugar importante en la producción acuícola mundial que se encuentra en rápida expansión y que representa aproximadamente el 20% de la producción del sector (Helm & Bourne, 2006), estimada en 14 millones de toneladas en 2000. La mayor parte de la producción proviene de poblaciones naturales, si bien los stocks se están acercando cada vez más o han sobrepasado ya el máximo rendimiento posible, por lo que, a largo plazo, se deberá contemplar la posibilidad de producir y engordar estos bivalvos de manera artificial.

Como se ha mencionado anteriormente, lo que se pretende es integrar el engorde de la almeja japonesa en la producción de dorada y lubina.

La integración de cultivos, conocida como IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture), son cultivos multitróficos que combinan diferentes grupos taxonómicos en una misma instalación productiva, con el fin de mejorar el aprovechamiento de los recursos y mejorar la calidad ambiental del medio. De esta forma, se aprovechan los subproductos de una especie para fomentar la producción de otra y se consigue una mejora ambiental al evitar que estos productos se conviertan en desechos (como el exceso de sólidos en suspensión, productos derivados del nitrógeno, etc).

b. Especies a tratar

Las especies con la que se va a trabajar en el proceso serán la dorada, la lubina y la almeja japonesa. Puesto que las dos primeras las hemos comentado anteriormente, nos centraremos a continuación en la almeja japonesa.

1. Aspectos biológicos:

Filo: Mollusca

Clase: Bivalvia

Orden: Veneroida

Familia: Veneridae

Género: *Ruditapes*

Especie: *Ruditapes philippinarum*

Posee una concha sólida y equivalva; no es equilateral y posee picos en la mitad anterior. La fijación del ligamento no es oculta, con un cuerpo arqueado elíptico marronáceo que se extiende hacia atrás hasta casi alcanzar el margen posterior. Posee

una estructura de costillas radiales y hendiduras concéntricas (fig. 26). Los anillos de crecimiento son muy visibles. Posee 3 dientes cardinales en cada valva. El interior de la concha es pulida de color blanca o con un tinte anaranjado, ocasionalmente de color púrpura en la región próxima al umbo. Se muestra a continuación el aspecto externo e interno del animal (fig. 26 y 27)

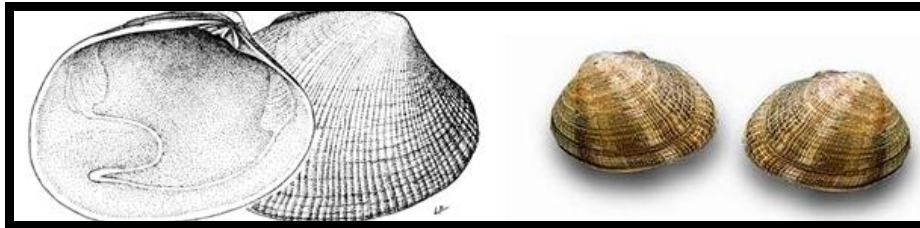


Fig. 26: Aspecto externo de la almeja japonesa (www.fao.org)

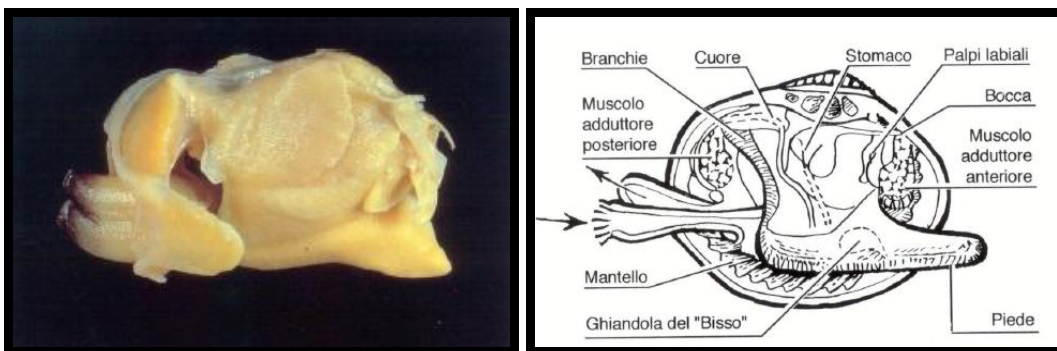


Fig. 27: Anatomía interna de la almeja japonesa (apuntes facilitados por el IATS)

2. Antecedentes históricos:

La almeja japonesa es una especie de latitudes bajas originaria del Pacífico occidental y se distribuye en zonas templadas de Europa. Las poblaciones silvestres se pueden encontrar en Filipinas, Mares del Sur y del Este de China, Mar Amarillo, Mar de Japón, Mar de Okhotsk e Islas del Sur de Kuril. Su cultivo se inició en aquellos lugares donde se practicaban las actividades tradicionales de pesca, obteniendo la semilla del medio natural.

Esta especie se ha introducido a diferentes regiones del mundo, donde se ha establecido de forma permanente (Flassch & Leborgne, 1992).

En la década de 1930 se introdujo accidentalmente en las costas del Pacífico de Norte América, y se ha diseminado y arraigado desde California hasta la Columbia Británica.

La almeja japonesa también se transfirió desde Japón hasta Hawaii a principios del siglo XX.

La sobrepesca y los rendimientos de cultivo de otras especies nativas como la almeja fina (*Ruditapes decussatus*) generó la introducción de la almeja japonesa en las aguas europeas. Se introdujo en 1972 mediante la producción e incubadoras francesas. Además se realizaron importaciones al Reino Unido procedentes de Estados Unidos, y continuaron las introducciones en diversas zonas de Europa con el fin de producirlas mediante acuicultura (Portugal, Irlanda, España e Italia) (fig. 28).

Tras la producción acuícola en incubadoras, la reproducción natural produjo una expansión geográfica de las poblaciones naturales, donde en algunos lugares demostró ser más resistente y de crecimiento más rápida que la especie autóctona *R. decussatus*.

De esta forma, son las poblaciones de *R. philippinarum* las que contribuyen de mayor manera en los desembarques de almeja en Europa, siendo el centro de la pesca pública intensiva y compitiendo con los productos acuícolas en diversas áreas de producción.

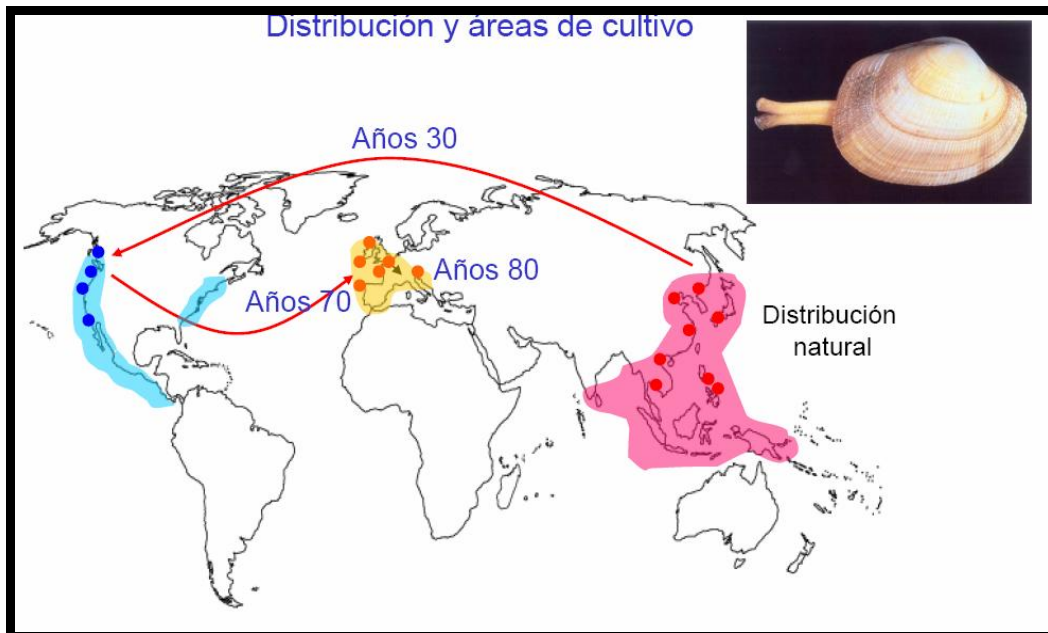


Fig. 28: Distribución geográfica histórica y principales áreas de producción (apuntes proporcionados por el IATS)

3. Hábitat y biología:

La almeja japonesa es gonocórica y sus gónadas están formadas por un tejido difuso estrechamente unido al sistema digestivo. El periodo reproductor varía en función del área geográfica en que se encuentre (ya que se encuentra directamente ligado a la temperatura). La reproducción generalmente ocurre a una temperatura de entre 20 y 25°C.

La gametogénesis en el medio natural dura de 2 a 5 meses, seguidos de la reproducción. La temperatura y la alimentación son dos parámetros que afectan a la gametogénesis, la cual se puede iniciar a una temperatura de entre 8 y 10°C y acelerarse a medida que se eleva la temperatura del medio. Su duración se reduce de 5 a 2 meses entre 14 y 24°C y en este rango de temperatura la almeja está lista para la reproducción. Aunque la temperatura óptima se encuentra entre 20 y 22°C, 12°C es el límite inferior a partir del cual la especie no puede reproducirse satisfactoriamente. La disponibilidad de alimento influye en la cantidad de gametos producidos.

El desarrollo larvario dura de 2 a 4 semanas antes del desove.

4. Importancia en la acuicultura:

La producción mundial de almeja ha mostrado una gran expansión desde 1991 (fig. 29). En la actualidad representa una de las especies que más se producen en el mundo (2'32 toneladas en 2002), siendo China el líder del sector con el 97'4% de la producción total en 2002 (www.fao.org).

Estos cultivos también están sujetos a factores patológicos, y en algunas regiones como la República de Corea ha afectado notablemente la producción, variando de 10.000 a 190.000 toneladas en la década de 1993-2002.

Es Italia la que ocupa el segundo lugar de producción a nivel mundial, principalmente gracias a la introducción de la especie en el país, así como al desarrollo de poblaciones silvestres y la consecuente facilidad para obtener semillas naturales. Alcanzó una producción de 41000 toneladas en 2002.

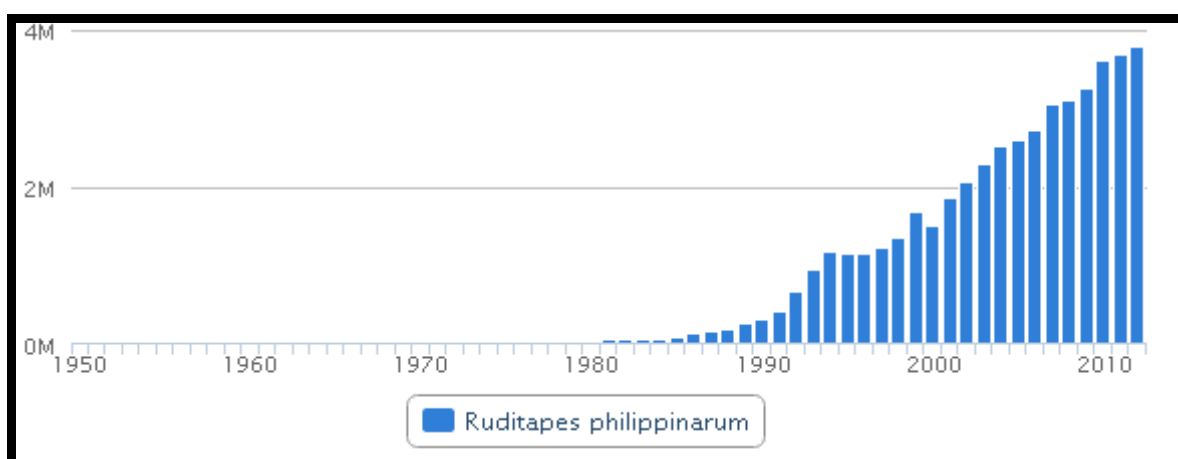


Fig. 29: Producción acuícola mundial (toneladas) (www.fao.org)

5. Mercado y comercio:

En China, la almeja japonesa es uno de los mariscos más comunes de las aguas costeras y la mayoría se vende viva en mercados y restaurantes locales a un precio de 0,38 euros/kg (www.fao.org).

También se comercializa con distintas presentaciones: congelada (previa depuración), empaquetada al vacío y congelada en bolsa de plástico para usarse en el microondas.

En Francia y Reino Unido, al igual que en China, toda la almeja cultivada se vende a mercados y comercios locales.

En Italia, también se destina a los comercios locales, sin embargo, una gran cantidad se exporta a España.

En Irlanda, puesto que hay una escasa demanda, los productores se ven obligados a exportar su producto principalmente a España y Francia.

Puesto que ha aumentado la oferta de almeja capturada, el precio de la almeja japonesa ha ido disminuyendo de 7,6 euros/kg hasta 3,8 euros/kg en la década de los 90 (www.fao.org).

Actualmente, todas las prácticas de cultivo de la almeja japonesa se encuentran controladas, incluyendo la producción en incubadoras y, debido a sus características

biológicas que favorecen su desarrollo es probable que su producción acuícola se incremente en un futuro próximo.

Sin embargo, el principal factor que ha provocado cambios en la producción en diversos países ha sido el impacto de diferentes enfermedades

Además de estos problemas de patología, el desarrollo de poblaciones silvestres, tras la introducción de esta especie ha inducido cambios en las tendencias de producción, sea al facilitar la oferta de semilla (Italia) o en contraste, al competir económicamente con los cultivos (Francia), favoreciendo en consecuencia la pesca pública de captura.

A lo largo de la costa oeste de los Estados Unidos, los depredadores no autóctonos (como el cangrejo verde) constituyen un riesgo potencial para la producción comercial.

c. El cultivo

El cultivo tradicional

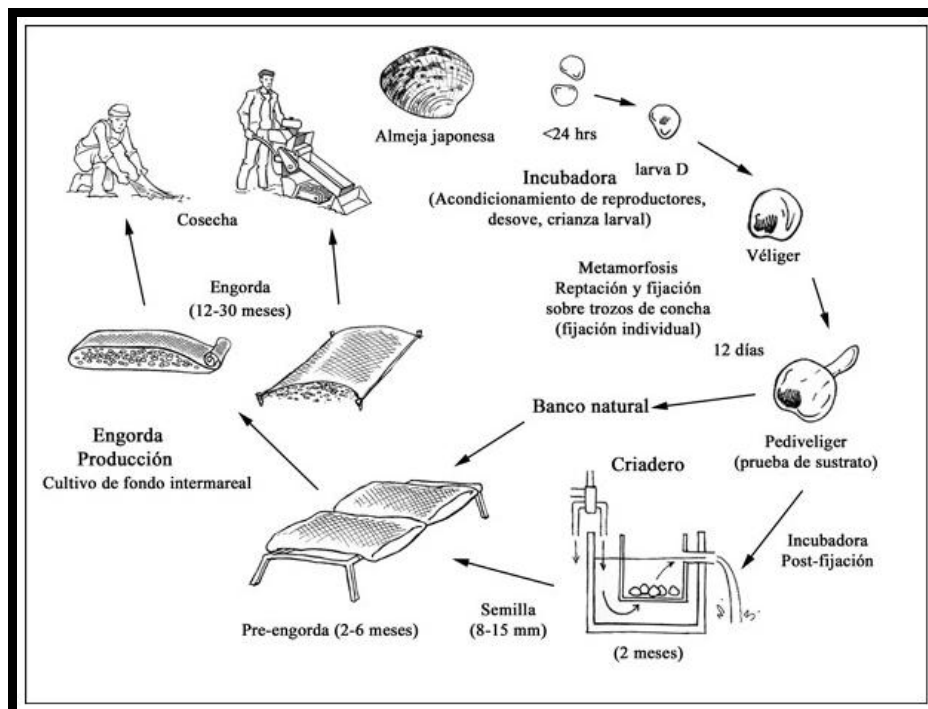


Fig. 30: Ciclo de producción de Almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*)
(www.fao.org)

Para la producción de almeja japonesa tradicionalmente se ha iniciado el cultivo con la captación de la semilla en el medio natural (fig. 30), sin embargo, el aumento de los stocks en la pesca y su recolección para la acuicultura tanto extensiva como intensiva hace que cada vez más se baraje la posibilidad de producir las semillas mediante reproductores y sistemas de incubación. A continuación comentaremos ambas opciones:

Obtención de semilla silvestre: Esta práctica conlleva la captación del medio natural que es dependiente del lugar en el que nos encontremos, es decir, en China, esta

almeja forma parte de la fauna local y se la encuentra en playas lodosas y arenosas. Sin embargo, en Europa, se obtiene del medio natural como resultado del carácter invasivo de esta especie, en zonas donde anteriormente se cultivaba mediante incubadoras.

La semilla obtenida del medio natural se coloca en estanques someros que previamente han sido limpiados de depredadores y de otros competidores como diversas algas. En estos tanques se inocula el alimento adecuado para las larvas y postlarvas, como *Chaetoceros*, y se mantienen hasta alcanzar un tamaño de 15 mm aproximadamente, momento en el que se transplantarán a una densidad de 1,8 millones/ha hasta alcanzar la talla comercial (3,5-4 cm).

Obtención de semilla mediante incubación: Este proceso comienza con el acondicionamiento de los reproductores (fig. 31).



Fig. 31: Sistema típico de acondicionamiento de reproductores (Helm & Bourne, 2006)

En el medio natural, el desarrollo sexual empieza cuando la temperatura del agua del mar es superior a los 10°C. Los gametos se desarrollan así hacia finales de mayo y junio y se retienen hasta el desove que tiene lugar mediante choques térmicos.

Sin embargo, en el criadero podemos modificar estos parámetros mediante un aumento de la temperatura y un suministro adecuado de alimento, de manera que podemos obtener más ejemplares en estado de desove a lo largo del año. Un ejemplo de acondicionamiento sería el que comentamos a continuación:

Los ejemplares son obtenidos del mar y transportados a la instalación. Una vez allí se les limpia meticulosamente la concha con el fin de deshacerse de aquellos microorganismos que puedan estar adheridos (epifauna) y que pueden resultar perjudiciales para el cultivo. Posteriormente se trasladan estos ejemplares a tanques provistos de arenas donde pueden permanecer enterrados hasta unos 10 cm (fig. 32).



Fig. 32: Tanques de circulación constante para el acondicionamiento de reproductores (Helm & Bourne, 2006)

El agua de mar que se les suministra no ha de ser filtrada, ya que la diversidad de las especies que la contiene resulta muy beneficiosa para este proceso. Sin embargo, existe la posibilidad de que se encuentren microorganismos o patógenos que puedan perjudicar a los reproductores, aunque los beneficios obtenidos compensan este factor.

La salinidad y la temperatura han de ser las adecuadas. La almeja japonesa responde mejor a temperaturas de entre 22 y 24°C y salinidades de entre 25 y 34 ‰ (Helm & Bourne, 2006).

Cabe destacar que los tanques han de encontrarse en lugares tranquilos donde los ejemplares no se vean afectados por excesivas perturbaciones externas, lo cual se traduciría en una mala alimentación y su desarrollo se vería perjudicado. Para la alimentación de los reproductores se emplean algas que, por lo general, son cultivadas en la misma instalación, por lo que se requiere logística añadida para mantener estos cultivos. Los reproductores se alimentan principalmente de varias especies de *Tetraselmis* (*T. chuii*, *T. tetrahele*, *T. suecica*...), así como *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutherii*, *Chaetoceros muelleri*, etc. Lo ideal es aportar una dieta variada en las que las algas se encuentren en las proporciones adecuadas, y no alimentar de una única especie. Si la dieta es deficiente se producirá una menor cantidad de larvas entre otras consecuencias.

Alternativamente al cultivo de microalgas, éstas pueden ser suministradas en forma de pasta. Éstas son prácticas y fáciles de usar, ya que el proveedor proporciona información sobre el número equivalente de células por volumen unitario del producto, así como información específica sobre los componentes nutritivos que lo conforman. Además, el producto puede ser almacenado y conservado de manera fácil.

Una vez acondicionados los reproductores y conocida la temperatura a la que tiene lugar el desarrollo de reproductor (8-12°C) se ha de esperar a que las gónadas se encuentren sexualmente maduras para inducir el desove. Éste se puede inducir de varias maneras, sin embargo, las mejores son aquellas que minimicen el estrés, como el tratamiento térmico. Éste consiste en colocar los adultos en bandejas e ir cambiando

el agua de fría a caliente cada 30-40 minutos, añadiendo una pequeña porción de microalgas en cada cambio (fig. 33). Este proceso se va repitiendo en “ciclos”, los cuales dependen del estado de madurez de los gametos y de lo dispuestos que se encuentren los adultos para desovar. Por lo general, si los adultos no responden al tratamiento en 2-3 horas, se les devuelve al tanque de acondicionamiento y se les deja una semana más.

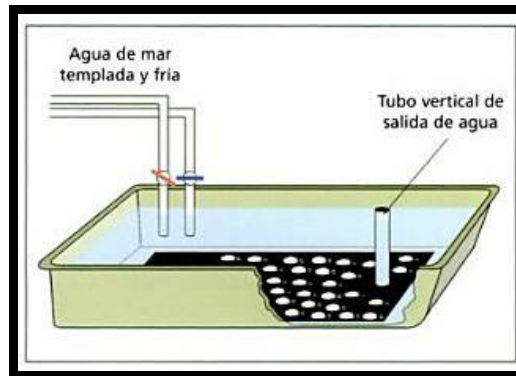


Fig. 33: Disposición de una bandeja empleada para el desove de bivalvos ovíparos (Helm & Bourne, 2006)

Una vez obtenidos los gametos, estos se tamizan con el fin de limpiarlos de heces y otras sustancias que puedan resultar nocivas para evitar una futura proliferación bacteriana.

Los óvulos de los diferentes lotes son separados para evitar la fecundación cruzada. Los óvulos son fecundados con esperma fresco de 3-4 machos (2 mL de esperma por L de suspensión de óvulos). Después se dejan reposar 60-90 minutos. Posteriormente se observará cómo las células comienzan a dividirse. Los huevos que son fecundados continúan desarrollándose en tanques hasta alcanzar la fase de larva velíger D. Estas larvas se recuperan unas 24-48 horas más tarde

Durante el periodo larvario las larvas se mueven libremente por la columna de agua, donde se alimentan. A medida que este periodo larvario avanza y va alcanzando su fase final la alimentación se ralentiza y las larvas pasan más tiempo en el sustrato o cerca de él, lo que marca el comienzo de la metamorfosis, la cuál es una etapa crítica debido a que es en ésta donde se da la mayor mortalidad del ciclo de producción, ya que dependerá estrechamente de las reservas energéticas que los ejemplares hayan sido capaces de almacenar durante su etapa larvaria.

Durante la metamorfosis se pueden distinguir dos etapas: la fijación (que es reversible) y la metamorfosis (que es irreversible).

- La fijación engloba ese periodo en el que la larva deja de ser pelágica y se va aproximando al fondo. La larva escogerá el fondo que considere apropiado y la siguiente fase (la metamorfosis) puede ser retrasada si la larva no encuentra el fondo idóneo.
- La metamorfosis es una etapa irreversible ya que está marcada por una serie de cambios fisiológicos y morfológicos que tienen lugar en el cuerpo del animal. Aunque no se tiene seguridad sobre qué factores son los desencadenantes, sí

se sabe que influyen el tipo de sustrato así como otros factores biológicos, físicos y químicos.

El momento de la metamorfosis es crucial ya que será el momento en que las semillas sean trasladadas al sustrato donde continuarán su crecimiento.

Para conocer el momento idóneo en el que este proceso tiene lugar se observan diferentes aspectos del animal:

- En algunas especies se da la aparición de manchas oculares (fig. 34), de las que se desconoce su función pero que se asocia estrechamente al tamaño adecuado de la larva para fijarse.

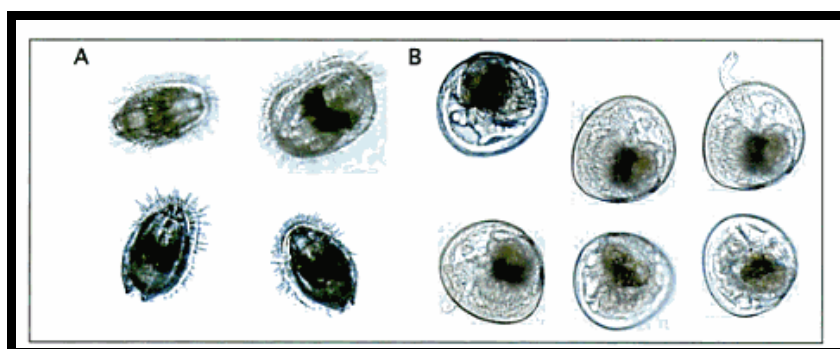


Fig. 34: Ejemplos de manchas oculares y pies incipientes en ejemplares de *Agropecten gibbus* (Helm & Bourne, 2006)

- La aparición del pie se da inmediatamente después (1-2 días) de la aparición de estas pequeñas manchas y su función consiste en la búsqueda del sustrato adecuado donde desarrollarán el bisco. Este pie les permite arrastrarse por la superficie y les da el nombre a las larvas de “pedivelíger”.

Para que el proceso de la metamorfosis tenga lugar, deben darse los factores que hemos comentado anteriormente, pero cuando la producción se realiza en criaderos estos factores han de provocarse. El método físico más común es el shock térmico, que consiste en enfriar las larvas maduras y posteriormente colocarlas en el sustrato escogido. También se emplean productos químicos como el amoníaco o incluso neurotransmisores como la epinefrina, norepinefrina y yohimbina.

Las larvas de almeja japonesa empiezan la búsqueda de sustrato cuando alcanzan una longitud de entre 220 y 240 μm .

Cuando alcanzan una longitud de aproximadamente 1 mm comienza el periodo de pre-engorde y éste se recomienda que se produzca con un flujo de mar debido al gasto alimenticio que implica. Para llevar a cabo este proceso se pueden dar diferentes estrategias:

- Se suelen emplear bandejas planas en cultivos sobreelevados, o tambores con fondos de malla con sistemas de circulación naturales (mar) o forzados (bombeo).

- También se pueden aprovechar estructuras de cultivos suspendidos como bateas y emparrillados.
- Cuando las almejas son ligeramente mayores (6-7 mm) se colocan sobre el fondo en bolsas de malla con el fin de protegerlas de los depredadores.
- En Italia se colocan en marcos de madera cubiertos con redes de plástico, sobrepuestas e inmersas bajo el agua.
- En Irlanda, sin embargo, se emplean marcos de madera cubiertos por malla en caballetes cerca del área de marea baja viva.
- En Norteamérica se emplean sistemas de surgencia (upwellers) flotantes como el FLUPSY, que consiste en una estructura de estantes que sostiene varios contenedores con un canal central por donde se impulsa el agua.

Una vez las almejas alcanzan una talla de unos 10-15 mm deberá realizarse el engorde sobre sustrato.

Esta etapa resulta más satisfactoria si se cuida que el área de engorde se encuentre en una zona intermareal y protegida del viento así como de depredadores y de la acción del oleaje. Además, como alternativa, se pueden emplear tanques de unos 400 m² para engorde hasta su talla comercial.

El tipo de sustrato puede variar y la almeja crece bien tanto en suelos arenosos, como lodosos y de conchas, aunque el preferido por la especie es el arenoso se procura que el suelo no sea demasiado blando para que no dificulte demasiado las tareas que se llevarán a cabo.

Antes de la siembra el suelo ha de ser preparado y limpiado de posibles depredadores como crustáceos. Una vez ha sido preparado el fondo se despliega la red que tendrá una luz de malla apropiada para mantener los ejemplares impidiendo su escape. Posteriormente, esta red se recubre ligeramente con sedimento y se siembran las almejas a una densidad de entre 200 y 1000 unidades por m². Se vuelve a cubrir con sedimento el terreno y se marcan los límites del cultivo. También se puede añadir otra red para evitar la depredación por las aves.

La densidad a la que se siembran las almejas será determinante para su supervivencia, siendo la óptima para ejemplares de 10-15 mm de unos 200-300 individuos por m². A medida que los ejemplares vayan creciendo estas densidades deberán reducirse para evitar problemas como las deformaciones de las conchas.

La siembra de los ejemplares puede darse manualmente o mecánicamente. Se ha desarrollado una máquina sembradora que simultáneamente coloca la red y siembra la semilla.

Además, las redes han de ser limpiadas y reemplazadas para evitar organismos epibiontes y hay que realizar un monitoreo continuo para controlar la presencia de depredadores.

En función del lugar en el que nos encontremos (temperatura del agua, tipo de sedimento) las almejas alcanzarán la talla comercial (40 mm) en 2-3 años. Por ejemplo, en Italia serían 18 meses, mientras que en Irlanda serían 3 años (www.fao.org).

El momento de la cosecha también depende de la talla comercial de la almeja en el lugar que nos encontremos, es decir, en China se recolecta la almeja cuando alcanza un tamaño de unos 30 mm, tras unos 10-16 meses desde su siembra; mientras que en Europa y en Norteamérica la almeja se recolecta cuando tiene un tamaño de entre 30 y 40 mm, periodo que ocupa de 16 a 30 meses de cría, obteniendo un mejor precio de venta.

La cosecha puede ser tanto manual como mecanizada. Por lo general la cosecha manual se emplea en extensiones relativamente pequeñas mientras que la mecanizada se destina a mayores extensiones. La cosecha manual consiste en rastrillar el suelo para desenterrar las almejas y llevarlas a la superficie, mientras que la mecanizada consiste en dragas-elevadores o maquinaria succionadora, de manera que va cosechando los ejemplares con la opción de realizar asimismo un clasificado inicial. Este tipo de maquinaria resulta muy útil para cubrir grandes extensiones en poco tiempo (200 m²/h, más de 600 kg/h) (www.fao.org), pero no resulta rentable para trabajar con extensiones de menor tamaño.

Una vez recolectadas las almejas, éstas son colocadas en cajas o bolsas y se transportan para ser seleccionadas de forma mecánica. Posteriormente se almacenarán con un flujo continuo de agua para purgarlas, o bien serán trasladadas a unas depuradoras específicas de moluscos con el mismo fin. Esta depuración es fundamental ya que de esta manera se limpia el molusco de posibles toxinas y se garantiza un producto de calidad y apto para el consumo.

Nuevo cultivo

Nuestro cultivo se centrará básicamente en la fase de engorde de la almeja japonesa. Obtendremos de criaderos una semilla ligeramente más grande que resultará más cara que las tallas menores, pero que facilitarán las tareas operacionales disminuyendo los costos de producción ya que se llevarán a cabo un menor número de actividades (como clasificaciones adicionales) y minimizando la mortalidad que se da en las primeras fases del desarrollo de la semilla.

Para llevarlo a cabo, utilizaríamos una extensión adyacente a la instalación de Piscimar con el fin de aprovechar el caudal de agua que sale de la misma para bañar dicha extensión. El suelo sería diseñado con una ligera pendiente para que el agua pasara por toda la extensión sin necesidad de bombeo adicional.

El uso del efluente que sale de la instalación nos proporcionará otra serie de ventajas como la presencia de sólidos en suspensión y materia orgánica, que reducirá el gasto en alimento entre un 30% y un 40%. Además, proporcionará unos valores constantes

de salinidad y temperatura, por lo que no será necesario emplear dispositivos adicionales que corrijan estos parámetros.

Este caudal se haría pasar por una zona delimitada que contendría un dispositivo desgasificador con el fin de aumentar el pH, hecho que se explicará más adelante. Asimismo, se le añadiría el alimento necesario para engordarlas.

El terreno será rellenado con el sustrato adecuado que consistirá en arenas procurando que el tamaño de grano no sea demasiado pequeño, para así facilitar las tareas lo máximo posible.

Asimismo, el terreno será delimitado y separado en diferentes partes con el fin de poder obtener varios lotes.

No será necesario limpiarlo de depredadores ya que el terreno se encuentra elevado del nivel del mar y en ningún momento ha estado sumergido bajo éste. Aunque deberá tenerse en cuenta los crustáceos que se acercan desde la playa, para lo cual se dispondrán de las mismas redes antipájaros como se comenta a continuación..

Se colocarán las redes oportunas con respecto a los tamaños de los diferentes lotes y se cubrirán con sedimento y otras redes para impedir la depredación por parte de las aves. Las redes no precisarán de limpieza ya que no se encontrarán organismos incrustantes, de manera que ahorraremos en coste operacional con respecto a esta limpieza y a la del terreno.

Debido a que se considera una extensión menor, la cosecha se realizará de manera manual. Para ello se retirarán las redes que cubren el cultivo y se rastrillará para extraer los ejemplares a la superficie; o bien se extraerán las redes directamente, para lo que se necesitará de algún tipo de maquinaria debido al peso de la red.

Una vez el caudal baña el cultivo, éste volverá directamente al mar.

d. Condiciones para el cultivo de la especie a incorporar

La almeja japonesa (y las especies piscícolas en general) poseen unos requerimientos específicos para su desarrollo, y unos valores óptimos que garantizan el máximo crecimiento de la especie, valores que resulta interesantes de investigar y controlar si se desea realizar una rápida producción que garantice el máximo crecimiento y el máximo ahorro económico.

La calidad y cantidad del agua de cultivo son aspectos fundamentales, ya que si no se dispone de ellos no se podrá llevar a cabo las actividades necesarias y no obtendrá un cultivo de calidad. Por este motivo, es muy importante obtener toda la información que se pueda sobre la calidad del agua del sitio escogido, punto que desarrollamos más adelante.

Los ejemplares de almeja japonesa (y de otros bivalvos en general) tienen requisitos fisiológicos estrictos (fig. 35), como por ejemplo, la temperatura del agua, la salinidad y los niveles de oxígeno; parámetros que deben tratar de mantenerse constantes.

La temperatura del agua es más elevada en los trópicos que en las zonas templadas y, por tanto, en unas zonas se da un crecimiento más rápido que en otras, sin embargo, es un requisito al que las almejas son altamente tolerantes, siempre dentro de unos valores que no afecte a su supervivencia. Así, toleran temperaturas que van desde los 16 a los 24°C (fig. 35).

La salinidad puede sufrir grandes variaciones y es un parámetro al que también son altamente tolerantes, con valores que fluctúan entre las 25 y las 35 ppm (fig. 35).

El resto de factores requeridos por la especie se muestran detallados en la fig. 35. Se puede observar como también se requiere de cierta cantidad de nitritos, nitratos y fosfatos, nutrientes que permitirán el adecuado desarrollo de la especie. Estos nutrientes vendrán incorporados en la dieta microalgal.

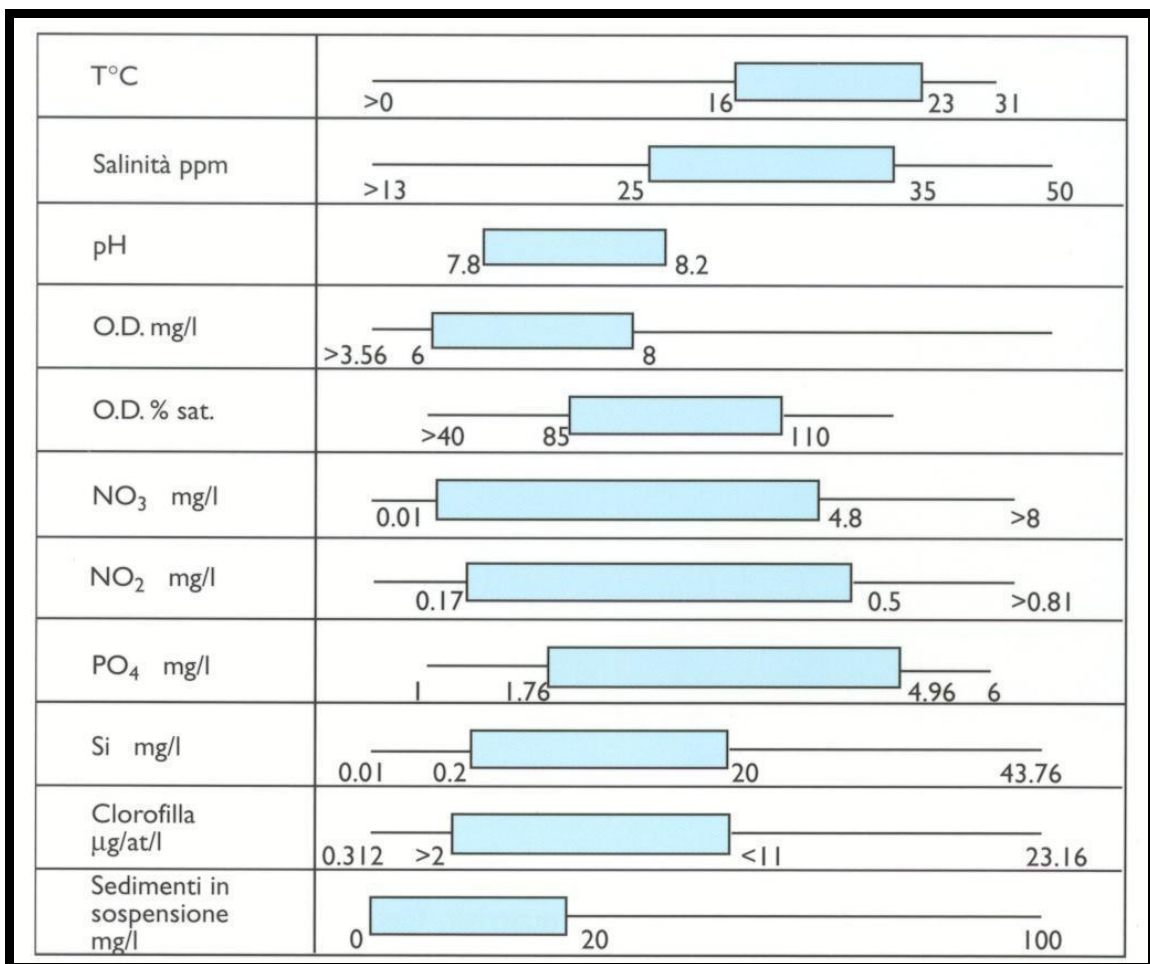


Fig. 35: Tabla donde se detallan los requerimientos de la almeja japonesa (apuntes facilitados por el IATS)

También se ha de vigilar que el agua no posea contaminantes de origen industrial, ya que, debido al carácter filtrador del animal, estos componentes se almacenan en su organismo pudiendo llegar al consumidor final.

Además, se debe evitar que el agua provenga de zonas cercanas a puertos deportivos y comerciales

e. Medidas de los parámetros fisicoquímicos

Puesto que el nuevo cultivo sería dependiente del caudal que sale de la instalación de Piscimar, los muestreos se realizaron en este punto.

En base a los requerimientos de la especie comentados en el apartado anterior, los parámetros que medimos fueron los siguientes: pH, amonio, nitritos y nitratos. No consideramos oportuno medir la salinidad ni el oxígeno disuelto, ya que estos parámetros se mantienen constantes (salinidad: 37‰, O.D: 8 mg/L).

Para medir estos parámetros, se recogía una muestra del caudal con un bote y, posteriormente, se trasladaba al laboratorio de la propia instalación donde se empleaban kits de medida (fig. 36).



Fig. 36: Kits empleados para medir los parámetros

Los resultados obtenidos tras los análisis que se realizaron diariamente se muestran en la Tabla 1.

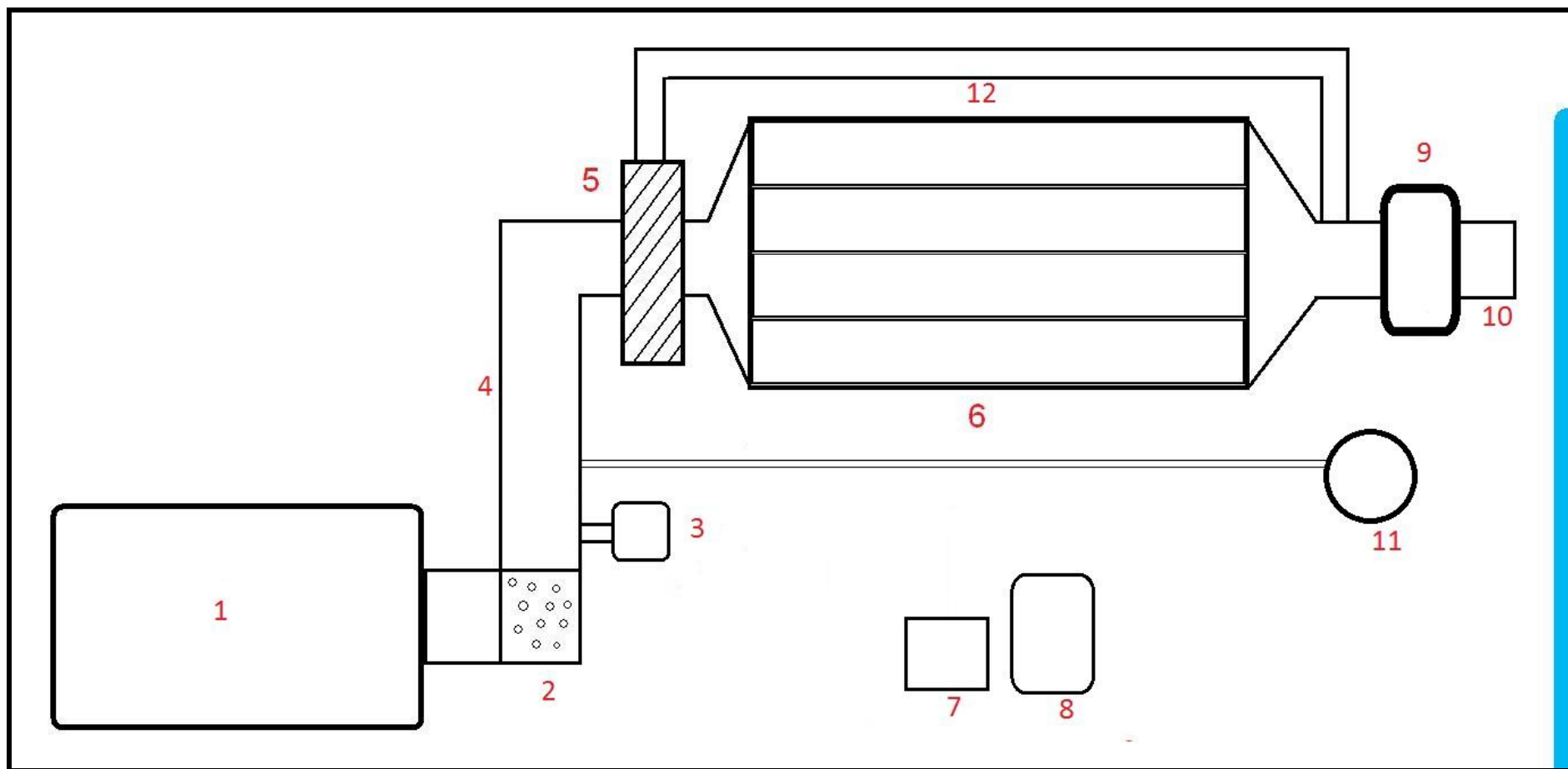
DÍA	pH	AMONIO (mg/L)	NITRITOS (mg/L)	NITRATOS (mg/L)
02/07/2014	7,3	0,5	0,4	10
03/07/2014	7,27	0,5	0,2	5
04/07/2014	7,24	0,5	0,2	5
07/07/2014	7	1	0,2	10
08/07/2014	7,11	0,7	0,3	5
09/07/2014	7,2	0,7	0,2	5
10/07/2014	7	0,5	0,3	3
11/07/2014	7,25	0,5	0,3	3
14/07/2014	7,2	0,5	0,6	5
15/07/2014	7,3	0,7	0,4	0
16/07/2014	7,26	0,5	0,3	3
17/07/2014	7,32	0,7	0,3	0
18/07/2014	7,4	0,7	0,4	0
21/07/2014	7,3	0,5	0,3	3
22/07/2014	7,28	0,4	0,4	5
MEDIA	7,23	0,6	0,3	4

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos medidos

Valoración de los resultados obtenidos:

- pH: Como se puede observar en la tabla, tenemos un pH por debajo del requerido por la especie. Así pues, dispondremos en la nueva instalación un desgasificador, cuya función principal consistirá en eliminar gases disueltos como el CO₂, logrando así aumentar el pH .
- Amonio: No se encuentra contemplado en los requerimientos pero fue un parámetro medido por si pudiera ser necesario en algún momento del estudio.
- Nitritos: Los nitritos se encuentran dentro del margen requerido por la especie (0,17-0,5 mg/L).
- Nitratos: Aunque la media de nitratos se encuentra dentro de los márgenes adecuados (0,01-4,8 mg/L) en algunos casos pueden ser elevados. No supone un problema adicional ya que hemos de tener en cuenta que el agua contendrá microalgas, las cuales harán que estos valores resulten menores.
- Salinidad: La salinidad de nuestro caudal (38 ppm) es ligeramente superior a los requerimientos de la especie (fig. 35), sin embargo, la diferencia es pequeña y podemos despreciarla.

f. Diseño de la nueva instalación



1. *Instalación de Piscimar*
2. *Desgasificador:* Consistirá en hacer pasar el agua por una superficie llena de material de forma que al pasar por éste, el agua se “subdivide” en muchas corrientes y se desprendan los gases (como el CO₂) para así conseguir aumentar ligeramente el pH.
3. *Suministro de alimento:* Consistirá en un dispositivo que inyectará de manera automatizada la dosis diaria requerida de alimento, es decir, unos 44,3 L al día.
4. *Efluente conducido al cultivo:* El efluente que sale de la instalación de Piscimar será delimitado y reconducido para que en vez de llegar al mar bañe el nuevo cultivo. Para ello deberá tenerse en cuenta la pendiente del terreno y utilizarla de modo que el agua se dirija por gravedad.
5. *Regulador del caudal:* El caudal que sale de Piscimar es de aproximadamente 700 m³/h. Con esta velocidad favorecemos una muy buena renovación del agua, pero es posible que la velocidad sea excesiva y consiga desenterrar las almejas. De esta forma, colocaremos un dispositivo que retenga el agua o permita su paso en función de la velocidad que deseemos en cada situación.
6. *Extensión del cultivo:* El cultivo poseerá una extensión total de aproximadamente 3 hectáreas (30.000 m²) y, a su vez, estará dividido con el fin de albergar los diferentes lotes que se dispongan.
7. *Almacén:* Necesario para el almacenaje de aquellos utensilios y productos que no se estén utilizando como cajas, redes, así como un refrigerador oportuno que nos permita conservar en un buen estado el alimento, y diversas herramientas.
8. *Oficinas:* Emplazamiento desde el que se planificará y dirigirá la producción así como los procesos anteriores y posteriores a ésta (obtención de las materias primas y venta del producto).
9. *Planta de tratamiento del agua:* Fundamental al final del cultivo, para eliminar aquellas sustancias fruto de la producción que puedan perjudicar al medio ambiente.
10. *Efluente del cultivo:* Finalmente, el efluente que sale del cultivo será devuelto al mar con una gran ventaja, ya que se tratará de un agua más filtrada que poseerá menos sólidos en suspensión.
11. *Pozo:* Para recaudar agua del mar en caso de que la piscifactoría no pudiera proporcionar el caudal suficiente por algún motivo puntual. Esto permitirá que el cultivo no sea interrumpido si existe algún inconveniente en la piscifactoría y se garantizará un aporte constante.
12. *Canal auxiliar:* Necesario en caso de que el caudal sea excesivo y el regulador no resulte suficiente para frenar el agua. Si hay demasiada agua en el regulador ésta rebosará y se redirigirá por el canal auxiliar hasta el efluente del cultivo.

Cabe tener en cuenta que el mapa de la nueva instalación es meramente orientativo y, por tanto, las escalas no son las adecuadas. Únicamente informa de la ubicación y la necesidad de los diferentes elementos.

g. Producción anual

La producción anual vendrá determinada por la superficie disponible así como por el rendimiento de la especie, que se aproxima a los 10 kg/m² (Royo & Ruiz, 2005) sin embargo, asumiremos un rendimiento de 8 kg/m² y así tendremos en cuenta la mortalidad asociada (Royo & Ruiz, 2005).

Superficie (m2)	Rendimiento (kg/m2)	Total producción (ton)	Ciclo (meses)	Total mes (ton)
30.000	8	240	20	12

Tabla 2: Resumen de la producción total del ciclo

De esta forma, teniendo una superficie total de 30.000 m² y un rendimiento de la especie de 8 kg/m² obtendríamos una producción total de **240 toneladas de almejas**.

Hemos comentado que el ciclo de producción de la almeja japonesa se encuentra entre los 18 meses y los 3 años (www.fao.org) en función de la zona en la que nos encontremos. Con respecto a la temperatura de crecimiento de la especie, que se encuentra entre los 16 y los 23°C, proporcionaremos un caudal con una temperatura constante de entre 19 y 20°C. Además, tenemos en cuenta que constantemente se le suministrará al cultivo el alimento que precise en cada momento, por lo que podemos suponer una buena producción que duraría 20 meses.

Así pues, obtendríamos una producción mensual de 12 toneladas de almejas.

Total prod. Año (ton)	Precio venta (euros/kg)	Valor prod.(euros)
144	7,00	1.008.000,00

Tabla 3: Resumen de la producción anual y su valor

Obtendríamos una producción anual de **144 toneladas**. El precio de la almeja se encuentra entre los 7 y los 8 euros en el mercado (www.fao.org) (www.mercamadrid.es). Así, con respecto a éste, obtendríamos un valor de la producción anual estimado en **1.008.000 euros**.

h. Coste de la producción

El coste de la producción depende de numerosos factores ya que ésta va en función del periodo que ocupe la cría de la almeja.

Los costes de la producción podemos dividirlos en directos e indirectos, siendo el coste directo aquél que refleja aquellos gastos que están directamente relacionados a la obtención del producto. En contraste, los gastos indirectos serían aquellos que afectan al proceso productivo en general de uno o más productos y no se puede asignar únicamente a un producto concreto.

Los costes quedan clasificados de la siguiente manera:

COSTES	TIPO
Alimento	DIR
Semillas	DIR
Electricidad	IND
Seguro	IND
General	IND
Salarios	IND
Amortización	IND

Tabla 4: Costes y sus tipos

A continuación, habrá que asignar a cada coste un valor anual.

Alimento: El alimento consistirá en un compuesto preparado consistente en una dieta líquida micronizada. El producto en concreto que se utilizará se denomina Acuiclam® (fig. 38), distribuido por la empresa Acuinuga SL. El producto está compuesto por harina y subproductos de pescado, cereales, extractos de proteínas vegetales, probióticos, minerales, vitaminas, microalgas y antioxidantes. Utilizaremos este tipo de alimento ya que resulta muy completo nutricionalmente y posee muchas facilidades para su conservado, permitiendo incluso ser congelado (www.acuinuga.com).

Parámetros nutricionales (en Materia Seca)							
Proteína Bruta	Materia Grasa Bruta	Carbohidratos	Cenizas	Vitamina A	Vitamina D3	Vitamina E	Vitamina C
45%	20%	20%	15%	24,000 UI/Kg	22,000 UI/Kg	80 mg/Kg	500 mg/Kg

Fig. 37: Cuadro orientativo de los parámetros nutricionales del compuesto



Fig. 38: Presentación del producto Acuiclam®

Se aconseja proporcionar unos 1.000 L de compuesto por millón de juveniles. En un principio se aconseja suministrar 1200 L de algas de alta densidad (Helm & Bourne, 2006), sin embargo, puesto que el producto es un concentrado y el agua que se suministrará ya contendrá sólidos en suspensión que ayuden al engorde, se ha decidido bajo supervisión del tutor en la empresa que sería apropiado proporcionar 1000 L en lugar de 1200 L por millón de juveniles.

Sabiendo que disponemos de 3 hectáreas de cultivo (30.000 m²) y que la densidad adecuada de crecimiento sería de 900 unidades/m² (www.fao.org), obtendríamos un total de 27.000.000 de juveniles en 20 meses, siendo 16.200.000 al año.

Si hemos de suministrar 1.000 L por millón de juveniles, suministraremos un total de 16.200 L al año, teniendo en cuenta que el producto cuesta 8'55 (www.acuinuga.com) euros/L, invertiríamos unos **138.510** euros/año.

Semillas: Las semillas también las obtendríamos de la empresa anteriormente citada. Anteriormente hemos realizado el cálculo para obtener el número de semillas necesarias, las cuáles correspondería a un total de 16.200.000 semillas.

Acuinuga SL se compromete a facilitar ejemplares que han sido minuciosamente seleccionados de 10 a 12 mm de longitud (fig. 39). Estos ejemplares se presentan en lotes de 20 kg en sacos.



Fig. 39: Detalle de la semilla en la que se aprecia su tamaño

El precio de la semilla es de 10,65 euros 1.000 unidades (www.acuinuga.com), lo cual se traduce en un precio individual de 1,065 céntimos la semilla.

Así, si necesitamos un total de 16.200.000 semillas, el gasto será de **172.530** euros al año.

Electricidad: El gasto de electricidad corresponderá a aquellos equipos que utilizemos que precisen de la misma. Según información proporcionada por la empresa lo estimamos en **20.000** euros.

Seguro: El gasto correspondiente al seguro lo estimaremos en **15.840** euros, en función de un gasto similar que se produce en la empresa.

General: Engloba aquellos gastos que no se clasifican en una categoría concreta. De igual manera que en los puntos anteriores, la información acerca del coste va en función del gasto que se produce en la empresa y lo estimamos en **40.000** euros.

Salarios: Calculamos que para llevar a cabo todo el proceso de producción la plantilla estará compuesta por:

- 1 Director Técnico: que supondrá un coste para la empresa de 30.000,00 euros brutos al año, más el 40% del impuesto de la Seguridad Social.
- 2 técnicos: que conllevará un coste de 16.000,00 euros brutos al año por técnico más el 40% de Seguridad Social (por cada uno).
- 4 peones: que supondrá un coste de 13.200,00 euros brutos al año más el 40% de Seguridad Social.
- Horas ETT: además, se contratarán horas ETT para las épocas del año que requieran de un mayor número de operarios como la siembra o la recogida de los ejemplares. Suponiendo que se contraten unas 700 horas de trabajo, esto conllevará un coste para la empresa de 10,9 euros la hora más el 40% de las horas por la Seguridad Social.

Quedarían todos los salarios resumidos de la siguiente manera:

PERSONAL	SALARIO (por pax)	SEG. SOCIAL (%)	TOTAL
Director Técnico	30.000,00 €	40	42.000,00 €
2 técnicos	16.000,00 €	40	44.800,00 €
4 peones	13.200,00 €	40	73.920,00 €
700 horas ETT	10,90 €	40	10.682,00 €
			171.402,00 €

Amortización: Suponiendo una inversión inicial de 1.000.000 euros, estimamos la amortización de la siguiente manera desglosando los consecuentes costes:

ACTIVIDAD	COSTE	AÑOS	AMORTIZACIÓN (año)
Equipam. Técnico	200.000,00 €	10	20.000,00 €
Movimiento arenas	450.000,00 €	50	9.000,00 €
Construcción y electricidad	250.000,00 €	50	5.000,00 €
Proyecto	100.000,00 €	50	2.000,00 €
			36.000,00 €

Así pues, el resumen de gastos (coste de la producción) quedaría reflejado de la siguiente manera:

COSTE	TIPO	TOTAL
Alimentación	IND	138.510,00 €
Semillas	IND	172.530,00 €
Electricidad	DIR	20.000,00 €
Seguro	DIR	15.840,00 €
General	DIR	40.000,00 €
Salarios	DIR	171.402,00 €
Amortización	DIR	36.000,00 €
		594.282,00 €

Tabla 5: Resumen de costes anuales

Como se puede observar, la alimentación supondría un 23% del total de los costes de producción, que supone un valor más bajo que el encontrado en otros estudios (Helm & Bourne) los cuáles sostienen que la alimentación supone el 40% de los costes de la producción. Esto puede ser debido a que hemos optado por suministrar un alimento ya preparado que una dieta basada exclusivamente en microalgas.

De todas formas, se puede observar como la alimentación y la semilla, es decir, los costes directos, representan el 52% de los costes de toda la producción anual.

Para finalizar este apartado, si obtenemos un coste total de producción de 594.282 euros y al año producimos 144 toneladas de almejas, obtendremos el siguiente *coste/kg*:

$$\text{Coste/kg} = 594.282 / 144.000 = \mathbf{4,12 \text{ euros}}$$

Así pues, nos costará 4,12 euros producir 1 kg de almejas.

Asimismo, también será necesario calcular el *porcentaje vs. el precio de venta*. Este concepto hace referencia al beneficio que se obtiene por artículo de venta (en nuestro caso por kg de almejas), es decir, cuánto cuesta crear ese artículo y por cuánto lo vendemos.

Se calcula dividiendo el beneficio por el precio de venta, es decir, si vendemos el kg de almejas a 7 euros y nos cuesta producirlo 4,12 euros nuestro beneficio será igual a $(7 - 4,12) = 2,88$ euros. De esta forma:

$$\% \text{ vs Venta} = 2,88 / 7 = 0,411 = \mathbf{41,1\%}$$

i. ROI de integración de cultivos

Para calcular la amortización de nuestra producción antes debemos realizar una pequeña introducción a varios conceptos.

- Gross Profit: El Gross Profit es aquello que gana una empresa después de vender un producto (o servicio) y deduciendo el coste asociado a su producción y venta. Vendría definido de la siguiente manera:

$$\text{Gross Profit} = \text{Precio} - \text{Coste de Producción} - \text{Distribución}$$

Tenemos en cuenta la distribución ya que es un coste ya externo al ciclo de producción

Así, en nuestro caso sería:

$$\text{Gross Profit} = 1.008.000 - 594.282 - 20.000 = 393.718 \text{ euros}$$

De esta forma, **393.718 euros** sería el dinero que ganaría la empresa sin tener en cuenta los impuestos.

Este concepto no tiene en cuenta factores como la inversión y, por tanto, no se ajusta adecuadamente al estudio que queremos realizar. Así pues, emplearemos otro concepto.

- EBITDA (“Earnings Before Interests, Taxes, Depreciation and Amortization”): Hace referencia al beneficio bruto de explotación antes de la deducibilidad de los gastos financieros. El propósito del EBITDA es obtener un reflejo fiel de aquello que la empresa está ganando y está perdiendo. Se calcularía de la siguiente manera:

$$\text{EBITDA} = \text{Precio} - \text{Coste de Producción} + \text{Amortización}$$

De esta forma, en nuestro caso sería:

$$\text{EBITDA} = 1.008.000 - 594.000 - 20.000 + 36000 = \mathbf{429.718 \text{ euros}}$$

El ROI (ó RSI, “Retorno Sobre la Inversión”) es una razón financiera que compara el beneficio en relación a la inversión realizada:

$$\text{ROI} = \text{Valor de la Inversión} / \text{EBITDA}$$

Teniendo en cuenta que invertiremos 1.000.000 de euros, obtendríamos así:

$$\text{ROI} = 1.000.000 / 429.718 = \mathbf{2.32 \text{ años}}$$

Según nuestros cálculos, nuestro proyecto quedaría amortizado al pasar aproximadamente 2 años y medio. Sin embargo, éste no es un resultado lógico y debemos tener en cuenta que todos estos cálculos realizados son aproximaciones, suposiciones y estimaciones, ya que en la realidad se deberían tener en cuenta otros muchos factores que influirían en el proceso.

4. Problemas encontrados

A lo largo de las prácticas, y gracias a los contenidos aprendidos durante el Máster, se ha podido comprobar que hay diversos aspectos que no están funcionando correctamente.

A continuación se enumerarán y comentarán algunos de ellos. Cabe destacar que nos referiremos principalmente a la instalación de Piscimar, ya que fue aquí donde se desarrolló el mayor número de horas prácticas y se tuvo más tiempo para observar este tipo de situaciones:

- *Automatización del proceso:* Hay diversas tareas, como el depurado de los peces, que se dan de forma manual. Como hemos comentado con anterioridad, la actividad consiste en mirar los peces uno a uno, de forma que para completar un tanque se emplean de 2 a 4 días en los que se ocupan constantemente 4/5 trabajadores.
Resultaría interesante buscar una alternativa automatizada (bajo supervisión de algún trabajador) que abaratara tanto en horas como en tiempo dicho proceso.
Para ello, la empresa ya probó un sistema de cinta transportadora junto con un mecanismo que reconocía y descartaba aquellas imperfecciones de los peces, sin embargo, la máquina resultó lenta y cara y se desechó la idea.
- *Calibrado de la maquinaria:* Hay ciertas máquinas (como las clasificadoras de rodillos y de palas) que requieren un calibrado manual para obtener los distintos tamaños de los peces. Esto implica que deban hacerse sucesivas pruebas para acertar al calibrado correcto, con la consecuente manipulación excesiva de dichos peces.
Resultaría muy apropiado disponer de maquinaria más moderna que permitiera un calibrado más apurado y rápido para evitar perder tiempo en el proceso y mejorar la calidad de vida de los animales.
La empresa realizó sus propias mejoras, como modificar la maquinaria para que en vez de manipular 2 ruedas de calibrado a la vez todo se manejara con una. Sin embargo, no resulta suficiente.
- *Sueldos y horarios:* Hay cierto personal de la empresa que realiza guardias, es decir, trabajan los 7 días de la semana (en el turno que se especifique) realizando una única actividad (guardia de oxígeno, sifonado, etc). En mi opinión, el realizar una única tarea durante todo el día favorece la relajación del trabajador, ya que se ve afectado por la monotonía de la actividad y puede favorecer la falta de atención sobre aquello que está llevando a cabo.
Además, el trabajar los 7 días de la semana agota tanto física como mentalmente al empleado y es posible que su rendimiento laboral se vea afectado.
Cabe destacar que los trabajadores asignados a los turnos de tarde y noche únicamente son 2 (uno correspondiente a la zona del destete y otro al resto, ya

que no debe realizarse la manipulación entre zonas para evitar la posible contaminación). Se ha dado algún caso de robo en la instalación durante estos turnos, y la falta de personal de seguridad hace que este tipo de situaciones peligrosas y la responsabilidad recaiga en los trabajadores que en ese momento se encuentren, hecho con respecto al cual considero que se deberían tomar medidas extraordinarias como aumentar la seguridad, o aumentar el sueldo a los empleados que realicen estos turnos extraordinarios.

- *Mantenimiento básico:* Hay pequeños detalles de mantenimiento que podrían facilitar las tareas durante el trabajo, pero no nos referimos a un gran mantenimiento, sino a uno básico, como sustituir aquellos salabres con agujeros por unos nuevos, en lugar de intentar repararlos con bridas, ya que éstas se enganchan en la red donde se encuentran los peces. También intentar reparar o sustituir las balanzas que no funcionen adecuadamente, es decir, algunas tardan en tarar el peso y ralentiza la actividad.
- *Actitud:* La actitud de algunos trabajadores me ha resultado cuestionable o despreocupada. Se dan pequeños fallos o despistes que no se intentan solucionar y que suponen pérdida de dinero, como un mal manejo de los alevines, errores en los cálculos, etc. En general no se dan este tipo de situaciones con todo el mundo, sino únicamente en ciertas personas, cuya actitud resulta muy diferente a la del resto de trabajadores y parece no tenerse en cuenta.
- *Desperdicio de pienso:* Esta situación la refiero principalmente a la instalación de Acuicola Marina. Durante mi estancia allí pude observar que, a la hora de alimentar, hay personal que sigue sus propias reglas o que se ciñen a lo mandado sin evaluar personalmente la situación.
Me explico: diariamente se reparten unas hojas donde se detalla la cantidad de sacos de pienso que ha de comer cada jaula. Lo lógico sería que, una vez alimentando, se observara el comportamiento de los peces y así poder detectar si están ingiriendo como correspondería o no. Pues bien, hay ciertos trabajadores que dan el pienso asignado bajo todas las circunstancias, incluso si se observa claramente que los animales no están ingiriendo (por el motivo que sea). Este pienso se pierde y es, en mi opinión, dinero que literalmente se va al fondo del mar.
- *Mal calibrado de las sondas:* En Piscimar se lleva un control exhaustivo de las concentraciones de oxígeno en los tanques ya que se trata de un cultivo intensivo. Para facilitar este control los tanques disponen de sondas que marcan estas concentraciones. Sin embargo, hay sondas que no se encuentran bien calibradas y marcan valores que no son reales, indicándole al ordenador que inyecte oxígeno cuando no es necesario (suponiendo un gasto económico excesivo). Es cierto que las sondas, si han de marcar erróneamente, marcan por defecto de oxígeno en lugar de por exceso, lo que “minimiza” la gravedad de la situación, sin embargo, esto provoca que un empleado deba dirigirse

personalmente al tanque en varias ocasiones para tener certeza sobre estos valores.

5. Valoración personal

Las prácticas han sido realizadas con el Grupo Andrómeda, en dos de sus filiales (Acuícola Marina y Piscimar).

El primer periodo de prácticas, el realizado en Piscimar, inició el 23 de junio y finalizó el 22 de julio, con un total de 147 horas.

En esta instalación pude realizar cómodamente todas las actividades que me propusieron y pude observar de primera mano cómo se desarrolla el crecimiento de los peces. Aunque no se me permitió colaborar en la zona de la Hatchery y el destete, considero que ha resultado una experiencia muy grata y útil.

Algo que encontré verdaderamente interesante fue comprobar cómo difiere la teoría de la acuicultura de la práctica, y como las condiciones controladas que se dan para los estudios científicos resultan muy poco reproducibles a gran escala.

Gracias a asignaturas como *Diagnóstico y Control de Enfermedades y Patología e inmunología* pude comprender la gravedad de ciertas enfermedades y su repercusión a nivel económico, así como la necesidad de mantener una buena higiene (siempre en la medida de lo posible) y pude poner en práctica alguna técnica de vacunación, sabiendo qué estaba haciendo y por qué.

Cabe destacar el buen trato que recibí en todo momento, tanto por los trabajadores como por el personal responsable de la planta, respondiendo a mis dudas en todo momento e intentando explicarme todo lo que consideraban necesario para completar mi aprendizaje.

El segundo y último periodo de prácticas fue realizado en Acuícola Marina, y abarcó desde el 23 de julio hasta el 18 de agosto, con una duración de 122 horas. Así, durante el periodo de prácticas habría realizado un total de 269 horas.

En Acuícola Marina, mi afán de colaborar al máximo posible se vio un poco frustrado, debido a que muchas de las actividades que se llevan a cabo requieren de una titulación específica. Sin embargo, al igual que en Piscimar, el personal no tuvo ningún reparo en explicarme todo aquello que deseaba saber, dedicándome parte de su tiempo.

Gracias a asignaturas como *Nutrición y Alimentación* pude entender la composición de los piensos que se utilizaban y el porqué del uso de ciertos ingredientes que al personal escandalizaba (como la harina de plumas). De igual manera, gracias a la asignatura de *Diseño y Gestión de Instalaciones* pude entender la complejidad de los entramados que sostienen las jaulas de la instalación.

Gracias al Máster he podido ampliar mis conocimientos sobre la Acuicultura y me ha servido para entender cómo se lleva a cabo toda la producción de peces en cautividad.

Así mismo, las prácticas han resultado muy útiles para poner en práctica estos conocimientos. Éstas, por otro lado, también me han hecho comprobar que mucha gente que trabaja en este sector desconoce el significado de ciertas actividades que llevan a cabo, y la falta de información hace que desconfíen del propio producto que están desarrollando, llegando a afirmar que jamás ingerirían ese pescado.

He podido comprobar, debatiendo con personas tanto de la empresa como ajenas a ella, que la acuicultura es una actividad que no está demasiado bien aceptada, imagino que debido a la falta de información, ya que esas mismas personas afirman que consumen con toda tranquilidad otro tipo de animales de granjas como pollos o cerdos, que también se encuentran hacinados.

Así pues, en mi opinión, considero que, sin menospreciar a la investigación científica, resulta igualmente importante trabajar el aspecto de la introducción del producto a los consumidores, principalmente proporcionando más información como el desarrollo de campañas publicitarias. Aunque es posible que esta actividad sólo necesite “tiempo” para que la gente se acostumbre a ella y a encontrar sus productos en el mercado.

6. Bibliografía

Coutteau, P., Curé, K., & Sorgeloos, P. (1994). Effect of algal ration on feeding and growth of juvenile Manila clam *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve). *Journal of Shellfish Research*. Vol 13. 47-55.

Delaporte, M., Soudant, P., Moal, J., Lambert, C., Quéré, C., Miner, P., Choquet, G., Paillard, C. & Samain, J-F. (2003). Effect of a mono-specific algal diet on immune functions in two bivalve species- *Crassostrea gigas* and *Ruditapes philippinarum*. *The Journal of Experimental Biology*. Vol 206. 3053-3064.

Flassch, J. P. & Leborgne, Y. (1992). Introduction in Europe, from 1972 to 1980, of the Japanese Manila clam (*Tapes philippinarum*) and the effects on aquaculture production and natural settlement. *ICES mar. Sci. Symp*. Vol 194. 92-96.

Helm, M, N. Bourne, A. Lovatelli. 2006. Cultivo de Bivalvos en criadero. Un manual práctico. FAO, Roma. 182 pp.

Nam, K., Woo, S. & Young, S. (2008). The effect of temperature on the energy budget of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Aquacult Int*. Vol 16. 143-152.

Royo, A., Ruiz Azcona, P. & Navajas, R. (2005). Estimación de la mortalidad por siembra en cultivos de almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) en la zona intermareal. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*. 425-429.

Wilbur, K.M. & C. M. Yonge. 1966. The physiology of mollusks (vol. II) Academic Press, NY, 645 pp.

Yan, X., Zhang, G. & Yang, F. (2006). Effects of diet, stocking density, and environmental factors on growth, survival and metamorphosis of Manila clam *Ruditapes philippinarum* larvae. *Aquaculture*. Vol 253. 350-358.

Zhang, G. & Yan, X. (2006). A new three-phase culture method for Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, farming in northern China. *Aquaculture*. Vol 258. 452-461.

Páginas web utilizadas:

- <http://www.fao.org>
- <http://www.acuinuga.com>
- <http://www.apomar.es>
- <http://www.andromedagroup.eu>
- <http://www.sciencedirect.com>
- http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/pesca/acuicultura/download/Moluscos/13_cultivo_intensivo_almeja.pdf
- http://www.mercamadrid.es/index.php?option=com_estadisticas&task=semanales&Itemid=124