



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

CURSO DE EXTENSIÓN EN PISCICULTURA

MEMORIAS

MAYO 3, 4 Y 5 DE 2004

ESTACIÓN PISCÍCOLA SAN JOSÉ DEL NUS

SAN ROQUE

CALIDAD DEL AGUA EN PISCICULTURA

La calidad del agua está dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las propiedades físicas son la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH y la turbidez. En general son los parámetros que presentan variaciones más fuertes.

Las propiedades químicas tienen variaciones mínimas excepto cuando se da alta contaminación de grado irreversible.

Las propiedades biológicas se miden por la ausencia o presencia de patógenos y por la productividad de los estanques (fitoplancton y zooplancton).

PROPIEDADES FISICAS

OXIGENO DISUELTO

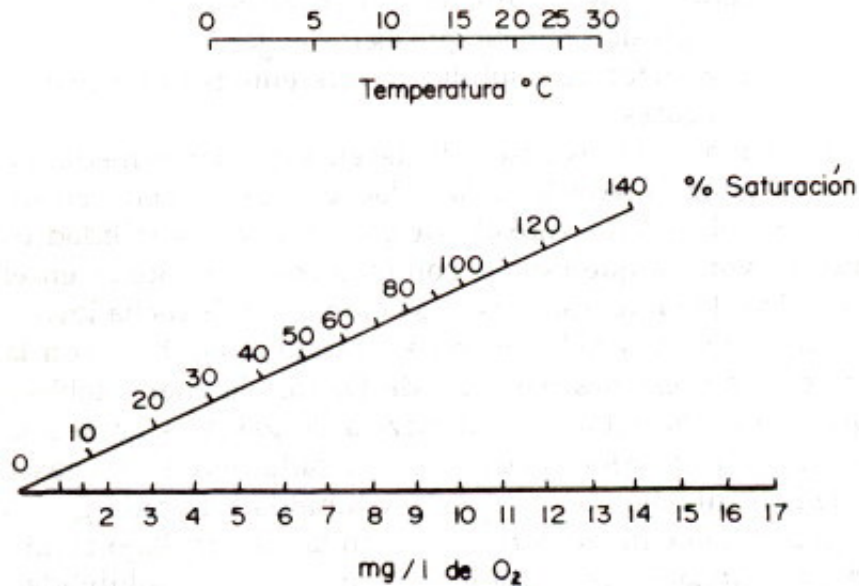
Es el factor físico más limitante en la producción piscícola, de él depende en gran medida la capacidad de carga de una explotación y los niveles de producción. Los peces lo captan a través de las branquias y su capacidad de captación se ve afectada por los niveles mínimos de oxígeno disuelto.

La tasa de saturación de oxígeno es el volumen máximo que se puede disolver en el agua con respecto a la temperatura. La concentración de oxígeno se debe mantener entre 80 - 100% de saturación, el cual se calcula de acuerdo a la temperatura y a la altura sobre el nivel del mar.

Altura snm (m)	Presión (nm)	Factor	Altura snm (m)	Presión (nm)	Factor
0	760	1,00	1400	639	1,19
100	750	1,01	1500	631	1,20
200	741	1,03	1600	623	1,22
300	732	1,04	1700	615	1,24
400	723	1,05	1800	608	1,25
500	714	1,06	1900	601	1,26
600	705	1,08	2000	594	1,28
700	696	1,09	2100	587	1,30
800	687	1,11	2200	580	1,31
900	679	1,12	2300	573	1,33
1000	671	1,13	2400	565	1,34
1100	663	1,15	2500	560	1,36
1200	655	1,16	2600	555	1,37
1300	647	1,17	2700	550	1,39
			2800	545	1,41
			2900	540	1,43
			3000	535	1,45

Para el cálculo de la saturación, se debe multiplicar el oxígeno disuelto encontrado por el coeficiente de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar o a la presión atmosférica. Luego con este valor se une el valor de temperatura del agua al valor de oxígeno recalculado y se

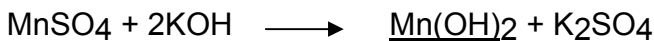
obtiene la saturación. Cuando se trabaja con oxímetros digitales, que han sido calibrados a nivel del mar, deberá tenerse en cuenta este aspecto y recalcular la saturación expresada.



El oxígeno se puede medir a través de oxímetro digital o por medio del método Winckler (kit de análisis Hach o Merck).

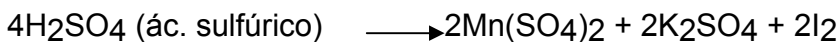
Método Winkler: (presición entre 0.1 - 0.5 mg/l)

•300 ml agua + 2 ml Mn₂SO₄ (sulfato de manganeso) + 2 ml KI (yoduro de potasio) →



El hidróxido de manganeso (Mn(OH)₂) forma un precipitado:

- Si el color es transparente: ausencia de oxígeno
- Amarillo pálido: poco oxígeno
- Pardo amarillo: oxígeno alto



Las moles de yodo son equivalentes a las moles de oxígeno, se titula con tiosulfato de sodio hasta que el color desaparezca, donde los ml de tiosulfato ≡ mg/l de oxígeno disuelto.

- Oxímetro: basado en la onda polarográfica de Clark (electrodos), es más exacto, precisión 0.01 mg/l, costoso.

El oxígeno residual (que permanece en el agua) debe ser 5.5. mg/l. Es también llamado máxima utilización del oxígeno en agua, porque de esta forma no se aumentan tanto los costos de producción teniendo que reoxigenarla para devolverla al medio.

Los factores físicos que afectan la concentración de oxígeno son temperatura, presión atmosférica, salinidad y pH.

- A mayor temperatura será menor la cantidad de oxígeno disuelto. El incremento de la temperatura aumenta la necesidad de oxígeno por parte del pez, debido al incremento de su metabolismo, y mucho más si ha recibido alimento. En agua fría, las moléculas se unen más y retienen mayor oxígeno.
- La altitud afecta la concentración de oxígeno en el agua debido a la presión atmosférica. A menor altura, es decir a nivel del mar, la presión atmosférica de oxígeno es mayor y es mayor la capacidad del agua para disolverlo, siempre y cuando la temperatura no sea alta.

Las tormentas se originan debido a una depresión atmosférica, ocasionando una disminución en el oxígeno disuelto, pasando el excedente a la atmósfera; estas pérdidas no son importantes, pero a veces puede coincidir con otros factores negativos y poner en peligro la vida de los animales, como ejemplo están las altas mortalidades que se dan en la noche durante el verano luego de haber pasado un aguacero, ya que el oxígeno está bajo por la depresión atmosférica causada por la lluvia, la temperatura del agua en verano es alta, lo que también lo disminuye, lo que se suma al consumo de oxígeno por parte de las plantas acuáticas y aún más si se ha suministrado alimento al finalizar la tarde. Esto es propio en explotaciones intensivas con niveles de oxígeno muy limitados.

- La salinidad también influye en la concentración de oxígeno, para la producción de especies marinas o de peces eurihalinos de agua dulce. A mayor grado de salinidad, menor será la concentración de oxígeno. A menor temperatura hay mayor concentración de oxígeno en agua dulce que en agua salina, sin embargo en el mar se incorpora bastante oxígeno por las mareas y la difusión, que son bastante eficientes, para incorporar oxígeno a dicho medio. La evaporación hace que se aumente la concentración de sales en el estanque.
- El pH ácido disminuye la capacidad de utilización del oxígeno.

El oxígeno a concentraciones elevadas también produce patologías en especies de aguas cálidas y frías, incluyendo el camarón. Este problema se conoce con el nombre de "síndrome de la embolia gaseosa o de las burbujas de gas". El aire pasa fácilmente de las branquias a la circulación, como éste fisiológicamente no lo puede mantener, el exceso se desprende en forma de burbujas que llegan hasta órganos o sitios vitales, los obstruyen e impiden la oxigenación

Los factores químicos que interfieren la concentración de oxígeno son:

- La contaminación con herbicidas, pesticidas o productos clorados que tienen gran predilección por el oxígeno.
- Los abonos que actúan favoreciendo la flora acuática.

- El encalado de estanques con cal viva. Antes de sembrar los peces, se deben llenar los estanques por lo menos hasta la mitad, para evitar altas mortalidades a la siembra por ser la cal un secuestrados de oxígeno.

Los factores biológicos que disminuyen la tasa de oxígeno son:

- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), equivalente al consumo nocturno que realizan las plantas acuáticas y subacuáticas.
- La demanda química de oxígeno (DQO) que equivale a la degradación de la materia orgánica por parte de bacterias aerobias que consumen oxígeno para ello, propio de estanques con alta concentración de materia orgánica.

Estanques eutróficos tienen alta variación de oxígeno en el ciclo día-noche, por lo cual, los peces tienden a concentrarse en partes del estanque, principalmente en la superficie para aprovechar la interfase, adoptan mecanismos de respiración aérea (facultativa), aumenta la respiración branquial o adaptación de otros mecanismos como expandir en 2 - 3 horas el maxilar inferior como sucede en algunos géneros de *Brycon* y *Colossoma* (similar a la que tiene los peces de respiración oral obligatoria).

Otros factores altamente importantes que tienen relación estrecha con el consumo de oxígeno, son: la especie íctica, el sexo, el peso y la fase de vida (crecimiento o reproducción).

El oxígeno disponible para los peces, es aquel que son capaces de tomar los peces a través de sus branquias. Se obtiene de la diferencia entre el oxígeno de entrada al estanque (O_e) y el oxígeno de salida o el oxígeno residual (O_r) que debe salir. El oxígeno residual ideal deberá estar entre 4.5 y 5.5 mg/l. Valores por debajo de este nivel, hacen el oxígeno disuelto poco disponible para los peces.

La capacidad de una piscícola para producción de peces, está determinada por esta diferencia ($O_e - O_r$), llamada delta de oxígeno (ΔO_2), el cual multiplicado por el caudal (Q) expresa el oxígeno disponible para los peces en una unidad de tiempo.

$$OD = Q * (O_e - O_r)$$

Donde:

OD= oxígeno disuelto disponible (mg/seg)

Q= caudal (l/seg)

O_e = Oxígeno de entrada o inicial

O_r = Oxígeno de salida o residual

Los datos sobre el comportamiento del oxígeno sólo serán confiables si se toman a las mismas horas, en especial a las horas más críticas (6:00 a.m. y a las 6:00 p.m) mínimo un día por semana para sitios claves de la granja y durante el mayor período posible (meses, años).

La degradación de la materia orgánica es mayor a temperaturas altas, por lo tanto se incrementa la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), afectándose el oxígeno disuelto para los animales.

Para que un estudio de temperatura de la fuente de agua de un lugar sea confiable, se debe tener un reporte mínimo de dos veces/día durante 5 años, siempre y cuando las variaciones que vaya presentando no sean fuertes, porque de lo contrario se requerirá de mayor tiempo.

Temperatura alta: Menos oxígeno disponible.
Mayor consumo de alimento.
Mayor consumo de oxígeno.
Mayor producción de CO₂.
Mayor metabolismo.
Mayor crecimiento pez (hasta un límite).
Mayor excreción de amoníaco.
Mayor DBO y DQO.

POTENCIAL HIDROGENO o pH

Es necesario conocer su valor y su estabilidad.

La estabilidad del pH se da por la llamada "reserva alcalina" o "sistema tampón" que depende de las concentraciones de carbonatos y bicarbonatos de todos los metales alcalinos y alcalino-térreos que en cierta forma determinan la dureza de las agua.

La reserva alcalina equivale a medir el óxido de calcio (CaO), el carbonato cálcico (CaCO₃) y los bicarbonatos.

Alcalinidad: H₂CO₃=: presente a pH menores de 5.5
HCO₃⁻: presente a pH 6 - 8.5
CO₃⁼: presente a pH entre 8.5 - 10.5
OH⁻: presente a pH mayores de 11

A menor pH mayor mortalidad, sin embargo con la edad y el tamaño, la resistencia del pez a pH ácido aumenta.

Las aguas ácidas pobres en calcio y en presencia de lluvias, hacen que descendan aún más los niveles de pH, por lo cual se debe incorporar cal para evitar caídas bruscas en éste. Las aguas se acidifican porque al llover se incorpora CO₂, el cual también proviene de fábricas productoras de H₂SO₄, el HNO₃ (ácido nítrico) también es arrastrado por las lluvias, la explotación de carbón también acidifica produciéndose Fe(SO₄), el azufre también forma H₂S (ácido sulfhídrico) en medios anaerobios, también los ácidos húmicos disminuyen el pH.

Si hay presencia de CO₂ en aguas ácidas, el problema se acrecienta porque se acidifica más el agua, creando problemas de osmorregulación y acidificación de la sangre. En aguas reutilizadas en cultivos intensivos, se debe tener en cuenta este problema, porque se aumenta más con el resultado de la respiración de los peces. A menor pH disminuye la productividad primaria porque prolifera fitoplancton (hongos) que atrapa y fija el fósforo,

inhibiendo su función y dándose un mayor proceso de oligotroficación, menor concentración de oxígeno y disminución de la celulosa.

El pH ideal esta entre 6.5 - 7 porque el producto final del metabolismo en peces es amoníaco, el cual es tóxico en su forma no ionizada NH_3 , la cual se presenta con mayor facilidad a pH básicos, ya que en medios con más acidez se convierte en NH_4^+ .

pH ácido: Mayor NH_4^+
oxígeno bajo.

pH básico: Mayor NH_3

TURBIDEZ

Se mide a través de los sólidos disueltos (por medio del disco Secchi) como consecuencia de la riqueza mineral de las fuentes de agua y de los materiales en suspensión producto de la actividad metabólica de los animales, del alimento desperdiciado por éstos y de la fotosíntesis.

La turbidez puede impedir la reproducción, reducir el crecimiento y ser letal para los peces.

Sólidos disueltos: Puede ser material mineral u orgánico y son responsables de la turbidez del agua (esta es diferente a la que se origina de los desechos de los peces).

A mayor concentración de iones, mayor conductividad por lo tanto mayor alcalinidad. Los iones responsables de la conductividad son llamados macronutrientes (Ca^+ , Mg^+ , K^+ , Na^+ , carbonatos, cloruros, sulfatos, etc.). Los ríos generalmente en su nacimiento son oligotróficos, pero su turbidez aumenta al arrastrarse a través de lechos erosionados, por escorrentía, contaminación industrial, etc.

El tamaño, composición, dureza, tipo e irregularidad morfológica de los sólidos, tienen que ver con su grado de agresividad.

La turbidez también incide sobre la luz en el agua, produciéndose poco alimento natural (poca fotosíntesis) y dificulta la habilidad de los animales para ver el alimento suplementario, por lo que se irá al fondo aumentando los problemas de turbidez y sedimentación. Esto es muy frecuente luego de lluvias.

Nivel de turbidez: estanques limpios: menor de 25 mg/lit.
estanques intermedios: 25 - 100 mg/lit.
estanques lodosos: 100 mg/lit.
Nivel permisible: no mayor de 70 mg/lit.

Material en suspensión (MES): Son producto de los desechos de los animales y del alimento no consumido. La diferencia entre sólidos disueltos y el MES es que éste es producido por la propia explotación. Se presentan problemas por el consumo de oxígeno y la formación de productos tóxicos.

La presentación del alimento tiene efecto directo sobre el consumo de oxígeno. Cuando el alimento se presenta seco, el porcentaje no consumido oscila entre 1 - 5%, si se da en forma de pellets húmedos 5 - 10% y si es alimento fresco (pescado, lombriz, vísceras, etc.) su valor estará entre 10 - 30%.

La producción de MES está ligada también al tamaño de las partículas de alimento que influyen para que los animales no lo desperdicien, la cantidad de alimento distribuido de acuerdo a la talla y la temperatura del agua, la técnica de suministro para que sea consumido totalmente y no se precipite y por último la uniformidad de los animales del estanque para que todos tengan igual oportunidad de consumo y no se pierda alimento.

Los valores de MES expresado en porcentaje de la cantidad de alimento distribuido varían desde 30% (Willoughby, 1972), 45% (Faure, 1977), 50% (Warren-Hansen, 1979) hasta 52% (Liao, 1971). Su variación es producto de los diversos manejos que se dan en las piscícolas.

Lo anterior afecta además del agua de los estanques, el agua que se devuelve al medio y la población natural de los ríos.

El MES cubre en época de reproducción los huevos de los peces que habitan las quebradas, lo que ocasiona reducción en la repoblación o inclusive la desaparición de la especie.

Los estanques en tierra son menos contaminantes de los ríos que los estanques de concreto. Los sólidos en los estanques en tierra se acumulan en el fondo incorporándose al terreno, con lo cual no polucionan tan fuerte los ríos, sin embargo, consumen oxígeno en la degradación orgánica, con lo cual también se disminuye la capacidad de carga del estanque.

Las deyecciones de los peces no se encuentran en su totalidad en estado sólido, alguna cantidad son coloides que no se logran eliminar por sedimentación. La velocidad de eliminación de las heces por sedimentación dependerá del peso de la partícula, que está en relación directa con el peso del animal.

La claridad que ha perdido un cuerpo de agua por las partículas en suspensión, hace necesario emplear mecanismos de decantación o separación que son más demorados y costosos y no disminuyen la concentración de amoníaco, lo que obliga a tratar después con un inyector de oxígeno que recupere el nivel del gas y desplace el amoníaco.

PROPIEDADES QUIMICAS

Su importancia radica en que proceden de la degradación de la materia orgánica y al sufrir ese proceso de mineralización dan origen a productos tóxicos como el amoníaco y los nitritos.

Son menos importantes en piscicultura intensiva porque el animal no depende de la productividad del estanque para su desarrollo, sino del alimento completo suministrado.

CARBONATOS

La riqueza de carbonatos y bicarbonatos que hacen posible la proliferación de plancton, miden la productividad de las aguas. Son los iones de mayor concentración en el agua, principalmente en forma de HCO_3^- porque el pH se mantiene entre 6 - 8.

EL CO_2 procedente de la respiración y descomposición de materia orgánica al mezclarse con el agua se convierte en H_2CO_3 (ácido carbónico) que es débil y se puede convertir en bicarbonato (HCO_3^-) y carbonato (CO_3^{2-}), los cuales también se disocian produciendo iones hidroxilos (OH^-) que son neutralizados por los iones H^+ presentes en el agua, por lo cual el pH permanece constante.

La importancia de las bases de calcio y magnesio que haya en el agua radica en :

- El calcio ayuda a la formación de huevos y dientes en los peces y el magnesio es necesario para la fotosíntesis.
- Poder formar carbonatos y bicarbonatos, pues la alcalinidad se mide por la riqueza de bicarbonatos (HCO_3^-). El ácido carbónico (H_2CO_3) se encuentra sin disociar a pH ácido (4), pero se disocia al aumentar el pH.

DUREZA

La dureza es la concentración de iones de calcio y magnesio, a mayor dureza mayor productividad, pero pocas especies lo soportan.

La dureza puede ser temporal (precipitación de carbonatos) o permanente (principalmente sulfatos y cloruros de calcio y magnesio, que no se precipitan). Si el CO_2 está bajo en el agua hay precipitación de carbonatos de calcio, formando limos en el fondo del estanque. Puede haber aguas blandas con alcalinidad alta y viceversa.

Componente	Clase	Situación
< 10 mg/l CaCO_3	1	Aguas pobres
10 – 20 mg/l CaCO_3	2	Productividad muy baja
20 - 40 mg/l CaCO_3	3	Productividad baja
40 – 80 mg/l CaCO_3	4	Productividad media
80 – 110 mg/l CaCO_3	5	Aguas aptas para piscicultura
110 – 150 mg/l CaCO_3	6	Aguas duras
> 150 mg/l CaCO_3	7	Aguas muy duras

En cultivos intensivos el exceso de calcio genera más problemas que los que causaría su escasez. Aguas procedentes de manantiales o las de piscícolas intensivas con alta reutilización son ricas en CO_2 , por lo tanto debe eliminarse antes de utilizarlo.

ALCALINIDAD

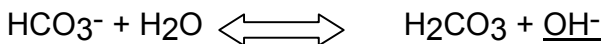
Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos, presencia de iones carbonato y bicarbonato en el agua

Componente (Alcalinidad total)	Clase	Situación
-----------------------------------	-------	-----------

< 25 mg/l HCO ₃ ⁻	1	Alcalinidad débil. Aguas poco productivas
25 – 50 mg/l HCO ₃ ⁻	2	Aguas poco productivas
50 – 100 mg/l HCO ₃ ⁻	3	Alcalinidad baja
100 – 150 mg/l HCO₃⁻	4	Alcalinidad media. Aguas muy productivas
150 – 250 mg/l HCO ₃ ⁻	5	Alcalinidad media. Aguas poco productivas
250 – 300 mg/l HCO ₃ ⁻	6	Alcalinidad alta
>350 mg/l HCO ₃ ⁻	7	Alcalinidad muy alta

CO₂

Tiene acción tampón, se requiere para la fotosíntesis y constituye la materia orgánica
Valores de CO₂ de 6 mg/l son normales, 12 - 18 mg/l son peligrosos.



Si hay bicarbonatos y carbonatos, se producen hidroxilos (OH⁻) y al adicionarse H⁺ se neutraliza, por lo cual el pH se mantiene constante.

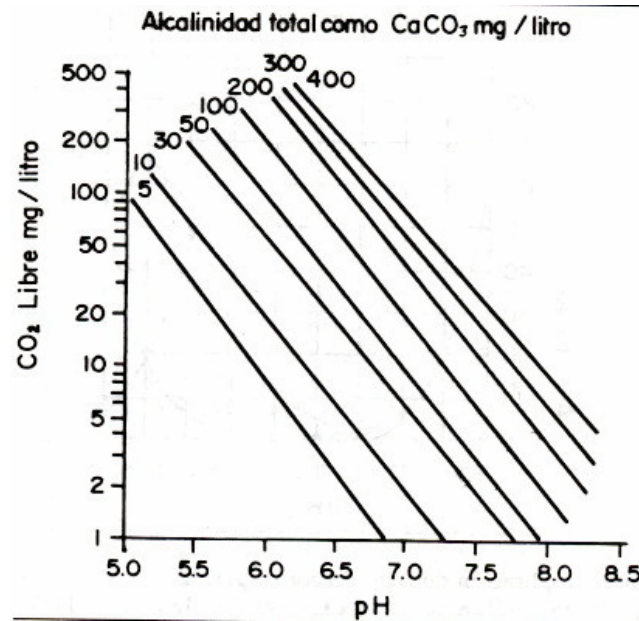
Medios oligotróficos: pH estable

Medios eutróficos: cambios bruscos de pH

El CO₂ se mide en agua de acuerdo al valor de alcalinidad (expresada en mg/l) a un pH dado. Este método fue desarrollado por RainWater y Tatcher, 1960.

pH	Factor	pH	Factor	pH	Factor
6,0	1,937	7,0	0,194	8,0	0,019
6,1	1,539	7,1	0,154	8,1	0,015
6,2	1,223	7,2	0,122	8,2	0,012
6,3	0,970	7,3	0,097	8,3	0,010
6,4	0,772	7,4	0,077	8,4	0,008
6,5	0,613	7,5	0,061	8,5	0,006
6,6	0,486	7,6	0,049	8,6	0,005
6,7	0,386	7,7	0,039	8,7	0,004
6,8	0,307	7,8	0,031	8,8	0,003
6,9	0,244	7,9	0,024	8,9	0,002

Existe otro método para relacionar la alcalinidad y el pH para obtener el valor de CO₂ libre, expresado en mg/l. Esta tabla trabaja con valores de alcalinidad entre 5 – 400 mg/l, de acuerdo a la tabla de Moore, 1939.

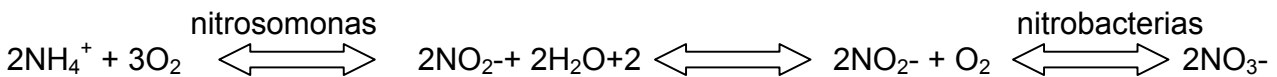


COMPUESTOS NITROGENADOS

El NH₄⁺ y el NO₃⁻ son las principales fuentes de nitrógeno en el agua y la principal forma como la toman las especies acuáticas.

El NH₄⁺ procede de la excreción metabólica y de la degradación de la materia orgánica de las heces, se puede encontrar en altas concentraciones en piscícolas con alta recirculación de agua.

Esta carga amoniacal que se elimina por procesos de nitrificación biológica, debido a bacterias autótrofas que habitan generalmente los estanques en tierra y que requieren oxígeno.



Los nitritos resultantes son tóxicos para los peces, pero en presencia de oxígeno se transforman en nitratos, los nitratos (NO₃) son menos tóxicos que los nitritos (NO₂).

Por lo tanto el NO₂⁻ se encuentra a bajas concentraciones de oxígeno y el NO₃⁻ presenta buena concentración si el agua tiene buen contenido de oxígeno.

Componente	Clase	Estimación
< 0.01 mg/l NO ₂ ⁻	1	Aguas puras
< 0.1 mg/l NO ₂ ⁻	2	Contaminación encubierta
= 0.1 mg/l NO ₂ ⁻	3	Contaminación sensible
> 1 mg/l NO ₂ ⁻	4	Estado crítico de contaminación

Aguas ricas en nitritos deben rechazarse para piscicultura

AMONÍACO

El NH₄⁺ presenta baja concentración en medios aerobios. El ión amonio necesita dos moléculas de oxígeno para su nitrificación, entonces en lagos eutroficados es de esperarse que su nivel sea bajo o nulo.

El amoníaco es la cadena final del ciclo del nitrógeno, en su forma ionizada NH₄⁺ no es tóxico, pero si el medio es básico se torna en NH₃ que es nocivo, por lo tanto el medio ácido será menos peligroso, ésto también está influído por la temperatura. El agua a mayor temperatura, mayor toxicidad por una alta concentración de NH₃, debido a fotosíntesis, lo que hace básico el pH.

El aumento de CO₂ también reduce el valor del pH y disminuye la toxicidad por disminución del amoníaco en su forma no ionizada. Una concentración baja de oxígeno aumenta la toxicidad del NH₃ y una tasa alta de HCO₃⁻ aumenta la toxicidad del producto.

TOXICIDAD DEL AMONÍACO (Liao y Mayo, 1972)

	Amoníaco (NH ₃)	Amonio (NH ₄ ⁺)
Óptimo	0 mg/l	0.4 mg/l
Aceptable	0.006 mg/l	1.0 mg/l
Aceptable x 15 días	0.025 mg/l	1.6 mg/l
Mortalidad total (24 h)	0.08 mg/l	3.0 mg/l

OTROS COMPUESTOS

CLORUROS

Están generalmente en forma de cloruro de sodio y expresan salinidad. Al ser mayor la evaporación que la precipitación, las aguas incrementan su salinidad, aumentándose la conductividad y la productividad, pero haciendo efecto sobre la diversidad biológica.

SULFATOS

Son los aniones más importantes en el agua luego de los carbonatos. El ácido sulfhídrico (SH₂) procede generalmente de la descomposición orgánica, es altamente tóxico para peces. EL pH del agua influye en la presentación del ácido sulfhídrico en forma disociada o no (que es la tóxica). El ión sulfato (SO₄⁼) se presenta en formas aeróbicas, pero en el fondo del estanque se encuentra en forma de ácido sulfhídrico (H₂S), mientras más bajo sea el pH, mayor será la concentración de H₂S, el nivel máximo permitido es 0,002 mg/l. En presencia

de oxígeno y de ciertas bacterias se transforma en sulfatos, cuyos valores medios son 2 - 100 mg/l.

SO₄⁼, HS⁻ a pH mayores de 8.0

H₂S a pH entre 5 - 8 (causa corrosión a aireadores, alimentadores automáticos, turbinas).

El ácido sulfhídrico y el metano son gases que se forman en zonas anóxicas del estanque.

FOSFATOS

Los fosfatos no son tóxicos pero dan origen a gran proliferación vegetal. Es el factor más limitante en la productividad primaria, la disponibilidad de fosfatos (ortofosfatos PO₄⁼) aumenta a pH básico, eso explica porque las aguas básicas son más productivas que las ácidas.

Proviene de vertidos industriales (detergentes) u orgánicos (abonos), de las aguas lluvias, etc. No son tóxicos, pero dan origen a proliferación vegetal y tienen que ver con la productividad de los estanques

Componente	Clase	Estimación
< 10 mg/l PO ₄ ⁻	1	Aguas poco productivas
10 y 50 mg/l PO ₄ ⁻	2	Aguas poco productivas
50 – 150 mg/l PO ₄ ⁻	3	Productividad media
150 – 300 mg/l PO ₄ ⁻	4	Gran productividad, eutrofismo
300 – 500 mg/l PO ₄ ⁻	5	Aguas contaminadas
> 500 mg/l PO ₄ ⁻	6	Aguas eutróficas y claramente contaminadas

MATERIA ORGANICA

Se determina midiendo el oxígeno consumido para la oxirreducción de la materia orgánica del agua sin intervención de organismos vivos (DQO).

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es una medida de oxígenos que usan los microorganismos para decomponer los desechos y disminuye la concentración de oxígeno disuelto. Los nitratos y los fosfatos, contribuyen a los niveles altos de DBO. A mayor temperatura del agua habrá altos niveles de DBO. Al aumentar la temperatura del agua aumenta, la velocidad de la fotosíntesis aumenta, las plantas crecen y mueren más rápido, aumentando la velocidad de producción de desechos.

Otros productos tóxicos son el cobre, cianuro, detergentes aniónicos, hierro (obtura las branquias, si hay presencia de oxígeno se precipita y corroe máquinas), mercurio, fenoles (alteran el sabor del pescado), taninos, silicatos (necesarios para esponjas y diatomeas).

PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Es la capacidad que tiene el cuerpo de agua para desarrollar fauna y flora. Aun cuando no se vaya a aprovechar, es importante por el efecto negativo en la noche, por las bajas de

oxígeno y por la presencia de parásitos que pueden ocasionar. También por presencia de bacterias en especial aguas que reciben desechos humanos con coliformes fecales.

CONTAMINACIÓN EN AGUA

La polución se define como la pérdida que sufre el cuerpo de agua de las características físicas, químicas y biológicas por el empleo que se hace de ella.

OXIGENO: Cuando los peces se agrupan frente a la entrada de agua, significa que hay carencia de oxígeno. Sin embargo, esta no debe ser la medida a considerar porque los animales cuando hacen esto es porque ya están en el límite de tolerancia.

Cuando los peces consumen alimento, la disminución de oxígeno se puede observar luego de 15 - 30 minutos de la ingestión.

La anoxia se puede presentar en un estanque por combinación de factores, entre ellos los más importantes son: Exceso de detritos, exceso de fitoplancton, nubosidad y poblaciones desbalanceadas de plancton - zooplancton, el cual consume todo el fitoplancton.

El control de la anoxia puede ser biológico (policultivos de peces con diferentes hábitos de consumo de fito y zooplancton), físico: aireación (sopladores, turbulencia, aspiradores venturi) o químico: superfosfato (sulfato de calcio) que estimula la formación de fitoplancton.

pH: Las aguas ácidas producen irritación en branquias que reaccionan cubriéndose de moco y en estados avanzados puede llegar a la destrucción del epitelio.

Las aguas ácidas ricas en hierro son peligrosas por la precipitación de hidróxido férrico en las branquias, tomando color marrón, donde se da taponamiento y el pez muere por asfixia.

El pH básico presenta problemas porque el pez reacciona produciendo moco en las branquias, aparece hipertrofia de las células basales y en períodos de larga exposición puede finalizar con una destrucción histológica.

Truchas expuestas a pH de 10.2 por pocos días se encontró que se aumentaba la necrosis de la aleta dorsal y caudal y terminaron en ceguera total, además de lesiones en cristalino y córnea.

NITRITOS: Los nitritos son tóxicos para los peces por formar con la hemoglobina (Hb) compuestos estables, impidiéndole que transporte el oxígeno a los tejidos y formando la metahemoglobina, por lo que el pez presenta problemas respiratorios, van al fondo del estanque, presentan gran movilidad de los opérculos y muere. A la necropsia las branquias y la sangre se observan color chocolate.

AMONIACO (NH₄⁺): Irrita el epitelio mucoso que recubre las laminillas branquiales y es a través de ésta donde se da la eliminación de NH₄⁺ desde el pez al medio externo.

Si está en concentraciones bajas, se da tumefacción de las laminillas branquiales tornándose gelatinosas y disminuye considerablemente la superficie de contacto con el agua.

Si este problema es por poco tiempo, la situación es reversible, pero si se prolonga, se da hiperplasia y engrosamiento del tejido epitelial branquial, creando dificultad no solo en el paso del oxígeno al animal, que aún siendo alto no logra captarlo, sino en la excreción de NH_4^+ , muriendo por asfixia e intoxicación.

De igual manera esta situación facilita la entrada de bacterias al organismo, haciendo más difícil la supervivencia.

El amoníaco también tiene acción irritante en el tegumento cutáneo, hemorragias en intestino, riñones e hígado.

Se cree que la pseudobranquia que se encuentra en la cara interna del opérculo branquial, tiene importancia en la migración o no de NH_3 al medio. Según sea el pH secreta CO_2 al medio para acidificar localmente la branquia y poder eliminar el amoníaco al agua (como NH_4^+), porque el NH_3 migraría desde el medio alcalino al ácido.

Si el $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$ está alto, se debe bajar la carga de animales, disminuir alimento y oxigenar que es lo más económico, tratar de bajar temperatura y pH es económicamente improbable y de escaso efecto.

MATERIALES EN SUSPENSION: Cifras mayores de 70 mg/l (para truchas) son peligrosas en cultivos industriales en especial para los huevos porque no le permiten realizar su intercambio gaseoso a través de la membrana externa del huevo y las larvas originadas de estos huevos nunca tendrán la vitalidad deseada o propia de huevos bien incubados.

En alevinos produce hiperqueratosis de la mucosa branquial, por lo cual no pasa el oxígeno.

Preparó y elaboró:

MONICA CECILIA BOTERO AGUIRRE.

Profesora Escuela de Producción Agropecuaria

Última revisión abril 2004

NOCIONES DE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN EN PECES

PROTEÍNA

El requerimiento de proteína se ve afectado por la edad, la especie, la fase fisiológica, calidad de la ración alimenticia y condiciones medioambientales como temperatura y oxígeno disuelto, por lo tanto cuando una especie no está dentro de su temperatura óptima, ni posee independencia respiratoria, es costoso e innecesario suministrarle alimento con el nivel de proteína óptimo para su mejor crecimiento, porque no lo aprovechará. Un aumento en la temperatura y la salinidad incrementan las necesidades de proteína en los peces.

La cantidad mínima de proteína en dieta de tilapia debe ser 35 - 36% para un óptimo crecimiento, aun cuando la conversión es buena en todos los niveles.

El exceso de proteína en la dieta aumenta la excreción de amoníaco como NH_3 a través de las branquias, lo que trae mayores riesgos, el exceso va al hígado y se convierte en glicógeno o triglicéridos (reserva de carbohidratos). Una deficiencia de proteína disminuye la actividad motriz y el grado de apetencia.

LIPIDOS

Los peces necesitan 20 - 30% de grasas en la dieta, en promedio 24%. El 35 - 40% de la ED puede provenir de la grasa. Los peces mayores utilizan mejor las grasas que los pequeños, su absorción es menor en cuanto mayor sea el contenido de lípidos en la dieta y se convierte en glicógeno o triglicéridos, que se almacenan en hígado.

La temperatura influye sobre el punto de fusión de las grasas, si el punto de fusión de éstas, está por encima de la temperatura ambiental se solidifican y dificulta la digestión. Las grasas líquidas son más utilizadas por los peces que las de alto punto de fusión.

Para los peces de agua dulce son esenciales el linolénico y linoleico. Los ácidos grasos ω_3 tiene menor punto de fusión, los aceites de pescado son ricos en AGPI (ácidos grasos poli-insaturados- ω_3), siendo más abundantes en los peces de agua dulce que en los marinos. Los aceites vegetales son ricos en AGI (ácidos grasos insaturados- ω_6).

Ácidos grasos de importancia:

Ac. oleico	18:1 ω_9
Ac. linólico o linoleico	18:2 ω_6
Ac. linolénico	18:3 ω_3
Ac. araquidónico	20:4 ω_6
Ac. eicosapentaenoico	20:5 ω_3
Ac. Clupanodónico o docosa pentaenoico	22:5 ω_3
Ac. docosahexaenoico	22:6 ω_3

Los ácidos grasos necesarios para peces son más del grupo ω_3 que ω_6 o ω_9 . Los peces de agua dulce usan más las cadenas de C16 y C18 del tipo ω_6 , los peces marinos y de aguas frías los C20 y C22 tipo ω_3 .

Es de tener en cuenta que a mayor temperatura se aumenta el nivel de lípidos, pero se disminuye el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados y los peces de aguas frías necesitan mayores cantidades de éstos que los de aguas cálidas.

A partir de los ácidos grasos oleico, linoleico y araquidónico (insaturados) se sintetizan los poli-insaturados como el linolénico y docosahexaenoico; sin embargo, el pez carece de enzimas para ello y se deben suministrar en la dieta.

La carencia de ácidos grasos esenciales afecta crecimiento, pigmentación, produce degeneración de la aleta caudal y aumenta la mortalidad. En trucha una deficiencia de ácidos grasos adicionalmente produce anemia, distrofia muscular, aumenta el porcentaje de mortalidad hasta 15%.

Una grasa de mejor calidad mejora el aprovechamiento de la proteína en la dieta. La digestión de las grasas requiere de menos gasto de oxígeno que los aminoácidos y los azúcares. El exceso de grasa en el alimento conlleva a menor crecimiento por mal aprovechamiento de las proteínas, mayor depósito de grasa corporal, daños en hígado, estrés y mortalidad.

HIDRATOS DE CARBONO

No son esenciales en peces, son una fuente secundaria de energía, aun cuando se necesitan para disminuir costos en la ración cuando sustituyen la energía producida por las proteínas, se necesitan para aglutinar y dar estabilidad al alimento y pueden servir para la síntesis de aminoácidos esenciales.

Los requerimientos energéticos en los peces son bajos por varios motivos, entre ellos el de ser poiquiloterms, por lo cual no tienen un consumo de energía para ajustar su temperatura corporal, su actividad muscular es menor que la de animales terrestres por la facilidad de desplazamiento que ofrece el medio acuático, por los movimientos regulados por la vejiga de gas que les facilita su posición hidrostática (subir o bajar) y por requerir menos energía para el proceso de excreción, pues sus mecanismos (branquias y riñones) son eficientes.

Se deben suministrar niveles menores de 12% en la dieta (20 - 25%), niveles superiores al 20% retrasan el crecimiento acumulándose glucógeno y grasa en el hígado (hepatomegalias), los peces se comportan como diabéticos ante altas concentraciones glucosa, ya que no secretan las cantidades adecuadas de insulina, además, afectan la digestibilidad de la proteína y por ende su eficacia.

La temperatura corporal de los animales acuáticos está algunos grados por encima de la del agua por la actividad que realizan y por el metabolismo que produce calor. El aumento en la temperatura del agua incrementa las necesidades energéticas del pez; por lo tanto, son mayores los requerimientos energéticos en peces de aguas cálidas que de aguas frías, considerando también la dieta y el tamaño de los animales.

El gasto metabólico es mayor en carnívoros que en herbívoros por el consumo más alto de proteína; sin embargo, la proteína a pesar de aportar mayor rendimiento energético produce desechos nitrogenados más tóxicos y una alta tasa de excreción.

La fibra puede mejorar la estabilidad del alimento y servir como distribuidor uniforme de los nutrientes (integridad estructural), pero se debe mantener en niveles de 5%, máximo 8 - 10% porque para los carnívoros es menos digestible que para herbívoros, expulsándose en mayor cantidad al agua y produciendo mayor contaminación del medio.

Los carbohidratos generan mucha producción de sólidos disueltos, 30 – 60 g de sólidos en suspensión por cada Kg. de alimento debido a su baja digestibilidad, principalmente para peces carnívoros, por tanto, se suele aumentar la proteína o las grasas, pero ello incrementa la producción de amoníaco y/o la deposición de grasas en el pez.

VITAMINAS

Los requerimientos van de acuerdo al tamaño, edad, crecimiento, temperatura, tensión, balance de la ración y estación del año. En general, durante la época del año (p.e. verano), donde el alimento natural abunda, hay mayor concentración de vitaminas.

Las vitaminas se deben agregar generalmente en mayor concentración que las requeridas, por las pérdidas que se presentan debido a la actividad biológica de las mismas (funciones metabólicas), oxidación, enranciamiento, pérdidas por calor (en los procesos de fabricación del alimento) y si el alimento se distribuye en el agua se pierden más, especialmente las vitaminas hidrosolubles. Algunas vitaminas son muy sensibles a los factores ambientales que estimulan la oxidación y descomposición como calor, humedad, luz y presencia de aire o diversos oxidantes. Tales vitaminas se descomponen con facilidad durante el procesamiento o el almacenaje. El calor afecta en especial las concentraciones de vitamina B12, ácido ascórbico, ácido pantoténico y piridoxina. Las más sensibles a agentes oxidantes son piridoxinas, ácido ascórbico, vitaminas B12, E y K.

Las variaciones en el requerimiento también pueden deberse a una diferencia en la capacidad de absorber, transportar y metabolizar las vitaminas presentes en el alimento debido a la presencia o no de las otras sustancias, por ejemplo los peces agastros carecen de HCl, pero aún no se ha estudiado su capacidad frente a los que sí poseen estómago.

MINERALES

Los peces son capaces de absorber parte de los minerales que requieren del agua a través de las branquias o de la superficie corporal, lo que no sucede con animales terrestres. La absorción de minerales del agua, es un proceso vital para la osmorregulación en los peces de agua dulce, además de ser importante desde el punto de vista nutricional. El grado de absorción de minerales varía entre las especies de peces y con las variaciones de ciertos factores ambientales, como concentración de minerales, temperatura y pH del agua, lo que hace difícil determinar el requerimiento global de minerales de los peces y la cantidad que debe aportarse complementariamente en el alimento, parece ser que los minerales

absorbidos no satisfacen el requerimiento total y es necesario cierto aporte complementario por parte de la dieta, ya sea en el alimento natural o en la alimentación complementaria.

Parte de los minerales se disuelven durante el procesamiento de alimento, la mayor parte de los minerales hidrosolubles de la carne de pescado son arrastrados por el agua durante el procesamiento, por lo que sólo quedan en el alimento los minerales insolubles en agua o incluso nada más ácidos débiles. En otros alimentos los minerales están presentes, pero tienen digestibilidad reducida.

El grado de absorción de los minerales varía en función de la especie, concentración de los mismos, temperatura y pH del agua, lo que dificulta conocer los verdaderos requerimientos y saber cuanto se debe aportar en la dieta. Aguas blandas, es decir, con poca concentración de iones, obligan a los peces de agua dulce a mayor gasto de energía, pues se les hace más difícil captarlos, para poder conservar esa relativa hipertonicidad con respecto al medio.

Los minerales son necesarios para los peces en la formación de huesos, escamas y dientes.

Los alimentos para peces deben tener niveles del 10 - 12% de cenizas en la dieta, máximo 17%, si son alimentos ecológicos su nivel estará entre 6 y 9%.

ETAPA LARVARIA y ALIMENTO VIVO

Uno de los principales problemas que presenta la acuicultura es la alimentación de poslarvas y alevinos de algunas especies, por sus exigencias respecto al tamaño del mismo y a la preferencia por alimento en movimiento, así como carencia de enzimas en el alimento inerte. Las enzimas exógenas aportadas por el zooplancton contribuyen significativamente al proceso de digestión y el alimento vivo también aporta vitamina C que favorece el fortalecimiento de la membrana celular, haciéndola más resistente a ataque de hongos y bacterias. El alimento natural presenta un gran contenido energético y contribuye para que la excreción de nitrógeno por parte de la larva sea baja, favoreciendo la calidad del agua. En conclusión el alimento vivo crea un ambiente natural más adecuado.

La larva se caracteriza por poseer vitelo. La vesícula vitelina posee una gota lipídica que constituye la reserva de grasa, la cual dura 10-20 días más luego de haberse acabado el vitelo, mientras se inicia la alimentación activa y dependiendo de la especie: La larva no tiene pigmento que la proteja de los rayos ultravioleta. La apertura de la boca se da hacia los 5 a 6 días antes que se reabsorba totalmente el saco vitelino (en trucha cuando falta el 25% del saco vitelino por reabsorber). La desaparición total del vitelo se da hacia el día 10 – 12 post-eclosión. El hígado está implicado en el proceso de reabsorción.

La principal transformación que sucede al reabsorber el saco vitelino no es el aumento de tamaño en la larva sino el desarrollo digestivo y permeabilidad del esófago, apertura de la boca y mejoramiento de las estructuras sensoriales y nadadoras (la larva solo nada verticalmente).

Al empezar a comer aún no cuenta con branquias, hace respiración cutánea con el músculo liso rico en mitocondrias, que cuenta con irrigación sanguínea dando la coloración del

músculo. El alimento inicial para larvas, sea vivo, fresco o dieta balanceada, debe ser rico en proteínas, especialmente en la primera semana, porque son las que primero metaboliza, luego inicia el metabolismo de grasas hacia la segunda semana y por último el de hidratos de carbono hacia la tercera semana. Mientras más se demore el cambio a alimento seco, hay mayor sobrevivencia.

La postlarva posee vejiga de gas la cual tiene aire y le permite lograr el equilibrio hidrostático, puede nadar vertical u horizontalmente. Para alimentarse el pez emplea diferentes medios, entre ellos los órganos de captura y manipulación tales como mandíbulas, maxilas, barbillas y apéndices locomotores; el pez toma el alimento con los dientes los cuales en la medida que se van gastando se van regenerando fácilmente. El método empleado dependerá del tamaño del alimento, origen (herbívoro, omnívoro, carnívoro), su estado (vivo, inerte), hábitos alimenticios (de fondo, superficie, diurno, nocturno).

Para alimentación de larvas se emplea alimento artificial como concentrado(inerte), microencapsulados (inertes o no) o alimento vivo como fito y zooplancton.

El índice de filtración (volumen de agua/unidad de tiempo), dependerá en el pez:

- De la edad y/o tamaño de la larva: A mayor tamaño su captura es mejor con menor gasto energético y captura microplancton de mejor calidad.
- El grado de selectividad varía según la edad o experiencia. A veces ingieren burbujas de aire o aún sus propias heces y pueden morir. La postlarva temprana prefiere rotíferos y la postlarva tardía prefiere copépodos y cladóceros.
- Temperatura: hasta cierto punto, sin embargo, a mayor temperatura se aumenta el movimiento de las cilios, así mismo requiere agua limpia, alta en oxígeno, filtrada, sin predadores, canales poco profundos para ser más eficiente en su captura..
- La concentración de algas en el medio: a menor cantidad de alimento, mayor gasto de energía y menor éxito en la captura.

El índice de filtración (volumen de agua/unidad de tiempo), dependerá en el pez:

- De la edad y/o tamaño de la larva: A mayor tamaño su captura es mejor con menor gasto energético y captura microplancton de mejor calidad.
- El grado de selectividad varía según la edad o experiencia. A veces ingieren burbujas de aire o aún sus propias heces y pueden morir. La postlarva temprana prefiere rotíferos y la postlarva tardía prefiere copépodos y cladóceros.
- Temperatura: hasta cierto punto, sin embargo, a mayor temperatura se aumenta el movimiento de las cilios, así mismo requiere agua limpia, alta en oxígeno, filtrada, sin predadores, canales poco profundos para ser más eficiente en su captura..
- La concentración de algas en el medio: a menor cantidad de alimento, mayor gasto de energía y menor éxito en la captura.

Por tener un desarrollo digestivo incompleto, en peces marinos y algunos de agua dulce (ej. cachamas) se utiliza para alimentación fito y zooplancton, dicho cultivo es costoso, difícil de controlar y de manejar por el ajuste que debe llevarse entre la velocidad de producción y la velocidad de consumo, principalmente para producción a gran escala lo que tiende a disminuir los porcentajes de supervivencia de la especie.

El tamaño de las partículas filtradas puede ser 2 - 7 μm , la larva necesita filtrar alimento vivo, se orienta por luz, olfato, visión y gravedad.

A la postlarva debe ofrecerse el alimento a media luz ya que cuando es transparente no lo logra ver, las larvas de los peces se alimentan visualmente y durante el día, la cantidad de zooplancton debe ser por lo menos cinco veces más que la cantidad de individuos sembrados para que no tenga que buscarlo, sino que le llegue a la boca, por lo cual la distancia entre predador y presa deberá ser pequeña. En algunas experiencias se ha empleado artemia salina teñida para garantizar la localización por parte de la larva.

La principal energía para larvas surge de lípidos y aminoácidos, pero al aumentar la actividad enzimática, los hidratos de carbono se vuelven fuente de combustible a través de la glicogénesis y la glicólisis.

Las larvas de peces carnívoros se alimentan de zooplancton, pero éste necesita alimentarse de microalgas. El zooplancton más usado para alimentación de larvas es artemia salina (crustáceo), rotíferos, copépodos.

Dentro de las características que debe tener una especie de fito o zooplancton para llevarse a cultivo están: cuerpo blando o fácilmente digerible, llenar los requerimientos nutricionales de la especie que se va a alimentar, soportar altas densidades en su cultivo, ser de tamaño pequeño con respecto a la boca de la postlarva, económico, poco espacio para su cultivo, tener un ciclo de vida corto, alimentación sencilla, alta reproducción, fácil almacenamiento, cultivo ampliamente conocido y experimentado.

Lo sobrante o desechado de la filtración se expulsa como pseudoheces, lo ideal es que la concentración de alimento sea lo óptimo y no se produzcan. Cuando el nivel de oxígeno desciende por debajo de 2 mg/l desaparece la mayoría del zooplancton y solo algunos copépodos y dípteros resisten.

CONSUMO DE ALIMENTO

El buen aprovechamiento del alimento depende de factores tales como la calidad de la semilla, la calidad del agua (la apetencia del pez va en relación directa con la calidad de ésta), la presentación del alimento, las técnicas de alimentación (manejo y formas de alimentar) y el control de temperatura dentro del cuerpo de agua.

El tamaño de la partícula de alimento lo determina el tamaño de la boca del pez, el animal escoge su alimento según su estructura, sabor, olor y color. Una estructura inadecuada y una textura áspera en el alimento, lo hacen menos apetecible, partículas de alimento muy grandes contaminan el medio acuático por descomposición al no poder ser atrapadas por el pez.

El alimento ingerido por el pez se expresa como porcentaje del peso corporal y varía entre el 0.5 y 10% en promedio, de acuerdo a la edad, la especie y a factores ambientales, entre ellos los de mayor importancia son temperatura y oxígeno disuelto en agua.

El crecimiento relativo/día varía generalmente entre 0.2 - 2% del peso del cuerpo/día. El índice de conversión equivale al peso del alimento seco suministrado/peso húmedo ganado, realmente no es el consumido porque se pierde gran parte que va al fondo.

La conversión para peces como la tilapia la conversión es está alrededor de 1.2 a 1.8. El consumo de alimento natural lleva a acumulación mínima de grasas y el valor energético de los tejidos ganados no aumenta con el incremento de peso.

La cantidad de alimento está íntimamente relacionada con el número de animales, su peso y la temperatura del agua; debe adicionarse a un cultivo lo más exactamente posible para disminuir los costos (siendo éste el rubro de más valor), para disminuir los porcentajes de mortalidad por déficit de alimento que ocasiona lento crecimiento y predisposición a enfermedades en los peces o por exceso, que genera contaminación y pérdida de calidad del agua.

Cuando se tienen dos estanques, uno de ellos con alimentación complementaria y el otro no, la producción de alimento natural es mayor en el primero por la calidad de los detritos de los peces y porque el alimento sobrante actúa como abono.

El recambio del alimento por el tracto digestivo depende del número de veces que se tenga acceso al alimento, la cantidad consumida en cada sesión. Si en una sesión la ingesta es muy alta, en la siguiente la ingesta será baja.

Aspectos como turbidez, láminas de agua poco profundas, mal diseño de los estanques (puntos muertos), corrientes de agua no muy buenas, distribución irregular del alimento, desuniformidad de lotes, no permiten buen aprovechamiento del alimento y hacen que haya alta jerarquización, lo cual se puede controlar en alguna medida si se mantienen altas densidades.

Si la desuniformidad en el estanque es alta se debe ajustar el tamaño del grano para los animales de menor talla (sino hay selección continua) para no contribuir a incrementar tales diferencias.

Distribuir el alimento manualmente es la mejor manera de observar la situación físico-sanitaria del estanque, se observa el estado general de comportamiento, aun cuando implica mayor mano de obra y esfuerzo físico por parte del operario, se evita algún tipo de pérdidas por desperdicio, pero las hay altas por manipulación (repartición por fuera del estanque, cerca a desagües), que puede estar entre 1- 5%.

La comprobación de un buen método de alimentación es el pesaje periódico que permite calcular el crecimiento y el índice de conversión. La desuniformidad señala la presencia de jerarquización y si se hizo o no selección adecuada del alimento en cuanto a formulación y/ o tamaño.

El porcentaje de digestibilidad del alimento afecta la contaminación orgánica de las aguas. Se debe evitar sobrealimentación con productos de bajo valor nutritivo, ricos en carbohidratos o alta proteína porque ocasionan enfermedades intestinales y hepáticas

respectivamente, dietas mal balanceadas o con ingredientes de mala calidad conllevan a alta emisión de heces, eutroficación del medio y florecimiento de algas que interfiere en el consumo de alimento artificial ya que los peces las consumen; adicionalmente las algas pueden producir crecimiento de especies tóxicas como 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.

La sobrealimentación afecta el ritmo de ingesta en los peces porque deteriora el apetito, disminuye el rendimiento del alimento, se dan altos consumos de oxígeno, digestiones poco fisiológicas con menor digestibilidad.

A mayor frecuencia de alimentación por día, son más constantes los parámetros de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), NH₃, etc. Además, se favorece la digestibilidad porque hay más tiempo de retención del alimento.

El número de animales para alimentar es difícil de determinar porque generalmente sólo se conoce el número sembrado inicialmente, el cual ha tenido pérdidas por mortalidad, canibalismo y depredación: Para actualizar este valor se debe recurrir a estimativos (cálculo teórico con base en el porcentaje de mortalidad de acuerdo a la especie, a la fase de desarrollo y al historial registrado en la explotación), conteo total (poco práctico) u obtención de muestras que sirven siempre y cuando sean representativas de la distribución de los animales en el estanque (sin puntos muertos), adicionalmente se usa para determinar peso y así conocer la biomasa total. Por último podrían emplearse sondas electrónicas que calculan la biomasa por área, cuyo costo no es excesivamente alto y permite menos estrés en los animales y un reajuste de dieta con mayor precisión.

Cuando se tienen estanques en ceba (no es aplicable para larvas o alevinos), se puede suspender la alimentación por lo menos una vez por semana, para obligar al animal a que consuma lo del medio y limpie un poco el estanque y para disminuir el costo de mano de obra en los días festivos.

La frecuencia, cantidad y calidad del alimento dependerá del estado de salud de los animales, de los cambios en la composición del agua, de temperaturas muy altas o muy bajas de acuerdo a la especie. Es recomendable siempre alimentar de acuerdo a la temperatura del agua y a los niveles de saturación de oxígeno, al igual que la cantidad de sólidos disueltos.

Cuando se van a realizar labores de manipulación, sexaje, pesaje, conteo, transporte, selección por tamaño, etc., se debe suspender la alimentación entre uno a dos días antes, para que el animal esté con el tracto limpio, no contamine el agua, sea más exacta la evaluación y porque la tensión generada por la manipulación incrementa el consumo de oxígeno, la digestibilidad será baja y la DBO será mayor.

Existen diferentes tipos de alimentos para peces como son los de granulación comprimida (pellet y crombel) y los de granulación expandida (extruídos). La calidad de granulación se mide por la durabilidad (estabilidad), producción de polvos o finos, dureza (a mayor diámetro debe soportar mayor tiempo de presión).

Los alimentos extruídos son sometidos a calentamiento húmedo (humedad entre 20-30%), donde alcanzan temperaturas de 130 a 180° C por presión durante 10 a 60 segundos, luego se debe someter de nuevo a secado. Con ésto se da una gelatinización de los almidones, lo que provoca estabilidad en el agua, además por el aumento en la temperatura los almidones están más disponibles porque se han roto las cadenas largas de glúcidos. Debido a las altas temperaturas se destruyen factores tóxicos (salmonelas) y antinutricionales (inhibidores enzimáticos del crecimiento). Deben tener ingredientes finamente molidos para que haya un llenado completo de la pastilla y no le entre agua, permiten que los carbohidratos puedan ser incorporados en mayor proporción a la dieta que en los alimentos tradicionales (por la gelatinización), son fácilmente absorbibles por la destrucción de la pared de las celulosas, y son vehículo de mayor porcentaje de grasas (20 - 26%). Son estables en agua hasta por 24 horas. El proceso de extrusión ocasiona daño en nutrientes sensibles al calor como el ácido ascórbico, ácidos grasos poli-insaturados, lisina entre otros, si se da un mal manejo en la cocción.

Los alimentos extruídos al llegar al estómago se ensanchan y forman una papilla, lo que hace más lenta la digestión, por lo que favorecen consumos de oxígeno menores, ya que se digieren en más tiempo y no se dan disminuciones bruscas de este elemento en el agua. El consumo es menor que con alimentos densos porque el animal se sacia más rápido. Con este tipo de alimento, la movilidad del grano en su descenso a través del agua es lento para que el pez lo alcance a ver.

La baja producción de finos en el alimento extruído en manejo, transporte y alimentación, permite asegurar un consumo máximo de alimento, disminuyendo la contaminación del agua. Son pellets muy estables microbiológicamente por lo que se pueden almacenar por un período superior al pellet comprimido. Es una pastilla más estable para mantener su integridad física hasta por 24 horas, por lo que se hacen especiales para peces de hábitos alimenticios lentos (camarones) y/o explotaciones que se visitan poco (lagos lejanos o jaulas con supervisión motorizada, etc.).

PRODUCCIÓN DE PECES DE AGUAS CÁLIDAS

Tilapia roja (*Oreochromis spp*).

La tilapia roja presenta un buen color para mercado, animales de excelente apariencia, mayor porción de carne fileteable y reducción de porciones óseas, sabor fresco y sin olor, fácil reproducción, resistencia a enfermedades y a manipulación (los ejemplares rosados son menos resistentes a manipulación), adaptabilidad a cultivos intensivos, mesenterio sin coloración, reducción de tamaño cefálico y caudal, manchas escasas, comportamiento gregario y excelente crecimiento.

Actualmente es la especie de tilapia más explotada en el país; sin embargo, la especie con mayor potencial productivo a nivel intensivo es la tilapia nilótica y en especial para exportación de filetes, ya que sus características fenotípicas asociadas a la producción, la presentan como la de mejor producción, en especial por sus ganancias de peso hasta alcanzar tallas mayores, sin deterioro de las características productivas y donde no se ve afectada su comercialización por prescindirse de la piel.

CONDICIONES PARA LA REPRODUCCION

El peso de siembra de los animales preseleccionados es de 150 - 200 g. para machos y de 100 - 150 g para hembras. El peso ideal para iniciar reproducción esta en 300 y 250 g. para machos y hembras respectivamente. Espejo (2001) reporta picos de producción entre 160 y 300 g, y argumenta baja motilidad espermática en el macho por encima de ese peso, al igual que taponamiento en oviducto de hembras.

La madurez sexual se alcanza entre 4 a 5 meses para el macho y 3 a 4 meses para la hembra. La temperatura ideal para reproducción es de 26 a 32 ° C. La producción se estima en 200 a 2500 huevos/desove (longitud hembra (cm)²- Jensen, 1979), la máxima capacidad se alcanza después de los dos años de edad y es de anotar que la capacidad productora de huevos disminuye al aumentar la salinidad.

PRODUCCION ESTÁNDAR POR TALLA DE LA HEMBRA

TALLA (cm)	HUEVOS	CRIAS	% ECLOSION
16	162.5	150	92.30
17	192	170	88.54
18	272.5	260	95.41
19	305	267	87.54
20	366.5	350	95.49
21	525	510	97.14
22	700	680	97.14
25	910	867	95.24
30	1400	1370	97.85
33	1650	1530	92.72

Adaptación Morales, 1991

En la realidad se reportan valores de 200 – 300 alevinos/desove/hembra para Colombia. Para efectos prácticos se estima que una hembra de 200 g. puede producir 0.5 larvas viables/g de peso (Popma y Green, 1990); Espejo (2001) registra 1.8 larvas/g de peso.

La proporción de machos:hembras tradicionalmente ha sido 1:3; sin embargo, en explotaciones donde hay endogamia o riesgo de tenerla y no se cuenta con identificación individual de los animales, donde el número de reproductores es poco, donde se buscan buenos resultados por heterosis o hay programas de selección genética, se debe manejar una proporción 1:1 para disminuir el grado de parentesco entre los descendientes, excepto si se hace identificación de los peces mediante microchips.

Cuando los machos y hembras se juntan en los estanques para reproducción. La incubación la realiza la hembra bucalmente y tarda unos 3 – 4 días en eclosionar, así como la reabsorción de vitelo que tarda el mismo tiempo y se hace igualmente en la boca, con resultados de supervivencia excelentes, cercanos al 85 – 90%. Por esto, se debe esperar 10 - 14 días para observar las primeras larvas en los estanques, ya sea para su recolección o para iniciar su alimentación en dicho estanque.

Si se van a recolectar, se deberá hacer con una malla fina de menos de 1 mm, coladores o tules y se debe hacer temprano en la mañana o en la tarde (sólo permitir los animales de menos de 1 cm de longitud), hacerlo en las orillas del estanque, ya que tienen una temperatura más alta por la menor profundidad y hay más alimento por aumento de fito y zooplancton.

CONTROL POBLACIONAL

Reversión sexual: Se puede hacer porque en el pez en ese estado inicial de larva, no se ha diferenciado su sexo fenotípicamente. Las larvas inician su alimentación artificial, hacia los 10 días de vida luego del desove, es decir, cuando son recuperadas del estanque de reproducción. Se puede emplear la reversión sexual para controlar superpoblación y obtener población de un solo sexo.

El alimento de reversión debe además de la hormona masculinizante 17α metil testosterona, incluir 15 ml de vitaminas (0.5 g de vitamina C), 30 ml de aceite de hígado de bacalao, 30 ml de aceite de cocina y 1.4 g. de terramicina o cloranfenicol/Kg de alimento.

Otro método de solubilización de la hormona es emplear etanol de alta pureza, haciendo una mezcla de 1 g/l etanol y luego hacer disoluciones según se requiera para garantizar una buena homogeneidad de la hormona/kg de alimento.

En el medio comercial se emplean normalmente 60 mg de hormona de reversión/Kg alimento y se suministra durante 28 días. La temperatura del estanque no debe estar por debajo de 25° C para que la larva no se debilite, la alta mortalidad en reversión luego del día 10-12 se debe a la elevada infestación intestinal.

La reversión en estanques en tierra debe hacerse a menor densidad pero presenta mayor supervivencia, por la oportunidad que tienen los poseccionados más pequeños de filtrar

mientras adquieren capacidad para tomar la dieta exógena y por la excelente coloración que adquieren.

Densidades de siembra para larvas de tilapia según el tipo de estanque

alojamiento	densidad	% supervivencia	cant. hna (mg)
Jaula (1mm ojo malla)	500-3000	80-95	60
Concreto	500-2000	93-97	30-45
Canaleta	500-3700	93-97	30-45
Tierra	200-500	75-95	60-100

Los estanques de reversión deben ser de fácil llenado y vaciado para evitar sedimentos y acumulación de algas principalmente las filamentosas que son las que dañan las branquias. Durante la reversión se deben controlar los predadores con malla antipájaros, dentro de los más frecuentes están los insectos (odonata, cucarachas, cucarrones, pulga de agua), aves (martín pescador, garza, águila), murciélagos y ratas y los mismos peces por desuniformidad (para ello se deben cerrar los estanques en un período no mayor a 7 días).

Actualmente los mejores resultados de reversión se obtienen en hapas instaladas en estanques en tierra, donde hay un mayor control de la reversión, se pueden cerrar con un intervalo de edad de larvas mejor y dan origen a lotes de revertidos más homogéneos.

El porcentaje de eficiencia en la reversión varía entre 75 - 96%, según:

- El tipo de estanque: en estanque con productividad primaria, da menor eficiencia, porque las larvas tienen oportunidad de buscar y filtrar alimento natural, pero una mayor sobrevivencia.

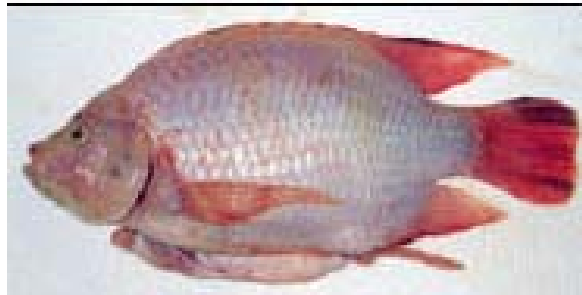
- Higiene: Cuidado en la mezcla, suministro y acceso de los animales al alimento, talla inicial (9-11 mm), frecuencia de suministro (a mayor frecuencia mejor resultado) y otros de menor incidencia como concentración de proteína, alta o baja temperatura, presencia o no de plancton, limpieza del estanque.

La hembra revertida presenta ovotestis, es decir, formación de testículos, si se quisiera probar la efectividad de la hormona podría ser cruzada con otra hembra y observar si hay fecundación.

En la reversión se dan altos porcentajes de mortalidad entre 12 - 17 días, dura ± 4 días, la causa puede estar en el agua, los requerimientos del animal, hongos, bacterias, diferenciación sexual, etc., pero aún no se sabe ciertamente porque sucede.

El momento ideal de evaluación de los alevinos es a los 15 g, ya que a este peso permiten hacer sexaje, la viabilidad es mayor, además se puede evaluar la eficiencia en la reversión, entre otros.

CONSUMO DE OXIGENO PARA PECES DE AGUAS CALIDAS



TEMPERATURA

25°C
28°C
35°C

ECUACION DE REGRESION (mg/h/ind)

$1.01p(g)^{0.64}$
 $1.55p(g)^{0.64}$
 $0.78p(g)^{0.78}$

Fuente: U. Saint Paul, 1983 (citado por Orozco,1990).

CALCULO PARA SEMBRAR Y PRODUCIR TILAPIAS

$$Q \text{ (l/min)} = 0.3459np^{0.7786}$$

donde:

n: número de peces a sembrar.

p: peso final de los peces (Kg)

Fórmula desarrollada por Balarín y Hales (1979).