

Alimentos y Estrategias de Alimentación para Reproductores y Juveniles de Peces Marinos

Dr. Francesc Castelló-Orvay,

Lab. de Acuicultura.- Dept. Biología Animal, Fac. Biología.- Universidad de Barcelona, Avda. Diagonal, 645-08028 Barcelona (España),
e-mail: dorada@porthos.bio.ub.es

La meta principal de cualquier sector de producción animal es la de conseguir la mayor producción, en el menor tiempo y al mínimo costo. Para ello una de las premisas básicas es poder contar con un alimento eficiente y económico, a la vez que adaptado a las necesidades de cada especie.

La piscicultura, y de manera concreta la *piscicultura marina*, es un sector relativamente joven, con no más de cuarenta años de historia a nivel mundial y menos de veinte por lo que se refiere a la mayoría de especies que se cultivan en Europa. No es de extrañar, por lo tanto, que aún hoy día el apartado alimentación esté aún lejos del nivel óptimo ansiado, tanto desde el punto de la *eficiencia* del alimento, como desde el punto de vista de la *economía* de los mismos, e incluso respecto a las estrategias de alimentación más adecuadas.

Una exposición histórica de la evolución de la alimentación en el cultivo de peces marinos, comporta la revisión de los siguientes aspectos:

- a.- Tipos de alimento
- b.- Composición química de los alimentos.
- c.- Distribución.

A).- Tipos De Alimento

El desarrollo de la piscicultura a nivel industrial no ha sido posible sino con el desarrollo y fabricación de "alimentos compuestos", base de los cultivos intensivos y de algunos cultivos semiintensivos.

En la producción de alimentos para especies acuáticas, han sido investigados la mayoría de sistemas de fabricación de alimentos utilizados en alimentación humana y animal e intentando, de manera equivocada la mayoría de veces, simular lo más posible la dieta del animal en libertad, buscando soluciones sofisticadas, dando como resultado dietas que no siempre garantizan la mejor respuesta del individuo y que, con alta frecuencia, van en detrimento de la rentabilidad del cultivo.

Castelló, O. F. 2000. Alimentos y estrategias de alimentación para reproductores y juveniles de peces marinos. pp 550-569 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

Tradicionalmente los alimentos compuestos se clasifican de acuerdo a su contenido en humedad y, según su aparición y frecuencia de utilización cronológica, hablaríamos de: Húmedos (> 50%); Semihúmedos (20-50%) y Secos (< 20%).

Los primeros (húmedos) se hacen, principalmente, a base de productos del mar, de bajo consumo humano y bajo precio; vísceras y desechos de pesquerías e incluso restos de mataderos y pollerías. La elaboración es elemental, utilizando cuchillos o máquinas de picar carne, congelando a posteriori, pequeñas porciones a -18°C.

Los semihúmedos, se obtienen de mezclar, a partes iguales, los ingredientes del alimento húmedo con otra parte "seca", formulada y compuesta de harina de pescado, harina de carne, harinas vegetales, aceites de pescado, vitaminas, etc.

La presentación final puede ser en forma de pasta o en forma de granulados.

Igual que los anteriores necesitan de sustancias aglomerantes como la sal, gelatina, agar o carboximetilcelulosa, para no disgregarse, de manera demasiado rápida, en el agua.

Ambos tipos de alimento (húmedos y semihúmedos) sólo se utilizan, hoy día, en áreas geográficas y ocasiones muy concretas y/o para especies determinadas, ya que su uso presenta más inconvenientes que ventajas, de manera general.

- Su poder nutritivo es muy variable, tanto por la variabilidad de la composición de los ingredientes, como debido a la mayor o menor pérdida de nutrientes originada por la trituración de los diferentes ingredientes. Esto se traduce en Índices de Conversión (I.C.), muy altos (entre 6-14) y difícilmente controlables.

- Se facilita la posibilidad de inducción/transmisión de enfermedades debido al posible mal estado de las materias primas o al acumulo de bacterias latentes durante el período de preparación, congelación y posterior manipulación.

- Aún y cuando las materias primas utilizadas sean, en principio, de bajo costo, los gastos derivados de la manipulación, congelación, almacenamiento, mano de obra, alteración de la calidad del agua y su pobre I.C., determinan que estos tipos de alimento no resulten tan económicos como a primera vista parece e, incluso, llegan a representar una carga económica superior a la de los *alimentos secos*.

Los alimentos secos son alimentos compuestos, con un contenido de agua que, en general, no sobrepasa el 12% y que en ningún caso supera el 20% y, en la práctica, son los comúnmente utilizados en los cultivos industriales, en países desarrollados o en vías de desarrollo.

Este uso generalizado se debe a la serie de ventajas que acumulan:

- **Formulación compensada** (nutricional y energéticamente) para cada especie y composición regular, lo que deriva en una producción constante y permite predecir producciones.

- **Consistencia y propiedades organolépticas**, que se pueden adaptar a las preferencias de cada especie.

- **Mejor estabilidad** en el agua y mayor digestibilidad (hasta un 90%).
- Mayor **eficiencia alimentaria** y, por lo tanto, consumo de menores cantidades de alimento (I.C. = 2-3), lo cual puede redundar en un menor coste por kg. de animal producido.
- **Fácil almacenamiento**, manipulación mínima y distribución que permite la automatización
- **Reducción del riesgo** de transmisión de enfermedades por parásitos o biotoxinas, debido al calor que se usa en el proceso de su fabricación.
- La tecnología actual permite la fabricación de diferentes texturas, mayor o menor poder de hidratación, mayor o menor densidad (diferente flotabilidad), con lo cual es posible adaptarse a las preferencias alimentarias de la especie en cultivo (Tabla 1).

B).- Composición química

La formulación de una dieta compuesta tiene como meta cumplir con los requerimientos en *nutrientes* (macro y micronutrientes) y con las necesidades *energéticas* de las especies en cultivo.

Los peces (dulceacuícolas y marinos), presentan, en principio los mismos requerimientos que los animales terrestres. Sin embargo debido a su especial adaptación al medio acuático y al alimento disponible en la naturaleza, el destino final – o utilización metabólica – es algo distinto.

En primer lugar, los peces en la naturaleza, se alimentan de alimentos ricos en proteínas y pobres en glúcidos y grasas. De ahí que hayan adaptado su metabolismo, en el sentido de que la fuente preferencial para la obtención de la energía sean las proteínas y no los glúcidos, como es el caso de los vertebrados terrestres.

El hecho de ser animales acuáticos les permite un catabolismo “barato” de las proteínas, cuyo producto final es, básicamente, el amoníaco, pudiendo así “ahorrarse” los pasos – caros desde el punto de vista energético – de la transformación catabólica hasta ácido úrico y/o urea.

Por otro lado, al ser animales poiquilotermos y vivir en medio acuático, tampoco necesitan grandes dispendios energéticos en mantenimiento de la temperatura corporal o en los desplazamientos. Esto determina que los peces sean, en realidad, animales muy eficientes (más que los terrestres) en cuanto al aprovechamiento de la energía del alimento en proteína corporal, aún y cuando las dietas requieren de altos porcentajes de proteína (40-54%, frente a la mitad o un cuarto en terrestres) con el fin de que estos macronutrientes puedan cumplir de manera eficaz con su doble función: energética y estructural

Los grandes porcentajes de proteína en la dieta de los peces parecen deberse, más que a mayores necesidades del nutriente, a que estos animales tienen menores necesidades energéticas que los homeotermos. En este sentido, los índices de retención proteica (proteína retenida/proteína ingerida) y de eficacia proteica para crecimiento (incremento de peso/g. de proteína ingerida) de los peces son muy parecidos a los valores obtenidos por otros vertebrados de interés económico. Además, al considerar el conjunto de la dieta, la eficacia de conversión (crecimiento en gramos/gramos de dieta ingerida) es de unas tres veces superior

en peces que para otros animales de granja. De hecho el costo energético de producción es mucho más favorable en los peces. Así mientras que los peces ganan 40 g. de proteína por Megacaloría de energía digestible, el pollo, cerdo y ternera, obtienen 12, 6 y 2.5, respectivamente (Reid *et al.*, 1980).

Tabla 1: Presentaciones en los alimentos disponibles para acuicultura, características y aplicaciones.

Tipo de Alimento y Presentación	Características	Aplicación
Natural		
*Vivo	Fito y Zooplancton, orígenes múltiples	Alimento por excelencia fase larvaria y postlarva
*Fresco	Origen diverso, moluscos, crustáceos, huevos, vísceras, etc.	Alimentación adaptativa a compuesto y suplementario en algunas especies y fases de reproducción
*Conservados	En fresco, desecados, congelados, etc. (Artemia, Algas, Krill, etc.)	Alimento sustitutivo del vivo y en fase adaptativa a compuesto.
Compuestos		
*Fresco	Mezcla de desechos, pescado, vísceras, carnes, etc.	Alimento preferente, en algunas especies y fases de reproducción
*Seco en Masa Húmedo	Alimento total del 30-35 % de humedad y presentado en harina.	Alimentación ideal para anguilas y otros.
Semihúmedo	Alimento total del 15-30%de humedad y presentado en harina.	En algunos Salmónidos y arranque de peces marinos.
*Granulo Húmedo	Contenido en Humedad del 30-60 %.	Para producir en la planta de cultivo o rehidratar según especies.
Semihúmedo	Contenido en humedad del 15-30 %.	Para producir en la planta de cultivo o rehidratar según especies
Demerso	Contenido de humedad del 15 % y alta densidad.	Ideal en especies de hábitat bentónico.
Flotante	Contenido en humedad del 15 %, expandido, baja densidad.	Para alimentar en superficie.
*Laminillas	Presentación en escamas delgadas y baja densidad.	Alimentación en superficie y en fases iniciales de crustáceos.
*Encapsulados	Recubrimiento de partículas en tamaños hasta 500 μ	Alimentación inicial
*Microparticulados	Partículas integradas de alimento hasta 2 mm.	Alevinaje de diversas especies.

Como sea que los peces ingieren alimento hasta satisfacer sus requerimientos energéticos, se tiende hoy día más que a hablar del % de proteína en la dieta, a hablar de la “cantidad óptima de proteína”, la cual viene determinada por el equilibrio existente entre “relación proteína/energía de la dieta” (P/E).

Esta relación varía, no solo con la calidad de la proteína (digestibilidad, valor de energía metabolizable, composición y balance de los diferentes aminoácidos esenciales (Tabla 2.), sino que la relación óptima varía para especies diferentes de peces, con la edad, tamaño, parámetros ambientales y régimen de producción.

Tabla 2. Composición en aminoácidos esenciales (% de proteína) de algunas fuentes proteínicas de posible inclusión en dietas comerciales para peces.

	Prot. (%S/ss)	Arg.	His	Ile	Leu	Lys	Met.	Phe	Thr	Trp	Tyr	Val	Ref.
ALGAS VERDES (media de valores Chlorella, Scenedesmus y Euglena)													
Scenedesmus y Euglena)	50.65	5.6	1.9	4.4	8.0	5.5	1.4	4.1	3.9	1.3	---	5.7	(3)
Bacteria metanofílica	83.0	8.0	3.3	3.2	4.7	7.2	1.4	1.3	3.6	1.0	1.0	3.4	(1)
LEVADURAS													
Candida utilis	51.1	4.3	1.9	5.3	7.7	7.6	1.7	4.7	6.4	0.9	3.8	5.6	(2)
Saccharomyces cerevisiae	48.3	4.9	2.5	4.8	7.2	6.9	1.8	4.1	4.7	1.1	3.3	5.2	(2)
Torulopsis utilis	51.5	5.4	2.9	6.1	7.3	7.9	1.7	6.3	5.4	1.0	4.4	6.1	(2)
HARINA DE:													
algodón	44.0	9.9	2.5	3.7	5.6	3.8	1.4	5.0	3.2	1.2	1.9	4.7	(2)
altramuz	41.2	11.2	1.8	3.8	7.7	4.9	0.5	3.8	4.0	0.7	6.2	3.6	(4)
Colza	40.6	5.6	2.7	3.6	6.8	5.4	1.9	3.8	4.2	1.2	2.1	4.8	(5)
girasol	45.1	8.3	2.2	4.6	---	4.6	3.8	4.1	3.5	1.3	---	4.9	(2)
gluten de maíz	47.2	3.3	2.3	5.2	17.2	1.9	2.6	6.5	3.3	0.5	2.3	5.2	(2)
sésamo	47.7	10.4	2.6	4.4	7.0	2.8	3.1	4.9	3.6	1.6	4.2	2.3	(2)
soja	50.9	6.4	2.3	4.6	7.2	5.8	1.1	4.7	3.6	1.4	2.8	4.5	(2)
pescado blanco	67.9	6.4	2.2	4.8	7.2	7.3	2.7	3.8	4.2	1.1	3.2	5.0	(2)
arenque	78.6	6.6	2.3	4.4	7.2	8.0	2.9	3.8	4.0	1.1	3.1	6.1	(2)
anchoa	71.3	5.7	2.4	4.7	7.6	7.7	3.0	4.3	4.2	1.1	3.4	5.3	(2)
sardina	70.0	4.1	2.8	5.1	---	9.1	3.1	3.1	4.0	0.8	---	6.3	(2)
came	58.5	6.9	1.9	3.5	6.3	6.3	1.4	3.5	3.3	0.6	1.6	4.8	(2)
sangre	84.4	4.4	6.3	1.4	13.6	10.7	1.4	7.3	4.7	1.3	2.6	9.5	(2)
subproductos avícolas	62.0	6.7	1.5	4.4	7.2	4.8	1.8	4.0	3.7	0.8	1.6	5.2	(2)
hidrolizado de plumas	91.7	6.4	0.6	4.2	7.6	1.9	0.6	4.0	4.2	0.6	2.7	7.1	(2)
krill	62.2	5.6	1.0	4.6	7.0	6.9	2.2	3.8	4.1	0.9	3.0	4.0	(6)
lombriz	58.8	4.6	2.4	3.4	6.8	5.4	2.3	3.3	4.6	0.6	2.8	3.8	(7)

Referenda: (1) Spinelli et al. 1979; (2) N.R.C., 1977; (3) Hether et al. 1979; (4) De la Eiguera et al. 1985; (5) N.R.C. 1981; (6) Lukowicz, 1979 (7) Tacón et al. 1983.

Frente a esta “facilidad” para el aprovechamiento de las proteínas, los peces presentan, por el contrario, serias dificultades para el aprovechamiento de los glúcidos.

Las especies de peces carnívoros consumen en su medio alimentos de muy bajo contenido en glúcidos, por lo que debido a su adaptación, aprovechan muy mal los azúcares habiendo sido, incluso, tachados de animales “prediabéticos”. A la deficiente capacidad para la digestión de los glúcidos, se añade una deficiente regulación de la glucosa en sangre (al parecer la insulina y el glucagón controlan mejor los niveles de aminoácidos en sangre) y una cierta incapacidad metabólica para usarla (Cowey *et al.*, 1977), lo que determina que dietas con alto contenido en estos nutrientes proporcionan peor crecimiento del animal por disminución de la digestibilidad,

pudiendo originar incluso alteraciones metabólicas importantes (hepatomegalias, hiperglucemias).

Sin embargo no hay que desestimar por completo a los azúcares como factores importantes en la alimentación de los peces puesto que la incorporación de los mismos en la dieta se ha demostrado que permiten un mejor aprovechamiento de las proteínas para fines plásticos antes que energéticos, permitiendo un mismo crecimiento para porcentajes menores de proteína en la dieta.

La cuestión que se plantea hoy día es saber cual es la proporción ideal para cada especie y edad, el tipo de glúcido ha utilizar y el tratamiento técnico a que hay que someterlo. A la vez, no hay que perder de vista la diferencia conceptual entre *“nivel óptimo de azúcares digeribles en la dieta”* y el *“máximo nivel tolerable de hidratos de carbono en la dieta”*. Ni olvidar que ambos pueden depender del contenido energético de la dieta, así como del balance entre los macronutrientes (Hilton *et al.*, 1982) .

Incluso una supresión total de los glúcidos provoca ligeras disminuciones de la ingesta del alimento, en el coeficiente de eficacia del crecimiento (C.E.C.) y en el valor productivo de la proteína (P.P.V.). Todo ello se debe a que, en estas condiciones, está aumentando la gluconeogénesis y, por tanto, parte de los aminoácidos están siendo transformados – en una proporción excesiva – en glucosa.

La evidencia de una mala utilización de los glúcidos por parte de los peces, en especial de los carnívoros, ha hecho desviar la atención de muchos investigadores hacia las grasas como fuente energética alternativa a las proteínas. Además de cómo fuente energética, los lípidos aportan elementos necesarios para el crecimiento, como son los constituyentes de las membranas celulares (constituidos fundamentalmente por fosfolípidos y colesterol). Son la única fuente de unos compuestos esenciales, los *ácidos grasos esenciales* (AGE). También desempeñan un papel importante como reguladoras del metabolismo, como vehículos de utilización de vitaminas liposolubles (A, D, E y K).

La digestión de los lípidos de la dieta, principalmente de los triacilglicéridos (TG) se realiza de forma similar a la de los mamíferos, si bien al no ser las lipasas de los peces específicas, los productos resultantes son glicerol y ácidos grasos libres. La digestibilidad es por lo general alta (cerca del 90%), aunque este valor depende fundamentalmente del punto de fusión que presentan las grasas. El punto de fusión aumenta de manera directa con el grado de saturación de los ácidos grasos. En la dieta debe de tenerse en cuenta este hecho y la temperatura de cultivo. Además de la temperatura, también la cantidad en la ración influye sobre la digestibilidad de las grasas.

Los lípidos se depositan en varios órganos en los Teleósteos: en el hígado, en el músculo (músculo rojo, en peces azules) y en tejido adiposo (mesentérico perivisceral). La movilización de las reservas se realiza gracias a la acción de la enzima triacilgliceril lipasa que hidroliza los triacilglicéridos en glicerol y ácidos grasos. La movilización está regulada hormonalmente (Glucagon, Adrenalina, Noradrenalina y Somatostatina, tienen un efecto rápido como activadoras de la movilización).

Debido a su elevado contenido energético las grasas podrían ser un importante componente de la dieta de los peces. Se han realizado numerosas investigaciones sobre su influencia óptima sobre el crecimiento y conversión del alimento y mejor aprovechamiento de las

proteínas, en diferentes especies de peces. Parece que la mejor relación, a nivel general, está en que el 35-40% de la energía digerible del alimento corresponda a las grasas y el 40-45% a proteína. Sin embargo en lo concerniente a cubrición de las necesidades en ácidos grasos esenciales, no solo hay que atender a la cantidad de grasa, sino también a la calidad y origen de la misma.

Determinados AG poliinsaturados no pueden ser sintetizados cuando en la dieta no se encuentran las correspondientes sustancias precursoras, originándose entonces depigmentaciones, pérdida de apetito y retrasos del crecimiento.

Los AGE proceden de la dieta y una vez asimilados, pueden ser modificados por el propio pez por un proceso de elongación y desaturación. Los peces presentan características según las especies, tipo de alimentación, temperatura, etc.

Las grasas de los peces se caracterizan por su elevada proporción de ácidos grasos insaturados (con uno o varios dobles enlaces en la cadena de átomos de carbono) presentando una composición muy variable, resultando una alta proporción de $\omega 3$, que sobrepasa a los de la familia $\omega 6$. En los peces de agua dulce, la cantidad de ácidos grasos $\omega 6$ es mayor que en peces marinos (Ackman, 1967). La proporción $\omega 6/\omega 3$ es en peces dulceacuícolas de 0.37, mientras que en peces marinos sólo es de 0.16 (Castell, 1979).

La temperatura y la salinidad influyen sobre la composición de los AGE. Con temperaturas bajas, se reduce la relación $\omega 6/\omega 3$. Los peces marinos tienen mayores requerimientos de $\omega 3$ que los de agua dulce y los altos requerimientos de los peces en ácidos grasos poliinsaturados de la familia $\omega 3$ se relaciona con el bajo punto de fusión de estas grasas, lo cual se explica por ser los peces animales poiquiloterms. Por último los ácidos grasos poliinsaturados de la serie $\omega 3$, especialmente el Docosahexaenoico (22:6 $\omega 3$), parecen ser los ácidos grasos efectivamente imprescindibles, capaces de prevenir las manifestaciones carenciales y asegurar un rápido crecimiento, una óptima conversión del alimento y una buena capacidad reproductora (Leger, 1980).

Los AGE desempeñan un papel decisivo para la permeabilidad y flexibilidad de las membranas plasmáticas, en la función normal de las mitocondrias y en la actividad enzimática (ATPasa). Pueden ejercer funciones beneficiosas para el órgano de la vista y actividad nerviosa. De la misma manera tienen importancia en el transporte de las demás grasas.

Las deficiencias en ácidos grasos esenciales provocan: disminución del crecimiento, erosión de las aletas (en especial la caudal), hinchazón y palidez del hígado, miocarditis local aguda, síndrome de shock, descoordinación motora y muerte.

Se ha comprobado también que los lípidos con AG de la familia $\omega 6$ son competidores metabólicos de la serie $\omega 3$, con lo cual un aumento de aquellos en la dieta, incrementa los requerimientos de linoleico (y en última instancia, el precio del alimento).

Paralelamente cantidades demasiado elevadas de AGPI $\omega 3$ (superiores a cuatro veces las necesidades) determinan la aparición de síntomas similares a los producidos por carencia de AGE.

Crías de rodaballo (*S. maximus*) permitieron observar que al recibir en la dieta diferentes ácidos grasos, que el ác. linolénico y el ac. araquidónico proporcionan el mismo aumento de peso (ambos al 1%); en cambio con la misma cantidad de aceite de hígado de bacalao (AGPI ω 3) se conseguía un crecimiento substancialmente mejor (Cowey *et al.*, 1976)

Al tener los peces marinos en general una baja capacidad de alargar las cadenas y de desaturar los ácidos grasos, debe cubrirse la necesidad de AGE adicionando como mínimo, el 4% de 18:3 ω 3, o el 0.8% de AGPI ω 3 al alimento (Leger *et al.*, 1979^a).

Tal y como se exponía anteriormente, son muy numerosos los trabajos de investigación sobre el tema de la incorporación de grasas en las dietas de los peces; la mayoría son concordantes y no existe duda sobre lo beneficioso de su adición, obteniéndose mejoras en el crecimiento de los animales y en los índices de utilización de las proteínas (De la Higuera *et al.*, 1977; Cardenete, 1986). El efecto de la adición de grasa sobre el destino de la proteína en la dieta también se manifiesta en una disminución en la tasa de excreción del amoníaco (Cardenete, 1985) y por una disminución del consumo de oxígeno (Cho *et al.*, 1985).

Proporciones elevadas de grasas en el alimento pueden presentar, como contrapartida al mejor aprovechamiento de la proteína, depósitos lipídicos en distintas fracciones del cuerpo que más bien se deben al propio nivel energético de la dieta y de la ingesta calórica total. (Cardenete, 1986). Estos depósitos, que representan una reserva de energía muy útil, en el caso de los peces destinados al consumo humano, pueden afectar de alguna manera la aceptación por parte de los consumidores, a la par que facilitan el enranciamiento de las grasas durante el período de conservación y almacenamiento.

Las dietas muy grasas para peces, con niveles que pueden oscilar entre el 15% y el 20%, presentan un doble problema: el de la posibilidad de enranciamiento de los ácidos grasos poliinsaturados (que se puede paliar añadiendo antioxidantes al alimento), y la dificultad técnica de compactar los gránulos de alimento. De esta forma la mínima concentración de lípidos que maximiza el uso de la proteína dietaria con fines de crecimiento puede llegar a ser excesiva para incorporarlo a los alimentos.

Como conclusión a todo lo expuesto en relación a la estrategia del uso de los macronutrientes (Proteínas, Glúcidos y Grasa) en las dietas para peces se puede llegar a lo siguiente:

- En piscicultura marina se ha desarrollado básicamente la producción industrial de peces carnívoros, que son los que tienen una mejor aceptación en el mercado y, por lo tanto, un alto precio de venta.

- Las características metabólicas de los peces determinan que, aún y cuando los índices de retención proteica y de eficacia proteica para el crecimiento son muy parecidos o incluso mejores que los obtenidos para otros vertebrados de interés comercial, su dieta debe presentar altos porcentajes de proteína (de 2 a 4 veces que en terrestres) ya que, además de su función plástica, deben aportar entre el 45 y el 70% de la energía.

- El interés de la incorporación de glúcidos es aún tema de controversia debido a la falta de conocimientos relativos al grado de utilización metabólica por las distintas especies. Hay evidencias de que su cocción previa aumenta su digestibilidad y que su incorporación en la dieta (en un 10-15%) facilita el aprovechamiento de la proteína.

- Por lo que respecta a los lípidos, cabe considerar dos aspectos: el *cuantitativo* y el *cualitativo*.

- Respecto al primero parece claro que los peces soportan altos niveles de grasa en su dieta, lo cual supone un factor importante por cuanto puede representar un importante ahorro proteico con fines energéticos (con el consiguiente ahorro en costos de la dieta).

- Desde el punto de vista cualitativo es fundamental que los lípidos satisfagan los requerimientos específicos de determinados ácidos grasos esenciales (en nuestro caso los poliinsaturados) y su relación correcta ($\omega 6/\omega 3$)

- Sin embargo, altas cantidades de grasa dificultan la compactación de la harina, disminuyendo su estabilidad en el agua y la utilización de aceites, de bajo punto de fusión, facilita enormemente la oxidación y enranciamiento de los alimentos. Todo ello obliga a que las dietas actuales tengan un máximo de entre un 15-20% de grasas en su composición.

Estos condicionamientos de los macronutrientes determinan que las dietas para peces, utilizadas de manera general en los cultivos industriales de peces marinos, no solo deben presentar altos niveles de proteína, sino que también, y a pesar de los avances realizados, las materias primas fundamentales usadas para su fabricación sean: las *harinas de pescado* (blanco, fundamentalmente), por su elevado contenido proteico, por su composición en aminoácidos y correcto equilibrio de los mismos y por su alta digestibilidad; y los *aceites de origen marino* (hígado de peces) por su bajo punto de fusión y su elevada proporción de ácidos grasos insaturados y poliinsaturados.

Desafortunadamente, la producción de esta materia prima está disminuyendo, de manera progresiva y paulatina. Restricciones impuestas a la pesca (por cuestiones políticas y/o por agotamiento de stocks por sobrepesca) y el aumento de la demanda de pescado por parte de los consumidores que determina que especies habitualmente utilizadas para fabricación de harinas se estén desviando hacia el consumo humano hacen que cada vez sea más escasa la harina de pescado, sobretodo de calidad, en el mercado. A esto hay que añadir el explosivo desarrollo de la acuicultura a nivel mundial.

Consecuencia previsible: un estrangulamiento del desarrollo de la piscicultura y elevar de manera considerable los precios de los alimentos.

C).- FACTORES BIO-ETOLÓGICOS

Los costos en alimentación (que pueden oscilar entre un 40% y un 60%), de los costos totales de producción) así como las variaciones de los Índices de Conversión (de 2.5 hasta 4) que se pueden detectar de una empresa a otra, incluso utilizando el mismo alimento y cultivando la misma especie, se deben a que no siempre se tienen en cuenta, o se conocen, una serie de factores (ambientales, biológicos, etológicos, etc.) que bien controlados permiten mejorar la *eficiencia del alimento* a la par que *disminuir el consumo total del mismo*.

Un plan de alimentación correcto exige conocer de manera profunda y particular para cada instalación productora, una serie de factores a los cuales interesa poder controlar, desde un punto de vista de eficiencia productiva. Incluso cuando la especie en cultivo está plenamente estudiada a lo largo de muchos años y para la cual están ya definidos, en plan generalista, aspectos como: la ración diaria (R.D.), el índice de conversión (I.C.), y la velocidad de crecimiento (tiempo en alcanzar la talla comercial) .

Para llegar a definir estos datos, es preciso conocer la alimentación de la especie en su medio natural así como los factores que influyen en ésta, para intentar extrapolar estos conocimientos a las condiciones del cultivo.

Pese a la dispersión específica es posible esquematizar la respuesta del pez frente a la sensación de apetito (comportamiento alimentario) en una secuencia estereotipada de componentes comportamentales (Figura 1).

LOCALIZACIÓN Y SELECCIÓN DEL ALIMENTO

La *localización* de la presa se basa en una serie de estímulos físico-químicos, por lo que es lógico deducir que es necesario adaptar las cualidades del alimento (independientemente de su correcta formulación) a las capacidades motoras, sensoriales y a las diferentes etapas del ciclo vital de la especie.

La mayoría de los peces cultivados presentan hábitos alimentarios diurnos, exhibiendo una dependencia crítica del estímulo visual para la localización y captura del alimento. De ahí que si se quiere optimizar la tasa de encuentro (alimento-pez) en los cultivos haya que hacer unas partículas más obvias. El incremento de la efectividad visual depende del *tamaño, color, contraste y movimiento* de las partículas, pero también de la *intensidad de la luz* y del grado de *turbidez* del agua, factores que en último extremo condicionan el horario de distribución del alimento y la posible renovación del agua.

Variables que afectan el manejo del alimento en su administración y utilización

DE ESPECIE

- Específicas del organismo (anatómicas, fisiológicas, etológicas).
- Diversidad genética
- Origen salvaje o cultivado
- Talla
- Fase vital
- Madurez sexual

AMBIENTALES

- Temperaturas
- Gases disueltos
- Metabolitos de excreción
- Turbidez y material en suspensión
- Salinidad
- Dureza y pH
- Contaminantes
- Productividad



NUTRITIVOS

- Tipo de alimento
- Valor nutritivo y autosuficiencia
- Concentración energética
- Tasa de alimentación
- Historial nutricional previo
- Formulación y fabricación
- Sistemas de reparto
- Estado nutricional
- Calidad nutritiva del producto

MANEJO DEL ORGANISMO

- Clasificación
- Limpieza
- Régimen de comidas
- Inventario
- Planificación del alimento

SISTEMA DE CULTIVO

- Diseño e instalaciones
- Cargas
- Calidad y cantidad de aguas disponibles
- Velocidad de agua, alimentación otros

Figura 1. Esquema de KNIGHTS, 1985

Pero los peces también reciben estímulos químicos a través de los sentidos del olfato y el gusto, sentidos poco “diferenciados” uno del otro, ya que los estímulos los reciben vía agua y en el medio acuático tienen más importancia la solubilidad de los estímulos (gusto) que la volatilidad de los mismos (olfato).

Está plenamente demostrado que los sentidos mencionados son sensibles a ciertas sustancias químicas que les son familiares en la naturaleza o que están relacionados con su alimento natural y que actúan como atrayentes.

Una de las dificultades más notables en la alimentación en piscicultura, es la poca disposición a ingerir dietas artificiales (especialmente en larvas y juveniles) lo que se debe, en parte, a la deficiencia en estimulantes alimentarios.

De hecho, la paulatina sustitución de la harina de pescado por otras fuentes proteicas (harina de soja, levaduras, bacterias, etc.) produce un cierto rechazo en las especies en cultivo ya que, de hecho, muchas de las fuentes proteicas alternativas contienen supresores o disuasores alimentarios, para los peces carnívoros.

Resulta claro pues que un conocimiento de los hábitos alimentarios de los animales en la naturaleza (carroñeros, depredadores de presa viva, “comedores” de moluscos, crustáceos o poliquetos) constituye una buena base para la formulación de las dietas alimenticias y la adición de sustancias atrayentes.

Los estudios realizados en la última década en peces carnívoros han permitido aislar un cierto número de extractos y compuestos activos que actúan como tales. Sobretodo aminoácidos de la forma L (los de forma D, al parecer actuarían como repelentes). También se sabe que los aminoácidos de forma individual no toman efecto o incluso llegan a actuar como repelentes (glicina y prolina).

Con los conocimientos actuales se podría llegar a la conclusión, general, de que el comportamiento alimentario de las diferentes especies de peces puede ser estimulado por sustancias químicas con las siguientes propiedades: (a) Ser compuestos nitrogenados, (b) De bajo peso molecular, (c) Anfóteros, (d) Solubles en agua y (e) estar ampliamente distribuidos en los tejidos animales acuáticos (poliquetos, mejillón, almeja, crustáceos, etc.).

FACTORES AMBIENTALES

Aún y cuando las empresas suministradoras de alimento facilitan tablas de alimentación que relacionan la ración diaria (% de alimento/biomasa) y la frecuencia de distribución con el tamaño del pez y la temperatura del agua, hay que tener muy presente que dichas tablas son bastante empíricas y generalistas.

Por lo tanto dichas tablas deberán adaptarse a las condiciones específicas y características propias de cada instalación de cultivo, consiguiendo así mejorar el índice de condición. Para ello es imprescindible poder contar con una “curva de crecimiento” real sobre la cual se adaptará la estrategia de alimentación (R.D.; frecuencia diaria y sistema de distribución).

La curva de crecimiento viene influenciada por diferentes factores ambientales que afectan a la ingestión y aprovechamiento del alimento, o sea al crecimiento más o menos rápido de los peces en cultivo. Como sea que los factores ambientales pueden variar de un año para otro, el

productor no conseguirá obtener una curva "real", sino con el acopio e interpolación de datos referidos a sucesivos cultivos (Figuras 2 y 3).

Entre los factores ambientales, podemos destacar como más importantes para el crecimiento de los peces: la temperatura del agua; el oxígeno disponible y la salinidad.

- Temperatura: al ser los peces animales poiquiloterms, la temperatura del agua actúa muy directamente sobre su metabolismo, determinando no solo el nivel de ingesta (ajustándola a la tasa metabólica afectada por la temperatura), sino que también afecta a la capacidad de digestión (punto de fusión de las grasas) y a la capacidad de utilización (niveles de oxígeno). Es, por tanto, un parámetro muy a tener en cuenta en los cultivos marinos, en especial en las regiones donde las diferencias de temperatura son muy marcadas, de una estación a otra, como ocurre en las regiones del mediterráneo donde puede haber hasta 15°C entre los valores de invierno y verano. Aunque la mayoría de los peces cultivados son estenoterms y pueden desarrollar su ciclo vital dentro de un amplio rango de temperaturas, es muy importante determinar cuales son los *valores óptimos* para el crecimiento y cuales son los valores extremos, en los cuales los animales no ingieren alimento, bien sea por un nivel metabólico muy bajo, bien sea por un excesivo estrés. Estos conocimientos permitirán optimizar la ración diaria.

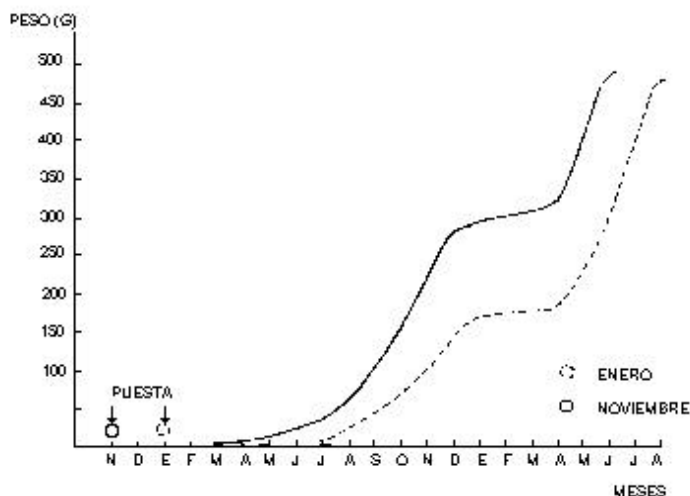


Figura 2. Hipótesis de crecimiento de la dorada según la fecha de nacimiento en situación de temperatura estacional limitante

En cultivos de peces en la zona mediterránea (dorada y lubina, por ejemplo) está comprobado que a temperaturas inferiores a 10°C y 8°C, respectivamente, los animales no ingieren alimento, por lo cual, en estas condiciones, es aconsejable la no administración de alimento, evitando un dispendio económico inútil, a la vez que se evita contaminar excesivamente el agua por acumulación de materia orgánica. Por el otro extremo, valores superiores a los 30°C y a los 28°, son ya extremadamente peligrosos para las especies mencionadas, las cuales

presentan un mal funcionamiento metabólico (en parte a la poca disponibilidad de oxígeno) a la vez que un estrés muy elevado. Todo ello conlleva una pérdida de apetito, con lo cual es recomendable rebajar al mínimo la ración diaria y espaciar la distribución del alimento a una, máximo, dos veces a la semana.

El máximo crecimiento y la mayor eficiencia para estas especies está entre los 27-28°C y los 25-26°C. (Figuras 4 y 5).

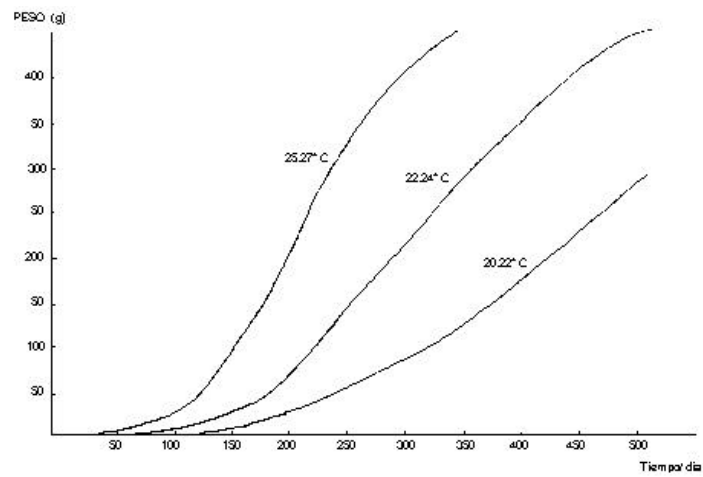


Figura 3. Curva máxima de crecimiento para la dorada en tres rangos de temperatura observada con alimentación intensiva.

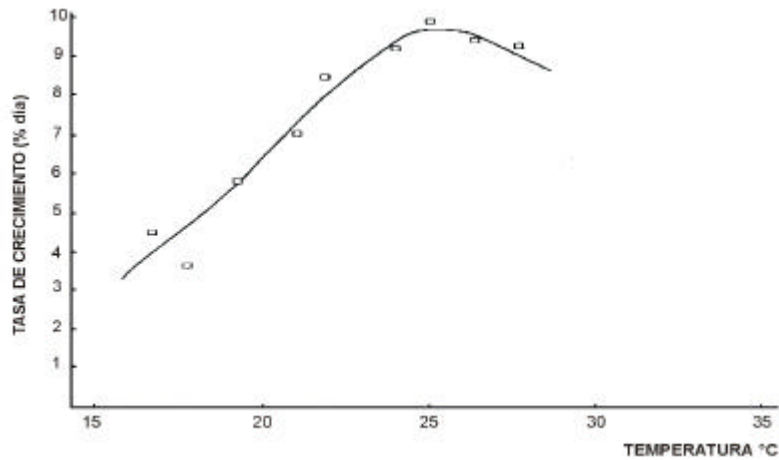


Figura 4. Tasa de crecimiento específico de alevines de dorada de 1.10 g con alimentación intensiva en función de la temperatura.

Oxígeno: es otro de los factores "limitantes" en el crecimiento de los peces en cultivo, sobre todo para las fases juveniles y en los cultivos en piscinas en tierra.

Los niveles de oxígeno disponibles (y que dependen de la temperatura y salinidad del agua) determinan la cantidad de ingesta del alimento, la rapidez y efectividad de la digestión y la

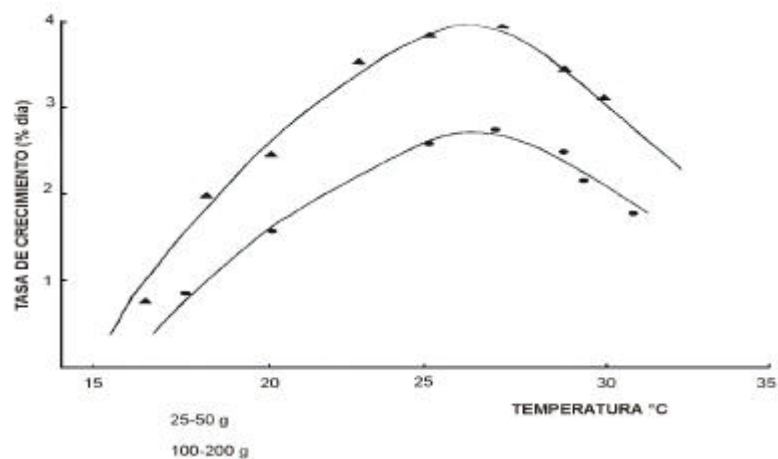


Figura 5. Tasa de crecimiento específico de la dorada adulta alimentada intensivamente en función de la temperatura.

efectividad de su aprovechamiento, siendo el rango de permisividad y tolerancia mucho más estrecho que para la temperatura.

El mayor nivel de ingesta y el mejor crecimiento se da en un rango comprendido entre los 7-9 ppm (mg/l), mientras que valores inferiores a 5 ppm resultan altamente estresantes para los peces, disminuyendo drásticamente la ingestión de alimento, la velocidad de digestión y los movimientos normales. La vuelta a condiciones normales (más de 6 mg/l), viene normalmente acompañada por manifestaciones patológicas que en condiciones normales están perfectamente controladas por el sistema de autodefensa. Este parámetro, difícilmente controlable en los cultivos en jaulas flotantes, sí debe ser controlado en las instalaciones en tierra y de producción de juveniles. (Figuras 6 y 7).

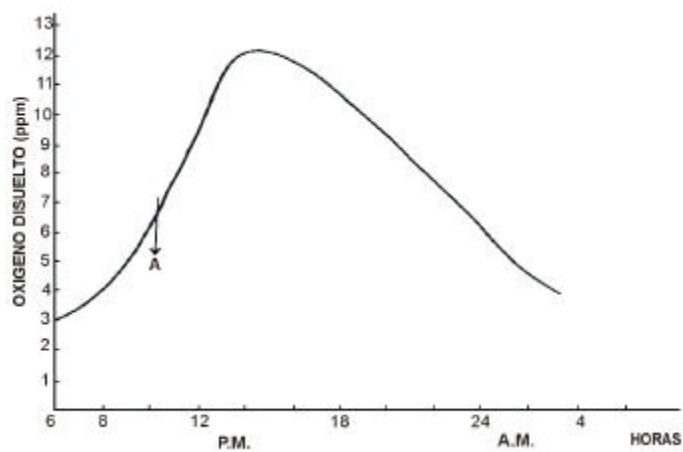


Figura 6. Evolución del contenido del oxígeno en el agua de un estanque alimentado intensivamente.

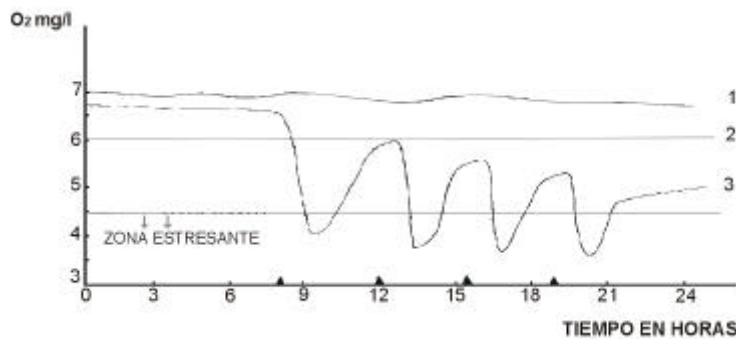


Figura 7. Evolución del oxígeno en tres estanques de truchas alimentadas por distintos sistemas. 2. Comedero de autodemanda. 3. Ad Libitum distribuido en cuatro comidas, en relación al tratamiento. 1. En ayunas.

Salinidad: aún y cuando estamos hablando de “cultivos marinos” y que la mayoría de especies cultivadas son eurihalinas, éste parámetro es digno de atención, ya que no solo actúa sobre los procesos de maduración, sino también sobre la eficiencia e índice de conversión del alimento.

Aún siendo eurihalinos y soportando amplios rangos de salinidad (de a 40‰) es evidente que para mantener en equilibrio su presión osmótica deben desviar parte de la energía procedente del alimento hacia este menester, lo cual se traduce en un menor crecimiento.

En cultivos de dorada y lubina del mediterráneo, la eficiencia del alimento y el crecimiento han sido óptimos en condiciones de salinidad de entre 24-26‰. Sin embargo este efecto se diluye e incluso se vuelve al contrario a partir de una cierta edad (peso) de los peces, posiblemente porque empiezan a desencadenarse los procesos de maduración sexual, que requieren salinidades normales del agua marina (Calderer&Castelló, 1992). (Figuras 8 y 9).

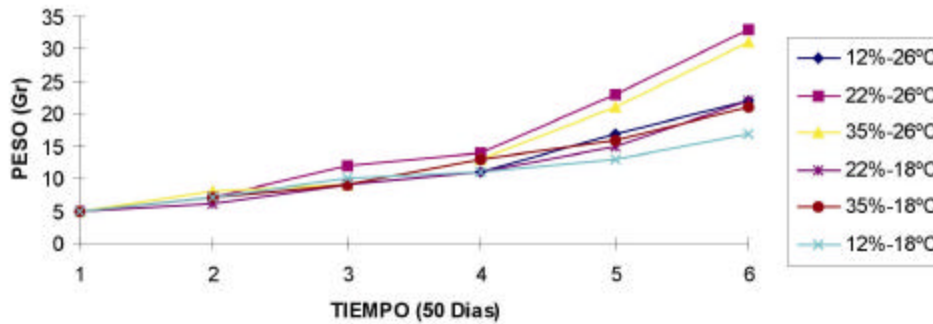


Figura 8. Crecimiento de dorada: efecto de °T y S%.

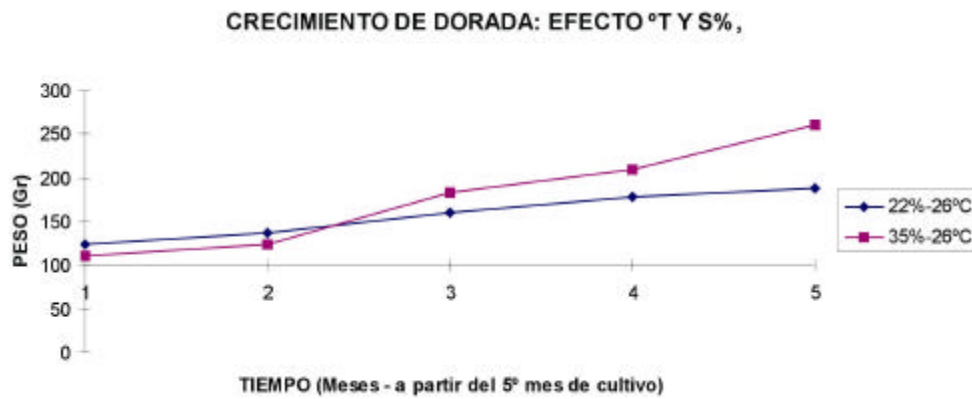


Figura 9. Crecimiento de dorada: efecto de °T y S%.

Queda patente pues la importancia de los parámetros ambientales y su efecto sobre la alimentación y crecimiento de los peces. El control de sus valores y su optimización permiten un más rápido crecimiento y un ahorro importante en el consumo de alimento, sobretodo en la producción de juveniles o en engorde en piscinas en tierra firme.

En los cultivos en jaulas flotantes se hace prácticamente imposible este control. En ellas y suponiendo una correcta elección de la zona geográfica toman más relevancia los aspectos de distribución del alimento.

DISTRIBUCIÓN

Aún y cuando la existencia de tablas de alimentación ofrecidas por las empresas productoras de alimentos compuestos, han convertido la distribución del alimento en casi una rutina, un buen manejo de la alimentación requiere una adaptación a las condiciones reales de cada instalación y en cada momento del ciclo de cultivo (Tabla 3).

Así, en las primeras etapas de la alimentación con alimentos inertes (0.5 gr) los requerimientos energéticos son muy elevados, debido al alto metabolismo de los juveniles, con tasas de alimentación diaria que oscilan entre el 7% y el 5% de la biomasa.

Tabla 3. Tablas de alimentación para lubina y dorada.

Tabla de alimentación para lubinas.

Temp. Agua °C	de alimento/día sobre peso vivo								
12	3,3	2,4	1,8	1,4	1,2	0,9	0,6	0,5	
14	4,0	2,9	2,2	1,6	1,4	1,0	0,7	0,7	
16	4,4	3,3	2,5	1,9	1,7	1,2	0,8	0,7	
18	5,4	3,9	2,9	2,2	1,9	1,4	1,0	0,9	
20	6,0	4,5	3,4	2,5	2,2	1,5	1,2	1,0	
22	6,6	5,6	4,1	3,0	2,8	1,9	1,5	1,3	
24	7,1	6,1	4,6	3,5	3,2	2,5	1,8	1,6	
26	6,6	6,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,6	1,4	
28	4,0	3,5	3,0	2,0	1,8	1,7	1,5	1,4	
30	3,0	2,5	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	
Tamaño	< 1 g	1 g	5 g	15 g	30 g	50 g	100 g	200 g	300 g
N.º comidas	15-20	6-8	4-5	3-4	3	2	2	2	2

Estas cifras son orientativas y susceptibles de aumentarse hasta un 50 % dependiendo de la capacidad genética de crecimiento, factores ambientales y alimentación exógena del cultivo.

Tabla de alimentación para doradas Serie: M-dorada.

P (g)	T °C									
	15	17	19	21	23	25	27	29	31	
Hasta 2 g	2,5	2,7	3,2	3,6	4,2	4,6	5,1	5,6	4	
2-5	2,3	2,5	3	3,5	4	4,4	4,9	5,1	3,8	
5-10	2,1	2,4	2,8	3,2	3,8	4,2	4,7	4,9	3,6	
10-20	2	2,2	2,6	3	3,5	4	4,5	4,7	3,4	
20-40	1,8	2	2,3	2,6	3	3,5	4	4,5	3	
40-80	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,8	3,2	3,5	2,5	
80-120	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2,7	3	2	
120-160	1,2	1,4	1,6	1,7	2	2,2	2,4	2,6	1,8	
160-200	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,2	1,5	
200-250	1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,2	
250-300	0,9	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,1	
300-350	0,9	1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3	1,4	1	
350-400	0,8	0,9	1	1,1	1	1	1,1	1,2	1	
400-450	0,7	0,8	0,9	0,9	1	1	1	1,1	0,9	
450-500	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	0,9	

— Expresar en % peso vivo × día, o lo que es lo mismo, kg × 100 kg de dorada.

— Establecer la ración en base a T media/diaria. Si la fluctuación térmica diaria es superior a 5°, basarse en la mínima.

— Asegurar el nivel máximo de oxígeno, para obtener la óptima metabolización y aprovechamiento del alimento.

Durante esta primera etapa del engorde (hasta los 10-15 gr.), los juveniles acostumbra a mantenerse en instalaciones donde los parámetros físico-químicos se mantienen controlados y cercanos a los valores óptimos para el crecimiento, lo cual determina las altas R.D. antes

mencionadas. Por otro lado, y dados los altos requerimientos energéticos de los juveniles, se usan alimentos de alto contenido en proteína y, sobretodo, alto valor energético.

Como sea que, por un lado los peces comen hasta “saciar” sus necesidades energéticas (con lo cual es posible que el pez deje de comer antes de haber ingerido cantidad suficiente de alimento como para que parte de él pase a funciones plásticas) y que por otro lado el ramo digestivo es relativamente corto (por lo que una entrada excesiva de alimento puede acelerar el tránsito intestinal y la expulsión por las heces fecales de alimento aún no digerido), la ración diaria se divide en diferentes tomas (de 8 a 5 veces al día) con el fin de aprovechar al máximo la eficiencia del alimento.

En esta fase, es fácil la instalación de dispensadores automáticos que regulan la cantidad de alimento suministrada y los espacios de tiempo adecuados para que entre una toma y otra el proceso de digestión esté ya lo más avanzado posible.

Tanto la ración diaria, como la frecuencia, se van disminuyendo a medida que los peces aumentan de tamaño, no tanto por razones fisiológicas (menos requerimientos energéticos y ración diaria más baja), sino más bien por factores de tipo económico derivados de la ocupación de personal (o instalaciones de dispensadores automáticos) que exigen las grandes instalaciones, llegándose incluso al extremo – totalmente desaconsejable – de una sola distribución diaria. Si bien las especies que muestran un hábito preferencial a varias comidas al día, acaban habituándose a una ingesta diaria, las pérdidas de alimento que se derivan de esta práctica son realmente importantes.

Hemos podido comprobar que en cultivos de dorada/lubina en jaulas flotantes en las costas de Catalunya, la distribución de la ración diaria en varias tomas (3 para peces de 15 a 100gr y 2, para peces de 100 a 400gr) frente a la distribución en una sola toma, origina un descenso del índice de conversión desde 2.8 hasta 2.1 (en una producción de 100 Tm./año produce un ahorro de 70 T. de alimento, o lo que es lo mismo un ahorro de 42.000 USD en los costos de producción).

De la misma manera el *sistema* de distribución del alimento afecta a la eficiencia del mismo. Por encima de los distintos sistemas mecánicos, con diferentes grados de automatización y planificación de la ración, debemos señalar el sistema de alimentación a mano como el ideal a emplear donde las condiciones lo permitan. La alimentación manual permite el mejor control sobre las poblaciones en cultivo, al poder observar totalmente la actividad frente al alimento y la respuesta al mismo, lo que permite rectificar, tan frecuentemente como sea aconsejable, la ración. Un manipulador experimentado, alimenta en las cantidades adecuadas evitando pérdidas al fondo y consiguiendo que la alimentación sea accesible a las diferentes tallas de peces.

Otro aspecto que se está demostrando cada vez más importante en la alimentación es el conocimiento de los ritmos biológicos (*cronobiología*) y de cómo influye la hora de la alimentación sobre el aprovechamiento de la dieta. En el caso de la lubina, etiquetada como especie típicamente diurna, se está demostrando un carácter dual y en ciertos períodos muestra un comportamiento diurno y en otros es francamente nocturna (al parecer existe cierta relación con las fases lunares). A este ritmo de ingesta se le superpone un ritmo en la eficacia de los procesos digestivos. El mismo alimento será mejor digerido a una hora del día y no otra (posible influencia del fotoperíodo a través de la glándula pineal) y para una misma cantidad

de alimento ingerido el crecimiento conseguido será distinto. Lubinas alimentadas, con la misma ración, a la salida del sol o dos horas más tarde, dan índices de conversión distintos, mejores para las alimentadas más tarde.

Probablemente, las prácticas rutinarias de las piscifactorías deberán cambiarse con la información que se vaya obteniendo de los estudios sobre cronobiología en los peces. No solo el momento idóneo de la distribución del alimento, sino también el momento del día en que los peces son molestados por la limpieza de tanques, cambios de malla en las jaulas, selección de tallas, operaciones todas ellas estresantes, irán adquiriendo mayor importancia para los piscicultores, quienes se podrán beneficiar de un ajuste estacional para conocer el momento del día en que estas actividades deben realizarse para producir el mínimo estrés y conseguir una máxima eficiencia en la producción.

La estrategia alimentaria de los reproductores varía considerablemente con respecto a las estrategias vistas para el engorde. En este caso, no importa tanto la producción de biomasa, como el número de oocitos producido (índice de fecundidad), la viabilidad de los huevos (índice de fecundación y eclosión) y la supervivencia y calidad de las larvas.

A pesar de la importancia que una puesta abundante y de calidad representa para una producción industrial, poco se ha estudiado respecto a los efectos que sobre ella tiene la alimentación de los reproductores. Solo en la última década aparecen trabajos sobre la influencia de la ración y la composición de la dieta en la producción y viabilidad de los huevos. Hasta el presente los resultados son poco concluyentes e incluso contradictorios, según la especie estudiada.

A pesar de la falta de concordancia total entre los resultados, parece ser que el nivel (%) de proteínas de la dieta (por lo menos los niveles *mínimos*) tendrían un efecto, sino en el número total de huevos producidos, sí en la calidad de las larvas (tamaño, supervivencia, malformaciones). Sin embargo, frente a trabajos que avalan altos niveles de proteína (resultados obtenidos en lubina) otros obtenidos en trucha indican que bajos niveles de proteína en la dieta van asociados a alta calidad de huevos y larvas. Como sea que la maduración sexual se asocia con cambios en el metabolismo de los glúcidos, los resultados obtenidos en trucha avalan la idea de que altos niveles de azúcares (y bajos en proteína) tendrían un efecto positivo en los resultados de la maduración sexual, al servir como precursores de ácidos grasos y triglicéridos.

Por otro lado recientes estudios en salmónidos, tilapia, lubina, ponen de manifiesto la importancia de los ácidos grasos en la dieta de los reproductores. Reproductores alimentados durante largos períodos con dietas pobres en la relación DHP/EPA, originan huevos con una pobre relación DHP/EPA y éstos a su vez originan bajas tasa de supervivencia larvaria y altas tasas de malformaciones.

Los ácidos grasos de la dieta son considerados determinantes para el desarrollo de las gónadas y el perfecto funcionamiento hormonal. Por ejemplo, la producción de vitelogenina, precursora de las reservas proteicas del oocito, requiere el suministro de ácidos grasos poliinsaturados. La síntesis del componente polar lipídico de las membranas embrionarias requiere, de manera específica, la presencia de 22: 6n-3.

Las baja presencia y la relación DHP/EPA parecen ser determinantes en el proceso de la vitelogénesis, en la atresia precoz del ovario, de la calidad de los huevos y de la supervivencia larvaria.

Dada la falta de datos concluyentes sobre los requerimientos en principios inmediatos y a la adecuada relación n6/n3, se hace muy difícil (y costosa económicamente) la formulación de una dieta seca equilibrada y efectiva, de ahí que en las grandes instalaciones de producción se siga alimentado a los reproductores con "dietas naturales" (pescado blanco troceado, calamar, que aportan las proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados necesarios), suplementadas, a veces, con pequeñas cantidades de pellets comerciales, los cuales aportan los minerales y vitaminas de que podrían carecer los productos naturales.

Con raciones diarias equivalentes al 1.5-2% de la biomasa, distribuida en dos tomas diarias, se obtienen en dorada y lubina índices de fecundidad (nº de huevos/Kg. de hembra) de 200-300.000 huevos, con una viabilidad del 60-70% y tasas de malformaciones inferiores al 20%. Sin embargo existe una enorme variabilidad entre una puesta y la otra, incluso con los mismos reproductores y la misma dieta, lo cual complica enormemente las previsiones de producción,

Referencias:

- CAICYT, 1987.- "Alimentación en Acuicultura". J. Espinosa de los Monteros & U. Labarta, Edit.
- Cho, C. Y. & S. J. Kaushik, .-1985. En Nutrition and Feeding in Fish.(C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell, Eds), p.p. 95-118. *Academic Press*. Orlando, FL.
- Cowey, C. B & J. R. Sargent,-1979.- "Nutrition". P.p. 1-69.En Fish Physiology (Hoar,W.S.; Randall, D.J. & Brett, J.R., eds) *Academic Press*. Londres, Vol. VIII, pág.2.
- Cuenca, E. M.1994.- "Estudio del comportamiento alimentario en peces". Aulas del Mar. Univ. De Murcia.
- De la Higuera M. Y G. Cardenete.- 1993.-La proteína en la nutrición de los peces. En Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción (F. Castelló Orvay, Coord.). *Pub. Universitat de Barcelona*. Barcelona, Esp.p.p. 195-223
- Fernández, B. J. 1993.- "Alimentación y energética de la nutrición en peces: generalidades". En "Acuicultura Marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción". F. Castelló-Orvay (Coord.) Univ. Barcelona.
- Fernández, B. J. M. & J. B. Minguez.- 1993. Alimentación y energética de la nutrición en peces: generalidades". En Acuicultura Marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción (F. Castelló Orvay, Coord.). *Pub. Universitat de Barcelona*. Barcelona, Esp.p.p. 177-194.
- Kaushik, S.J. 1997.-En: Recents developments in the nutrition and feeding of marine finfish of interest to the Mediterranean. *ALIIA Tradesshow*, Thessaloniki, Greece
- Madrid, J.A. 1994.- "Ritmos biológicos en animales marinos". Aulas del Mar. Univ. Murcia.
- Soler, J., M. P, H. R. Gómez, & D. Victoria.- 1996. "Fundamentos de Nutrición y alimentación en Acuicultura". *INPA*.Colombia. ISBN: 958-9356-01-X
- Steffens, W, 1987.- "Principios fundamentales de la alimentación en peces". Edit. Acribia, S.A.
- Watanabe, T. 1982.- Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B. P.p. 3-15.
- Zamora, S., 1993.- "Requerimientos de energía y glúcidos en peces". En "Acuicultura Marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción". F. Castelló-Orvay (Coord.) Univ. Barcelona.