

ALIMENTACION

Como la producción de peces es menor con alimento natural, para tener éxito en la producción acuicola, los dos requisitos más importantes son: usar alimentos artificiales bien balanceados y un buen manejo de alimentación.

CONCEPTOS GENERALES:

- *Alimento*: es toda sustancia que nutre a los organismos y son tomados del medio externo.
- *Nutrición*: es el proceso por el cual el animal toma y utiliza el alimento para su crecimiento, mantenimiento. Desarrollo de sus actividades y su reproducción. Incluye la digestión, absorción, metabolismo, utilización del alimento, requerimientos nutricionales y sus interrelaciones.
- *Alimentación*: a diferencia de la nutrición que se refiere a los aspectos nutritivos y metabólicos en que se basa un aporte adecuado de nutrientes y energía, la alimentación se refiere a los aspectos de formulación, diseño, fabricación y manejo de dietas.
- *Nutrir*: aumentar las sustancias del cuerpo animal por medio del alimento, reparando las partes que se van perdiendo en función de las acciones metabólicas.
- *Dieta*: alimento preparado por el hombre.

OBJETIVO DE LA ALIMENTACIÓN:

Suministrar la energía al organismo para el desarrollo de todas sus actividades.

IMPORTANCIA DE LA ALIMENTACIÓN:

- *Biológica* : mantenimiento y crecimiento del organismo
- *Económica*: obtener la mayor cantidad de producción al más bajo costo.

CARACTERÍSTICAS DEL APARATO DIGESTIVO EN PECES, CRUSTACEOS Y MOLUSCOS.

I.- PECES

a) Según el régimen alimenticio:

- Planctófagos

Omnívoros

- Filtradores
- Filtradores y removedores

Carnívoros

- Filtradores
- Filtradores y removedores
- Filtradores en un periodo de la vida
- Nectófagos

Carnívoros

- Monófagos y polífagos

Parásitos

- Bentonófagos

Detritívoros

Herbívoros

Omnívoros

Carnívoros

- Monófagos
- Polífagos

b) Según el tipo de alimento

- Herbívoros, se alimentan directamente de las plantas verdes (o fitoplancton) que son la fuente primaria de toda energía de los alimentos; estos animales son más eficientes en la utilización de la energía
- Detritívoros, también son eficientes que los primeros debido a que se alimentan de materia orgánica, este detrito puede ser externo o interno.
- Carnívoros, estos animales debido a su hábito alimentario requieren niveles más altos de proteína.

El hábito alimentario está relacionado con la anatomía del tubo digestivo, así un pez carnívoro tiene el intestino más corto y el estómago más estensible, mientras que un herbívoro tiene el intestino más largo y más complejo.

INGESTIÓN, DIGESTIÓN Y ABSORCIÓN DEL ALIMENTO

Localización del alimento, la quimiorreacción es el medio más importante para localizar el alimento.

Boca y cavidad bucal, la posición y el tamaño de la boca se relaciona con la localización y el tamaño del alimento, es así que la boca está en relación del tamaño de las partículas del alimento. Los peces tienen tres tipos de dientes: mandibulares, faríngeos y bucales. De la boca el alimento pasa a la faringe y de allí al esófago.

Estómago, consta de tres regiones: cardial, fúndica (los carnívoros tienen esta región muy dilatada) y la pilórica (con paredes engrosadas formando molleja, se presenta en micrófagos).

Intestino, el intestino anterior es más ancho que el resto del intestino y actúa como un pseudo estómago. En el intestino se dan varios tipos de digestión:

Digestión cavitaria: producida por enzimas producidas en la cavidad gastrointestinal.

Digestión de membrana: producido por enzimas adsorbidas del quimo y asociadas con las membranas de células intestinales. Esta digestión realiza la hidrólisis final de los nutrientes. A esa digestión también se le llama digestión parietal.

Muchos peces tienen varias excrecencias alrededor del pÃloro cerca al sitio donde sale el intestino, llamados ciegos piloricos, el numero de estos tiene relaciÃ³n directa con el nÃºmero de branquiespinas; se han sugerido diversas funciones para los ciegos piloricos como por ejemplo: deposito de alimento accesorio, digestiÃ³n complementaria a la realizada en el estomago e intestino, absorciÃ³n de carbohidratos y grasas, resorciÃ³n de agua e iones inorgÃ¡nicos e incremento del Ã¡rea superficial del intestino. Los peces que son privados de alimento, presentan atrofia de los ciegos y la digestibilidad disminuye alrededor del 50 %.

La Longitud Intestinal Relativa (LIR) que es la relaciÃ³n longitud intestinal/longitud del cuerpo, varia segÃºn los hÃ¡bitos alimentarios.

CarnÃvoros: 0,5

HerbÃvoros: 2,0

MicrÃ³fagos: 5,0

Omnivoros: 2,0 – 6,0

ENZIMAS DIGESTIVAS

En la digestiÃ³n es el proceso por el cual el alimento contenido en el tubo digestivo es degradado en compuestos simples que pasaran al torrente sanguÃneo.

Las proteÃnas son hidrolizadas para convertirlas en aminoÃ¡cidos libres o en cadenas polipÃ©ptidas cortas, los carbohidratos son degradados en azucares simples y las grasas son descompuestas en Ã¡cidos grasos y glicerol; todo esto es realizado por las enzimas digestivas durante el paso del alimento.

La actividad de las enzimas digestivas puede variar con la edad del pez, el estado fisiolÃ³gico y la estaciÃ³n. En muchos peces mientras mayor es la temperatura mayor es la secreciÃ³n y la actividad enzimÃ¡tica.

En los peces el acido se produce en el estomago por reacciÃ³n del Ã¡cido carbÃ³nico y el cloruro de sodio, ambos suministrados a la cÃ©lulas secretorias por el aparato circulatorio; las enzimas digestivas tambiÃ©n secretan el acido. En la mayorÃa de los casos el pH intestinal se mantiene entre 7 a 9.

Proteinasas

La pepsina es la principal enzima proteolitica del estomago de los peces, las enzimas en el intestino son activas a ph 6 a 11.

FUENTE DE SECRECIÃN	ENZIMA	SUBSTRATO	PRODUCTO O ACCIÃN
EstÃ³mago	Pepsina	ProteÃna	PolipÃ©ptidos, las proteÃnas aun son largas
PÃ¡ncreas	Tripsina	ProteÃna, polipÃ©ptidos del estomago	PolipÃ©ptidos, dipÃ©ptidos
		Quimiotripsina	ProteÃnas, polipÃ©ptidos
		Carboxipeptidasa	Extremo COOH de los polipÃ©ptidos
			PolipÃ©ptidos, dipÃ©ptidos
			PÃ©ptidos mÃ¡s pequeÃ±os,

				aminoácidos libres
	Intestino	Aminopeptidasa	Extremo NH ₂ de los polipéptidos	Aminoácidos libres, péptidos más pequeños.
		Dipeptidasas	Dipéptidos	Aminoácidos libres

Lipasas

La mayoría de los peces presentan lipasas y esterasas en todo el tubo digestivo. Los sustratos naturales para las lipasas son los triglicéridos de ácidos grasos de cadena larga; las esterasas actúan sobre ésteres simples de ácidos de bajo peso molecular.

FUENTE DE SECRECIÓN	ENZIMA	SUBSTRATO	PRODUCTO O ACCIÓN
Páncreas	Lipasa pancreática	Triglicéridos	Ácidos grasos libres, monoglicéridos y glicerol
Tubo Digestivo	Lipasas y esterasas	Triglicéridos y ésteres simples	Ácidos grasos libres, monoglicéridos y glicerol

Carbohidrasas

El factor más importante en la hidrólisis de los carbohidratos son las carbohidrasas, en peces reviste especial interés, por que no todas las especies digieren los carbohidratos con la misma eficacia. Los carnívoros digieren los carbohidratos (almidón) con menor eficiencia que los herbívoros y omnívoros.

Las amilasas son las enzimas que hidrolizan el almidón para convertirse en glucosa.

Las carbohidrasas son: amilasa, glucosidasa, maltasa, lactasa, sacarasa, celobiasa. Los peces digieren bien la glucosa y los disacáridos en contraste con el almidón.

ABSORCIÓN

La absorción de los lípidos se realiza en el intestino anterior y parte del intestino medio; las proteínas se absorben en la porción distal. Los distintos aminoácidos son transportados y absorbidos a diferentes velocidades. El factor limitante del aprovechamiento de los aminoácidos en peces no es la digestión sino la absorción, la mayor parte de la absorción de proteínas es en la forma de oligopeptidos. Los distintos carbohidratos también son adsorbidos con distinta rapidez.

Factores que afectan la digestión y evacuación gástrica

- Cantidad y calidad de alimento.
- Grado de secreción del jugo gástrico
- Movilidad gástrica
- Capacidad del intestino de aceptar el quimo del estómago
- De acuerdo al régimen alimentario, en herbívoros es más rápido y en carnívoros es todo lo contrario
- La temperatura es un factor que influye en la rapidez de la digestión a mayor temperatura mayor es la evacuación.

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD DEL ALIMENTO

Durante el paso del alimento por el tubo digestivo no todo se digiere y absorbe. La porción no digerida se excreta como heces. La porción adsorbida se determina mediante el Coeficiente de Digestibilidad del Alimento (CDA)

$$\text{CDA} = (\text{nutrientes ingeridos} - \text{nutrientes excretados}) / \text{nutriente ingeridos} * 100$$

Para determinar el CDA se usa una sustancia inerte que no es digerida por el pez: lignina, Ácido de cromo

$$\text{CDA} = 100 - (\% \text{ indicador en alimento} / (\% \text{ indicador en heces} * \% \text{ nutrimento en heces}) / \% \text{ nutrimento en alimento} * 100)$$

Factores que influyen en digestibilidad

a) Factores Principales

- Alimento ingerido y grado de susceptibilidad a las enzimas
- Actividad de las enzimas digestivas
- Tiempo de exposición del alimento a las enzimas

b) Factores Secundarios

- En relación al pez: especie, tamaño, edad, estado fisiológico
- Condiciones ambientales: temperatura, salinidad.
- Alimento: composición, nivel y frecuencia de alimento

II.- CRUSTACEOS

Los crustáceos presentan un crecimiento discontinuo, almacenamiento/consumo de reservas en periodo de muda; la frecuencia de muda disminuye con la edad. Se alimentan de fitoplancton y zooplancton en estadios larvales y los adultos se alimentan de algas, otras especies son estrictamente carnívoras, otras detritívoras, otras necrófagas y por último filtradoras de partícula.

APARATO DIGESTIVO

Apéndices utilizados en la toma del alimento

Los decapados utilizan las mandíbulas, maxilas y maxilulas para desgarrar el alimento.

Tubo Digestivo

Se divide en tres partes: Intestino anterior o estomodeo, intestino medio o mesenteron e intestino posterior o proctodeo. El estomodeo y proctodeo están revestidos de quitina y ese revestimiento se expulsa como muda.

Estómago

Se pueden distinguir dos partes: la porción cardíaca (anterior) donde se tritura y acumula los alimentos digeridos; y el estómago pilórico que posee piezas calcáreas, sedas, espinas y filtros.

Actividades rítmicas del tubo digestivo

En la porción cardíaca tiene lugar contracciones rítmicas, con frecuencia de cada 8 a 10 segundos, estos movimientos están asegurados por la actividad de 12 neuronas. Los dentículos tienen movimientos longitudinales y transversales. En la región pilórica se presentan contracciones cada 1 a 2 segundos que permiten el paso del alimento.

En el estómago es donde se realiza la digestión mecánica y la mayor parte de la digestión química. En los otros grupos, la degradación mecánica depende del régimen alimenticio y de la morfología de los apéndices.

DIGESTIÓN QUÍMICA

Se realiza gracias a la acción de enzimas digestivas procedente principalmente de la glándula del intestino medio (hepatopáncreas)

Hepatopáncreas

Es un órgano metabólico por excelencia que se encuentra en el cefalotórax donde no solo se producen enzimas digestivas si no también se almacena el alimento en forma de glucógeno y lípidos, y se controla la composición bioquímica de la sangre y la distribución del alimento según influencias hormonales, controlada a su vez por la información ambiental a través del sistema nervioso. El hepatopáncreas es una masa pareada muy grande y compacta que se abre mayormente en un solo conducto en el extremo del estómago pilórico.

Funciones del Hepatopáncreas

- Producen enzimas digestivas: proteasas lipasas, enzimas que degradan carbohidratos.
- Almacenamiento: glucógeno, lípidos, vitaminas, calcio, pigmentos
- Principal órgano de absorción

Variaciones de las actividades enzimáticas digestivas

- Variaciones a lo largo del ciclo de la muda
- Variaciones circadiana (durante el día)
- Variaciones durante el desarrollo larvario
- Variaciones debido al tipo de alimento y condiciones ambientales

NUTRIENTES BASICOS

a) HUMEDAD

El agua es un diluyente importante de los nutrientes. Su contenido en los alimentos es muy importante para el cálculo analítico de materia seca y también para por que tiene una importante función al determinar la forma de la dieta, tiene efecto sobre la estabilidad y su vida de almacenamiento.

b) LÍPIDOS

Un grupo heterogéneo de sustancias de los tejidos vegetales y animales. Los lípidos consisten de:

- Grasas, esteres de glicerol y ácidos grasos. Que almacenan energía
- Fosfolípidos, ésteres de ácidos grasos más fosfato. En la membrana celular
- Esfingomielina, en cerebro y en nervios
- Ceras, ésteres de ácidos grasos más alcohol.

- Esteroles, alcoholes de cadena larga policíclicos. Intervienen en el sistema hormonal d maduración y reproducción.

Los ácidos grasos por su estructura pueden ser:

Saturados, carbonos unidos por enlaces simples

Insaturados, que presentan más de uno o más dobles enlaces de carbono. Pueden ser mono insaturados y poli insaturados.

Los poli insaturados se agrupan en tres familias:

Oleica (W9)

Linoleica (W6)

Linolenica (W3)

Nomenclatura de los ácidos grasos poli insaturados:

Ac. Linolénico: $18\ 3n - 3$

Ac. Linoleico: $18\ 2n - 6$

Ac. Araquidónico: $20\ 4n - 6$

Funciones:

- Son los compuestos más energéticos

Lípidos: 9,5 kcal/g

Proteínas: 5,6 kcal/g

Carbohidratos: 4,1 kcal/g

- Son compuestos esenciales de membranas celulares y subcelulares (ácidos grasos poli insaturados conteniendo fosfolípidos y ésteres de esteroles)
- Vehículo de vitaminas liposolubles (A, D, E y K)
- Papel importante como colchón mecánico de los órganos vitales y ayudan en el mantenimiento de la flotabilidad neutra.
- Son fuentes de estereoides esenciales, que desempeñan una amplia gama de funciones biológicas importantes.

c) PROTEÍNAS

Son estructuras químicas orgánicas cuya unidad estructural son los aminoácidos unidos por enlaces peptídicos

Proteína Polipéptidos Aminoácidos

Una proteína contiene:

Carbono 50 – 55 %

Hidrogeno 6,5 – 7,5 %

Nitrógeno 16%

Oxígeno 21 – 23 %

Azufre 0,4 – 2 %

Un pez contiene 75% de agua, 16 % de proteína, 6 % de lípidos y 3 % de cenizas.

Propiedades químicas:

- Compuestos coloidales por naturaleza
- Diferente grado de solubilidad en agua (colágeno, queratina es insoluble; las albúminas son altamente solubles)
- Todas las proteínas son desnaturalizadas por calor, ácidos fuertes, álcalies, alcohol, acetona, urea, sales de metales pesados.
- Cuando las proteínas son desnaturalizadas pierden su estructura tridimensional y por consiguiente poseen diferentes propiedades químicas, físicas y biológicas.

Aminoácidos

Los compuestos esenciales son un grupo carboxílico (COOH) y un grupo amino (NH₂) en el átomo de carbono alfa.

Los aminoácidos pueden dividirse en dos grupos:

- Aminoácidos esenciales: son los que no se pueden sintetizar en suficiente cantidad para soportar el crecimiento máximo. Son 10 los aminoácidos esenciales: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.
- Aminoácidos no esenciales: son sintetizados por el animal y son los siguientes: alanina, ácido aspártico, cistina, ácido glutámico, glicina, prolina y serina.

d) CARBOHIDRATOS

La estructura química básica de los carbohidratos consiste de unidades de azúcar que son derivados aldehídicos o cetónicos de alcoholes polihídricos. Contienen Carbono, Hidrogeno y Oxígeno en la misma razón que el agua.

Clasificación

- Monosacáridos: glucosa, ribosa
- Disacáridos: maltosa, sacarosa y galactosa
- Polisacáridos: almidón, celulosa

En peces y crustáceos no se ha establecido un requerimiento absoluto de carbohidratos en la dieta, esto debe a:

- Hábitos alimentarios carnívoros / omnívoros de la mayoría de especies cultivadas.

- Habilidad de peces y camarones para sintetizar glucosa a partir de proteína y lípidos (gluconeogénesis).
- La glucosa, producto final de la digestión de carbohidratos en los animales, sirve como la principal fuente de energía para el tejido nervioso y cerebro y como intermedio metabólico para la síntesis de ambos compuestos biológicamente importantes.

Su inclusión en la dieta de engorda en peces se debe:

- Fuente económica de energía dietética, especialmente para no carnívoros
- Su uso cuidadoso en engorde, representa un ahorro de proteínas (sustituto proteínico)
- Al ser empleados como ligantes sirve como componentes dietéticos esenciales para elaborar dietas estables en el agua (almidón gelatinizado, alginatos y gomas)
- Ciertas fuentes de carbohidratos sirven como componentes dietéticos que aumentan la palatabilidad y disminuye el contenido de polvo en el alimento terminado

e) VITAMINAS

Son compuestos orgánicos requeridos en la dieta en cantidades pequeñas, para el crecimiento y mantenimiento de la vida animal. Una vitamina puede ser esencial en un animal pero en otros no lo es.

Las vitaminas se clasifican en:

- Liposolubles:
 - ◆ Retinol (Vit. A)
 - ◆ Colecalciferol (Vit. D)
 - ◆ Tocoferol (Vit. E)
 - ◆ Filoquinona (Vit. K)
- Hidrosolubles, estas vitaminas se requieren en cantidades pequeñas y tienen funciones principalmente de coenzimas; tres de estas vitaminas se requieren en mayores cantidades.
 - ◆ Tiamina (Vit. B1)
 - ◆ Riboflavina (Vit. B2)
 - ◆ Piridoxina (Vit. B6)
 - ◆ Ácido Pantoténico
 - ◆ Ácido Nicotínico (niacina)
 - ◆ Biotina
 - ◆ Ácido Fólico
 - ◆ Cianocobalamina (B12)
 - ◆ Inositol (Macrovitamina)
 - ◆ Colina (Macrovitamina)
 - ◆ Ácido Ascórbico (Vit. C) (Macrovitamina)
- Todas las vitaminas B tienen responsabilidad enzimática (son cofactores)
- A, D, E y K tienen funciones de oxidación-reducción. Vit. A más Vit. D pueden matar en exceso
- Colina tiene función estructural
- La vit. C es un agente reductor metabólico fuerte. La mayoría de peces no puede sintetizarlo.

Los requerimientos cuantitativos dependen de varios factores:

- Comportamiento alimenticio, animales que comen lento requiere niveles vitamínicos más elevados

para contrarrestar la pérdida de las vitaminas hidrosolubles.

- La microflora sintetiza la mayoría de las vitaminas del complejo B, ácido pantotámico, biotina, colina, inositol y vitamina K-
- El contenido nutricional de la dieta usada, al incrementar la concentración de ácidos grasos poliinsaturados, carbohidratos, proteínas aumentan el requerimiento de tocoferol, tiamina y piridoxina.

f) MINERALES

Son esenciales tanto para peces como para crustáceos y pueden ser:

Macroelementos:

◆ Principales cationes

- Calcio
- Magnesio
- Sodio
- Potasio

◆ Principales aniones

- Fluoruro
- Azufre
- Cloro

Microelementos:

- ◆ Cobalto
- ◆ Níquel
- ◆ Estroncio
- ◆ Selenio
- ◆ Hierro
- ◆ Vanadio
- ◆ Cobre
- ◆ Fluor
- ◆ Manganeso
- ◆ Molibdeno
- ◆ Silicio
- ◆ Zinc
- ◆ Cromo
- ◆ Yodo

Función

- La principal diferencia del metabolismo de los minerales entre peces es la osmorregulación o mantenimiento del balance osmótico entre los fluidos del pez y el agua.
- Estructuras titulares duras: huesos
- Constituyen estructuras de tejidos blandos: azufre en proteína, en hierro en hemoglobina.
- Componentes o activadores de enzimas y hormonas: como el zinc que activa la fosfatasa alcalina; yodo componente de hormona tiroxina.
- Algunos elementos solubles como calcio, sodio, potasio, cloro tienen funciones en la sangre o fluidos corporales tales como: osmorregulación, balance ácido – base y fibras musculares.

- Los peces pueden absorber minerales disueltos del agua a través de las branquias o en peces marinos que beben el agua a través del tracto digestivo.

REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS Y NUTRICIONALES

- Los requerimientos energéticos son bajos para peces
- Los peces requieren lípidos tales como los aminoácidos de la serie omega – 3 (n – 3) y esteroides para crustáceos.
- La habilidad del pez para absorber ciertos minerales disueltos minimiza la necesidad dietética de esos minerales.
- Los peces sintetizan poco ácido ascórbico y dependen de la dieta.

Factores que afectan los requerimientos energéticos

Necesidad de energía para mantenimiento, que varía por:

- Peso corporal
- Efecto de la temperatura del agua y sus adaptaciones
- Costo energético del movimiento

Necesidad de energía para crecimiento

- Factores relacionados con el pez: características genéticas
- Condiciones ambientales que influyen el crecimiento

Requerimientos energéticos

Los peces usan menos energía para la síntesis de proteínas, debido a que no necesitan mantener temperatura constante del cuerpo.

Requerimientos de proteínas y aminoácidos

Las proteínas en la dieta es utilizada por el organismo con tres fines fundamentales: mantenimiento, crecimiento y reposición de tejidos.

Puesto que la cantidad y calidad de la proteína de la dieta es uno de los principales determinantes del crecimiento de los peces, uno de los principales objetivos de la investigación es la determinación de los requerimientos proteicos de las distintas especies cultivables.

En líneas generales se pueden decir que los requerimientos de proteína no aumentan con la temperatura, aunque varía el nivel de ingesta y la tasa de crecimiento que en términos de rentabilidad hay que ajustar a una temperatura óptimas.

Los requerimientos de aminoácidos pueden ser cuantitativos y cualitativos. El perfil de aminoácidos debe ser balanceado.

Aun cuando el aminoácido en el análisis químico está presente en cantidad suficientes, no puede ser biológicamente disponible para el animal, por ejemplo la lisina se une a otras moléculas durante el proceso.

Metionina y fenilalanina pueden ser prescindidos o parcialmente reemplazados por cistina y tirosina (no esencial).

Metionina y lisina son usualmente los dos primeros aminoácidos limitantes. Los aminoácidos no esenciales tienen importancia en la palatabilidad de la dieta.

Requerimientos de lípidos y ácidos grasos

Los lípidos en la dieta juegan un papel importante en:

- Los procesos de producción de energía.
- Como fuente de ácidos grasos esenciales (AGE)
- Transportan ciertos nutrientes no grasos como las vitaminas liposolubles importantes en la palatabilidad.

Los peces marinos tienen un mayor requerimiento de ácidos grasos poli insaturados que los peces de agua dulce o anadromos.

Requerimientos de hidratos de carbono

Los glúcidos constituyen el grupo de nutrientes más controvertido dentro de las alimentación de los peces ya que no aparecen deficiencias y síntomas carenciales cuando están ausentes en su dieta; por tanto hay dificultad para establecer conclusiones precisas y claras, ya que el tema que ofrece todavía demasiadas incógnitas, no solo no resueltas, sino en algunos casos ni siquiera claramente planteadas.

Requerimientos de vitaminas

La mayoría de los peces requieren la vitamina C. Ocho vitaminas hidrosolubles son requeridas en relativamente pequeñas cantidades y tienen funciones de coenzima, son conocidas como las del complejo B. tres vitaminas hidrosolubles que son requeridas en mayores cantidades tienen otras funciones además de coenzimas y se refieren como macrovitaminas: C, inositol y colina.

Vitamina A: existe en forma de alcohol libre; una unidad de vitamina A se define como la actividad de 0,3 g de trans – retinol. Una función claramente establecida es su papel en la visión.

Vitamina E: conocida como tocoferol, su función principal es la de ser un antioxidante metabólico y de esta manera evita la oxidación de los fosfolípidos insaturados en las membranas. Un aumento de ácidos poli insaturados en la dieta produce un aumento de las necesidades de vitamina E en la dieta.

Vitamina D: se encuentra en dos formas: ergocalciferol (D2) y colecalciferol (D3). La radiación UV de dos provitaminas, ergosterol que se encuentran en las plantas y 7 – dehidrocolesterol, que se encuentra en la piel de los animales, producen vitamina D2 y D3.

Vitamina K: tiene función coagulante.

Tiamina: la deficiencia de esta afecta el sistema nervioso central de los peces, aves y mamíferos.

Riboflavina: es un compuesto de dos coenzimas, flavino mononucleótido (FMN) y flavin – adenin – dinucleótido (FAD) que son oxidasas y reductasas de grupos prostéticos que actúan sobre los productos de degradación metabólica de proteínas, hidratos de carbono y lípidos.

Niacina: participan en reacciones de oxidación – reducción. Las lesiones en la piel son síntomas de deficiencia de esta vitamina en los peces.

Ácido pantotámico: su función es de ser componente del coenzima A (CoA), que forma parte en la

transferencia de los grupos acil (2 – carbonos) en numerosas reacciones del metabolismo de las proteínas, lípidos e hidratos de carbono.

Piridoxina: es funcional en gran cantidad de enzimas del metabolismo de las proteínas, participa en descarboxilación y transaminación de los aminoácidos. No parece que ocurran deficiencias de vitamina B6 en peces alimentados con fórmulas prácticas.

Biotina: funciona como coenzima en reacciones de carboxilación y descarboxilación. Tiene función metabólica en la síntesis de ácidos grasos, oxidación de hidratos de carbono y síntesis de purinas. Se encuentran en gran variedad de materias vegetales y animales por lo tanto, las dietas no necesitan ser suplementadas con biotina.

Ácido fólico: dada la importancia del ácido fólico en la formación de los eritrocitos debe ser esencial para todos los peces aunque su deficiencia no ha podido ser determinada con precisión.

Vitamina B12: la cianocobalamina, es sintetizada solamente por microorganismos. Sus funciones en el organismo incluyen en colaborar con el ácido fólico en las transferencias de unidades simples de carbono, tales como grupos metilos para la síntesis de ácidos nucleóticos (DNA). La síntesis intestinal de la vitamina parece ser una fuente importante de algunos peces.

Colina: la mayoría de los peces necesitan colina en las dietas purificadas para un máximo rendimiento.

Inositol: componente estructural biológicamente activo, de las células de animales, no tiene funciones identificadas de coenzima, se encuentra conjugado con fosfolípidos como liposol.

Vitamina C: la mayoría de los peces y crustáceos son muy sensibles a las deficiencias de la vitamina C (Ácido 1-ascórbico). Una de las principales funciones es en el crecimiento y reparación de los tejidos, también tiene la función como mediador en la formación de colágeno y probablemente en hidroxilación de la prolina. La ausencia de esta vitamina produce la reducción de la velocidad de crecimiento, deformación de la columna vertebral, distorsión del cartílago de soporte de las branquias, áreas hemorrágicas bajo la piel, despigmentación y lenta curación de las heridas.

Requerimiento de minerales

Los peces pueden absorber los minerales disueltos en el agua a través de las membranas branquiales y, en el caso de los peces marinos, que beben agua, absorbiéndolos del intestino. La mayor parte de las necesidades de calcio y alguna de las de hierro, magnesio, cobalto, sodio, potasio y zinc pueden ser cubiertas a partir del agua.

Calcio y fósforo: la mayor parte está en el tejido esquelético y en las escamas. Entre el 20 y 40 % del calcio está en las escamas. El porcentaje en el cuerpo es de 0,5 a 1,0 % con una proporción de Ca/P de 0,7 a 0,2. También tiene función coagulante de la sangre, funcionamiento de los músculos, transmisión adecuada de los impulsos nerviosos, osmorregulación y para actuar como cofactor en varias reacciones enzimáticas. El 80 % de fósforo corporal de los peces está en los huesos donde se combina con el calcio para formar apatito o fosfato tricalcico.

Magnesio: el 70 % se encuentra en el tejido óseo. Actúa como una coenzima y activador de enzimas en el metabolismo de los hidratos de carbono y en la síntesis de proteínas. La deficiencia causa mal crecimiento, flacidez muscular.

Hierro: su función es como componente de la hemoglobina.

Cobre: relacionado con el metabolismo y absorción del hierro, actúa en la hematopoyesis (formación de hemoglobina); es esencial para el desarrollo de los huesos.

Yodo: es un componente de la tiroxina, la hormona del tiroides que regula la velocidad del metabolismo. La harina de pescado es una materia prima rica en yodo.

Cinc: es un microelemento importante (después del hierro), que se encuentra en el cuerpo de los animales. Se asocia con la digestión de las proteínas en el intestino como enzima. También es un cofactor en el metabolismo de los hidratos de carbono e interviene en la regulación del pH corporal.

Manganeso: funciona como cofactor en varios sistemas enzimáticos, tales como la síntesis de urea a partir de amoníaco, metabolismo de aminoácidos, ácidos grasos y oxidación de la glucosa. La deficiencia causa disminución del crecimiento.

Selenio: la función más notable es la de ser componente de la enzima glutatión oxidasa, que actúa junto a la vitamina E, como antioxidante biológico para proteger los fosfolípidos poli insaturados de las membranas celulares del daño de la oxidación.

Conversión alimenticia

Para el manejo en el cultivo de peces, se utiliza la conversión alimenticia: número de kilos de alimento para producir un kilo de animal vivo. Hay dos factores de conversión:

Instantánea: que se mide en cualquier punto de producción antes de cosecha final

Conversión acumulativa: que se mide en cosecha final.

- El crecimiento no es el mismo todo el tiempo. La eficiencia del factor tiende a ser menor en animal más grande.
- A menor conversión alimenticia mayor eficiencia de alimento.
- Se utiliza el factor de conversión con la tasa de crecimiento como un factor para determinar la mortandad. Si el factor de conversión es alto, es necesario chequear la calidad de agua. Mientras más ineficiente es la alimentación más deficiente es la calidad.

• SEGÚN TIPO ALIMENTO:

Alimento seco: Ideal: 1.1 – 1.3

Promedio: 1.5 – 2.0

Alimento fresco: Promedio: 5 – 6

Alimento congelado: pierde valor nutritivo por autólisis, pérdida de enzimas esenciales.

Ensilaje: ácido fórmico

• TIPO DE COMEDERO:

– **Manual**

– **Mecánico: De demanda o pistón**

Programables

• Calculo del alimento a proporcionar

Primero se determinara la biomasa (Kg)

$N^{\circ} \text{ de ejemplares} \times \text{peso promedio (g)} = \text{Kg. de biomasa}$

$\text{Alimento suministrado} = \text{Tasa Alimenticia} \times \text{Biomasa (Kg.)}$

----- por día

100

BALANCE DE ENERGÍA

Cuando la energía se transforma en energía neta disponible, para el metabolismo y el crecimiento, se pierde una parte considerable. Esta pérdida puede minimizarse conociendo los procesos de pérdida y cantidad de pérdida.

- *Energía Digerible (DE)*: parte de la energía del alimento que el pez absorbe.
- *Energía Fecal (Ef)*: energía que se pierde en las heces, viene a ser la energía del alimento menos la energía digerible.
- *Energía de excreción metabólica (Em)*: energía que se pierde por orina y branquias, producto del catabolismo principal de proteínas (desaminación)
- *Energía Metabolizante (EM)*: energía asimilable en el cuerpo.
- *Energía Neta (EN)*: energía usada para mantenimiento (Q_m) y crecimiento (C).
- *Metabolismo de mantenimiento (Q_m)*: energía para los procesos vitales, respiración, osmorregulación, desplazamiento, etc.
- *Requerimiento para mantenimiento (M)*: cantidad mínima de alimento para procesos metabólicos, manteniendo su peso corporal.

Ejemplo

Contenido de energía en glucosa: 703 kcal/mol

1 mol de glucosa. 2 moles de ácido pirúvico.. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

8 ATP 30 ATP

Total: 38 ATP = $38 \times 12,5 = 475 \text{ kcal}$

1 ATP: 12,5 kcal

Eficiencia: $(475 / 703) \times 100 = 67,5 \%$

Metabolismo energético

Energía Perdida

Energía Bruta 100

25 Heces

Energía Digerida 75

5 Excreción

Energía Metabolismo 70

15 Variación Calórica CO₂, H₂O

Energía Neta 55

25 Mantenimiento

Energía Crecimiento y Reproducción 30

ALIMENTACION DE LARVAS

- Las larvas se mueven muy poco, apenas están desarrollando sus ojos por lo que necesitan un estímulo importante de captura (inicialmente son cazadoras visuales principalmente y se guían también por quimiorreacción).
- Requieren 50–60% de proteína y 7–15% de grasas.
- HUFAs (EPA + DHA), ω-3 son importantes para la supervivencia, el crecimiento y la resistencia al estrés.

REABSORCIÓN DE VITULO

No aumenta necesariamente el tamaño de la larva

Aumento del tamaño de la boca y la apertura de la misma tarda: 5 – 6 días

Desarrollo digestivo: permeabilidad intestinal

Se da desarrollo de estructuras sensoriales y natatorias (vejiga de gas).

GLÓBULO DE GRASA

Dura 10 – 20 días, luego de la desaparición total del vitelo.

Al iniciar el consumo, aún no respira por branquias, lo hace por respiración cutánea (músculo liso rico en mitocondrias).

CAPACIDAD DE FILTRACIÓN DE LAS LARVAS

ÍNDICE DE FILTRACIÓN

- Edad y tamaño de las larvas
- Experiencia en la selectividad del alimento
- Temperatura del agua
- Concentración del alimento

- Presencia de pseudoheces

TOMA DE ALIMENTO

- Órganos de captura y manipulación: mandíbulas y órganos locomotores. El alimento lo toman con los dientes (se regeneran continuamente).
- El método empleado dependerá del tipo de alimento: tamaño, origen (herbívoro, omnívoro, filtrador), estado (vivo, inerte), hábitos alimenticios (de fondo, superficie, diurno, nocturno).

TIPO DE ALIMENTO USADO

- Fitoplancton: algas y microalgas
- Protozoarios: infusorios de ciliados y bacterias.
- Zooplancton: rotíferos: de agua dulce y marinos, crustáceos y microcrustáceos: artemia salina, copépodos, cladóceros.
- Microencapsulados.

Los principales problemas son sus exigencias respecto a tamaño de la boca, preferencia de alimento en movimiento y la carencia de enzimas en el alimento inerte (las presas vivas aportan pocas enzimas y añadir enzimas al alimento balanceado no funciona bien), al ir creciendo se va incrementando la cantidad de ácidos grasos.

Características deseables del plancton

- ◆ Cuerpo blando y/o fácilmente digerible
- ◆ Cubrir los requerimientos nutricionales de la especie
- ◆ Tener tamaño pequeño con respecto a la boca de la postlarva.
- ◆ Soportar altas densidades
- ◆ Cultivo ampliamente experimentado, que requiera de poco espacio para su cultivo, de fácil almacenamiento.
- ◆ Tener ciclo de vida corto, alta reproducción alimentación sencilla a bajo costo.

CULTIVO DE ALGAS

Las microalgas más usadas son eucariotas y unicelulares (3 –10 μ m). Lo más importante es que sean de fácil cultivo.

Tetraselmis suecica: rica en proteínas.

Chlorella: se usa para alimentar rotíferos, no se usa en moluscos, porque mata las larvas.

Isochrysis galbana: especialmente rica en DHA.

Tetraselmis nanochloropsis: de las más pequeñas que se cultivan, aproximadamente 3 μ m, alto contenido de HUFAs.

- **VALOR NUTRICIONAL:** 60% proteína bruta, 25% carbohidratos y 15% grasas
- **COLORACIÓN:** cianofíceas, crisofíceas, clorofíceas, silíceas, feofíceas, rodofíceas
- **TAMAÑO:** 10 – 20 μ m
- **REQUERIMIENTOS:**

Luz: crecimiento lento o rápido

Temperatura: 15 – 22°C para algas marinas y 20 – 30 °C para algas de agua dulce.

Salinidad: 0 – 37 (20)

pH: 7 – 8

Vitaminas: ayudan a soportar las altas temperaturas.

- **MOMENTO DE RECOLECCIÓN O COSECHA:** Fase exponencial.

CULTIVO DE ROTÁFEROS

- El tamaño es adecuado para un gran número de larvas de peces y crustáceos, se ajusta al tamaño de boca y requerimientos
- Nada en círculo, fácil de capturar, lentos al nadar y estimulan la captura.
- No es depredador
- No tiene caparazón gelatinosa
- Rápido desarrollo: aparecen a los 3 días posabonamiento, presenta picos de persistencia de 3–4 días, alta reproducción (duplican la población en un día)

ESTRATEGIAS DE SUMINISTRO DE ALIMENTO

- Usar la granulometría correcta para cada etapa de cultivo: tamaño de la boca vs. tamaño de la partícula.
- Alimentar de acuerdo a los muestreos de peso (1 – 3%) y reajustar la ración luego de cada muestreo.
- Alimentar con la frecuencia adecuada según edad, talla, condiciones físicas del agua (oxígeno y temperatura), del aire (lluvias, luminosidad) y uniformidad de la población.
- Evitar alto estrés en estanques por exceso de manipulación. No alimentar el día antes, ni el mismo día que se haga pesaje, cosecha, tratamiento medicado, etc.
- Observar la dirección del viento.
- Al alimentar debe respetarse el reflejo condicionado del pez como:
- Alimentar a las mismas horas. Dado que los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos.
- Debe alimentar la misma persona.
- Alimentar en los mismos lugares.

No escoger un solo sitio porque tiende a acumularse materia orgánica (alimento no consumido), además dificulta que coma toda la población, sólo lo harán los más grandes, incrementándose el porcentaje de peces pequeños.

La alimentación en un solo sitio es altamente eficiente en sistemas intensivos (300 a 500 peces/m²) y para animales de 1 a 50 gramos, ya que no les exige una gran actividad de nado.

La alimentación periférica se recomienda para peces mayores a 100 gramos, pues por encima de este peso

se acentúan los instintos territoriales en varios sitios del estanque.

Factores que dificultan el aprovechamiento del alimento:

- Turbidez o alta intensidad de luz
- Altura de la columna de agua
- Mal diseño de los estanques
- Dominancia jerárquica
- Tamaño del grano inadecuado
- Ingestión frecuente. El tiempo de flotabilidad no debe ser alto, máximo 15 minutos y en sistemas intensivos 1-1.5 minutos.
- Dietas mal balanceadas conllevan a alta emisión de heces, eutroficación del medio y florecimiento de algas que interfieren en el consumo de alimento artificial, porque los peces las consumen y porque las algas pueden producir crecimiento de especies tóxicas (hongos) que también son competidores por oxígeno.
- Sin embargo, durante el último mes de acabado los animales deben recibir una sobrealimentación moderada para mejorar el sabor.
- Los comederos mecánicos son especialmente útiles para alevinos.
- Se pueden utilizar combinaciones de métodos: 60 – 70% con comedero automático y el resto manualmente para aprovechar las ventajas que ofrece la supervisión.
- La confirmación de un buen método de alimentación es el pesaje periódico que permite calcular el crecimiento y el índice de conversión. La uniformidad se valora la presencia o no de jerarquización y si hubo selección adecuada del alimento en cuanto a formulación y/o tamaño.

EFFECTO DEL NIVEL DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA

ALIMENTO (Kg/Ha/día)	OXÍGENO (mg/L)	CLOROFILA MAX. (ppm)	AMONÍACO (ppm)
0	5,1	50	0,9
28	4,2	95	1,0
56	1,9	105	2,6
84	1,0	192	4,1
112	0,5	205	4,2
168	0,0	310	4,5
224	0,0	405	4,7

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE DIETAS PELETIZADAS Y EXTRUÍDAS

CARACTERÍSTICA	PELETIZADA		EXTRAÍDA
Densidad	Alta	Baja	
Flotabilidad	Baja	Fluctúa	
Nivel de alimentación	Tablas	A voluntad	
Manejo de alimento	Complicado	Fácil	
Estabilidad	Baja – Media	Alta	
Pérdidas en el agua	Media – Alta	Baja	
Digestibilidad	Media – Alta	Alta	
Impacto Ambiental	Medio – Alto	Poco	

Tiempo de engorde	Medio – Largo	Corto
Eficiencia Alimenticia	Media – Baja	Alta
Vitaminas y pigmentos	Adición anterior	Adición posterior
Calidad microbiológica	Aceptable	Buena – excelente
Cantidad de finos	Media – Alta	Baja
Acumulación de sedimentos	Alta	Poca
Limpieza estanque	Mayor	Menor
DBO	Mayor	Menor

Branquias (NH₃)

Orina (CO₂)

Excreción, desechos, absorción, formación de producto