

La nutrición y la alimentación eficiente de los peces

Jaime Guerrero Muñoz

Agrinal Colombia S.A

Biólogo Marino. Gerente de Producto Acuicultura, Agrinal Colombia S.A. jaimmeg@agrinal.com.co

1. Objetivo

1.1. Objetivo General:

El objetivo primordial de la nutrición de peces es el de obtener una mezcla de ingredientes balanceados nutricionalmente para el mantenimiento, crecimiento, desempeño reproductivo, buena calidad de carne y salud de los peces a un costo aceptable

1.2. Objetivos Específicos:

- Fabricar alimentos para peces y camarones no es una ciencia, sino más bien un “arte”; puesto que son productos que se utilizan en el agua, lo cual hace una gran diferencia con los alimentos elaborados para animales terrestres.
- En el cultivo de peces en cautividad nada es más importante que una “dieta balanceada” y una “adecuada alimentación”.
- El alimento ingerido por el pez si no es bien utilizado y digerido, traerá como consecuencia un bajo crecimiento y eventualmente la muerte

2. La nutrición y la alimentación eficiente de los peces

Un buen programa de alimentación debe ir unido a los siguientes aspectos básicos:

- Peces de calidad
- Estricta sanidad
- Nutrición y buen nutrimento
- Manejo eficiente
- Buenos registros
- Requerimientos nutricionales

2.1. Propósitos de un buen programa de alimentación:

- Dar al pez todos los nutrientes esenciales.
- Dar las cantidades necesarias para un buen balance.
- Permitir que el pez desarrolle defensas contra enfermedades
- Lograr que el pez resista el stress ambiental.
- otros propósitos :
 - Realzar pigmentación (piel o músculo).
 - Mantener un determinado peso.
 - Suministrar dietas de maduración.

2.2. Factores que afectan la eficiencia alimenticia

- Requerimientos nutricionales
- Disponibilidad de alimento natural
- Parámetros físico - químicos del agua
- Calidad del alimento balanceado
- Programas y sistemas de alimentación

2.2.1. Requerimientos nutricionales

Aminoácidos

Los constituyentes fundamentales de la proteína son los aminoácidos; el repertorio de aminoácidos presentes en el alimento, es decisivo para determinar la "calidad" de la proteína, lo cual constituye su valor como componente primordial de la dieta.

Los "aminoácidos" se componen:

Del grupo amino (-NH₂)

Y el grupo ácido carbónico (carboxilo) (-COOH)

Así mismo, los aminoácidos pueden reaccionar como bases ó ácidos, sustancias anfóteras

- Los aminoácidos son hidrosolubles:
- Pueden unirse desprendiendo H₂O para formar péptidos, (uniones peptídicas).
- La unión de hasta 10 AA = Oligopéptidos
- Uniones mayores de 10 AA = Polipéptidos
- Los AA, deben hallarse en una determinada relación mutua, para asegurar el aporte óptimo al organismo.
- El exceso de AA produce:
 - Trastornos metabólicos:
 - Desequilibrio aminoácido
 - Estados de toxicidad
- Las proteínas de la dieta son la fuente de AA esenciales y proveen el nitrógeno para la síntesis del los AA no esenciales.
- las proteínas de los tejidos del cuerpo son construidas usando acerca de 23 AA.

Necesidades cualitativas de AA

- Primeros datos en peces:
 - Determinados en salmónidos: Género: Oncorhynchus, (Halver, 1.957 y 1.960) Quien suprimió 1 AA de la ración y comparó el crecimiento vs peces testigo con mezcla completa de AA.
 - Resultado: 10 AA esenciales,
- Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano y valina.
- AA prescindibles en condiciones de estudio:
- Alamina, Ácido aspártico, Ácido glutámico, Glicina, Hidroxiprolina, Prolina, Serina, Tirosina y Cistina.
- En trucha Arco iris, se aplicó la misma metodología, con similares resultados.comprobándose sus necesidades de AA. (Shanks et al., 1962).

Tabla 1. Requerimientos de Aminoácidos (% de la proteína)

| | Trucha | Tilapia | Carpa | Bagre | Pollo |
|------------|---------|---------|-------|---------|-------|
| Arginina | 3.3-4.0 | 3.5-4.5 | 4.3 | 4.3 | 6.2 |
| Isoleucina | 2.0-2.5 | 3.2 | 2.5 | 2.6 | 3.5 |
| Lisina | 3.7-6.1 | 4.1-4.6 | 5.7 | 5.0-5.1 | 5.2 |
| Cist-Met | 2.2-3.0 | 3.2 | 3.1 | 2.3 | 4.0 |
| Treonina | 3.2 | 3.6 | 3.9 | 2.0 | 3.5 |

Tabla 2. Requerimientos de Aminoácidos (% de la proteína)

| | Trucha [†] | Tilapia ^{**} |
|--------------|---------------------|---|
| Arginina | 3.5 | 4.2 |
| Isoleucina | 2.4 | 3.11 |
| Lisina | 5.3 | 5.12 |
| Cist-Met | 1.8 | 2.68 (Cistina: 0.54% de la Pro ϕ) |
| Treonina | 3.4 | 3.75 |
| Triptófano | 0.5 | 1.0 |
| Histidina | 1.6 | 1.72 |
| Leucina | 4.4 | 3.39 |
| Fenilalanina | 3.1 | 3.75 |
| Valina | 3.1 | 2.8 |

Proteína

- Es una materia prima escasa y cara a escala mundial.
- Es un compuestos macromoleculares que suelen contener:
50% de C,
22% de O,
7% de H,
Y como elemento importante,
El 16% de N.
Escasas cifras de azufre y fósforo.

Características de la proteína (Bergner,1974)

- Contiene numerosos AA ligados por uniones peptídicas = elevado peso molecular.
- Son Series que forman los AA entre sí = secuencia aminoácida, siendo específica para cada proteína
- Una serie de AA “no” pueden ser sintetizados en el organismo animal,
- Son estructuras carbonadas: constitución compleja.
- Deben ser aportados continuamente con la ración:
 - “Aminoácidos esenciales “(Imprescindibles)
- Otra serie de AA “si” pueden ser sintetizados en el organismo animal,
 - “Aminoácidos no esenciales “ (Prescindibles), síntesis posible en el organismo

Principales Proteínas:

- Fosfoproteínas (Caseína).
- Albúminas y globulinas (Solubles).
- Miosina y fibrinógeno.
- Proteínas fibrilares insolubles: (Queratina y Colágeno)

Necesidades de Proteína

Los peces muestran elevadas necesidades de proteína, en comparación con los otros animales terrestres

Su Aprovechamiento.

- Aporte de proteína con la ración: Eficaz, cuando la mayor parte se aprovecha para constitución de “ proteína corporal”
- Producir “aumentos de peso en el organismo”
- Debe ser mínima la proporción utilizada para obtención de “energía”
- Proteína en exceso: una parte se gasta como energía
- Poca proteína: menor crecimiento

Proteína y Aminoácidos

Las proteínas y aminoácidos son necesarios para:

- Mantenimiento, crecimiento, reproducción y reemplazo de tejido dañado.
- Ciertos AA son convertidos en glucosa para proveer fuente de energía esencial para algunos órganos y tejidos críticos del cuerpo como:
 - Cerebro y glóbulos rojos.
- Aparte de las proteínas existen proteidos:
 - Además de AA contienen componentes extraños, (hidratos de C, lípidos y pigmentos) P.e. Glucoproteidos, Lipoproteidos, Nucleoproteidos, Cromoproteidos, y algunas enzimas.

Factores que influyen en el optimo porcentaje de proteína en la dieta de peces.

- Tamaño del pez.
 - Tienen mayores requerimientos de proteína en su etapa inicial que en sus fases de levante y engorde final, (similar a los animales terrestres),
- Función fisiológica.
 - Menos proteína se requiere en una dieta de mantenimiento” que en un alimento diseñado para una rápida rata de crecimiento.
- Calidad de la proteína.
 - Proteína deficiente en uno o más de los 10 AAE, producirá < crecimiento.
 - Se necesita “más cantidad de alimento de baja calidad de proteína” para un máximo crecimiento, que uno de “alta proteína.”
- Energía no proteica en la dieta:

Si se tiene una dieta deficiente en E´.

 - El pez usará parte de la proteína para cubrir sus necesidades energéticas, reduciéndose la cantidad de proteína necesaria para “crecimiento”.
- Rata de alimentación.
 - Peces alimentados a una rata menor que la saciedad, (cultivos intensivos), se benefician con dietas con alto % proteína que alimentados a saciedad o cerca de su rata de saciedad.
- Alimentos naturales:
 - Ingestión diaria de organismos acuáticos naturales como alimento de los peces.
 - El nivel de proteína dieta artificial puede ser reducido:

Dieta es “suplementaria”.

Fauna acuática: 60 a 80 % P.C.
- Factor económico
 - Dependiendo del costo y la disponibilidad de fuentes de proteína, lo cual condiciona el mayor factor para determinar la cantidad de proteína a usar en la dieta.

Tabla 3. Requerimientos de Proteína de la Tilapia

| | | |
|---|-----------------|-----------------|
| LARVAS - 0,5 GR. | 50 % | 10% |
| 0,5 Gr. - 10 Gr. | 35% | 8 - 10 % |
| 10 Gr. - 30 Gr. | 30 - 35% | 6 - 10% |
| 30 Gr. EN ADELANTE | 25 - 30% | 6% |
| REPRODUCTORES | 30% | 8% |
| Recomendaciones para óptimo crecimiento | | |

Tabla 4. Requerimientos de Proteína de la Trucha

| | | |
|---|------------------|------------------|
| LARVAS - 0,5 GR. | 50 - 55 % | 16% |
| 0,5 Gr. - 10 Gr. | 48 % | 12 - 16 % |
| 10 Gr. - 110 Gr. | 45 % | 12 - 16 % |
| 110 Gr. En Adelante | 40% | 12 - 16 % |
| REPRODUCTORES | 40% | 12 % |
| Recomendaciones para óptimo crecimiento | | |

Energía

Las necesidades de energía de los peces son menores que las de animales de sangre caliente debido a:

- Los peces son poikiloterms y no necesitan mantener su temperatura.
- Requieren menos energía para actividades musculares y para mantener posición en el agua.
- Requieren menos energía para excretar desechos metabólicos nitrogenados.

- Poca energía en la dieta hace que el pez quemé proteína para llenar las necesidades energéticas del cuerpo.
- Demasiada energía causa que consuma “menos” comida.
- Ambas condiciones pueden reducir la “tasa de crecimiento”.

Fuentes de Energía

| | |
|------------------------------|---------------------|
| PROTEINA | 5.64 Kcal.g. |
| LIPIDOS | 9.44 Kcal.g |
| CARBOHIDRATOS | 4.11 Kcal.g. |
| Fuente: N.R.C., 1.993 | |

Relación Proteína / Energía

- Fuentes de Energía no proteica (grasa e hidratos de C)
 - Exceso de “ Energía No Proteica:
 - Pez detiene el consumo antes de consumir suficiente cantidad de proteínas.
 - El nivel de ingestión está determinado por:
- La “energía total disponible en la dieta” (Page y Andrews, 1973; Peter, 1979)
 Resultado: Bajos Índices de Crecimiento
- Fórmulas con bajo contenido de “Energía no Proteica”
 - Producen: bajo índice de crecimiento ó baja rentabilidad económica.

Exigencias de Energía.

- Especie
 - Tamaño
 - Edad
 - Actividad fisiológica
 - Temperatura del agua
 - Tipo de alimento
 - Exposición a la luz
 - Factores ambientales
 - Condiciones químicas del agua
 - Composición de la dieta
 - Especie (peces reofilicos)
 - Peces reofilicos: como migradores, tienen mayores exigencias energéticas. En general, peces tropicales exigen más energía que los de climas templados
 - Tamaño
 - Peces jóvenes, tienen índices metabólicos relativamente más elevados. P.e. Pez de 12 g: 25 cal / g peso vivo
 Pez de 600 g: 8 cal / g peso vivo
 - Edad
 - Como ocurre con las demás especies de vertebrados, las exigencias calóricas se reducen con la edad.
 - Actividad fisiológica
 - En el período de maduración sexual o reproducción, son mayores las exigencias de energía debido a una mayor actividad metabólica del organismo.
 - Temperatura del agua
 - Todas las especies tienen un intervalo de temperatura óptimo para un pleno desenvolvimiento de sus actividades metabólicas vitales
- T A S: “Temperatura Ambiental Standard”
- Tipo de alimento

- Dietas con tenor proteico más elevado:

* Necesitan mayor cantidad de energía para su catabolismo.

* Mayor eliminación de residuos nitrogenados que se tornan; ("tóxicos para el propio organismo").

- Peces herbívoros: < índice metabólico

- Los vegetales tienen mayores niveles de CHO y grasas, fuentes de E`.

- Tienen pocos residuos nitrogenados tóxicos = < E` para eliminación.

• Exposición a la luz

Continua exposición luminosa = < Índice de crecimiento

Requieren reposo - ambiente oscuro = < consumo de E" para mantenimiento.

• Factores Ambientales

- Ambientes corrientes (ríos, raceways)

= > flujo de agua = > natación (contra corriente)

= > exigencia de E´

• Condiciones Químicas del Agua

- Aguas contaminadas.

Tóxicas, con bajos niveles de O2 D.

= Ritmo respiratorio acelerado

= > Exigencia E´ para mantenimiento.

• Composición de la Dieta

- Dietas con altos niveles de fibra o de proteína bruta = > exigencias calóricas para su catabolismo

- Los requerimientos nutricionales de las tilapias o mojarra no varían considerablemente en relación a las diversas especies o grupos de aguas calidas; se diferencian de los de aguas frías (salmones y truchas), en el requerimiento de "lípidos o ácidos grasos esenciales"

Grasas o Lípidos

• Después de las proteínas, las grasas constituyen un importante grupo de nutrientes.

• Las grasas son importantes productoras de energía para el organismo de los peces

• Desempeñan importante papel como reguladoras del metabolismo

Lípidos

La totalidad de los lípidos de la dieta no son disponibles como fuentes de energía, no siendo completamente absorbidos y digeridos.

"no existe información sobre digestibilidad de lípidos en dietas para tilapias"

Aparentemente las tilapias no utilizan altos niveles de lípidos en la dieta tan eficientemente como las truchas o las carpas. (Jauncey, 1.979)

Los lípidos en la dieta sirven de 2 formas:

- Fuente de Ácidos Grasos Esenciales (EFA) y energía.

- Adicionalmente también actúan como transportadores de las vitaminas liposolubles

• Ácidos Grasos Esenciales

- Estudios de EFA en peces, indican que los requerimientos pueden variar de especie a especie La mayoría de estudios sobre requerimiento de EFA en salmónidos y especialmente en trucha arco iris, mostraron requerimiento de:

EFA: "Linolénico":

serie n-3 u omega 3

• Ausencia de Ácidos Grasos Esenciales EFA

- Los Peces sufren de ciertas patologías:

Pobre índice de crecimiento

Baja rata de Conversión Alimenticia

Tabla 5. Requerimiento de ácidos grasos esenciales EFA Trucha Arcoiris

Ácido linolénico (Omega 3):
1% de la dieta, Castell et al., 1.972
0.8 a 1,6 %, Watanabe, 1.982

Menos de 0,5 % de Omega 3:
Retarda el crecimiento,
Erosión aleta caudal,
Síndrome de shock

• Requerimientos de EFA

Expresados como:

- Una proporción de los lípidos de la dieta. Para trucha arco iris:

Omega 3 - - - > el 20 % de lípidos

- Trucha A.I., requiere "alto nivel de lípidos como fuente de energía"

Carbohidratos

• Altos niveles de fibra en la dieta reducen el crecimiento en algunas especies de peces (20%), por lo cual no se recomienda (Leary y Lovell, 1975).

• Bajos niveles de fibra sirven y ayudan en la buena pelletización del alimento. Se recomienda para muchas especies de peces aproximadamente un 8% de fibra en la dieta

• Carbohidratos en la Nutrición de la Tilapia

Los CHO suministran menos energía por gramo que las proteínas o lípidos pero son la forma más barata de energía en la dieta en términos de costo por kcal de energía suministrada.

Los cereales contienen de 60 – 70% de CHO, en forma de almidones, siendo económicos como ingredientes y como fuente energética.

Requerimientos de Minerales

Los peces requieren aproximadamente de 21 elementos inorgánicos para mantener sus funciones estructurales y metabólicas:

Macroelementos y microelementos

Funciones de los Minerales

- Constituyentes de estructuras esqueléticas.
- Mantenimiento de la presión osmótica
- Constituyentes estructurales de tejidos blandos.
- Transmisión de impulsos nerviosos
- Regulación de pH. sanguíneo
- Constituyentes de enzimas, vitaminas, hormonas y pigmentos.

Requerimientos de Vitaminas

No existe información sobre los requerimientos de vitaminas para tilapias. Las premezclas vitamínicas que se utilizan, están basadas en requerimientos de otras especies de peces.

• Síntomas de deficiencia

Se detectaban en el pasado para vitaminas C y E principalmente

• Capacidad de síntesis

Se ha confirmado que la microflora intestinal de las tilapias es capaz de sintetizar la mayoría de las vitaminas del complejo B.

2.2.2. Factores Asociados con el Pez

Amoniaco

- El Amoníaco es el producto del metabolismo de la proteína.
- Es excretado por el pez a través de las branquias.
- Entra al sistema acuático en donde puede volverse tóxico.

Los niveles en el sistema, están directamente relacionado con:

- La rata de alimentación
- La eficiencia de la dieta
- Puede ser utilizado como fuente de nitrógeno por las plantas y por las bacterias “heterótrofas”, siendo éstas últimas, las responsables de la mayor utilización del amonio.
- Formas
 - No ionizado: NH_3 , algo tóxico: 0.003 mg/l
 - Tóxico: 0.7 a 2.4 mg/l
 - Ionizado: NH_4 , menos tóxico.
- Efectos tóxicos
 - Aumenta cuando aumenta el pH
 - Mecanismo primario de toxicosis desconocido.
- Efectos Fisiológicos Sobre los Peces
 - “Mayor” concentración de amoníaco en el agua,
 - “Menor” excreción de amoníaco por el pez y
 - “Mayor” nivel de amoníaco en sangre y tejidos, aumentando el pH. sanguíneo.
- Otros efectos del amoníaco
 - Aumenta el consumo de oxígeno por los tejidos.
 - Daña branquias (irrita tejido branquial).
 - Reduce capacidad de la sangre para transportar oxígeno a los tejidos.
 - Exposición prolongada del pez a concentraciones sub-letales de amoníaco producen cambios histológicos en: Hígado, vesícula, tiroides y sangre.
 - Aumenta la susceptibilidad del pez a enfermedades y reduce el crecimiento

Nitritos

Los nitritos, provienen del amoníaco concentrado en el agua como producto del metabolismo del pez y camarones o también se produce de la materia orgánica en descomposición.

Este amoníaco es:

- “Oxidado” por las bacterias y convertido en: “nitritos”
 - Utilizado por bacterias químico-autótrofas como fuente de energía, conocidas como nitrificantes.
 - Los nitritos absorbidos por el pez: 0.1 a 0.2 mg / l producen: metahemoglobinemia o toxicidad de los nutrientes o enfermedad de la sangre achocolatada.
 - Efectos de la metahemoglobinemia o toxicidad de los nutrientes o enfermedad de la sangre achocolatada.
 - Retarda el crecimiento y produce “anemia funcional”
 - NO_3 --- > de 0.5 mg / l producen niveles de “metahemoglobinemia fatales”
 - Sub-letales de nitritos aumentan la susceptibilidad de los peces a “enfermedades bacteriales”
- La solución: “Disminuir el nivel de alimentación y aumentar el flujo de agua.”

2.2.3. Parámetros Físico- Químicos del Agua Asociados con la Alimentación

Oxígeno

Importancia biológica y ecológica del oxígeno disuelto

- Con su disminución se reducen todos los procesos vitales.
- Con su aumento se pueden resolver muchos problemas.
- De la presencia y concentración de oxígeno disuelto en el agua dependen una serie de factores físico-químicos de origen biótico y abiótico.
- Más del 60% de las pérdidas en acuicultura se deben a problemas en el suministro de oxígeno.

- Los peces respiran en promedio al día 15 mg de oxígeno por gramo corporal.

Gasto de oxígeno

- El conocimiento de los miligramos de oxígeno disuelto por litro de agua, es esencial en la entrada
- De los estanques, ya que nos va a fijar la cantidad de peces que puede contener un caudal de agua conocido.
- Estos dos parámetros van a ser fundamentales en el estudio preliminar para la puesta en marcha de una piscifactoría.
- Las larvas y juveniles requieren un agua de mayor calidad y mayor nivel de oxígeno que la misma biomasa de adultos.
- En la piscicultura de aguas cálidas, hay condiciones de oxígeno óptimas, si la concentración no baja de 5 mg / l durante por lo menos 16 horas y no menos de 3 mg / l en las 8 horas restantes.
- Los salmónidos tienen unas exigencias bastante estrictas frente al factor oxígeno disuelto, que ya por sí, tiene carácter limitante para la práctica industrial de este cultivo.
- El conocimiento de los miligramos de oxígeno disuelto por litro de agua, es esencial en la entrada de los estanques, puesto que nos va a fijar la cantidad de peces que puede contener un caudal de agua conocido.
- Los anteriores dos parámetros van a ser fundamentales en el estudio preliminar para la puesta en marcha de una piscifactoría.
- Concentración de oxígeno d. < 5,0 - 4,5 mg / l, a la salida del estanque, la trucha tiene gran dificultad para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de las branquias al torrente circulatorio.
- La tilapia requiere un mínimo de 3 mg / l.
- Aire: oxígeno representa el 21 por ciento del volumen total.
- Agua, la cantidad de oxígeno presente (35% de los gases disueltos) depende de numerosos factores:
- Físicos, biológicos y químicos, como la temperatura, presión atmosférica y salinidad.

Tasa de Saturación de Oxígeno

En relación con la temperatura:

- Cantidad máxima de este gas que se puede disolver en el agua.
- A > temperatura, < cantidad de oxígeno disuelto, siendo estos inversamente proporcionales.
- A mayor temperatura, mayores necesidades de oxígeno por parte de las truchas y las tilapia, con su forma máxima en las horas que siguen a la toma de alimento, es decir, durante "la digestión".
- Con oxígeno insuficiente: se debe disminuir la carga de los estanques o recurrir a un aporte de oxígeno suplementario.

Importancia del Oxígeno en la Producción Industrial de Salmónidos

- Oxígeno: elemento esencial para que las funciones fisiológicas que determinan el metabolismo del pez se realicen con normalidad.
- Metabolismo: conjunto de procesos tendentes al aprovechamiento de la energía desprendida por los alimentos, que conlleva, a su vez, a los fenómenos de la formación y degradación de la materia orgánica.
- Metabolismo basal o estándar: es el que representa la actividad metabólica de un pez en ciertas condiciones, generalmente aislado, en la oscuridad y sin ninguna influencia exterior.
- A este gasto metabólico mínimo le corresponde un mínimo de consumo de oxígeno.

oxígeno y metabolismo

Los consumos de oxígeno aumentan cuando aumenta la actividad física del pez y son máximos durante el proceso propio de la "digestión del alimento ingerido", descendiendo lenta y progresivamente en el transcurso de varias horas.

Las truchas de una explotación industrial nunca se encuentran en metabolismo basal o estándar, pues están bajo explotación intensiva. Los consumos más bajos se producen en la hora más alejada de al último suministro de alimento.

Oxígeno y Alimentación

- Además del O₂ necesario para funciones vitales (M. Estándar) y para actividad física (natación), los peces consumen determinada cantidad en relación con la alimentación.
- Consumo máximo de O₂ D: A la media hora de la ingestión correspondiendo propiamente a la digestión.
- Concentración de O₂ D. baja: afecta asimilación del alimento, repercutiendo sobre el índice de transformación (C.A.) y

sobre el crecimiento. con menor cantidad de O₂ solo se mantiene el M. basal y si la [O₂] es mucho menor la trucha muere por asfixia.

- Factores que Intervienen en el consumo de Oxígeno.
- intrínsecos o relacionados con el pez:
 - Especie: pez cautivo vs libre: último > consumo O₂.
 - Sexo: grado de metabolismo trucha > macho que la hembra.
 - Peso: factor más importante. Para una temperatura determinada, el grado de metabolismo es función inversa del tamaño del pez:
- Temperatura: consumo de O₂ directa > proporcional a la t°, p.e. en trucha puede disminuir a partir de los 20°C, en tilapia de 32°C.
- Alevines de 0,1 g: rq 1.200 a 1.800 mg de O₂ / kg pez / hora.
- Con peso 10 veces superior: rq 1.000 mg de O₂ / kg pez / hora.
- Se deduce: para determinada t° y caudal, la carga que admite en kg con respecto al oxígeno consumido es menor cuanto menor sea el tamaño de los peces.
- Extrínsecos o en Relación con el Medio, la Alimentación y el Manejo:
 - Contenido de O₂ del agua: una disminución produce en la trucha un aumento del 70% del metabolismo y se cuadruplica el volumen de ventilación. O₂: < 60% de saturación, disminuye su consumo, afectando el crecimiento.
 - Corriente de agua: su velocidad aumenta la actividad del pez y el consumo de O₂.
 - Calidad del agua: su acidificación por ácido carbónico, disminuye la afinidad de la hemoglobina por el O₂. (reutilización abusiva del H₂O)

Oxígeno y Digestión

- Alimentación
 - En la trucha la digestión comienza, aproximadamente, un cuarto de hora después de la ingestión de los alimentos.
 - Necesita un aporte de O₂ que puede alcanzar hasta el 76% de las necesidades de la misma trucha en ayuno.
 - Muy importante medir el O₂ disuelto en el agua de salida del estanque precisamente en pleno período de digestión (> consumo de O₂).
 - Manejo: toda manipulación de los peces desencadena un aumento de actividad y por lo tanto de sus necesidades de O₂, con su máximo consumo, cuando hay gran estrés.

Influencia de la tasa de oxígeno sobre el crecimiento

- Crecimiento normal:
Entre 65 y 92% de saturación de O₂
- Crecimiento lento:
Menos de 60% de saturación de O₂
- Pérdida de peso:
30% de saturación de O₂
- Salmónidos sometidos a baja saturación de O₂ (30% o menos), experimentan:
 - Aumento de excreción urinaria, no es una simple diuresis de agua, sino aumento anormal de eliminación de cloruro sódico y potásico, típico de las situaciones de estrés.
 - Lo anterior da origen a la muerte del pez.
 - Situación anómala anterior transitoria:
- Agua vuelve a saturación normal, el pez recupera funciones fisiológicas a las 20 horas.

Influencia de la Tasa de Oxígeno Sobre el Índice de Transformación del Alimento

- Débiles concentraciones de oxígeno:
 - Conversión alimenticia, aumenta.
 - No hay suficiente oxígeno para degradar y asimilar el alimento. Se pone a los peces en una situación de estrés.
 - Situación crítica época de verano: Rebajar sensiblemente la ración, en exceso no es utilizado en su beneficio, y si pone en peligro la vida de las truchas.
 - Sobresaturación del agua por gases: Por aireación forzada bajo presión, el nitrógeno pasa a la sangre del pez se difunde

en forma de burbujas, dando origen a embolias gaseosas: produce grandes mortalidades en alevinos.

2.2.4. Calidad de Agua en Estanques vs. Alimentación

- La "calidad de agua" se deteriora, en la medida en que se incrementa la tasa de alimentación.
- Estanques con altas tasas de alimentación tienen peor calidad de agua que estanques con bajas tasas de alimentación.
- Por encima de determinada tasa de alimentación, además del mayor recambio de H₂O, la aireación es necesaria.
- La posibilidad de mal sabor de la carne se aumenta con el incremento en la tasa de alimentación.

Factores Relacionados con el Estanque que afectan la Alimentación

Capacidad de Carga

- Densidad de Población Constante: El tamaño y la biomasa de los animales cambian en el transcurso de la producción
- Calcular: la capacidad de carga de los estanques con respecto al "oxígeno", con base en la Biomasa esperada en el momento de la cosecha. (Se evita así el problema de escasez de oxígeno en el transcurso de la producción).
- Lo más recomendable es: Cambiar la densidad de los peces en la medida que aumentan su biomasa, distribuyéndolos en varios estanques o jaulas.
- Truchas: "Con relación al volumen del canal o jaula"
- Canales ó Raceways; Engorde: 30 a 100 kg / m³
- Jaulas Flotantes:
Alevinos y Dedinos: 10 a 15 kg/m³
Engorde: 25 a 30 kg /m³
- Truchas: con relación al caudal de agua
- Canales ó raceways;
- Engorde: 1 kg trucha nadando x litro / minuto
- Con relación al oxígeno disuelto vs caudal.
- 0.5 kg O₂ / día mantiene 100 kg de trucha nadando.

Bibliografía

- Avault, James W., Fundamentals of Aquaculture. AVA Publishing Company Inc. Baton Rouge, Louisiana, USA, 1996.
- Berger, C. 2000, Aportes de la Bio-Tecnología a la alimentación y la Inmuno –Estimulación de Camarones peneidos. In: Cañas C.R, A.C..García; M.J.L..Godoy; C. Shene; S. Bravo; F. García. IX World Conference Animal Production, Porto Alegre, Brasil. 26-31 October, 2003
- Blanco Cachafeiro, Carmen., La Trucha Cría Industrial., Ediciones Mundi Prensa, 1995 508 p.
- Brown, E.E., Gratzek, J.R. Fish Farming Handbook. 1980. 391 p.
- Cho, C.Y.; C.B. Cowey, and T. Watanabe.; Finfish Nutrition in Asia, Methodological Approaches to Research and Development. Ottawa, Ont., IDRC, 1985. 154 p.
- Cruz-Suarez, L.E., Ricque- Marie, D., Tapia-Salazar, M. Avances en nutrición Acuícola. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Merida, Yucatán.
- Halver, J.E. Fish Nutrition. 2 ed. London: Academic Press, 1988. 798 p.
- Lara Flores, M, Briones, Olivera Novoa. M, 2002 Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) en: Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Lyons, T.P.; Jacques, K.A., Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries, Proceedings of Alltech's Twenty First Annual Symposium, 2005
- National Research Council, Nutrient Requirements of Fish, National Academy Press, Washington, D.C. 1993
- Manning, Bruce., Seminar Presentation (II) for American Soybean Association China, 1994.
- Soler-Jaramillo, M.D.P.; Rodríguez-Gómez, H.; Daza, P.V. Fundamentos en nutrición y alimentación en acuicultura. Santafé de Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 1996.
- Steffens, Werner. Principios Fundamentales de la Alimentación de los Peces, Editorial Acribia, S.A. 1987
- Tacon, A.G.J. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados – manual de capacitación. Brasilia: FAO, 1989.
- United Nations Development Programme, FAO., Fish Feed Technology. Lectures presented at the FAO / UNDP Training Course in Fish Feed Technology, held at the College of Fisheries, University of Washington, Seattle, Washington, U.S.A.,

