

Trabajo de Fin de Máster
Máster Interuniversitario de Acuicultura

**ENGORDE DE BESUGO
(*PAGELLUS
BOGARAVEO*) EN
JAULAS, EN LA RÍA DE
LORBÉ**



Sofía Salutregui Darriba
Máster de Acuicultura
Universidade da Coruña
Curso 2015 / 2017

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Concepto de Acuicultura.....	1
La acuicultura en España.....	1
Sobre la especie (<i>Pagellus bogaraveo</i>).....	2
Denominaciones.....	2
Posición taxonómica.....	2
Descripción morfológica.....	3
Distribución y hábitat.....	3
Alimentación.....	4
Crecimiento.....	4
Reproducción.....	4
Ciclo de vida.....	5
Amenazas.....	5
OBJETIVO DE LAS PRÁCTICAS.....	5
ACTIVIDADES REALIZADAS.....	6
Características de la planta.....	6
Cálculos poblacionales, instructivo de alimentación y relación crecimiento-ración.....	8
Biomasa y densidad.....	8
Instructivo de alimentación.....	8
Relación crecimiento-ración.....	11
Alimentación (maniobra).....	13
Cosecha.....	14
Muestreo volumétrico.....	15
Recepción de alevines.....	16
Selección de reproductores.....	17
Cambio de cielos.....	18
Cierre de jaula.....	19
Otras tareas.....	20
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIÓN.....	22
BIBLIOGRAFÍA.....	23
ANEXO I: EJEMPLO DE CÁLCULO DE BIOMASA, DENSIDAD Y KG DE ALIMENTO QUE SUMINISTRAR.....	25
ANEXO II: EJEMPLO DE CÁLCULO DE FCR, SGR Y SFR O %PC.....	26
ANEXO III: DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE INDIVIDUOS, PESOS MEDIOS, BIOMASA Y KG DE ALIMENTO.....	27

INTRODUCCIÓN

Concepto de Acuicultura

Uno de los mayores retos a los que la humanidad se enfrentará en las próximas décadas será el de alimentar a los 9.600 millones de personas que se estima que vivirán en la tierra hacia el año 2050. Debido a que los recursos naturales son limitados, la acuicultura nace como una respuesta a la necesidad de aumentar el rendimiento de la producción piscícola.

Según APROMAR (2015) la acuicultura puede definirse como la producción de organismos acuáticos con técnicas encaminadas a hacer más eficiente su rendimiento, siendo la especie cultivada, a lo largo de toda o de una parte de su ciclo vital, propiedad de una persona física o jurídica.

La acuicultura en España

Los datos recogidos en esta parte de la memoria se contemplan esencialmente en el informe de acuicultura en España publicado por APROMAR en 2015. Hasta la década de los 80 la producción española se centraba en unas pocas especies repartidas en pocas empresas, siendo tres los cultivos característicos: el cultivo de mejillón en las rías gallegas, el cultivo de trucha arcoíris y la acuicultura de los esteros gaditanos. A partir de los 90, junto con una mayor industrialización, se implanta el cultivo de rodaballo en el Norte, y la dorada y la lubina, en el Sur y Levante, además de en Canarias. Según datos de la FAO (2014), la producción acuícola en España en 2013 supuso un total de 249.240 toneladas, siendo la principal especie cultivada el mejillón. En relación a los peces, las tres primeras especies fueron la dorada, trucha arcoíris y lubina.

España presenta gran variabilidad de recursos hídricos para la realización de actividades piscícolas, tanto marinos como continentales: casi 8.000 km de costa, nueve grandes ríos, numerosos cursos fluviales, lagos y una elevada cantidad de agua embalsada. También, su orografía y diversidad de climas proporcionan las características ambientales y físico-químicas adecuadas.

Las instalaciones se colocan y diseñan atendiendo a las necesidades biológicas de la especie producida. Se pueden recoger en cinco tipos diferentes de cultivo:

- En el mar, long lines y bateas: la principal actividad es el cultivo de mejillón, pero también de otros bivalvos y macroalgas.
- En el mar en viveros (jaulas): cultivo de dorada, lubina y besugo, entre otros.
- En la playa, zona intermareal y esteros: principalmente para el cultivo de bivalvos, como ostra y almeja, pero también de peces marinos.
- En tierra, tanques de agua salada: próximas al mar para bombear el agua del mismo, destacando en España el cultivo de rodaballo (*Psetta maxima*).
- En tierra, tanques de agua dulce: próximos a ríos de los que bombean el agua, común en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Sobre la especie (*Pagellus bogaraveo*)

El voraz o besugo [*Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)] es una especie de pez perciforme de la familia de los espáridos, que se encuentra comúnmente en el litoral atlántico europeo y en la zona occidental del Mar Mediterráneo.

Es considerada una especie de alto interés comercial y es un candidato potencial para la acuicultura en el Mediterráneo pero, actualmente, su producción comercial solo se lleva a cabo en Galicia por parte de la empresa Isidro de la Cal, S.L, en viveros flotantes.

Denominaciones:

En 1995 el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) publicó una propuesta de denominaciones oficiales, recogida en el Catálogo de Denominaciones de Especies Acuícolas Españolas. Allí, se aceptan como oficiales los nombres de besugo (castellano), ollomol (gallego), bisigu arrunta (euskera) y bogarravell (catalán). Además, se reconocen las acepciones de: voraz, goraz, gora, besugo de la pinta, pachano, pachán y parchán.

Posición taxonómica:

Según el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS) ocupa la siguiente posición sistemática:

Reino *Animalia*

Filo *Chordata*

Subfilo *Vertebrata*

Superclase *Osteichthyes*

Clase *Actinopterygii*

División *Teleostei*

Superorden *Acanthopterygii*

Orden *Perciformes*

Familia *Sparidae*

Género *Pagellus*

Especie *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768)

En los Acantopterigios, que son peces con radios duros y aletas espinosas, los Perciformes constituyen un orden de elevada heterogeneidad. La familia Sparidae es mayormente marina, raramente de aguas salobres o dulces, de latitudes templadas o tropicales, la mayoría de aguas costeras, generalmente gregarios. Dentro de esta familia se encuentra el género *Pagellus*, que se diferencia por poseer los dientes anteriores en carda, sin caninos y con varias series de dientes molares redondeados. Actualmente, está conformado por seis especies (Froese & Pauly, 2002): *P. acarne*, *P. affinis*, *P. bellottii bellottii*, *P. bellottii natalensis*, *P. bogaraveo* y *P. erythrinus*.

Descripción morfológica:

Cuerpo alargado, ovalado y comprimido lateralmente. Su coloración es rojiza y presenta una característica mancha o pinta negra en el inicio de la línea lateral, que suele faltar en los individuos más jóvenes (Fig. 1). Las aletas son rosadas, presentando una aleta dorsal con 12 – 13 radios duros y de 11 a 13 radios blandos, una única aleta anal con 3 espinas y de 11 a 12 radios (Muus *et al.*,1999), aletas pectorales largas y puntiagudas, y una aleta caudal ligeramente escotada. La cabeza presenta un perfil convexo, con hocico chato. Presenta el cuerpo cubierto de escamas, de 68 a 74 en la línea lateral. El color rosa de los ojos es característico, además de su gran tamaño. La boca alberga una serie de dientes afilados, seguidos por los molariformes, siendo el interior de la misma de color rojizo. Según Whitehead *et al.* (1986) en el primer arco branquial se despliegan de 18 a 19 branquiespinas inferiores y de 11 a 13 superiores.

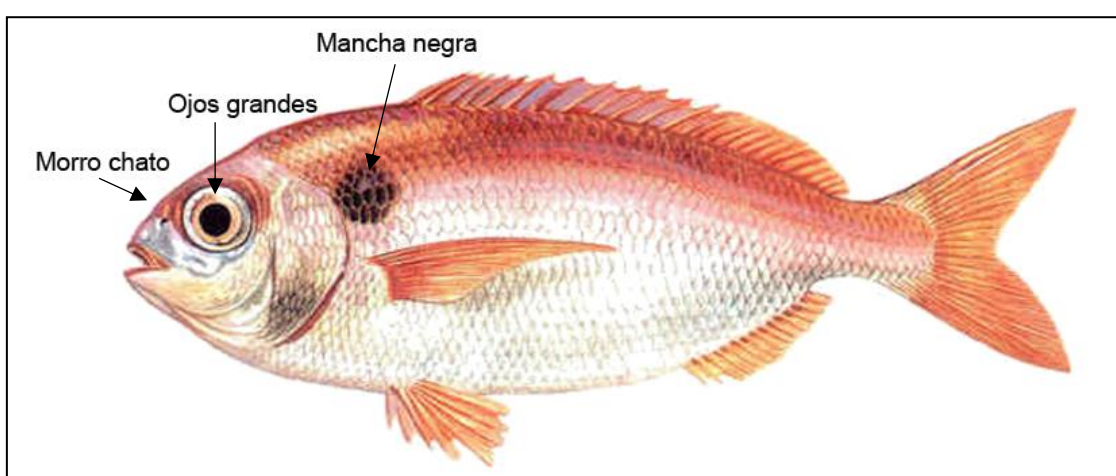


Fig. 1. Morfología externa de un adulto de *Pagellus bogaraveo*. Tomado de <http://www.lorpexfish.com/fr/poissons-demersaux-frais/52-dorade-rose.html>

Distribución y hábitat:

Es el único espárido común en los mares de Europa Septentrional. Es una especie extendida desde el Occidente del Mar Mediterráneo y parte oriental del Océano Atlántico, desde Noruega (65°N) hasta las Islas Canarias (27°N) (Fig. 2). Existe una referencia de su existencia más al Norte (Jonsson, 1992) en Islandia (70°N) y al Sur incluso puede llegar hasta Cabo Blanco (21°N). En el Atlántico vive a una profundidad de entre 700 y 800 m, siendo de hasta 400 m en el Mediterráneo. Los individuos jóvenes son más costeros, viviendo en aguas menos profundas y agrupándose en grandes bancos, son gregarios.

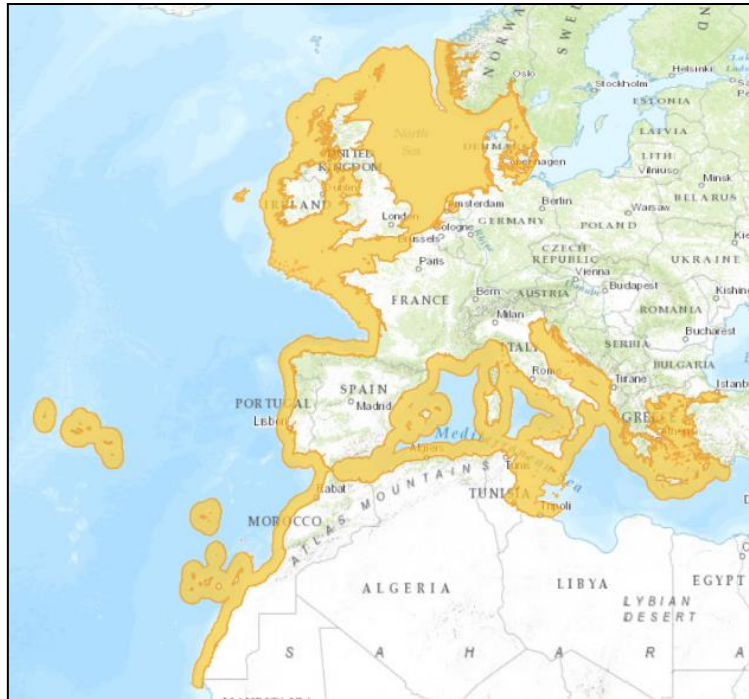


Fig. 2. Distribución de *P. bogaraveo*. Tomado de Carpenter & Russell (2014).

Alimentación:

Se trata de una especie omnívora, con una dieta predominantemente carnívora. Se alimenta de invertebrados pelágicos (crustáceos, moluscos y poliquetos) y también incluye en su dieta los huevos, larvas y juveniles de otros peces (Bruzón *et al.*, 2006).

Crecimiento:

El máximo de edad para esta especie ha sido registrado por Gueguen (1969) en el Golfo de Vizcaya (Mar Cantábrico), con una edad de 20 años. Generalmente, se le considera una especie longeva, llegando a los 16 años de edad. La tasa de crecimiento es baja. Comercialmente tarda de 2 a 4 años en obtener el peso adecuado, pero en el medio natural pueden llegar a pesar entre 5 y 6 kilos y alcanzar unos 70 cm de longitud. En términos de acuicultura, solo los reproductores llegan a esta talla.

Su estrategia de vida está basada en compensar la baja tasa de crecimiento y la baja fecundidad con una esperanza de vida más alta.

Reproducción:

El besugo alcanza la madurez sexual a los 4 – 5 años de edad. Es en este momento cuando se define el sexo del individuo, pues es una especie hermafrodita proterándrica, es decir, aunque en la primera maduración los besugos se desarrollan como machos o como hembras, al alcanzar cierta talla (de 22 a 25 cm) una parte de los machos sufre un proceso de inversión sexual, de manera que pasan a funcionar como hembras. Ésta es la tendencia general, pero también se pueden encontrar individuos que no presentan este proceso de inversión sexual (Sobrino & Gil, 2002).

En los machos el desarrollo gametogénico comienza en julio y la época de puesta se extiende desde octubre hasta abril. En el caso de las hembras, el desarrollo gametogénico empieza en abril, extendiéndose el periodo de puesta de enero a marzo (Bruzón *et al.*, 2006; Sobrino & Gil, 2002). En un cultivo se pretende conseguir varias puestas en un mismo año, manipulando el fotoperiodo y los parámetros del agua, modificando así el periodo reproductivo.

Ciclo de vida:

El control del mismo requiere atención a cuatro fases: obtención de la puesta, alevinaje, preengorde y engorde.

- Obtención de la puesta: basta con controlar la temperatura y el fotoperiodo para tener puestas en cualquier momento del año. Una vez puestos, los huevos se recogen y se mueven a un tanque embrionario.

- Alevinaje: tras la eclosión de los huevos, las larvas, de 3 a 4 mm de longitud, se alimentan absorbiendo el saco vitelino, pero cuando éste se agota tienen que pasar a alimentarse del medio, por lo que desarrollan una pequeña boca y saco digestivo, y se alimentan de fitoplancton. En Galicia se mejoró la dieta larvaria por adición de presas vivas, como Rotífero y Artemia (JACUMAR, 2003). En el Plan Nacional de Cultivo de Besugo (JACUMAR, 2003) se especifica que actualmente el destete se realiza de manera gradual, combinando el suministro de Artemia con el pienso de destete. Esta combinación se mantiene hasta que los alevines alcanzan un tamaño adecuado, de alrededor de 2 g, y se alimentan únicamente de pienso. Es entonces cuando se clasifican y se separan en tanques de preengorde.

- Preengorde: inicialmente se suministra pienso de 700 μ , diámetro que va aumentando a medida que se incrementa la talla de los juveniles. Esta fase dura hasta que los individuos tengan un peso de entre 5 y 10 g, momento en el que ya se alimentan de pienso de 2 mm.

- Engorde: los peces se trasladan a jaulas en el mar y se les alimenta, también, únicamente con pienso.

Amenazas:

Debido a su biología particular, el besugo puede ser especialmente sensible a la sobrepesca. Hay evidencias históricas de su sobreexplotación y del colapso de la población en al menos una de las zonas donde más se pesca, en el Golfo de Vizcaya (Lorance, 2011), acentuando más la importancia de su cultivo.

OBJETIVO DE LAS PRÁCTICAS

Durante el transcurso de las prácticas se llevaron a cabo diferentes tareas y maniobras enfocadas al manejo de una estación de engorde en jaulas situadas en el medio natural y, por tanto, condicionada en parte por las fluctuaciones del entorno.

Estas labores servirán para conocer cómo funciona una planta de engorde, cómo son las infraestructuras de trabajo, cómo organizar al personal y distribuir adecuadamente las tareas que se deben realizar para que la planta funcione y se mantenga en perfectas

condiciones. También servirán para obtener datos poblacionales de las diferentes jaulas, saber cómo analizarlos para reforzar su productividad y anticiparse a posibles problemas.

ACTIVIDADES REALIZADAS

Las prácticas tuvieron lugar en una planta de engorde de besugo en jaulas situadas en el Puerto de Lorbé, un puerto gallego de la ría de Ares, en el límite del ayuntamiento de Oleiros con el de Sada. Tuvieron una duración de tres meses y las principales tareas desarrolladas se resumen a lo largo de este apartado, junto con una descripción del área de trabajo.

Características de la planta

La parte principal de las instalaciones está constituida por cuatro módulos de jaulas (Fig. 3). Tres de ellos están formados por 10 jaulas circulares de 25 m de diámetro cada una. A su vez, uno de estos módulos cuenta con una jaula más pequeña, de 5x5 m, cuadrada, instalada para recibir alevines. El último módulo lo componen 16 jaulas de 16 m de diámetro. La cantidad de las mismas en los distintos módulos puede variar por instalación de jaulas complementarias necesarias para la realización de algunas maniobras.

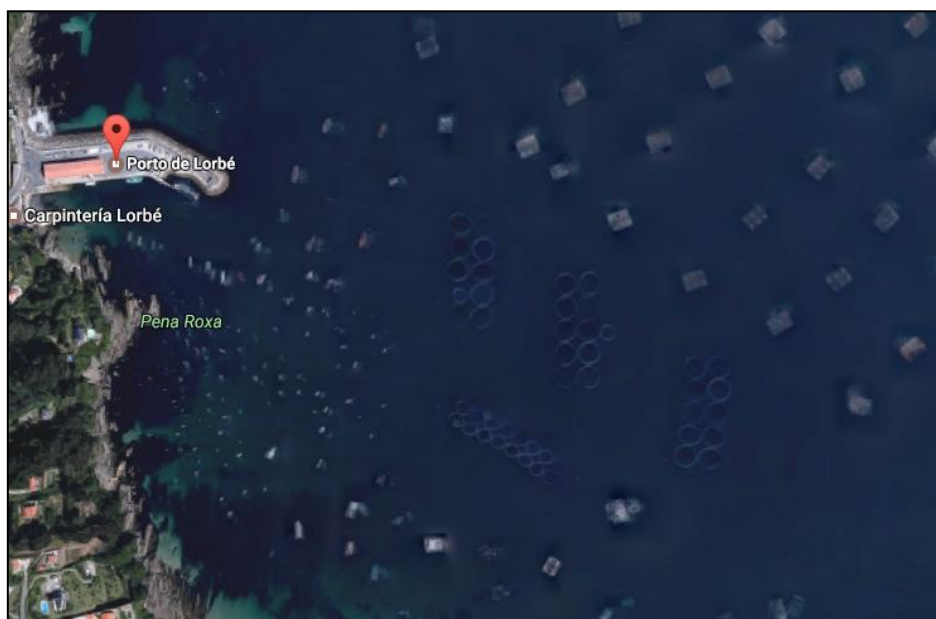


Fig. 3. Vista aérea de la planta de engorde. Tomado de <https://www.google.es/maps>

Una jaula o vivero flotante es una estructura con flotadores de la cual se suspende una red que delimita un volumen de agua y en donde se introducen los peces para proceder a su cultivo. Como estructuras flotantes, deben cumplir una serie de condiciones: otorgar a los peces un recinto cerrado que mantenga la forma, resistencia y cierta flexibilidad para aguantar el oleaje y el viento, facilitar el intercambio de agua, absorción de fuerzas estáticas y dinámicas y proporcionar a los trabajadores un área segura (pasarelas, barandillas, etc.).

En el caso concreto de las jaulas de Isidro de la Cal, S.L., éstas están constituidas por dos anillos de polietileno de alta densidad (HDPE) rellenos de poliestireno expandido, con unos soportes verticales (pedestales) que soportan la barandilla y parte del peso de la red (Fig. 4). La forma circular se adapta siempre a los requisitos de la especie a cultivar y, en este caso, es lo que necesita el besugo, pues las instalaciones circulares son las más adecuadas para especies gregarias que nadan activamente en círculos, siendo por tanto la forma menos estresante para ellos.



Fig. 4. Detalle de una jaula donde se muestran los dos anillos, los pedestales y la barandilla.

Esta estructura soporta la red: el extremo superior de la red se amarra a la barandilla por las gazas y se vuelve a amarrar unos metros más abajo, ya a nivel de agua, unida ahora a los anillos de flotación. La red va a tener diferentes tamaños de malla según la talla de los individuos, siendo la forma de la malla siempre cuadrada o hexagonal. La luz de malla no debe permitir el paso de los peces a través de ella, pero hay que elegir la de mayor luz posible a fin de favorecer la renovación de oxígeno, la eliminación de residuos y la disminución de la adherencia de algas y bivalvos (problemas de fouling). El besugo es una especie que vive a gran profundidad, por lo que la red debe tener suficientes metros hacia el fondo para asegurar la salud y el rendimiento del cultivo. En la planta se instalan redes de entre 8 y 12 m de profundidad, pues redes más cortas retrasan el engorde de la especie. El material de la red es importante porque define su resistencia frente a los agentes atmosféricos (rayos ultravioleta, lluvia, viento, etc.) y el fouling, y se usan generalmente redes de PVC, polietileno o nylon, por ser más resistentes.

Todas las jaulas están amarradas unas a otras por cabos y nudos adecuados para soportar las corrientes, lo que se conoce como tren de jaulas. Estos llevan, en las dos cabezas de cada módulo y en los laterales, anclajes unidos a un sistema de fondeo muerto-cadena-cabo-boya, evitando así que vayan a la deriva.

Por otra parte, la planta cuenta también con una batea que sirve como almacén (se lleva el pienso para alimentar diariamente, se almacenan los contenedores para la cosecha, redes y cielos de diferentes tamaños y mallas, lavadora para limpiar las redes), un almacén en tierra, un barco desde el que se coordinan las principales operaciones y tres embarcaciones más fuera de borda: dos pequeñas, desde las cuales se alimenta, y un catamarán, que se encarga de limpiar las redes.

Cálculos poblacionales, instructivo de alimentación y relación crecimiento- ración

Como en todo tipo de crianza de animales en cautividad, la piscicultura se centra en el mantenimiento de una cierta población de organismos, en este caso de peces, en una determinada área por un tiempo también determinado. En esta parte de la memoria se describen las herramientas utilizadas en la planta para llevar un control de los stocks de peces, su alimentación y crecimiento. Por motivos de privacidad de la empresa no se muestran datos reales, sino un pequeño resumen del método expresado con datos hipotéticos. Por otra parte, en el anexo se incluyen ejercicios que ejemplifican problemas reales que se pueden dar en una piscifactoría.

Biomasa y densidad:

A pesar de la alta productividad de los sistemas acuáticos ocurre que, si no se tienen claros los límites poblacionales recomendados, pueden darse limitaciones en el crecimiento de los ejemplares por, entre otras cosas, el estrés generado y la falta de oxígeno. Así, una de las primeras señales de que la cantidad de peces en la jaula es excesiva es una sensible disminución del crecimiento (Rabello, 2015), lo que no tiene cabida pensando en términos productivos.

La densidad en la jaula se expresa en biomasa por unidad de volumen. La biomasa es la cantidad de kilos de carne que se encuentra en el vivero. Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{Biomasa} = \text{N}^\circ \text{ de peces} \times \text{Peso promedio (Kg)}$$

Siendo N° de peces el total de los individuos de la jaula, y peso promedio por individuo expresado en kilos.

Es importante llevar un control en la planta de la densidad que hay en cada una de las jaulas para decidir si los peces han de ser trasladados a una jaula más grande o si hay que realizar un desdoble, evitando así el estrés en los peces con sus posibles consecuencias en el crecimiento o en la salud. Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Biomasa (Kg)}}{\text{Volumen}}$$

Hay que tener en cuenta que el volumen es la cantidad de agua que encierra la red, en este caso, volumen de un cilindro, variando el valor dependiendo de la longitud de la red.

En el Anexo I se presenta un ejercicio que contempla cálculos de biomasa y densidad.

Instructivo de alimentación:

La eficiencia con la que los peces ingieren alimento y lo utilizan es un factor de suma importancia a la hora de determinar el balance económico de una piscifactoría, por lo que en la planta se procura gestionar la alimentación de forma que se asegure el máximo crecimiento de los individuos con el menor desperdicio de pienso, por el elevado precio del mismo. Su ajuste no solo es crítico por factores económicos, sino porque tiene a su vez consecuencias biológicas: si no hay pienso suficiente, los animales no crecen y

pueden padecer enfermedades, llegando incluso a morir, y si el aporte de pienso es excesivo, el pienso pasa a formar parte del medio, pudiendo causar eutrofización y sus derivados problemas medioambientales (Madrid *et al.* 2009). Por lo tanto, optimizar las variables que influyen en la utilización del alimento, como pueden ser los ritmos de alimentación, las estrategias alimentarias y los modelos de estimación de ingesta y crecimiento, entre otros, es otra de las tareas que se llevan a cabo para el óptimo crecimiento del besugo.

Todas las especies de animales tienen la capacidad de poder convertir los kilos de alimento en kilos de carne. Cada especie tiene su propio factor de conversión del alimento o factor de conversión biológico, y es importante conocer el valor que tiene la especie con la que se está trabajando para poder así maximizar su crecimiento. En la planta, son cuatro los factores que se manejan habitualmente para describir el proceso de crecimiento en términos numéricos, que son: factor de conversión biológico (FCR), tasa de crecimiento (SGR), índice de alimentación (SFR o %PC) y la tasa de alimentación.

- SGR: es la descripción numérica más usada frecuentemente (Talbot, 1993-A) y es un valor que mide el crecimiento diario de la especie expresado como porcentaje. Guarda una estrecha relación con el SFR y con la calidad del alimento, ya que se pueden tener valores máximos de crecimiento con una dieta baja en calorías pero con un valor alto de SFR, como también se pueden obtener con una dieta alta en calorías, pero un bajo SFR. Su fórmula es la siguiente:

$$SGR = \left(\frac{\ln(Wx \text{ fin}) - \ln(Wx \text{ ini})}{t \text{ (días)}} \right) \times 100$$

Donde Wx fin es el peso final de los individuos, Wx ini es el peso inicial, y t es el tiempo expresado en días.

A corto plazo, si hablamos de un tiempo de un mes o menos, el SGR también puede ser calculado de la siguiente manera:

$$SGR = \frac{SFR}{FCR}$$

La fórmula contempla un crecimiento diario, por lo que no importa cuánto tiempo se mida, el resultado cae en una curva para cada especie. Para esto han de ser reflejados los resultados de crecimiento reales más altos, para así poder fijar los puntos de crecimiento y a partir de ellos optimizar los resultados.

- FCR: expresa la cantidad de peso ganado por cada kg de pienso consumido, es decir, la relación que existe entre el %PC y el SGR, o la capacidad que tiene el individuo de asimilar el alimento para convertirlo en carne. Su fórmula es:

$$FCR = \frac{\text{Cantidad alimento suministrado (kg)}}{\text{Biom fin (kg)} - \text{Biom ini (kg)}}$$

Donde Biom fin es la biomasa final y Biom ini es la biomasa inicial.

El FCR también puede ser calculado para un periodo de tiempo corto:

$$FCR = \frac{SFR}{SGR}$$

Este valor sirve también para evaluar la producción, pues cuanto más nos aproximemos al óptimo de la especie, mejor será nuestra producción. Valores bajos de FCR indican eficiencia de conversión, que es lo que se pretende conseguir. Por ejemplo, si trabajamos con una especie cuyo FCR óptimo es 1, y en nuestro cultivo obtuviésemos un FCR de 1,40, significaría que estamos perdiendo un 40% de alimento o de crecimiento, dependiendo de si se trata de sobre o sub-alimentación.

- SFR o %PC: corresponde a la cantidad de alimento que se entrega por día por cantidad de biomasa. Es un porcentaje del peso del pez traducido en alimento. Guarda una estrecha relación con el SGR y el FCR, ya que cada especie tiene un potencial de crecimiento estándar para cada rango de peso, y si entregamos más alimento del necesario solo lo estaríamos tirando, elevando así el FCR. Su fórmula es:

$$SFR = \left[\left(\frac{\text{Alimento (kg)}}{t \text{ (días)}} \right) / \left(\frac{\text{Biom fin (kg)} + \text{Biom ini (kg)}}{2} \right) \right] \times 100$$

Donde Alimento es la cantidad de alimento suministrado en kg, t es el tiempo en días, Biom fin es la biomasa final en kg, y Biom ini es la biomasa inicial en kg.

También puede calcularse de esta forma a corto plazo:

$$SFR = SGR \times FCR$$

- Tasa de alimentación: es un valor que mide la velocidad a la que se está alimentando. Los piensos comerciales suelen venir acompañados de tablas de racionamiento, que tienen en cuenta tres aspectos: la especie, temperatura y peso de los peces. El pienso viene con una tabla de doble entrada, en la cual a cada peso y temperatura le corresponde una tasa de alimentación. Ésta ha sido posteriormente adaptada a las necesidades de la planta. Para calcular la tasa a la cual se han estado alimentando a los peces en un determinado tiempo se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de alimentación} = \text{Alimento (kg)} / \text{Peso peces (t)} / \text{Tiempos (min)}$$

Donde Alimento es la cantidad de alimento suministrado en kg, Peso peces es el peso de todo el total de los peces de la jaula en toneladas, y el tiempo es el tiempo que se tardó en suministrar la toma de alimento en minutos.

En el Anexo II se recoge un ejercicio para el cálculo de los factores descritos en este apartado.

En Isidro de la Cal, S.L. no solo se han tenido en cuenta las tablas de racionamiento, sino también los estudios realizados por el Dr. Clive Talbot (1993-B), que revelan que todas las especies tienen sus propios ritmos de alimentación y que, además, estos ritmos son similares para las especies. Destacando como más importantes dos factores, la temperatura y el peso corporal de los peces, Talbot estableció una tasa para varias especies, las cuales se enmarcan dentro de un 0.5 y un 0.8 de tasa inicial, y que van descendiendo a medida que los peces son más adultos o que caen las temperaturas. Al incrementar el peso del animal aumentan los requerimientos energéticos en valores absolutos, pero disminuyen si se expresan por unidad de peso. Por otra parte, el gasto de energía por parte de los peces es proporcional a la temperatura del medio ya que, al ser

poiquiloterms, se ven directamente afectados por este factor (Madrid *et al.* 2009). Éstas se recogen dentro de la siguiente gráfica (Fig. 5).

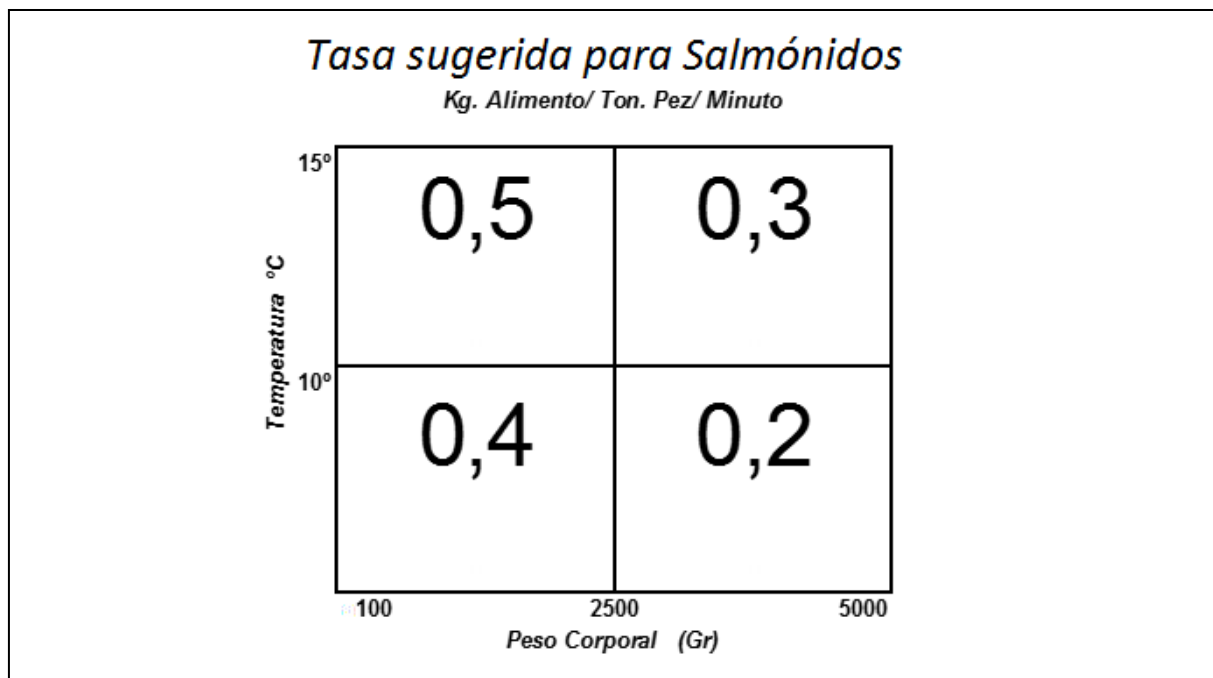


Fig. 5. Esta gráfica representa las tasas sugeridas para Salmónidos por el Dr. Talbot. Nos dice que entre 10 y 15°, los peces comen inicialmente a una tasa de 0.5, bajando la tasa por debajo de esta temperatura a 0.4. Con el incremento del peso corporal, las tasas también descienden.

Relación crecimiento-ración:

La relación entre el crecimiento y la ración, junto con su derivada eficiencia de conversión, es fundamental para entender la acción de la nutrición sobre el crecimiento de los peces. En sus estudios, Talbot (1993-A) muestra la relación crecimiento-ración típica de Salmónidos en cultivo con dietas nutritivamente completas, representando en una gráfica la relación entre los índices previamente explicados. En la planta de engorde se utilizan estas gráficas para hallar la ración óptima que ha de ingerir cada jaula, por comparación, siendo cada punto de la gráfica una jaula distinta, pero de la misma generación. A continuación se muestra un ejemplo (Fig. 6) con datos no reales pero similares a los que se pueden dar en una planta.

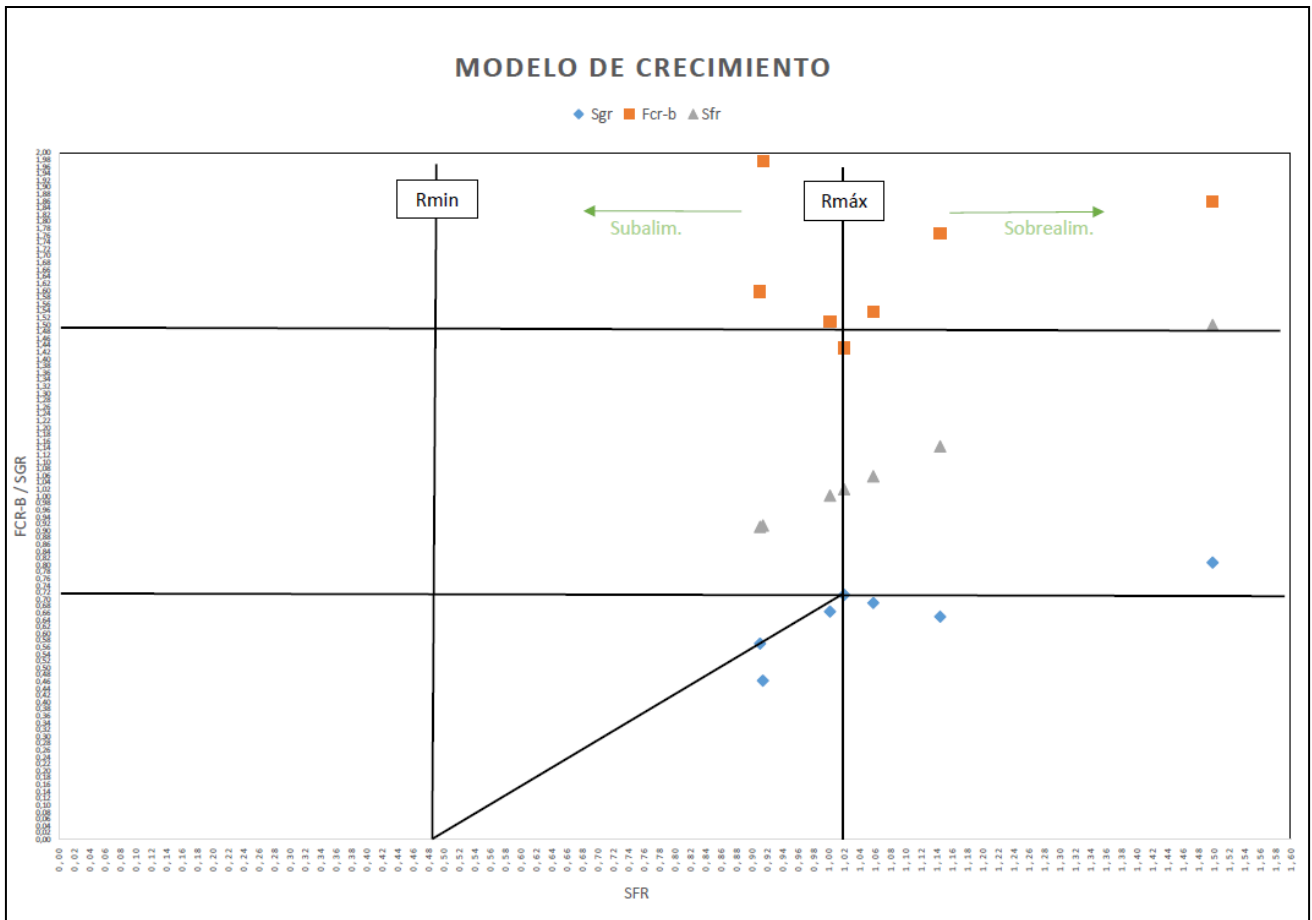


Fig. 6. Relaciones teóricas entre SGR, FCR y SFR, datos pertenecientes a 7 jaulas diferentes de una misma generación. En el eje de abscisas se recogen valores de entre 0 y 1.60, en el de ordenadas, entre 0 y 2.

En la gráfica se muestra cómo afecta al crecimiento y al factor de conversión del alimento el tamaño de la ración. Se ve que a medida que aumenta la ración (% peso/día), el crecimiento (SGR), expresado como la tasa de crecimiento (% peso/día), aumenta, mientras que el factor de conversión del alimento (FCR) disminuye, hasta que comienza a ascender. En el caso del crecimiento esto es así hasta que, a partir de un cierto tamaño de la ración, no se produce un aumento adicional en la tasa de crecimiento, lo que se corresponde con el crecimiento máximo. En el caso del factor de conversión, el valor más pequeño se produce con una ración menor que la ración que produce un mayor crecimiento. En este punto, que es el de saciedad controlada, se refleja el punto óptimo o ración máxima (Rmax), lo que permite obtener un elevado crecimiento en los peces y el más bajo de los FCR. Saciedad implica cubrir todos los requerimientos nutricionales de los peces, pero sin perder alimento y en el menor tiempo posible (selección de la tasa adecuada para el besugo). Cuando se consigue el punto de saciedad controlada, se obtienen los mejores resultados productivos. Si el tamaño de la ración es menor que la que refleja el Rmax, estaremos alimentando a la izquierda del gráfico, o lo que es lo mismo, estaremos subalimentado. En este lado de la gráfica, las tasas de crecimiento son bajas, y el FCR aumenta cuanto menor es la ración, pues se está perdiendo crecimiento. Dependiendo del nivel de subalimentación, se puede llegar incluso a alimentar por debajo de una ración tan mínima que los peces ven afectado su bienestar, que es la ración de mantenimiento (Rmin). Si el tamaño de la ración es mayor que lo que refleja el Rmax, estaremos alimentando a la derecha del gráfico, o lo que es lo mismo, estaremos

sobrealimentando. En este lado de la gráfica las tasas de crecimiento siguen siendo altas, aunque no se observan grandes incrementos en el crecimiento debido a que cada especie tiene su óptimo, pero también son altos los valores de FCR, lo cual no interesa porque indica que estamos perdiendo pienso.

Todas estas medidas de las que hemos ido hablando a lo largo del apartado deben recogerse en tablas que muestren el estado de las jaulas, las cuales deben actualizarse a medida que se vayan obteniendo datos nuevos con sus correspondientes variaciones (disminución de individuos por cosecha y mortalidad, cambio en los pesos, biomasa, densidad...). Un pequeño ejemplo se recoge en la Tabla 1, con datos hipotéticos, que recoge solo una pequeña cantidad de jaulas y de tasas (debería ser un cuadro mayor), pero que resulta igualmente representativo.

Generación	Jaula	Nºfinal	Wx	Biomasa	0.70 Tiempo		0.60 Tiempo		%PC	Kg día	Densidad
					Kg	Min	Kg	Min			
A	1	18836	448.01	8439	5.91	3.4	5.06	4.0	0.24	20.3	8.4
B	2	26314	392.62	10331	7.23	3.4	6.20	3.9	0.24	24.5	4.2
C	3	26981	387.73	10461	7.32	3.5	6.28	4.0	0.24	25.4	3.6
D	4	30541	272.83	8333	5.83	5.7	5.00	6.6	0.44	33.0	8.3
E	5	8628	244.29	2108	1.48	6.5	1.26	7.6	0.51	9.6	2.1
F	6	48186	208.66	10054	7.04	8.5	6.03	9.9	0.66	59.7	10.0
Total centro		159486	1561.52	49726						172.5	36.6

Tabla 1. Cuadro resumen que recoge la generación de las jaulas, el número de jaulas, Nºfinal que es el número total de individuos en la jaula, Wx que es la media del peso de los individuos, la biomasa total de la jaula, la tasa de alimentación junto con el total de minutos que se tarda en alimentar la jaula y los kg de pienso que se dan por minuto, el %PC o SFR, los kg de pienso que se dan al día por jaula y la densidad de las mismas.

Alimentación (maniobra)

Esta tarea debe ser realizada diariamente y todos los días del año, exceptuando los días previos a la cosecha: la jaula de la que se van a extraer los peces debe permanecer en ayuno 48h. En la planta, hay dos personas que se encargan de realizar esta labor. Para ello, cuentan con la ayuda de las dos embarcaciones pequeñas que están fuera de borda.



Fig. 7. Tolva de la planeadora.

Los peces del módulo de 16 jaulas, que son las de menor diámetro, son alimentados manualmente desde la embarcación más pequeña. Para ello, el alimentador emplea una pala con la que suministra el alimento, siempre a favor de viento para facilitar la dispersión del mismo. Desde la embarcación más grande se alimenta a los peces de los tres módulos restantes. Esta embarcación lleva a bordo una tolva (Fig. 7), un dispensador automático del pienso que se encarga de repartir uniformemente los granos en las jaulas de mayor diámetro.

A la hora de alimentar es necesario tener en cuenta unas consideraciones previas. Que el pienso se distribuya uniformemente es importante para evitar las posibles luchas por el

alimento y los choques entre los peces si éste está concentrado en solo una zona de la jaula. Por otra parte, hay que tener previamente calculada la cantidad de alimento que se va a administrar a cada jaula teniendo en cuenta el tamaño de los peces de la misma, la biomasa total y la temperatura del agua. El alimento debe ser suministrado en pequeñas dosis. Es muy importante esperar el tiempo suficiente entre toma y toma para que a los peces les dé tiempo a consumir todos los granos de pienso, evitando así un exceso del mismo en la columna de agua y que los individuos no posean tiempo para consumirlo, lo que terminaría en la deposición del mismo en el fondo de la ría y, por tanto, en pérdidas económicas en comida.

El pienso empleado tiene una composición específica para la especie (Fig. 8). Tiene unos porcentajes de proteínas, grasas, aceites vegetales, fibra y otros compuestos que cubren los requerimientos nutricionales del besugo. Se utilizan diferentes tipos de pienso, que se diferencian entre sí en el calibre. Estos se clasifican por su tamaño: B-2 (diámetro de 2 mm), B-3 (diámetro de 3 mm) y B-4 (diámetro de 4 mm). Es necesario distribuir el calibre adecuado, atendiendo al tamaño de los peces, y no administrar un pienso de un diámetro demasiado grande para la boca de los besugos. El calibre que se administra a cada rango de peso aparece recogido en la Tabla 2.



Fig. 8. Pienso B-3.

Tipo de pienso	Rango de peso (g)
B2	5 – 100
B3	101 – 300
B4	301 – UP

Tabla 2. Rango de pesos por pienso.

De la misma manera que se evita la lucha biológica por el alimento distribuyendo uniformemente, se tiende a escoger un pienso de menor calibre para que los kg totales queden divididos en porciones más pequeñas, y que con cada dosis haya granos disponibles para todos los individuos. Por ejemplo, experimentalmente se ha visto en la planta que peces de unos 200 – 250 g, por el tamaño de su boca, ya están capacitados para ingerir pienso B-4, pero se tiende a elegir un calibre más pequeño para asegurar que haya pienso suficiente para todos los individuos por cada toma, evitando así la lucha biológica.

Cosecha

Se trata de la extracción de los peces cultivados para poder venderlos. El tiempo de engorde del besugo abarca de 2 a 4 años y pasa este tiempo desde la recepción de los alevines hasta que los ejemplares alcanzan la talla comercial, que ronda entorno los 500 – 750 g. Es importante no alimentar a los peces 48h antes de la cosecha, para asegurar la supervivencia de los peces no recolectados y que quedan en la jaula y, además, para que tengan tiempo suficiente para vaciar sus estómagos e intestinos.

Para realizar esta maniobra se pasa, con la ayuda de una grúa y dos personas que tiran a



Fig. 9. Cosecha.

mano, una red, que al principio solo ocupa la mitad de la jaula y que cae hasta el fondo, pero poco a poco, los operarios tiran de ella dando un rodeo a la jaula, originando un movimiento de semicírculo que extiende la red por toda la jaula y que va cercando a los peces dentro de la misma. Cuando toda la superficie de la jaula está cubierta por la red, la grúa comienza a tirar de la misma hacia el barco, trayéndose consigo a los besugos. Estos son extraídos con un truel guiado por la grúa y se depositan sobre una mesa para su recuento a mano (Fig. 9). La mesa está abierta por uno de sus extremos, y este extremo cae directamente sobre un contenedor, que habrá sido previamente llenado con agua y con hielo. La muerte, por tanto, se lleva a cabo por choque térmico. Pasada media hora, para asegurarse de la muerte de todos los individuos, los contenedores de desaguan y se envían para su venta.

Es una maniobra que, por el ruido de la grúa, el paso de las redes y el afincamiento de los peces en un espacio reducido, causa mucho estrés en los animales, por lo que es necesario tenerla bien planificada para realizarla lo más rápido posible. Además, en ciertas épocas del año (como es el caso del mes de diciembre por motivo de las celebraciones) se puede cosechar a diario y una gran cantidad de peces, por lo que tenerla planificada ayudará a realizar la tarea con eficacia.

Muestreo volumétrico

Los muestreos se realizan mensualmente y son necesarios para conocer el peso medio en cada una de las unidades de cultivo. Para su realización, el muestreo debe ser al menos de un tamaño muestral de entre el 0.5 y el 1% de la población. Con los datos obtenidos se pueden realizar gráficas de evolución del peso medio, permitiéndonos ver la progresión de las poblaciones. También, nos permite calcular los índices de crecimiento que se han explicado previamente y conocer la densidad. Así pues, al obtener datos de la nueva biomasa se puede ajustar el tipo de alimento y la cantidad que se debe suministrar. Por otra parte, te permite hacer un examen, al menos visual, del estado en el que se encuentra la población.

Para realizar el muestreo se necesitan cubos con agua, un truel, una balanza y una red para cercar a los peces (Fig. 10). La maniobra para cercarlos es igual a la de la cosecha exceptuando que, si se trata de una de las jaulas pequeñas (como, por ejemplo, las cuadradas) basta con tan solo levantar el culote de la red (el final de la misma) con un cabo guiado por la grúa, subiendo así los peces para poder capturarlos con un truel.

Primero, se coloca un cubo con agua en la balanza y se tara a cero. Después, con ayuda del truel se pasan los peces al cubo y se pesan. Los peces se devuelven inmediatamente a la jaula contándolos uno a uno.

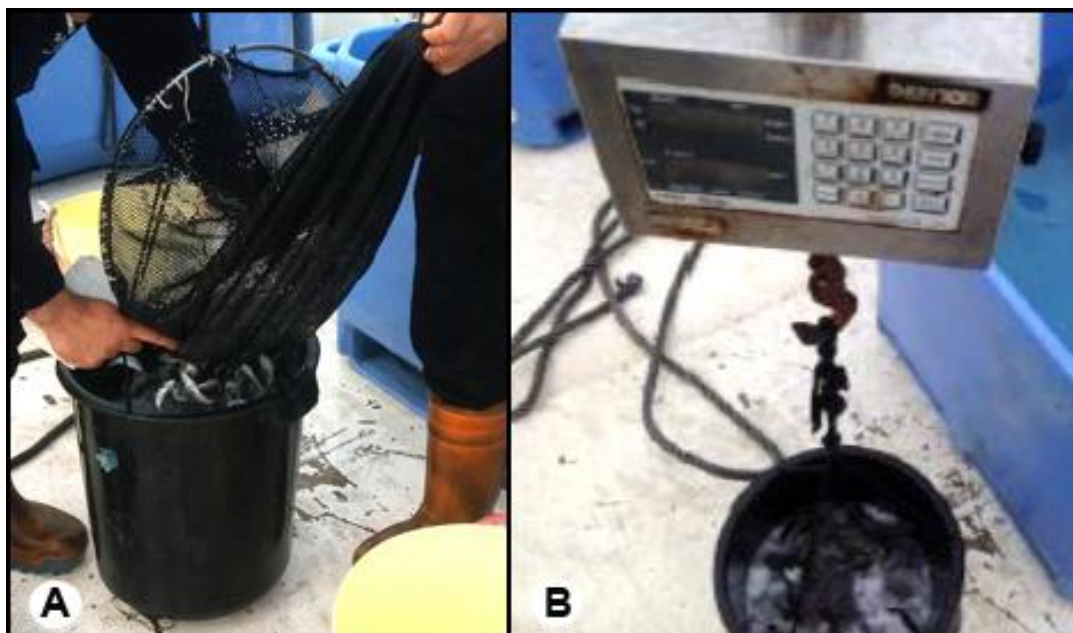


Fig. 10. Muestreo volumétrico. A) Traspaso de peces; B) Báscula.

Recepción de alevines

Se trata de la entrada de alevines procedentes de la planta que Isidro de la Cal, S.L. posee en Valdoviño. Allí viven en tanques y son trasladados a jaulas en el mar. Son transportados en tanques (Fig. 11.A), los cuales cumplen con la normativa para el transporte de animales vivos, y en los que factores como la concentración de oxígeno, temperatura del agua y densidad de los peces están muy controlados, pues es un proceso en el que los peces pueden sufrir mucho estrés y causar mortalidad en los alevines, por lo que se busca reducir al mínimo la posibilidad de malestar.

Una vez el camión con los tanques llega al puerto, estos se trasladan al barco con la ayuda de la grúa. Ya ahí, se les quita la tapa, se retira el tubo del oxígeno y se va añadiendo agua de la ría con la manguera (Fig. 11.B), a medida que se va vaciando el agua existente, para que los peces se vayan aclimatando. Ya en las jaulas, se coloca un tubo que posee un adaptador en su extremo que se une a la boquilla de los tanques (Fig. 11. C), se retira la compuerta de los tanques y los peces salen por el tubo hasta la jaula (Fig. 11. D).

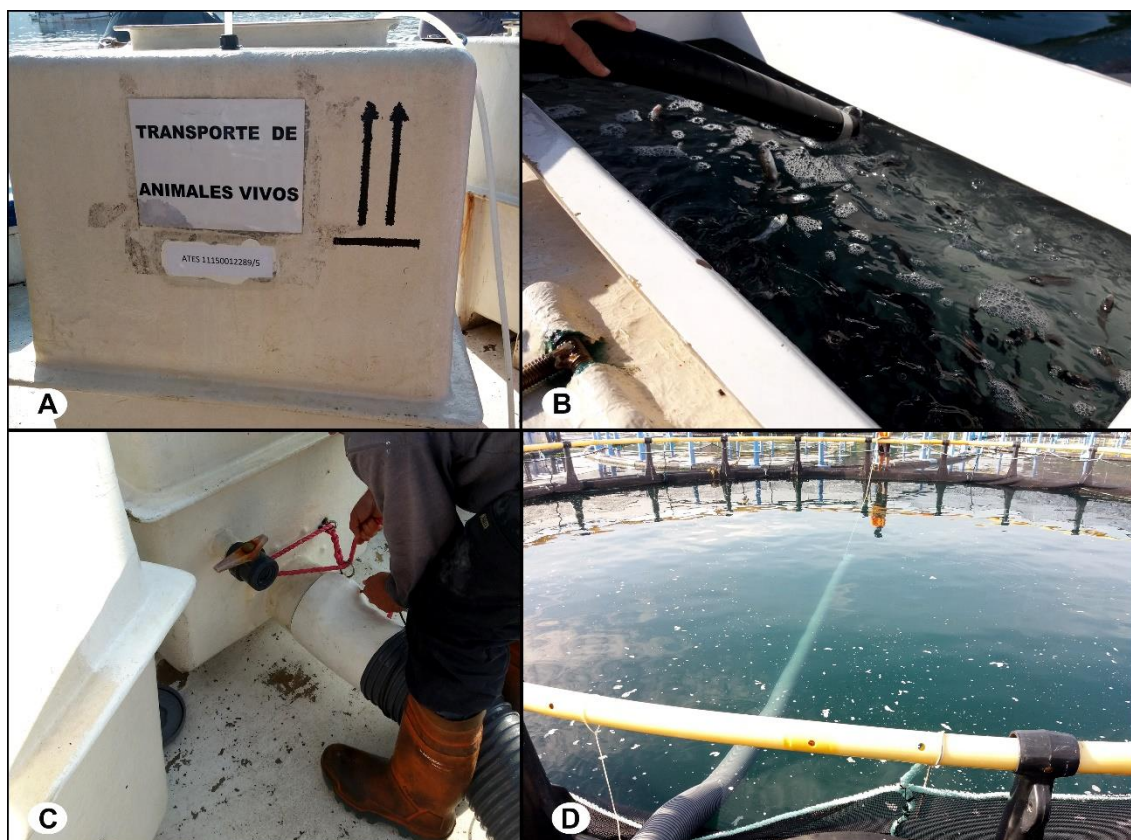


Fig. 11. A) Tanques; B) Adición de agua a los tanques para aclimatación; C) Adaptador de boquilla; D) Tubo liberando alevines.

Selección de reproductores

En Valvodiño se sitúa la Hatchery, donde se llevan a cabo los procesos de reproducción, la puesta, el alevinaje y el preengorde, fases previas a su traslado a las jaulas de engorde. En esta planta los reproductores se alojan en tanques con unas densidades de cultivo ideales (densidad menor a 1), a fin de conseguir buenas puestas anuales. Además, el agua de los tanques procede de una zona de protección medioambiental, muy batida y oxigenada, libre de contaminación. Las características físico-químicas del agua de los tanques se mantienen constantes durante todo el año, haciendo que todo este conjunto aporte las condiciones óptimas para los reproductores, libres de estrés.

El besugo es una especie longeva, pudiendo los reproductores llegar a los 16 años de edad. En este tiempo, alcanzan un tamaño mayor que el de la talla comercial, pesando entre 5 y 6 kg de peso y los 70 – 80 cm de longitud. Es de interés que los nuevos individuos que van a formar parte de los reproductores tengan unas características fenotípicas adecuadas, sobre todo en lo referente al tamaño, por lo que se llevó a cabo una tarea de selección artificial.

La selección artificial es una técnica de control reproductivo cuya aplicación permite modificar la composición del acervo genético de una población con respecto a uno o varios caracteres, de manera que los valores promedio van cambiando en el sentido deseado con el paso de las generaciones (López-Fanjul & Toro, 2009). Para ello, han de utilizarse como reproductores solo a los individuos de la población con las características

deseadas más favorables. En el caso de los besugos se atendió a tres rasgos para su selección: tamaño, escogiendo a los ejemplares de mayor peso, entre 1 – 1.25 kg; color, se valora la presencia de color rojizo en la superficie corporal y la mancha negra de la línea lateral marcada; y ausencia de deformidades. Se presupone, además, que los besugos de mayor tamaño presentan una ventaja a la hora de competir por el pienso o una mejor eficiencia de conversión del alimento, pues todos los peces de la jaula tienen las mismas oportunidades de acceder a la comida, pero solo unos pocos alcanzan gran tamaño, por lo que o han comido más, compitiendo, o bien asimilaron mejor el pienso.

Los reproductores se reclutan durante la cosecha, en la propia mesa, y se pasan a un contenedor con agua, la cual se va renovando para asegurar un adecuado aporte de oxígeno y la eliminación de compuestos nitrogenados. El contenedor se tapa para que los peces tengan menos estrés, y una vez termina la cosecha, éstos se pasan a una jaula pequeña, de las cuadradas, donde solo hay futuros reproductores, y permanecen allí hasta que son transportados a Valdoviño.

Cambio de cielos

Se utilizan dos tipos de cielo, con redes que son diferentes, y además son colocados en las jaulas de diferente manera debido a que, dependiendo de la estación del año, protegen a los peces de distintos tipos de aves marinas. Los cielos de verano (Fig. 12) tienen una



Fig. 12. Cielo de verano.

luz de malla de mayor tamaño y se amarran directamente a la jaula. Al inicio de las prácticas, estos son los cielos que estaban colocados en las jaulas, pero a partir de octubre se empiezan a cambiar por los cielos de invierno. Estos poseen una luz de malla menos amplia, es más fina, y es necesario incluir en su instalación una torreta, que soportará el peso del cielo y no dejará que éste quede pegado al agua, evitando así que los peces queden atrapados en él.

Para su instalación, primero se debe amarrar la red a la torreta y a tres cabos (uno en cada lateral y otro en el extremo más alejado al barco). Cada operario coge uno de los cabos y lo va llevando hasta las posiciones ya mencionadas, dando un par de amarres al cielo en la jaula para ajustar la posición, mientras que la torreta y la red son colocadas en el centro de la jaula con la ayuda de la grúa (Fig. 13. A). Una vez centrado el cielo, se empieza a amarrar completamente desde el extremo más alejado, haciendo un movimiento de dos semicírculos (se va atando a la vez por las dos bandas) hasta que queda completamente amarrado. Es necesario que el cielo posea cierta tensión para evitar que se pegue al agua, por lo que hay que ir cogiéndole al cielo cuando se amarra, pero también hay que evitar no excederse con esta tensión, pues puede poner en peligro toda la estructura de la jaula. También, hay que dejar los faldones por fuera de la jaula (Fig. 13. B), para evitar que entren las aves. Estas redes están especialmente pensadas para evitar el ataque de los cormoranes, siendo también efectivas contra las gaviotas y demás aves.

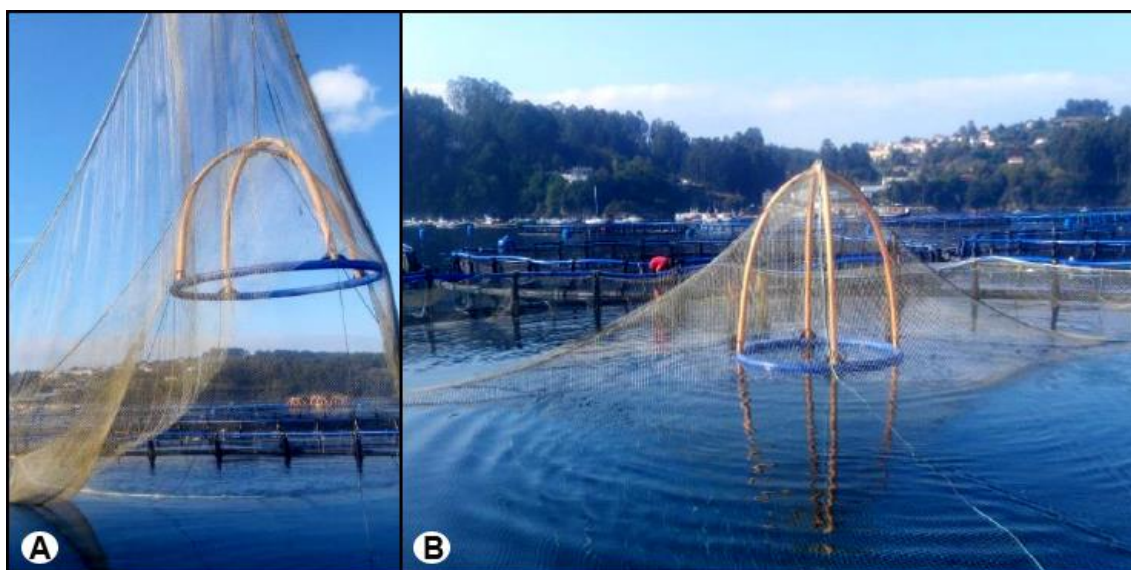


Fig. 13. Cielo de invierno. A) Colocando la red y la torreta; B) Torreta y faldones colocados.

Cierre de jaula

A medida que las jaulas van sufriendo sucesivas cosechas, la biomasa en las mismas empieza a descender, hasta que llega el momento de hacer la última cosecha. Ésta no puede ser realizada de la misma manera que una cosecha rutinaria, porque en el movimiento de cercado de los peces siempre quedan ejemplares fuera de la red, y en este caso interesa recolectarlos a todos, sin dejar ninguno en la jaula, por lo que hay que cambiar de maniobra.

Para ello, primero es necesario soltar los cabos que unen la red a los anillos de flotación de la jaula y retirar el cielo. Después, se pasan unos corchos (Fig. 14. A) entre los pedestales y la red. Se parte desde uno de los laterales, y el extremo anterior de la fila de corchos se va desplazando manualmente entre la red y los pedestales hasta llegar al otro lado de la jaula, y se engancha a la grúa. El extremo posterior se amarra a la barandilla de la jaula. Así, la grúa comienza a tirar de los corchos por el extremo anterior, llevándose los consigo y a su vez, éstos arrastran la red. Los operarios han de ir cobrándole longitud a la red para evitar que se formen bolsas de agua. Al final, lo que queda es una pequeña cuenca (Fig. 14. B) donde están recogidos todos los peces (Fig. 14. C), que se van retirando con el truel amarrado a la grúa y, cuando ya quedan unos pocos individuos, se pescan con un truel de mano.

En ocasiones, si arrastrar la red con los corchos resulta problemático porque la red tiene mucho fouling, se puede complementar esta maniobra enganchando el culote de la red a un cabo a la grúa, y se tira de la red para que quede libre de bolsas y de agua, facilitando también el paso de los corchos.

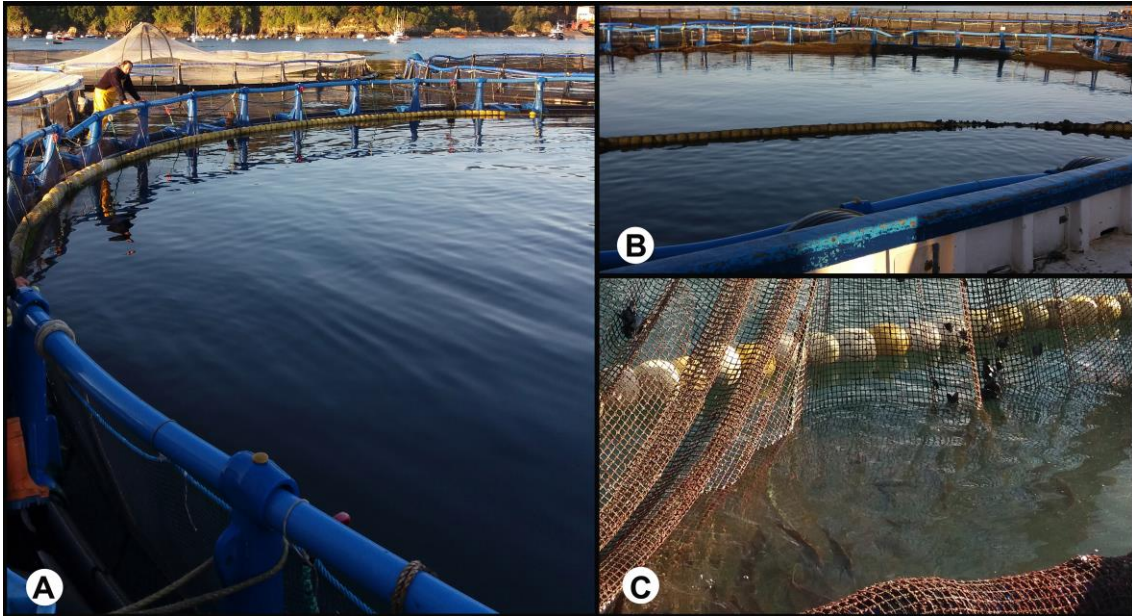


Fig. 14. Cierre de jaula. A) Pasando los corchos; B) Cuenca de agua; C) Peces cercados.

Otras tareas

- Administración de residuos: los sacos en los que viene el pienso y los plásticos de los palés del mismo se acumulan para que después una empresa especializada en este tipo de material los recoja y los recicle. Por otra parte, los peces muertos que se retiran de las jaulas, las bajas, se acumulan en un contenedor hermético para que posteriormente una empresa encargada de administrar los residuos biológicos los retire.

- Limpieza de los anillos de las jaulas: se trata de retirar el fouling de la parte que está en contacto con el agua, pues es una zona de fijación para algas, bivalvos y erizos, entre otros (Fig. 15). Esto perjudica a las instalaciones, pues es un peso mayor que soportar. Para ello, se amarra la jaula con un cabo a la grúa y se tira de la estructura hacia el barco, dejando una porción expuesta. Con una rasqueta, se arrastra todo lo que ha crecido sobre los anillos. Luego la jaula se va girando y se hace lo mismo con cada parte, hasta que está limpia y se vuelve a amarrar con las demás jaulas.



Fig. 15. Fouling en los anillos.

- Limpieza de redes: el catamarán se encarga de limpiar las redes. Éste lleva a bordo un robot (Fig. 16) formado por un ventilador que lo empuja por la red y por una placa que va girando. El robot se desplaza por toda la red, rompiendo el mejillón con la placa para después eliminarlo. También posee una cámara para ver por dónde pasa, y de un mando con el que es dirigido, por lo que la maniobra se lleva a cabo desde el catamarán.



Fig. 16. Robot del catamarán.

DISCUSIÓN

El crecimiento de besugo en jaulas en la ría de Lorbé cumple con las expectativas puestas en la especie, tal y como se esperaba basándonos en trabajos como el de Peleteiro *et al.* (1994) y Chereguini *et al.* (1990), donde ya presentaban a la especie, por este motivo entre otros, como apropiada para el cultivo comercial. Si bien los datos concretos de la empresa no han sido expuestos a lo largo de la memoria, se puede decir que el SGR de las jaulas ronda el 0.40%, un valor que se aproxima a los expuestos en la bibliografía (Olmedo *et al.* 2002; Peleteiro *et al.* 1994). Las buenas tasas de crecimiento y las ventajas que aportan los cultivos en jaulas, como son las posibilidades de un cultivo en tres dimensiones, auto depuración del agua, auto oxigenación, posibilidad de rotación del emplazamiento, etc., facilitan el poder contestar favorablemente a favor de los viveros flotantes en una posible pregunta que te puede surgir si diriges la fase de engorde de una especie, que es si será mejor el cultivo en tanques o en jaulas. Es cierto que el cultivo en tanques aporta también beneficios, sobre todo por el hecho de poder controlar totalmente las condiciones del agua, pero por otra parte, es conocida la buena adaptación de los espáridos al cultivo en jaulas. Además, existen estudios comparativos (Linares *et al.*, 2001) de engorde de *P. bogaraveo* en jaulas y tanques que revelan que el crecimiento del besugo es mayor en jaulas. Por otra parte, el FCR en la planta tiene unos valores de entre 2 y 4, se ajusta bien a lo que se recoge en otros trabajos (Silva *et al.*, 2006). En términos productivos interesa que el FCR sea lo más bajo posible pero, para conseguir bajar este valor, tanto en besugo como en otras especies, sería interesante investigar en la manipulación de las dietas. Esto sería, conseguir incrementar la concentración de nutrientes esenciales y disminuir la concentración de componentes no digeribles (sobre todo la ceniza), incrementando la digestibilidad de los nutrientes (sobre todo carbohidratos y proteínas), optimizando el balance de nutrientes indispensables

(aminoácidos, ácidos grasos, minerales y vitaminas) y controlando las tasas de alimentación (Talbot & Hole, 1994). En general, la relación del SGR, FCR y SFR permite ver la evolución de las poblaciones de una manera bastante intuitiva. Podría contemplarse la posibilidad de añadir a los datos otro tipo de índices, como el coeficiente de crecimiento térmico de Cho (1992), pero con los utilizados en la planta se puede predecir y controlar la producción.

Obtener datos de estos índices y compararlos entre sucesivas generaciones, y teniendo en cuenta que por medio del reclutamiento de reproductores por selección artificial se espera un mayor tamaño de los ejemplares, podría ser un trabajo de investigación interesante para desvelar si, dejando que transcurran unas cuantas generaciones, se podría ir modificando el tiempo para llegar a la talla comercial, a fin de alcanzarlo más pronto, o si incluso el peso comercial puede verse incrementado con el tiempo, pues cualquiera de estas dos variables resulta en una ventaja productiva.

Las maniobras necesarias para que una instalación de este tipo funcione adecuadamente, el tiempo que se tarda en realizarlas, el personal que se necesita para llevarlas a cabo, es una tarea difícil y muy importante. Cada día hay que realizar unas labores determinadas, las cuales llevan un tiempo de realización, y hay que tenerlo previamente calculado para poder ajustarse al horario laboral, pues dejar una maniobra a medias es poco práctico, pudiendo resultar incluso peligroso. En este punto, pasar de la teoría a la práctica es complicado, incluso sin tener en cuenta los problemas que pueden surgir durante las maniobras. Por otra parte, un obstáculo a la hora de desarrollar este tipo de acuicultura es la gran inversión económica que hay que realizar, tanto para la instalación de la planta como para su mantenimiento, ya que se necesita mucho personal y mucho material, permisos y medios de transporte.

Por último, en cuanto a la realización de las prácticas, aprender cómo se trabaja en una planta de engorde es una opción interesante, ya que las maniobras y las tareas aprendidas resultan totalmente nuevas. No solo se aprende sobre los cálculos y tareas que se han ido explicando a lo largo de la memoria, sino también cómo tienes que manejarte en un barco, cuáles son las medidas de seguridad y cómo llevar un mantenimiento en el mismo. Es cierto que no hay una forma universal de trabajo en una planta de engorde, cada empresa trabaja de una forma diferente, con su propio método e instalaciones dependiendo de la especie que se esté cultivando y, por tanto, siempre habrá tareas que aprender y no se podrá extrapolar lo aprendido ahora a todos los puestos. Aun así, el trabajo realizado no solo sirve para ganar experiencia, sino también para poner a prueba la propia capacidad para desenvolverse y adaptarse a las nuevas labores, y coger una mecánica de trabajo, que luego se puede adaptar a los diferentes tipos de cultivo.

CONCLUSIÓN

El alto valor comercial y sus características biológicas hacen del besugo una especie apta para su desarrollo en acuicultura. El cultivo en jaulas ha demostrado cumplir con el crecimiento y tiempo de cultivo esperado para la especie, obteniendo buenos resultados productivos. La mejora de las técnicas de trabajo y de la biología de la especie conducirá al perfeccionamiento del proceso productivo.

BIBLIOGRAFÍA

- APROMAR. **2015**. La acuicultura en España. España.
- Bruzón MA., Rodríguez-Rúa A., Jiménez-Tenorio N., San Martín M., García-Pacheco M. & Bruzón MS. **2006**. Comportamiento reproductivo en el medio natural y en cautividad de *Pagellus bogaraveo*. *Modelos de crecimiento. Sistemas, Cibernética e Informática* **3** (1) ISSN: 1690-8627.
- Carpenter KE. & Russell B. **2014**. *Pagellus bogaraveo*. *The IUCN Red List of Threatened Species* [<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T170244A1300216.en>]
- Chereguini O., Fernández-Pato CA. & Martínez-Tapia C. **1990**. Growth of wild blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo* B.) from Cantabria sea under laboratory conditions. Some interestin parameters. *ICES CM Mariculture Committee* 1990/F3.
- Cho CY. **1992**. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* **100**: 107 – 123.
- FAO. **2014**. Visión general del sector acuícola nacional. Roma, Italia.
- Froese R. & Pauly D. **2002**. FishBase. *World Wide Web electronic publication*. www.fishbase.org
- Gueguen J. **1969**. Croissance de la dorade, *Pagellus centrodontus* Delaroche. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* **33**: 251 – 264.
- JACUMAR. **2003**. Cultivo integral de besugo (*Pagellus bogaraveo*). Plan Nacional de Cultivo de Besugo. España.
- Jonsson G. **1992**. Islenskir fiskar. Fiolvi, Reykjavik.
- Linares F., Olmedo M, Ortega A. & Peleteiro JB. **2001**. Experiencias de engorde de besugo, (*Pagellus bogaraveo* B.) en jaulas y tanques de cultivo. *Monografías del Instituto Canario de Ciencias Marinas* **4**: 206 – 210.
- López-Fanjul C. & Toro MA. **2009**. Fundamentos de la mejora genética en acuicultura. Genética y Genómica en acuicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid, España.
- Lorance P. **2011**. History and dynamics of the overexploitation of the blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*) in the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science* **68**(2): 290 – 301.
- Madrid JA., Sánchez-Vázquez FJ. & Martínez FJ. **2009**. Alimentación en piscicultura. La nutrición y alimentación en piscicultura. Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid, España.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. **1995**. Catálogo de Denominaciones de Especies Acuícolas Españolas. Madrid, España.

- Muus, BJ. & Nielsen JG. **1999**. Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book. Hedehusene, Dinamarca.
- Olmedo M., Linares F. & Peleteiro JB. **2002**. Engorde de juveniles de besugo *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768) cultivados en tanques y jaulas. Boletín Instituto Español de Oceanografía **18**: 1 – 4.
- Peleteiro JB., Olmedo M., Cal RM. & Gómez C. **1994**. Growth under laboratory conditions of wild juvenile blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*). *Aquaculture Europe* **18**: 6 – 10.
- Rabello D. **2015**. Cálculo de povoamento de viveiros e tanques-rede. Embrapa Circular técnica (1) ISSN 2447-262X.
- Silva P., Andrade C., Timóteo V., Rocha E. & Valente L. **2006**. Dietary protein, growth, nutrient utilization and body composition of juvenile blackspot seabream, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich). *Aquaculture Research* **37**: 1007 – 1014.
- Sistema Integrado de Clasificación Taxonómica. *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768). TSN 169212.
- Sobrino I. & Gil J. **2002**. Estudio de la pesquería del voraz (*Pagellus bogaraveo*) en aguas del Estrecho de Gibraltar. Informe final de resultados. Convenio de colaboración entre el Instituto Español de Oceanografía, Red Eléctrica de España y la Cofradía de Pescadores de Tarifa.
- Talbot C. **1993-A**. Some aspects of the biology of feeding and growth in fish. *Proceedings of the Nutrition Society* **52**: 403 – 416.
- Talbot C. **1993-B**. Some biological and physical constraints to the design of feeding regimes for salmonids in intensive cultivation. Fish Farming Technology. Balkema, Rotterdam.
- Talbot C. & Hole R. **1994**. Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology* **10**: 258 – 270.
- Whitehead PJP., Bauchot ML., Hureau JC., Nielsen J. & Tortonese E. **1986**. Fishes of the Northeast Atlantic and Mediterranean. UNESCO. Paris, France.

ANEXO I: EJEMPLO DE CÁLCULO DE BIOMASA, DENSIDAD Y KG DE ALIMENTO QUE SUMINISTRAR

Tenemos una jaula de 16 m de diámetro y una red sumergida 5 m, con 73106 individuos con un peso medio de 187.13 g. Se emplean 9.1 minutos en suministrar todo el pienso a la jaula, a una tasa de 0.70. Calcula:

- Biomasa
- Densidad
- Kg de pienso que hay que suministrar por día

$$\text{Biomasa} = n^{\circ} \text{ indiv} \times \text{peso medio (kg)}$$

$$\text{Biomasa} = 73106 \text{ indiv} \times 0.18713 \text{ kg} = 13680.33 \text{ kg de pez en la jaula}$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Biomasa (kg)}}{\text{Volumen}}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= \pi \times r^2 \times h \\ \text{Volumen} &= \pi \times 16^2 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 1005.31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Densidad} = \frac{13680.33 \text{ kg}}{1005.31 \text{ m}^3} = 13.60$$

$$\text{Tasa} = \text{kg alimento} / \text{toneladas de pez} / \text{tiempo (min)}$$

$$0.70 = \text{kg alimento} / 13.68033 \text{ t} / 9.06 \text{ min}$$

9.1 min pasados a sexagesimal

$$\text{kg alimento} = 86.76 \text{ kg por día}$$

ANEXO II: EJEMPLO DE CÁLCULO DE FCR, SGR Y SFR O %PC

Tenemos una jaula con 86888 individuos iniciales, de peso medio inicial 7.3 g. Se parte del día 28/10/2015. Se muestrea el 5/8/2016 y se obtiene un peso medio final de 97.92 g, de una población final de 86127 ejemplares. El alimento suministrado en ese periodo fueron 15746 kg. Calcular: A) FCR (factor de conversión del alimento); B) SGR (tasa de crecimiento); C) SFR o %PC (peso cuerpo del periodo).

A) FCR → cuántos kilos de pienso se necesitan para producir un kilo de pez.

$$FCR = \frac{kg \text{ alimento}}{\Delta \text{ Biomasa}}$$

$$FCR = \frac{15746 \text{ kg}}{(86127 \text{ ind} \times 0.09792 \text{ kg}) - (86888 \text{ ind} \times 0.0073 \text{ kg})}$$

$$FCR = 2.02$$

B) SGR → mide el crecimiento diario y se expresa como porcentaje.

$$SGR = \left(\frac{\ln P_f - \ln P_o}{t \text{ días}} \right) \times 100$$

$$SGR = \left(\frac{\ln 0.09792 - \ln 0.0073}{282 \text{ días}} \right) \times 100$$

$$SGR = 0.92$$

C) SFR o %PC → corresponde a la cantidad de alimento que se entrega por día por cantidad de biomasa.

$$SFR = \left[\left(\frac{\text{Alimento (kg)}}{t \text{ (días)}} \right) / \left(\frac{\text{Biom fin (kg)} + \text{Biom ini (kg)}}{2} \right) \right] \times 100$$

$$SFR = \left[\left(\frac{15746 \text{ kg}}{282 \text{ días}} \right) / \left(\frac{(0.09792 \times 86127) + (0.0073 \times 86888)}{2} \right) \right] \times 100$$

$$SFR = 1.23$$

ANEXO III: DETERMINACIÓN DE NÚMERO DE INDIVIDUOS, PESOS MEDIOS, BIOMASA Y KG DE ALIMENTO

Tenemos una jaula de besugo, cuyo peso medio es de 322 g y tiene 30000 individuos. Es verano y la temperatura del agua es de 17.5°C. Qué cantidad de pienso entregarías en 30 días si: el SFR calculado para el periodo es de 0.35, el % de mortalidad del periodo es de 0.56, el FCR del periodo es de 1.76. Calcular:

- Pienso día a día.
- N° de individuos, peso medio y biomasa para cada día.

Lo primero que hay que calcular es cuántos kg de alimento se suministran en tu día 0. Para ello, basta con multiplicar el SFR o %PC (ya que corresponde a la cantidad de alimento que se entrega por biomasa) por la biomasa y pasarlo a porcentaje:

$$\text{Biomasa} = 30000 \text{ ind} \times 0.322 \text{ kg} = 9660$$

$$\text{kg alimento en día 0} = (9660 \times 0.35) \times 100 = 33.81 \text{ kg}$$

A partir de ahora hay que tener en cuenta que cada día va a haber mortalidad y crecimiento, por lo que los pesos medios y, por tanto, la biomasa va a ir modificándose levemente cada día, por lo que hay que ir reajustando los kg de alimento. Para ello resulta cómodo construir una tabla que recoja todos los datos. Previamente hay que conocer:

$$\text{N}^\circ \text{ bajas diarias} = (30000 \text{ ind} \times 0.56 \text{ mort}/100) / 30 \text{ días} = 5.6 \approx 6$$

Día	N° ini	Wx ini	Wx fin	Biom ini	Biom fin	Kg pienso	Ganancia peso	Día
0	30000	0.322	0.322	9660	9660	33.81	19.21	1
1	29994	0.322	0.323	9658	9677	33.80	19.206	2
2	29988	0.323	0.324	9677	9705	33.87	19.244	3
3	29982	0.324	0.325	9705	9733	33.97	19.3	4
4	29976	0.325	0.326	9733	9761	34.07	19.355	5
5	29970	0.326	0.327	9761	9790	34.16	19.411	6
6	29964	0.327	0.328	9790	9818	34.27	19.469	7
...								