

LA ALIMENTACIÓN EN PISCICULTURA

Fernando Sanz
TROUW ESPAÑA S.A.
Cojobar - 09620 Burgos

1.- INTRODUCCIÓN. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La acuicultura es “la técnica de cultivo en el agua de especies vegetales y animales” según la Real Academia Española. Según autores, es considerada como una forma de agricultura, como puede ser el caso de los cultivos de la ostra, pero en lo referente al cultivo de pescado, es claramente una “nueva” forma de ganadería, ya que las piscifactorías de agua dulce o marina poseen unos métodos y unos objetivos muy similares a cualquier cría de animales de abasto.

Los datos aquí recogidos van a referirse exclusivamente hacia aquella parte de la Acuicultura que se dedica a la cría de peces, ya que al enfocarse desde un punto de vista nutricional y alimentario, debemos apartar los cultivos de algas y moluscos, los cuales obviamente no requieren un suministro adicional de nutrientes. Igualmente dejaremos de lado los cultivos de crustáceos, ya que salvo excepciones, apenas están desarrollados y los alimentos aportados son de origen exclusivamente natural. Una clara y notable excepción es el cultivo del langostino, el cual al igual que ocurre con las especies ícticas tiene desarrollados métodos, técnicas y alimentos de alta especificidad y excelente nivel de industrialización en diferentes áreas de Asia y América Latina. Sin embargo su producción prácticamente se ha desechado de nuestro país por motivos competitivos en cuanto a coste de producción.

Sin embargo, la acuicultura sólo se puede considerar como una nueva ganadería si nos referimos exclusivamente a los cultivos de algunas especies de peces que se desarrollan principalmente en los países industrializados, como es por ejemplo el salmón, la trucha o la

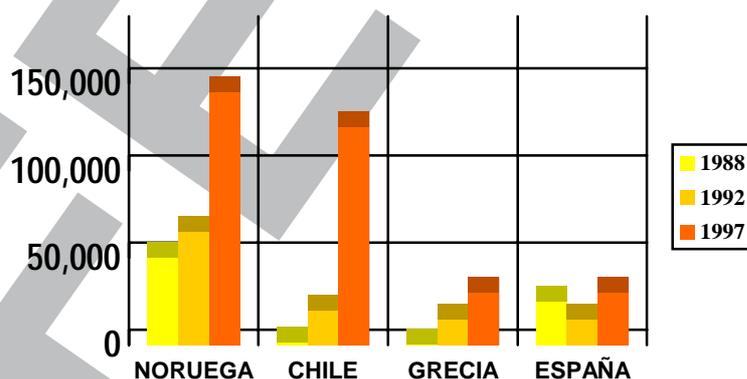
dorada. La Piscicultura como tal nació hace 4.000 años en China con los cultivos de la carpa. En la Edad Media, es conocida la labor de cría de trucha y carpa que realizaban diferentes monasterios y abadías europeas de una forma continuada.

Un gran avance fue desarrollado en Francia cuando se realizó la primera fecundación artificial de huevas de trucha, allá por el siglo XIV. En el siglo siguiente, existen pruebas que demuestran que en Inglaterra se comenzaron a cultivar peces planos.

Hoy en día la Piscicultura es una realidad asentada y, sin lugar a dudas, es la forma de ganadería especializada que se desarrolla de una forma más rápida y posee ciertamente un enorme porvenir en cuanto a rendimientos, especies susceptibles de ser cultivadas y comercialización de sus productos.

Actualmente, el cultivo del salmón, especialmente el salmón atlántico, figura como la referencia y la línea a seguir para cualquier forma de Piscicultura Industrial moderna, debido fundamentalmente al fuerte desarrollo producido en las últimas dos décadas en Noruega y Escocia, lo cual ha sido seguido por otros países con condiciones de cultivo similares, cuyo ejemplo mas destacado es Chile, donde se ha convertido al igual que en Noruega, en una de las principales actividades industriales del país. En 1912, los noruegos comenzaron a cultivar trucha arco-iris en el mar. Sin embargo los primeros resultados exitosos se produjeron en los años 50, llegando en 1965 a una producción de 500 Tm.

Valor de productos de la acuicultura (en millones pts). Fuente Libro Blanco de la Acuicultura.



La moderna Piscicultura recuerda bastante a los métodos empleados para la producción de pollos, y en cierto modo sigue de lejos los pasos de esa industria en cuanto a producción, procesamiento, diversificación y comercialización.

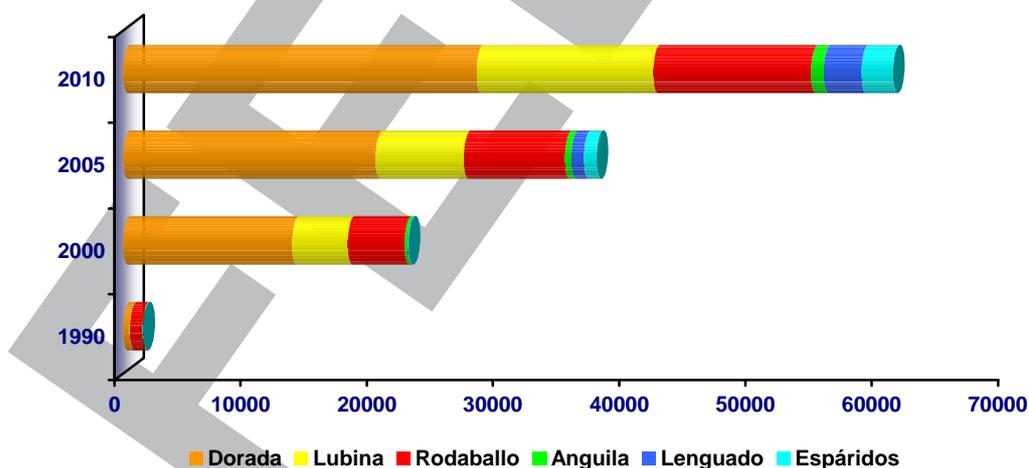
Hoy por hoy la principal especie producida en nuestro país es la trucha arco-iris (*Onchorynchus mykiss*). Junto a la trucha, hay que destacar la producción nacional de dorada (*Sparus aurata*), especie que es fundamentalmente engordada en jaulas flotantes en el

Mediterráneo y Canarias. Después en orden de importancia destacan los cultivos de rodaballo (*Scophthalmus maximus*) y de Lubina (*Dicentrarchus labrax*). Afortunadamente, nuestro país presenta una gran diversidad de tipos de aguas que hacen que nuevas especies empiecen a asomar por el horizonte y en las cuales hay depositadas enormes esperanzas. Por citar algunas destacamos el lenguado, el besugo, el sargo y el dentón. También hay que destacar los engordes de atún que se realizan desde hace un par de años en la región de Murcia, y que añaden un indudable atractivo de toda índole al sector.

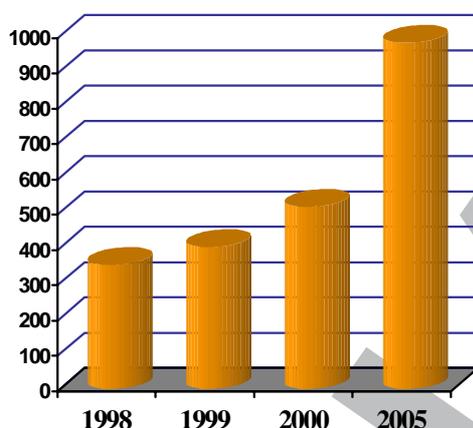
Producciones piscícolas en el año 2000 en España.

Especie	Toneladas m.
Trucha	30.000
Dorada	10.000
Rodaballo	4.000
Lubina	2.000
Anguila	500
Carpas, Tencas, etc...	200
Otras especies marinas	150

Previsiones de producción de especies marinas en España hasta 2010.



Nº de jaulas de cultivos marinos en España (dorada y lubina)



2.- EL SISTEMA DIGESTIVO DE LOS PECES

El tracto digestivo de los peces de cultivo es relativamente corto y consta de esófago, de estómago, de ciegos pilóricos, de un pequeño intestino y de recto. En la descomposición del alimento influyen tanto factores mecánicos como químicos.

En el caso de los salmónidos, por ejemplo, la descomposición mecánica antes de que el alimento llegue al estómago es muy escasa y es ahí donde, a su llegada, se producen contracciones en la pared del estómago así como la secreción de jugos gástricos (ácido clorhídrico y pepsinógeno). El resultado es una harina (quimo) espesa cuya superficie se incrementa de forma considerable en relación con el alimento sólido. Esto mismo ocurre con los diversos puntos de ataque para las enzimas digestivas

Este alimento reblandecido es conducido hacia el intestino en pequeñas dosis mediante el movimiento que se produce dentro del estómago. La evacuación gástrica se regula mediante la cantidad de alimento que entra al estómago y, en especial, mediante la cantidad y la composición del quimo en el intestino.

La principal descomposición del alimento tiene lugar en el intestino pequeño donde se segregan una amplia variedad de enzimas digestivas (jugo pancreático) y de sustancias auxiliares (bilis). Además, también se producen enzimas digestivas en la pared intestinal. Las fuertes contracciones que se producen a lo largo del intestino provocan que el alimento que se encuentra parcialmente descompuesto se mezcle bien con los fluidos digestivos y se produce un tránsito de vuelta en el intestino a medida que se va haciendo la digestión del alimento.

La digestión de la proteína comienza en el estómago donde un pH bajo la desnatura y la hace más fácilmente alcanzable para la enzima pepsina. Esto hace que tengamos peptinas de

diferentes longitudes. Una vez en el intestino, otras enzimas desintegradoras de proteínas (proteasas) procedentes del jugo pancreático y de la pared intestinal les descomponen en simples aminoácidos y péptidos, principalmente dipéptidos y tripéptidos.

La absorción de los aminoácidos se realiza mediante un transporte activo a través de la pared intestinal, lo que quiere decir que la absorción utiliza energía. Los tripéptidos se absorben de forma más rápida que los dipéptidos, que a su vez se absorben más deprisa que los aminoácidos libres. Además, se ha descubierto que existe competencia para la absorción entre los aminoácidos de la misma clase (ácidos, básicos y neutrales) pero no entre los de clases diferentes. Esto nos indica que en el intestino existen varias clases de sistemas de transporte para los aminoácidos. Cualquier péptido, durante su camino a través de las células de la pared intestinal, se va a descomponer todavía más en aminoácidos libres que serán transportados hasta la sangre.

La mayor parte de las grasas que existen en el alimento son triglicéridos, también conocidos como grasas neutrales. Mediante el reblandecimiento y la división mecánica del alimento en el estómago, la grasa se concentrará en gotas que no se mezclan con el quimo normal.

En el intestino, el quimo se mezcla con las sales biliares, con los fosfolípidos y con el colesterol segregados por el hígado. Las sales biliares constan de una parte liposoluble y de otra hidrosoluble. Cuando la parte liposoluble se mezcla con la grasa en las gotas de grasa, se forman diminutas gotitas de grasa (micelas) sobre una superficie hidrosoluble. De esta forma el área de la superficie aumenta, así como la posibilidad de que los triglicéridos se descompongan en unidades más pequeñas con la ayuda de la lipasa segregada por el páncreas en el intestino.

La lipasa descompone los triglicéridos en diglicéridos, monoglicéridos, glicerol y ácidos grasos libres. Ninguno de ellos, a excepción del glicerol, es especialmente soluble en agua, pero siempre quedará algún ácido graso y alguna molécula monoglicérida en disolución. De esta forma, la grasa se absorberá por difusión a través de la pared intestinal. En la célula intestinal los monoglicéridos y los ácidos grasos libres se unirán de nuevo a un triglicérido antes de ser liberados en la linfa. La grasa se transporta por la linfa en los llamados quilomicrones, que son microscópicas gotitas de grasa formadas por triglicéridos en un 90% (más fosfolípidos, proteínas, etc.).

Los carbohidratos son difícilmente digestibles por los peces ictívoros. En el caso de que el alimento contenga carbohidratos digestibles, como el amilo, éste debe descomponerse en monosacáridos antes de que puedan absorberse del intestino. Toda la descomposición de los monosacáridos en el intestino se realiza con la ayuda de las amilasas del jugo pancreático y las sacarasas de las células intestinales. La absorción tiene lugar por la acción del transporte activo a través del epitelio intestinal.

Existen varios factores ligados al tipo de materias primas así como a su tratamiento que pueden afectar a la digestibilidad del alimento. Un tratamiento con calor puede contribuir al incremento de la digestibilidad del amilo y de la proteína. Esto ocurre porque el calor húmedo hace que las partículas del amilo crezcan más fácilmente, lo cual las hace más vulnerables al ataque de las enzimas digestivas. En ciertas materias primas vegetales existen antinutrientes como, por ejemplo, los inhibidores de la tripsina en la soja. El calor los desnaturaliza y, por tanto, elimina el efecto inhibitor que puedan tener en la digestión de la proteína. Un tratamiento de calor muy fuerte y de larga duración puede tener, sin embargo, un efecto negativo en la digestibilidad porque crea enlaces entre las proteínas y el azúcar, los cuales no pueden romperse por las enzimas del intestino (reacciones Maillard).

La fibra soluble puede inhibir la digestión de los nutrientes, probablemente haciendo que los contenidos del intestino se vuelvan más viscosos. Esto impide que las enzimas digestivas trabajen libremente.

Cuando las temperaturas del agua son más bajas, el proceso digestivo es más lento, pero no necesariamente menos efectivo. Sin embargo, un bajo nivel de oxígeno en el agua puede tener un efecto negativo en la digestión.

3.- ALIMENTACIÓN PISCÍCOLA

El desarrollo sostenible de la Piscicultura intensiva basada en la alimentación depende de la utilización óptima de los nutrientes por las especies cultivadas y del mantenimiento de la calidad del agua. Por norma general, se debe tener en cuenta el cómo, el cuándo, el cuánto y el qué a la hora de hablar de alimentación de peces. La mezcla resultante de la combinación específica de las respuestas a cada una de estas preguntas para cada una de las especies y en cada una de las diferentes condiciones de cultivo nos darán como resultado el aprovechamiento máximo de la capacidad de crecimiento de cada piscifactoría, y con ello su rendimiento económico.

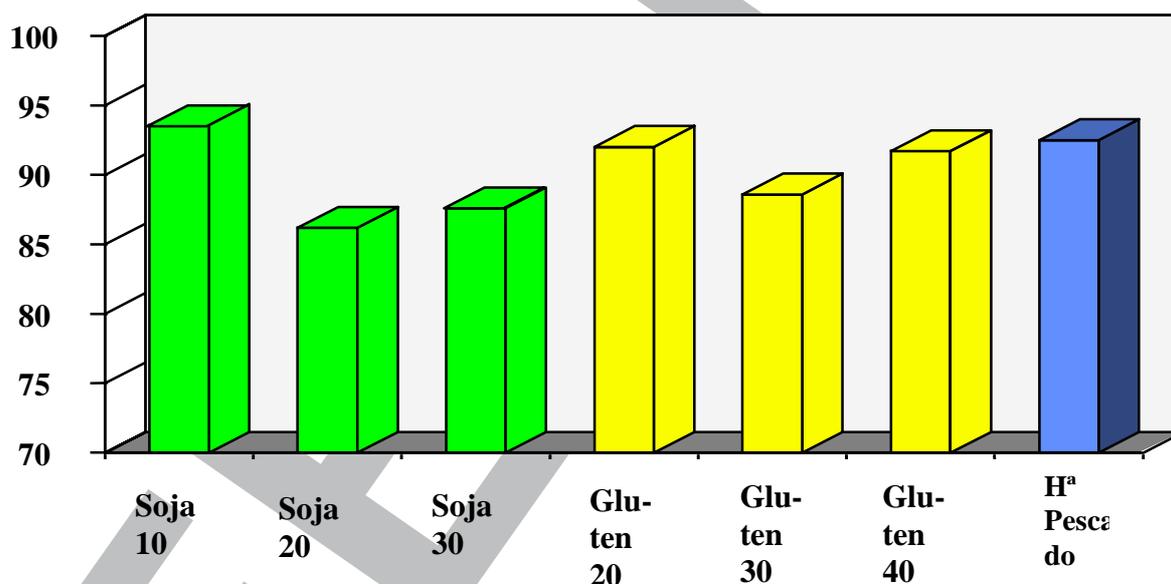
Los orígenes de la alimentación en piscicultura se remontan lógicamente a los orígenes de los diferentes sectores como tales. Al principio, los pioneros piscicultores de truchas usaban peces frescos, de difícil suministro y de difícil preparación. Este proceso además de ser complicado de “per se”, suponía un doble riesgo en cuanto a los imbalances que acarreaban enfermedades nutricionales y el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas. Anecdóticamente, y debido a la complejidad que la nueva industria del engorde del atún supone, este es el método usado en la actualidad para alimentar esta especie, aunque se está trabajando en el desarrollo de dietas específicas elaboradas.

Con la aparición de los primeros piensos compuestos, se facilitó el desarrollo de la producción industrial, aunque si bien es cierto, debido a los escasos conocimientos sobre

nutrición de peces existentes en los años setenta, la composición de estos piensos distaba mucho de ser la mas adecuada, cuando no producía problemas fisiológicos directos.

Los peces que hoy por hoy se cultivan en nuestro país son carnívoros estrictos o, en algunos casos, omnívoros. Por ello, generalmente las dietas de los peces son muy ricas en proteínas (40-60%), lo cual conlleva una fuerte excreción de nitrógeno (NH_4 , NH_3), cuya velocidad de excreción está relacionada directamente con la cantidad y calidad de la proteína suministrada en el alimento. La tendencia actual es buscar medios para disminuir la pérdida de nitrógeno y aumentar su retención controlando la relación entre la Proteína digestible y el total de Energía digestible de la dieta. Así mismo, el elevado precio que las fuentes de proteína, principalmente las harinas de pescado, tienen en el mercado hace que las investigaciones encaminadas hacia la búsqueda del máximo aprovechamiento proteico sea uno de los principales objetivos de las empresas dedicadas a la elaboración de dietas para peces.

Digestibilidad (%) de diferentes proteínas en dorada (Robina et al., 1995, 1997).



El contenido lipídico de las dietas es un factor fundamental en la piscicultura industrial moderna. Así, los formuladores de dietas tienden a preparar alimentos donde la proteína sea utilizada en su mayoría para incorporarse al músculo y obtener buenos crecimientos y donde los lípidos asuman la función de productos energéticos para su utilización metabólica eminentemente de desgaste energético. De esta forma un nivel lipídico elevado (entre un 16 y un 35% según especie y condiciones de cultivo) sirve para ahorrar al máximo la proteína y obtener excelentes crecimientos.

Igualmente el aporte de fósforo en la dieta es fundamental para el crecimiento y por norma general se incluye en porcentajes de alrededor del 1% total.

Por norma general las dietas actuales están formuladas basándose en la relación Proteína digestible/Energía Digestible, obteniéndose mayor crecimiento cuanto mayor es esta relación. Así mismo, existen dietas comerciales desarrolladas en base a los suplementos específicos de aminoácidos requeridos para cada especie.

Hoy en día cada especie piscícola de cultivo posee sus propias dietas adecuadas para sus requerimientos. Así mismo existen toda una serie de dietas específicas para la resolución de diferentes apartados en el ciclo productivo, como son por ejemplo las dietas para larvas de peces marinos, los piensos medicados, las dietas de smoltificación de los salmónidos, las dietas enriquecidas para procesos de estrés y las dietas con pigmentantes.

Los rendimientos nutricionales y por tanto de velocidad de crecimiento y rotación, de los cultivos piscícolas han evolucionado enormemente en la pasada década. Así por ejemplo los índices de conversión actuales del alimento se encuentran en valores extremadamente bajos en algunas especies con respecto a otras especies animales, como puede ser el caso del salmón (0,9) o de la trucha arco-iris (1,0), llegándose a cifras aún mejores en determinados casos. El rodaballo sigue igualmente esa línea (1,1) y algo más distante en dorada y lubina (1,8), aunque estas especies están actualmente evolucionando rápidamente en este sentido.

Hoy en día, los costos productivos de las especies piscícolas producidas en nuestro país son debidos en alrededor de un 50 % (según especie) al coste del alimento. Y esto denota una tendencia hacia la madurez del sector ya que el consumo de alimento (coste variable) está relacionado directamente con la mayor producción final y por tanto, con los rendimientos finales de la empresa.

4.- INFLUENCIA DE LA NUTRICIÓN EN LA CALIDAD DEL PESCADO DE CULTIVO

La composición corporal de los peces es constante en cada especie, y la influencia de las dietas y sus variedades sólo afectan ligeramente a dicha composición. Así el nivel proteico del pescado (alrededor del 70%) es constante para cada especie y sólo aumenta según el pez aumenta en tamaño, independientemente del tipo de dieta y contenido proteico en la misma que utilizemos. Exactamente lo mismo ocurre con el contenido en cenizas. Sólo se denota una ligera influencia de la dieta sobre la composición corporal del pez cuando se analiza el nivel graso del pescado, encontrándose unos índices ligeramente mayores cuando el contenido en Energía Bruta total de la dieta es mayor. Esto por supuesto depende una vez más de la especie a cultivar y sus condiciones medioambientales.

Un apartado a destacar es el contenido en ácidos grasos $\omega 3$ insaturados de cadena larga. Estos ácidos grasos (DHA y EPA entre otros) relacionados con numerosas ventajas para la salud humana, se encuentran a unos niveles muy elevados en el pescado, y especialmente en

los peces de acuicultura. Esto es debido a la estrecha relación que existe entre el contenido de los mismos en los piensos para peces y en los pescados que los consumen.

Composición de las grasas

Lípidos en grasas (g ác. grasos/100 g)	ω 3 Total	ω 3 c18	ω 3 c20
Cerdo	0,6	0,6	0
Soja	7,1	7,1	0
Maíz	0,9	0,9	0
Linaza	56,0	56,0	0
Harina de anchoa	34,3	0,4	33,9
Pescado blanco	35,5	0,5	35,0

Por último conviene relacionar todos estos avances nutricionales con dos apartados directamente implicados en materia alimentaria en las instalaciones piscícolas:

1º) Las instalaciones de cultivo de trucha poseen en su mayoría sistemas de aporte adicional de oxígeno, utilizados para incrementar las producciones en cuanto a mayores densidades de cultivo y mayor índice de alimentación.

2º) Los sistemas de distribución automática del alimento (en cultivos continentales y marinos), así como los sistemas de optimización y recuperación del suministro de pienso (jaulas flotantes).