

Vitaminas



Vitaminas

- ▶ Compuestos orgánicos no sintetizables, necesarios en pequeñas cantidades para crecimiento, metabolismo y reproducción de organismo, catalíticos y no plásticos y que no son AAÉ ni AGE.
- ▶ Término creado en 1910 para designar a “la amina necesaria para la vida” y que hoy denominamos Tiamina.
- ▶ La noción viene de finales siglo XIX para explicar efecto no atribuibles a grupos de nutrientes.
- ▶ Identificados por efectos de su carencia en organismos:
 - ▶ Anti-beriberi, anti-escorbuto, anti-raquitica, etc.

Tabla 9.2. Principales signos de deficiencia y criterios de respuesta en diferentes especies.

| Vitaminas | Principales signos de deficiencia | Criterios de respuesta |
|------------|--|--|
| Tiamina | Alteraciones nerviosas (Sa, PG , A, C, R), melanismo (PG, Se), despigmentación de la piel (C), hemorragia subcutáneas (A, C, D), congestión de las aletas (A, Se, D). | Ganancia de peso corporal, reservas tisulares (hígado, eritrocitos), actividad de las transce-tolasas. |
| Piridoxina | Alteraciones nerviosas: nado errático, convulsiones, hiperirritabilidad (Sa, PG , A, C, Se), coloración azul-verdosa (PG). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas, actividad de las transaminasas. |
| Biotina | Degeneración de las laminillas branquiales, atrofia muscular, degeneración de las células acinares del páncreas (Sa), despigmentación de la piel (PG), melanismo (A), letargo (C, Se). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas, actividad de la acetil-CoA carboxilasa y de la piruvato carboxilasa, resistencia a la natación. |

Tabla 9.2. Principales signos de deficiencia y criterios de respuesta en diferentes especies. (cont.)

| Vitaminas | Principales signos de deficiencia | Criterios de respuesta |
|--------------|---|--|
| Ácido fólico | Letargo y anemia (Sa, PG), melanismo (Sa, A), mayor sensibilidad a las infecciones bacterianas (PG), congestión de las aletas (Se). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas, hematocrito |
| Cobalaminas | Anemias microcítica e hipocrómica con fragmentación de los eritrocitos (Sa), bajo nivel de hematocritos (PG), congestión de las aletas y anemia (Se), anorexia (A). | Reservas hepáticas |
| Retinol | Lesiones oculares con degeneración de la retina (Sa), despigmentación de la piel y exoftalmia (Sa, A, PG), edema (Sa, PG), hemorragias (PG, C, Se), melanismo (Se). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas |
| Riboflavina | Letargo (Sa, A), melanismo (Se, Sa), fotofobia (Sa, C), hemorragia de las aletas (Sa, A, C), opacidad o vascularización de la córnea (Se, Sa), enanismo (PG), dermatitis (A), necrosis renal (C). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas, actividad de la glutatión reductasa y de la DAAO. |
| Niacina | Lesiones, hemorragias de la piel y de las aletas (Sa, PG, C, Se) anemia (Sa, PG), fotosensibilidad (Sa), exoftalmia (PG), nado anormal (A), deformación de las aletas (PG), mortalidad (PG, Se). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas. |

| | | |
|-------------------|--|--|
| Ácido pantoténico | Atrofia de las células acinares del páncreas (Sa), hiperplasia lamelar de las branquias (Sa, PG, Se), hemorragias de la piel (A, C), exoftalmia (C), dermatosis (A), mortalidad (Sa, PG, D, Se). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas. |
| Menadiona | Tiempo de coagulación sanguínea prolongado con anemia, hemorragias de las branquias y de los ojos (Sa), hemorragia de la piel (PG). | Hematocrito. |
| Ácido ascórbico | Hemorragias externas e internas (Sa, PG, A, Se), lordosis, escoliosis (Sa, PG, Se), distorsión de los filamentos branquiales (Sa), ascitis (Sa, R), melanismo (Se, R), erosión de la mandíbula inferior (A), granulomatosis renal (R). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas y renales, contenido en colágeno vertebral, tirosinemia. |
| Tocoferoles | Distrofia muscular (Sa, PG, C), despigmentación de la piel (Sa, PG), melanismo (Se), fragilidad eritrocitaria (Sa), diátesis exudativa y depósitos de ceroides (PG), exoftalmia y lordosis (C). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas. |
| Calciferol | Perturbación de la homeostasis cálcica y tetania (Sa), descalcificación de las aletas (PG). | Ganancia de peso corporal, eficacia alimentaria. |
| Colina | Hígado graso (Sa, C), hemorragias del riñón y del intestino (Sa, PG), vacuolización de las células hepáticas (C), melanismo (Se), exoftalmia (Sa), color grisáceo del intestino (A). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas, contenido de lípidos en el hígado. |
| Inositol | Melanismo (Sa, Se), anemia con erosión de las aletas (Sa), color grisáceo del intestino (A), pérdida de mucus cutáneo (C). | Ganancia de peso corporal, reservas hepáticas, actividad de la colina esterasa y de las transaminasas |

Vitaminas

- ▶ Lábilas temperatura, humedad, y rayos UV
- ▶ Requerimientos vitaminas dependen, especie, edad, tasa crecimiento, condiciones medioambiente y correlación con otros nutrientes
- ▶ Carácter vitamínico Vitamina C varia por especie:
 - ▶ Mayoría vertebrados: sintetiza de glucosa.
 - ▶ Primates no sintetizan.
 - ▶ Peces tampoco.
- ▶ Flora intestinal causa confusión, ya que sintetizan vitaminas (B y K): Compensa consumo, pero mantiene requerimiento:
 - ▶ Peces muy limitado, y necesitan ingerirlas

Clasificación

Se han detectado 15 (13+2).

- No homogéneo Grupo funcional ni químicamente
- Normalmente Se divide en:
 - Liposolubles A, D, E, K (grupo A)
 - Hidrosolubles: Grupo B + Vit C + Inositol y Colina

| Familia de Vitaminas | Compuestos con acción vitamínica | | Funciones metabólicas |
|----------------------|--|---|---|
| | Nombres químicos | Formas biológicas activas | |
| A | Retinol Retinal Ácido retinóico Palmitato o acetato de retinil* β-caroteno (provitamina) | Retinol Retinal Ácido retinóico | Co-enzimática Prohormonal |
| D | Ergocalciferol (D ₂) Colecalciferol (D ₃) | Dihidroiergocalciferol [1,25(OH) ₂ D ₂] Dihidroxicolecalciferol [1,25(OH) ₂ D ₃] | Prohormonal |
| E | Tocoferol Acetato de α-tocoferol* | α-tocoferol | Transferencia H ⁺ /e ⁻ (protección de las membranas) |
| K | Filoquinona (K ₁) Menaquinona (K ₂) † Menadiona (K ₃) | Filoquinona Menaquinona | Co-enzimática, transferencia H ⁺ /e ⁻ |
| B ₁ | Tiamina Clorhidrato de tiamina* | Pirofosfato de tiamina (PPT) Trifosfato de tiamina (TPT) | Co-enzimática |
| B ₂ | Riboflavina | Flavina mononucleótido (FMN) Flavina adenina mononucleótido (FAD) | Co-enzimática, transferencia H ⁺ /e ⁻ |
| PP | Niacina Ácido nicotínico Nicotinamida | Adenina nicotinamida dinucleótido (NAD) Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP) | Co-enzimática, transferencia H ⁺ /e ⁻ |
| [B ₅] | Ácido pantoténico Pantotenato de calcio* | Coenzima A (CoA) Proteína transportadora de acilo (PTA=ACP) | Co-enzimática, transferencia H ⁺ /e ⁻ |
| B ₆ | Piridoxina Piridoxal Piridoxamina Clorhidrato de piridoxina* | Fosfato de piridoxal | Co-enzimática |
| [B ₈] | Biotina | Biotinil-AMP | Co-enzimática |
| [B ₉] | Ácido fólico Poliglutamatos | Tetrahidrofolatos (THF) | Co-enzimática |
| B ₁₂ | Cobalaminas | Metilcobalamina Adenosilcobalamina | Co-enzimática |
| C | Ácido ascórbico Ácido dehidroascórbico | Ácido ascórbico Ácido dehidroascórbico | Transferencia H ⁺ /e ⁻ (co-enzimática?) |

* CAV de síntesis.

Entre corchetes: apelación ambigua, a evitar.



Solubles en Agua

Complejo B

- Tiamina, B1
- Riboflavina, B2
- Acido Pantoténico, B5
- Piridoxina, B6
- Niacina, PP
- Biotina, B8
- Acido Fólico, B9
- Cianocobalamina, B12

Macrovitaminas

- Acido Ascórbico, C
- Inositol
- Colina



Solubles en Lípidos

- Retinol, A
- Calciferol, D
- Tocoferol, E
- K3-Menadiona, K



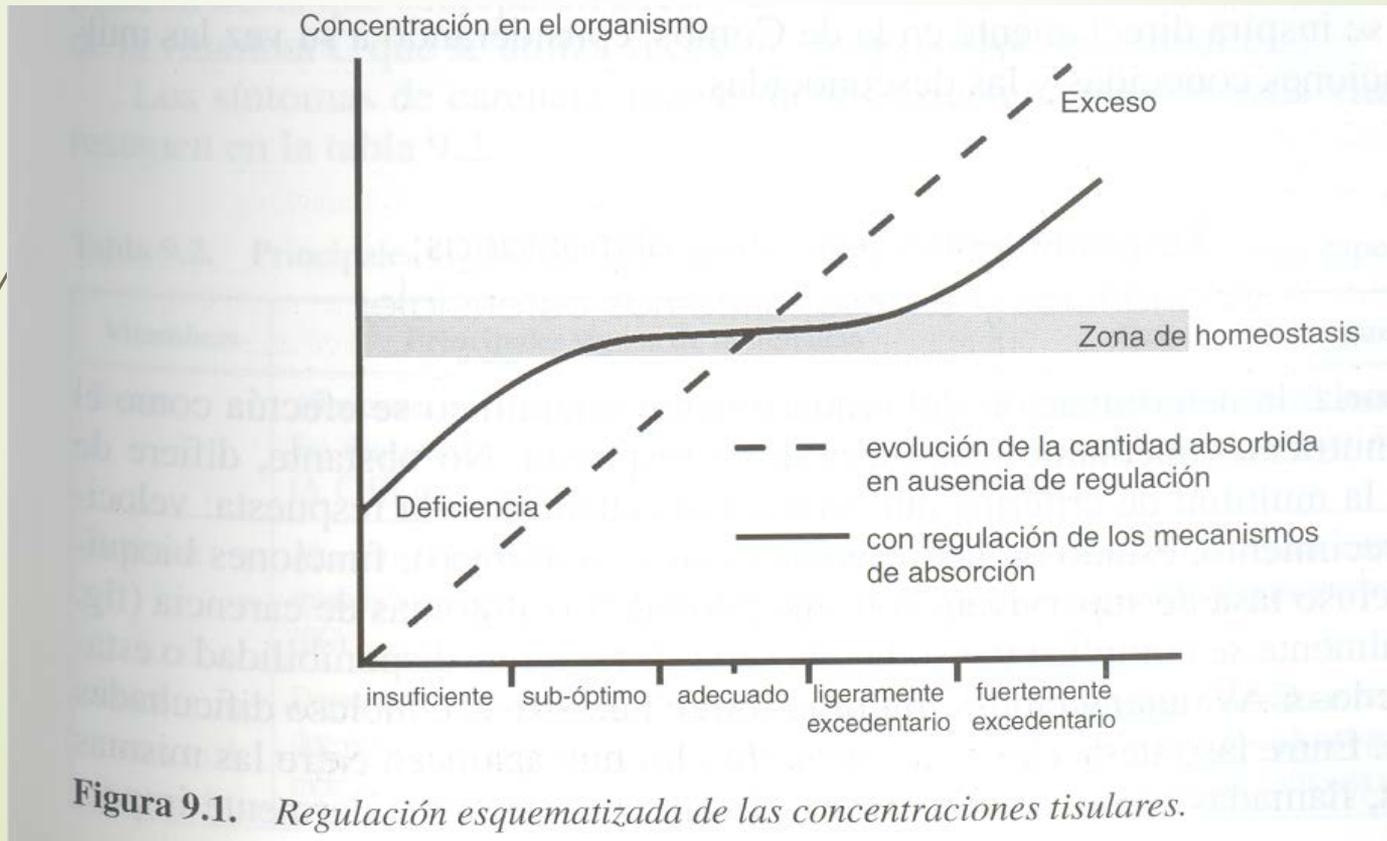
CAV y Antivitaminas

- ▶ Para una misma actividad vitamínica pueden existir varios **Compuestos de Acción Vitamínica**:
 - ▶ Familia compuestos presentes en naturaleza
 - ▶ Moléculas sintéticas por costo o estabilidad
- ▶ Provitaminas (precursores) son CAV en sentido amplio.
- ▶ Diferentes CAV distinta actividad (biodisponibilidad)
- ▶ Antivitaminas:
 - ▶ Enzimas hidrolizan vitaminas
 - ▶ Sustancias bloquean absorción
 - ▶ Antagonistas

Absorción

➤ Ciertas CAV como vitaminas B necesitan hidrólisis antes de absorción. Digestión por proteasas, esterases o fosfatasas.

- Mecanismo de transporte activo de algunas vitaminas puede ser regulado por concentraciones para mantener homeostasis vitamínica





Absorción

- ▶ Las vitaminas liposolubles son absorbidas del tracto gastrointestinal
- ▶ Puede presentarse una condición de toxicidad (hipervitaminosis).
- ▶ Por el contrario, las vitaminas hidrosolubles no son almacenadas en cantidades significativas en el tejido del pez; así, en ausencia de un suministro regular de vitaminas hidrosolubles, las reservas corporales son rápidamente agotadas. Por lo cual no es probable que se presente una toxicidad por este grupo de vitaminas

Función Metabólica

- Imposible atribuir función específica a dos grandes grupos A y B:
 - B generalmente moléculas de metabolismo intermedio (coenzimas) en vegetales y animales
 - A papel mas variado, a veces solo animales
- Combs (1972) propuso clasificación por Función:
 - Función Coenzimática (11)
 - Transferencia de protones o electrones (6)
 - Función Prohormonal (2)
 - Protección de membrana (1)
- 5 vitaminas tienen varias funciones

Tiamina, Vitamina B₁

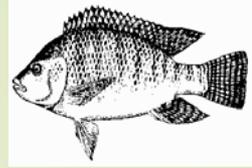
- ▶ **Función:** coenzima en el metabolismo de carbohidratos.
- ▶ En particular en decarboxilación oxidativa (remoción CO₂) de ácido pirúvico a acetil-coenzima A y como activador de transcetolasa, involucrada en oxidación glucosa por ruta de pentosa fosfato.
- ▶ **Fuentes:** levadura de cerveza y de torula, afrechillo de trigo, salvado de trigo y de arroz, harina de algodón, de linaza, de maní y de soya, suero, solubles de pescado y solubles de destilación.

Tiamina, Vitamina B₁



- **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca
 - P. japonicus*, larvae: 40 (Kanazawa 1985)
 - P. japonicus*, juvenile: 60-120 (Deshimaru & Kuroki 1979)
 - P. monodon*, juvenile: 13-18 (Chen *et al.* 1994)
- **Deficiencias:** reduce crecimiento y sobrevivencia, pigmentación pobre.

Tiamina, Vitamina B₁



- **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca
O. mossambicus: 2.5 (Lim & Leamaster 1991)
- **Deficiencias:** anorexia, reduce crecimiento, pigmentación pobre.

Tiamina, Vitamina B₁

- ➔ Estabilidad: dos tipos de sal
- ◆ **Clorhidrato de tiamina** es soluble en agua (1 g / ml) y es relativamente estable al aire si se protege de la luz y la humedad.
- ◆ **Mononitrato de tiamina** es parcialmente soluble en agua (2.7 g / 100 ml), es muy estable al aire si se protege de la luz y es menos sensitiva a la humedad.

Tiamina, Vitamina B₁

- Tiamina es estable en premezclas vitamínicas secas que no contengan colina o elementos traza, pero se destruye rápidamente bajo condiciones alcalinas o en la presencia de sulfuro.

Tiamina, Vitamina B₁

- Pérdidas por procesamiento (peletizado/expansión) y almacenamiento (siete meses, temperatura ambiental) de alimentos procesados son 0-10 % y 11-12 %, respectivamente (Slinger *et al.* 1979).

Tiamina, Vitamina B₁

- ▶ **Factores anti-vitamínicos:** están presentes en ciertos pescados crudos, crustáceos, polvillo de arroz, mostaza de la India.
- ▶ Este efecto se puede eliminar por el procesamiento con calor de los elementos crudos para desactivar la enzima o usando suplementos (dibenzoltiamina, DBT) para proteger la vitamina.

Piridoxina, Vitamina B₆

- **Función:** coenzimas en en casi todas las reacciones involucradas en la degradación no oxidativa de los aminoácidos, que incluye transaminaciones, deaminaciones, decarboxilaciones y sulfhidraciones.
- Relacionado a síntesis de enzimas y metabolismo glicógeno.
- Incluye 3 CAV: Piridoxol, piridoxal y piridoxamina. En hígado transforman en fosfato de piridoxal.
- **Fuentes:** levadura de cerveza y de torula, harina de girasol, solubles de pescado, suero.

Piridoxina, Vitamina B₆



► Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca

P. japonicus, larvae: 120 (Kanazawa 1985)

P. japonicus, juvenile: 60 (Deshimaru & Kuroki 1979)

L. vannamei: 80-100 (He & Lawrence 1991)

► Deficiencias: *P. japonicus*: reduce crecimiento y sobrevivencia (Deshimaru & Kuroki 1979, Kanazawa 1985).

Piridoxina, Vitamina B₆



- **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

O. mossambicus

x *O. niloticus*: 3 (Lim *et al.* 1995)

- **Deficiencias:** aletargamiento, espasmos musculares, convulsiones, lesiones bucales.

Piridoxina, Vitamina B₆

- Estabilidad: Clorhidrato de piridoxina, seco
- ◆ Muy soluble en agua (20 g / 100 ml).
- ◆ Bastante estable al aire y al calor si se protege de la luz y la humedad.
- ◆ Estable en premezclas vitamínicas secas que no contengan elementos traza.

Piridoxina, Vitamina B₆

- ◆ Pérdidas por procesamiento y almacenamiento en alimentos para peces (10 meses) son de 7-10 % (Slinger et al. 1979).
- **Factores anti-vitaminicos:** están presentes en harina de semillas de linaza, pero se pueden desactivar con calor.

Biotina

- ▶ **Función:** coenzima necesaria en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas.
- ▶ Interviene en reacciones que involucran transferencia CO_2 de un compuesto a otro (reacciones de carboxilación) y por esto es esencial en síntesis de AG y niacina y en catabolismo de ciertos amino ácidos.
- ▶ Posiblemente ayuda en la inmunidad de las células.

Biotina

- **Fuentes:** levadura de cerveza y de torul, solubles de destilación, harina de origen vegetal (girasol, algodón, maní, soya, alfalfa) y de origen animal (pescado, sangre, hígado y pulmón), huevos enteros, polvillo de arroz, salvado de trigo y de arroz, leche descremada seca, avena, sorgo, suero.

Biotina

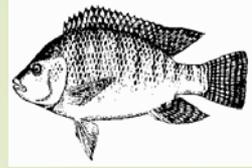


- **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

P. japonicus, larvas: >4 (Kanazawa 1985)

- **Deficiencias:** reduce crecimiento y sobrevivencia (Kanazawa 1985).

Biotina



► **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

No Reportado para Tilapias

Bagre: <1 (Lovell & Buston 1984)

► **Deficiencias:** reduce crecimiento, anemia, pigmentación pobre.

Biotina

- ➔ Estabilidad: d-biotina
- ◆ Soluble en agua.
- ◆ Muy estable al aire y al calor en premezclas vitamínicas pero sensible a la luz y a la alta humedad.
- ◆ Pérdidas por procesamiento de expansión de alimentos son de 10 % (NRC 1983).

Biotina

- **Factores anti-vitamínicos:** están presentes en la clara cruda del huevo, pero se pueden destruir con calor.

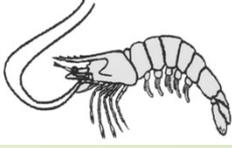
Acido Fólico

- **Función:** componente de la coenzima ácido tetrahidrofólico necesaria en el metabolismo de proteínas.
- Interviene en transferencia de unidades de carbono y por esto es esencial en síntesis de hemoglobina, glicina, metionina, colina, tiamina y purinas y en el metabolismo de fenilalanina, tirosina e histadina.

Acido Fólico

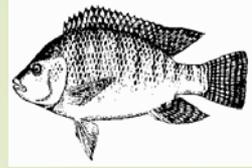
- **Fuentes:** levadura de cerveza y de torula, solubles de destilación, harina de origen vegetal (girasol, algodón, linaza, alfalfa) y de origen animal (hígado y pulmón), huevos enteros, polvillo de arroz, salvado de trigo y de arroz, soya entera, solubles de destilación, suero.

Acido Fólico



- **Requerimiento:** NR
- **Deficiencias:** reduce crecimiento y sobrevivencia (Kanazawa 1985).
- **Estabilidad:** se usa en dilución seca
- ◆ Ligeramente soluble en agua.

Acido Fólico



► **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

No Reportado para Tilapias

Bagre: 0.5 - 1 (Duncan & Lovell 1991)

► **Deficiencias:** reduce crecimiento, anorexia, aletargamiento, mortalidad.

Acido Fólico

- ◆ Estable al aire pero sensible al calor en particular a la luz y a la radiación ultravioleta.
- ◆ Pérdidas por procesamiento y almacenamiento en alimento para peces son de 3-10 % (Slinger *et al.* 1979).

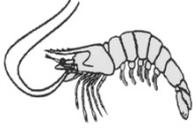
Cianocobalaminas, Vitamina B₁₂

- ▶ Termino aplica a varias macromoléculas: Cobalaminas.
- ▶ **Función:** coenzima cobamida necesaria en la formación de células rojas y en el mantenimiento del tejido nervioso. Metabolismo estrechamente ligado con ácido fólico
- ▶ Involucrada en:
 - ▶ Síntesis ácidos nucleicos (síntesis tiamina y desoxiribosa)
 - ▶ Reciclaje del ácido tetrahidrofólico
 - ▶ Mantenimiento actividad glutatión (metabolismo carbohidratos)
 - ▶ Conversión metilmalonil coA a succinil coA (metabolismo grasas)
 - ▶ Metilación hemocisteína a metionina (metabolismo aminoácidos).

Cianocobalaminas, Vitamina B₁₂

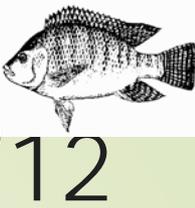
- **Fuentes:** subproductos animales, hígado, riñón, hairna de pescado y de hueso, solubles de pescado condensados, subproductos de aves.

Cianocobalamina, Vit. B₁₂



- **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca
P. monodon, juvenil: 0.2 (Shiau & Lung 1993)
- **Deficiencias:** reduce sobrevivencia de larvas (Kanazawa 1985), reduce crecimiento (Shiau & Lung 1993).

Cianocobalamina, Vit. B₁₂



- **Requerimiento: NR** (Limsuwan & Lovell 1981)
- Microflora intestinal produce suficiente cantidad.

Cianocobalamina, VitB₁₂

► Estabilidad:

- ◆ Moderadamente soluble en agua.
- ◆ Estable en premezclas vitamínicas a temperatura de almacenamiento normal pero elevadas temperaturas reducen la actividad, particularmente en condiciones ligeramente ácidas.

Retinol, Vitamina A

- ▶ Vit A solo en animales:
 - ▶ Retinol (vitamina A1: mamíferos y peces marinos)
 - ▶ 3,4-dehidroretinol (vitamina A2: peces de agua dulce).
- ▶ Pigmentos carotenoides (p. ej. β -caroteno) precursores en vegetales: pueden ser convertidos en vitamina A

Retinol, Vitamina A

- **Función:** componente de pigmentos de la visión y es necesario para el mantenimiento de los tejidos excretores epiteliales del cuerpo.
- Su función como protector de la membranas mucosas y desarrollo del tejido óseo se debe a su participación en el metabolismo de mucopolisacáridos.

Retinol, Vitamina A



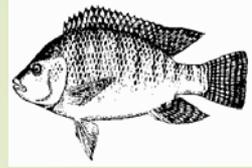
- ▶ **Fuentes:** aceite de pescados marinos, harina de hígado.
- ▶ Vegetales ricos en carotenoides incluyen zanahorias maduras-20, espinacas-10 y berro-5.

Retinol, Vitamina A



- ▶ **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca
P. japonicus, reproductor: R (Alava *et al.* 1993)
L. vannamei, juvenil: R (He *et al.* 1992)
- ▶ **Deficiencia:** reduce crecimiento en juveniles.

Retinol, Vitamina A



- Requerimiento: en UI vitamina/kg de dieta seca

No Reportado para Tilapias

Bagre: 1000 - 2000 (Dupree 1966)

Retinol, Vitamina A

- Estabilidad: esteres de acetato, palmitato o propionato
- ◆ Insoluble en agua.
- ◆ Estable en premezclas vitamínicas pero fácilmente oxidable a elevadas temperaturas de almacenamiento y en presencia de elementos oxidantes (aceites rancios).

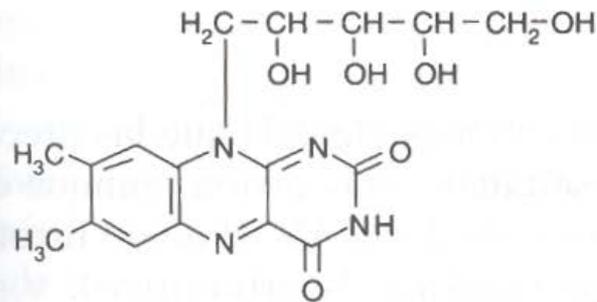
Retinol, Vitamina A

- ◆ Pérdida por procesamiento de alimentos por expansión para mascotas ha sido del 20 % (NRC 1983).
- ◆ Pérdida por almacenamiento después de 6 meses a temperatura ambiente ha sido del 53 % (NRC 1983).

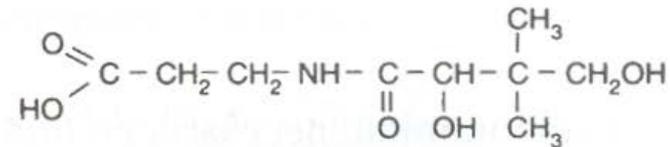
Vitaminas y Coenzimas de Transferencia y Oxido - reducción

Vitaminas óxido-reductoras

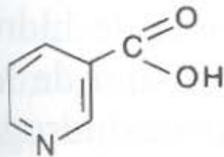
Riboflavina (B₂)



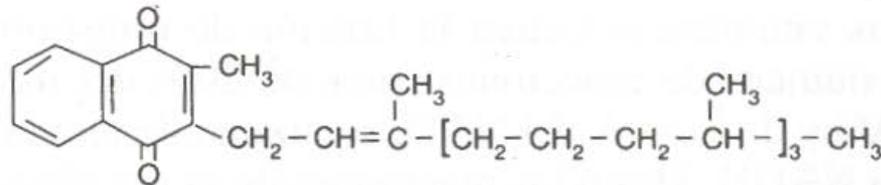
Ácido pantoténico



Niacina (PP)

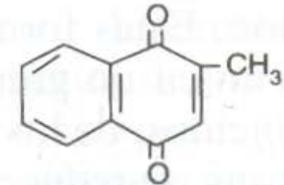


Filoquinona (K₁)



Vitamina K

Menadiona (K₃)



Riboflavina, Vitamina B₂

- ▶ **Función:** coenzimas en el metabolismo energético, actúa en la degradación de piruvatos, ácidos grasos y amino ácidos.
- ▶ Particularmente importante respiración tejidos pobremente vascularizados.
- ▶ Conjunción con B6 ayuda conversión del triptofano a ácido nicotínico.
- ▶ Esencial metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas

Riboflavina, Vitamina B₂

- **Fuentes:** levadura de cerveza y de torula, harina de hígado, de pulmón y de alfalfa, solubles de pescado y solubles de destilación, suero, clara del huevo de gallina, leche descremada en polvo.



Riboflavina, Vitamina B₂

- **Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca**
P. japonicus, larvae: 80 (Kanazawa 1985)
P. monodon, juvenile: 22 (Chen & Hwang 1992)
- **Deficiencias:** *P. japonicus*: reduce crecimiento y sobrevivencia de larvas (Kanazawa 1985).
P. monodon: pigmentación pobre, irritabilidad, protuberancias en la cutícula, enanismo (Chen & Hwang 1992).



Riboflavina, Vitamina B₂

- ▶ **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca
 - O. aureus*: 6 (Soliman & Wilson 1992)
 - O. mossambicus*
 - x *O. niloticus*: 5 (Lim *et al.* 1993)
- ▶ **Deficiencias:** reduce crecimiento, aletargamiento, pigmentación pobre, cataratas, anorexia.

Riboflavina, Vitamina B₂

- Estabilidad: polvo flotante
- ◆ Parcialmente soluble en agua.
- ◆ Estable en premezclas vitamínicas secas durante largos períodos de almacenamiento y cuando se mezcla con premezclas minerales.

Riboflavina, Vitamina B₂

► Estabilidad:

- ◆ Pérdidas por procesamiento son del 26 % en alimentos procesados por expansión para mascotas (NRC 1983).
- ◆ Se debe proteger de luz intensa o radiación ultravioleta y condiciones alcalinas.

Niacina, Vit PP

- **Función:** componente de coenzimas (NAD y NADP) necesarias en el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas.
- NADP interviene en transferencia de electrones permitiendo la liberación de energía.
- Ambas intervienen en síntesis de ácidos grasos y colesterol, respectivamente.

Niacina , Vit PP

- **Fuentes:** levadura de cerveza y de torula, salvado de trigo y de arroz, polvillo de arroz, harina de girasol, de maní, de hígado, y de pulmón, solubles de pescado, solubles de destilación.



Niacina , Vit PP

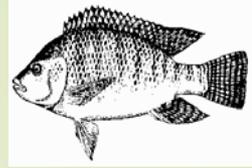
► **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

P. japonicus, larvae: 400 (Kanazawa 1985)

P. monodon, juvenile: 6-10 (Chen 1993)

► **Deficiencias:** *P. japonicus*: reduce crecimiento y sobrevivencia (Kanazawa 1985).

Niacina , Vit PP



► **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

No Reportado para Tilapias

Bagre: 14 (Andrews & Murai 1978)

► **Deficiencias:** anemia, hemorragias y lesiones de la piel, exoftalmia.

Niacina , Vit PP

- Estabilidad: ácido nicotínico o niacinamida, seco
- ◆ Estable al aire, al calor, y a la presencia de minerales.
- ◆ Estable en premezclas vitamínicas secas.
- ◆ Pérdidas por procesamiento son de 20 % en alimentos por expansión para mascotas (NRC 1983).

Acido Pantoténico, B₅

- **Función:** metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas como un componente de la coenzima acetil CoA, la cual es necesaria para diferentes reacciones que conllevan a la liberación de energía y la síntesis de ácidos grasos, colesterol, hormonas, fosfolípidos, hemoglobina, etc.

Acido Pantoténico , B₅

- **Fuentes:** levadura de cerveza y de torula, suero, solubles de pescado, harina de girasol, de alfalfa, y de maní, huevos enteros, polvillo de arroz, salvado de trigo, leche descremada seca y melaza de caña.

Acido Pantoténico , B₅

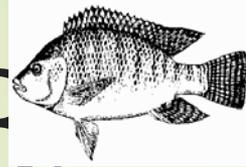


- Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca

P. japonicus: NR (Kanazawa 1985)

- Deficiencias: anomalías en las branquias y mortalidad.

Acido Pantoténico , E₅



- ▶ **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca
O. aureus: 10 (Roem *et al.* 1991, Soliman & Wilson 1992)
- ▶ **Deficiencias:** reduce crecimiento, aletas erosionadas, hemorragias, aletargamiento.

Acido Pantoténico , B₅

- ▶ Estabilidad: en dos formas d-pantotenato (92 % actividad) o dl-pantotenato (46 % de actividad) de calcio
- ◆ Muy soluble en agua.
- ◆ Estable al aire y a la luz si se protege de la humedad pero sensible al calor.
- ◆ Pérdidas por procesamiento durante peletizado o expansión son de 10 % (Slinger *et al.* 1979).

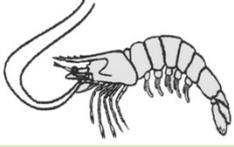
Vitamina K

- ▶ **Función:** esencial en coagulación facilitando producción y liberación de varias proteínas del plasma (protrombina, proconvertina, tromboplastina etc.).
- ▶ Se cree que interviene en el transporte de electrones y la fosforilación oxidativa.
- ▶ Representada por CAV de origen vegetal (filoquinona K1), microbiano (menaquinonas K2) y sintético (menadiona K3)

Vitamina K

- **Fuentes:** harina de alfalfa, harina de pescado de y de hígado. La fuente mas común utilizada en alimentos es el derivado sintético bisulfito sódico de medanionina (MSB). Recientemente se ofrece en el mercado una forma mas estable, bisulfito-nicotinamida de medanionina (MNB).

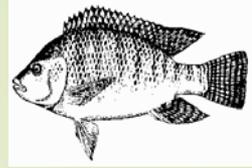
Vitamina K



- **Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca**

| | |
|--------------------------------|----------------------------|
| <i>L. vannamei</i> , juvenil: | NR (He <i>et al.</i> 1992) |
| <i>P. chinensis</i> , juvenil: | 185 (Shiau & Liu 1994) |
| <i>P. monodon</i> , juvenil: | 30-40 (Shiau & Liu 1994) |
- **Deficiencia:** reduce supervivencia de larvas (Kanazawa 1985), reduce crecimiento y alimentación (Shiau & Liu 1994).

Vitamina K



- Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca

No Reportado para Tilapias

Truchas: 0.5 - 1.0 (Poston 1964)

- Deficiencia: coagulación deficiente, anemia.

Vitamina K

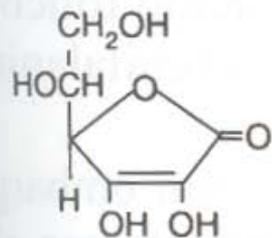
- ▶ Estabilidad: Bisulfito de sodio (MSB, 50 % K_3), Complejo de Bisulfito de sodio (MSBC, 33 % K_3), Bisulfito dimetilpirimidinol (MPB, 45.5 % K_3), Bisulfito de nicotinamida (MBN 45.7 % K_3)
- ◆ MSB es soluble en agua y es estable en premezclas vitamínicas si se protege de elementos traza, calor, humedad y luz (NRC 1983).
- ◆ Pérdidas durante la extrusión de alimentos para peces han sido de 90 % con MSB y de 40 % con MBN.

Vitaminas Antioxidantes

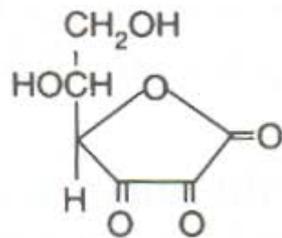
Vitaminas antioxidantes

Vitamina C

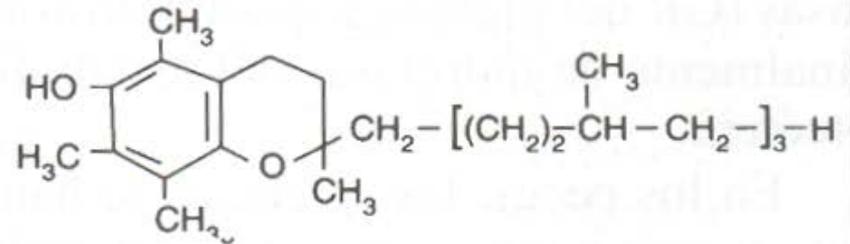
Ácido ascórbico



Ácido dehidroascórbico



α -tocoferol (E)



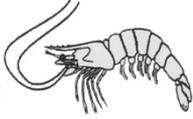
Acido Ascórbico - C

- **Función:** esencial en el mantenimiento de la integridad del tejido conectivo, vasos sanguíneos, tejido óseo, y tejido de cicatrización como cofactor de reacciones de hidroxilación.
- Es un potente agente biológico reductor necesario en síntesis de hormonas y otros procesos.

Acido Ascórbico - C

- Varias funciones mas:
 - Neutralización radicales libres con E
 - Evita peroxidación AG
 - Absorción de hierro
 - Vitelogenesis y desarrollo embrionario
 - Transformación colesterol en acidos biliares
 - Degradación sustancias exógenas
 - Bloqueo sintesis nitrosaminas

Acido Ascorbico, Vit. C



► Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca

P. japonicus, larva: 10.000 (Kanazawa 1985)

P. japonicus, juvenil: 10.000 (Guary *et al.* 1976)

3.000 (Deshimaru & Kuroki

1976)

1.000 (Lightner *et al.* 1979)

215-430 (Shigueno & Itoh 1988)

P. japonicus, reproductores: 500 (Alava *et al.* 1993)

Acido Ascórbico, Vit. C



► Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca

L. vannamei, juvenil: 100 (Lawrence & He 1991)
41-120 (He & Lawrence 1993)
100 (Montoya & Molina 1995)
31-63 (Castille *et al.* 1996)

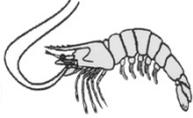
P. monodon, juvenil: 209-220 (Chen & Chang 1994)
100-200 (Catacutan & Pitogo

1995)

40 (Shiau & Hsu 1994)
30-60 (Boonyaratpalin &
Phongmaneerat

1995)

Acido Ascórbico, Vit. C



- **Deficiencias:** síndrome de la muerte negra (ennegrecimiento del exoesqueleto), movimientos erráticos, pérdida de apetito, reduce capacidad de curar heridas, reduce la eficiencia alimenticia, reduce crecimiento y supervivencia, muda incompleta y exoesqueleto blando, reduce maduración de los ovarios y la resistencia al estrés en reproductores.

Acido Ascorbico, Vit. C



- **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

O. mossambicus: 40 - 50 (Oyetano 1993)

O. aureus: 50 (Stickney et al. 1984)

O. spilurus: 75 - 150 (Al-Amoudi et al. 1992)

O. niloticus

x *O. aureus*: 79 (Shiau & Jan 1992)

- **Deficiencias:** escoliosis, lordosis, hemorragias, reduce crecimiento.

Acido Ascórbico, C

- ▶ Estabilidad: varias formas (CAA, ECAA, AS, APP, AMP)
- ◆ Acido L-ascórbico cristalino (CAA) se oxida fácilmente en la presencia de oxígeno, humedad, elementos traza, altas temperaturas, luz y lípidos oxidados.
- ◆ Se pueden alcanzar pérdidas de hasta el 95% de CAA durante el procesamiento y almacenamiento.

Acido Ascórbico, C

- ◆ Es necesario utilizar formas de AA protegidas (ECAA) (microencapsulado, recubiertas con polímeros sintéticos, glicerina, etil-celulosa, silicona, gelatina, etc.).
- ◆ o usar formas más estables biológicamente equivalentes como 2-sulfato ascorbato (AS), 2-polifosfato ascorbato (APP), o 2-monofosfato ascorbato (AMP).

Acido Ascórbico, C

- ◆ Pérdidas de ECAA por el proceso de peletizado pueden estar entre 25 y 75 % dependiendo del tipo de recubrimiento.
- ◆ Las pérdidas de APP por el proceso de peletizado son del 1 al 13 %.
- ◆ Pérdidas de ECCA y APP por almacenamiento durante 2-4 semanas pueden llegar hasta el 99 % y 8-20 %, respectivamente.

Acido Ascórbico, C

- ▶ En alimentos para camarón se ha encontrado que las pérdidas bajo condiciones comerciales fueron de 75 % para formas protegidas de AA y sólo de 1 % para APP (Kurmary *et al.* 1996).
- ▶ Después de 2 semanas de almacenamiento las pérdidas fueron de 99 % para formas protegidas de AA y solo de 8 % para APP (Kurmary *et al.* 1996).

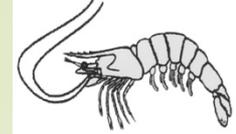
Tocoferol, Vitamina E

- ▶ **Función:** agente antioxidante soluble en lípidos, que protege compuestos reactivos (vitamina A y C, PUFAs) del daño oxidativo actuando como una trampa de radicales libres. Protege membrana celular.
- ▶ Participa en la respiración celular y en la síntesis de ADN y de la coenzima Q.
- ▶ Estimula mecanismos inmunitarios
- ▶ Mantenimiento funciones sexuales.

Tocoferol, Vitamina E

- **Fuentes:** levadura de cerveza, harina de alfalfa, de soya y de germen de trigo, salvado de arroz, afrechillo de trigo, polvillo de arroz, huevos enteros, solubles de destilación, maíz, cebada.

Tocoferol, Vitamina E



- ▶ **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca
 - P. japonicus*, larva: 200 (Kanazawa 1983)
 - L. vannamei*, juvenil: 100 UI /kg (He & Lawrence 1991)
 - L. vannamei*, juvenil: 99 (He and Lawrence 1993)
- ▶ **Deficiencia:** reduce supervivencia y crecimiento, oscurecimiento del hepatopancreas (He *et al.* 1992).

Tocoferol, Vitamina E



- **Requerimiento:** en mg vitamina/kg de dieta seca

O. niloticus: 50 - 100 (Satoh *et al.* 1987)

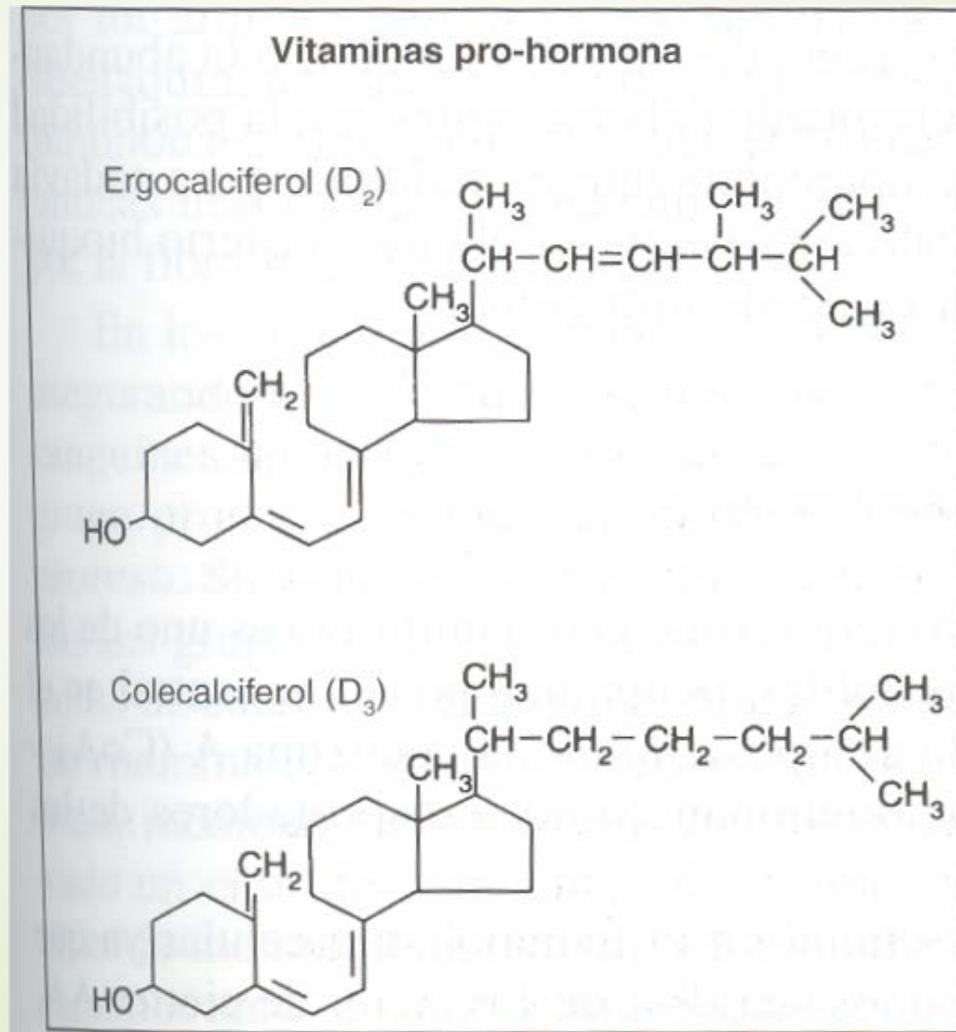
O. aureus: 15 - 25 (Roem *et al.* 1990)

- **Deficiencia:** reduce crecimiento, anorexia, pigmentación pobre, hemorragias.

Tocoferol, Vitamina E

- ▶ Estabilidad: acetato dl-alfa-tocoferol, pulverizado seco
- ◆ Insoluble en agua.
- ◆ Moderadamente estable en premezclas vitamínicas si se almacena por debajo de la temperatura ambiente. Sin embargo se oxida durante el almacenamiento en presencia de aceites rancios o altas temperaturas.

Vitaminas pro-Hormonas



Calciferol, Vitamina D₃

- **Función:** metabolismo de fósforo y calcio como parte de una hormona que permite en animales terrestres la absorción de calcio del tracto digestivo.
- ◆ La conversión de fósforo orgánico a inorgánico en los huesos.
- ◆ La reabsorción de fosfato y aminoácidos de los túbulos de los riñones.

Calciferol, Vitamina D₃



- ◆ El mantenimiento de los niveles de calcio en la sangre.
- ◆ El depósito y oxidación de citrato en los huesos.
- ◆ Animales terrestres producido en piel, por radiación UV de provitamina 7-dehidrocolesterol. Peces poca luz.

Calciferol, Vitamina D₃



- ◆ **Fuentes:** aceite de hígado de pescado, harina de hígado y de pescado y aceites animales.

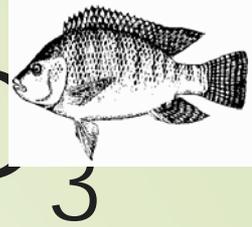
Calciferol, Vitamina D₃

► **Requerimiento:** en mg
vitamina/kg de dieta seca

L. vannamei, juvenil: R (He et al. 1992)

► **Deficiencia:** reduce sobrevivencia
(Kanazawa 1985), reduce apetito (He et
al. 1992).

Calciferol, Vitamina D₃



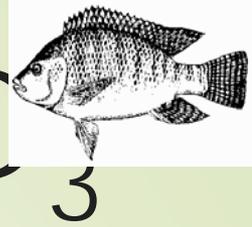
► Requerimiento: en UI vitamina/kg de dieta seca

O. niloticus

x *O. aureus*: 375 (Shiau & Hwang 1993)

► Deficiencia: reduce crecimiento.

Calciferol, Vitamina D₃

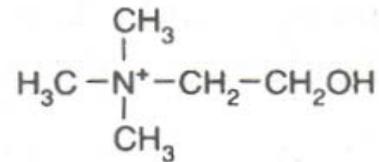


- ➔ Estabilidad: granos protegido con Vit A o en polvo
- ◆ Insoluble en agua.
- ◆ Muy estable en premezclas vitamínicas, durante el procesamiento y almacenamiento.

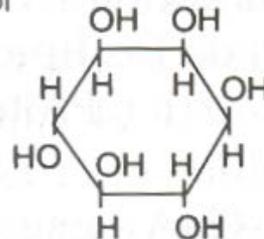
Cuasivitaminas y Factores de Crecimiento

Cuasi-vitaminas

Colina



Meso-inositol



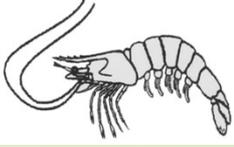
Colina

- **Función:** componente de acetilcolina y de fosfolípidos y por tanto es importante en el mantenimiento de la estructura de la célula y la transmisión del sistema nervioso.
- Síntesis de metionina
- Transporte de lípidos en el cuerpo.
- Permite transmisión de impulsos nervioso.
- Parte fosfolípidos membrana

Colina

- **Fuentes:** levadura de cerveza y de torula, solubles de destilación, harina de origen vegetal (girasol, algodón, maní y soya) y de origen animal (camarón, pescado, carne, hueso, hígado y pulmón), suero, solubles de destilación, subproductos avícolas.

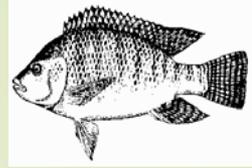
Colina



- **Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca**

| | |
|--------------------------------|----------------------------|
| <i>P. japonicus</i> , larva: | 6000 (Kanazawa 1985) |
| <i>P. japonicus</i> , juvenil: | 600 (Kanazawa et al. 1976) |
| <i>F. chinensis</i> , juvenil: | 4000 (Liu et al. 1993) |
- **Deficiencias:** reduce crecimiento y sobrevivencia (Kanazawa et al. 1976, Kanazawa 1985, Liu et al. 1993).

Colina



► Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca

O. aureus: NR (Roem et al. 1990)

Colina

- Estabilidad: líquido (70 % actividad) o seco (25-60 % actividad)
- ◆ Estable en premezclas vitamínicas pero puede afectar la estabilidad de otras vitaminas y por eso debe adicionarse separadamente.
- ◆ Relativamente estable a condiciones normales de procesamiento y almacenamiento.

Inositol, Mio-Inositol

- **Función:** miositol es un componente esencial del inositol contenido en fosfolípidos y por tanto es un componente estructural importante del esqueleto y los tejidos del corazón y el cerebro.
- También se considera importante en el desarrollo del hígado y las células de la médula ósea, en el transporte de lípidos hepáticos y en la síntesis de ARN.

Inositol, Mio-Inositol

- **Fuentes:** tejidos animales (esqueleto, cerebro, corazón, hígado), levadura de cerveza y harina de pescado. En tejidos vegetales está en forma de ácido fítico, el cual es considerado antinutricional para animales monográstricos. Algunas fuentes vegetales son las leguminosas y los cereales.

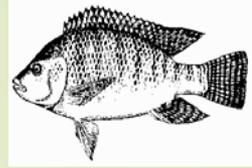
Inositol, Mio-Inositol



- **Requerimiento: en mg vitamina/kg de dieta seca**

| | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| <i>P. japonicus</i> , larva: | 2000 (Kanazawa 1985) |
| <i>P. japonicus</i> , juvenil: | 2000-4000 (Kanazawa et al. 1976) |
| <i>F. chinensis</i> , juvenil: | 4000 (Liu et al. 1993) |
- **Deficiencias:** reduce crecimiento y sobrevivencia (Kanazawa et al. 1976, Kanazawa 1985, Liu et al. 1993).

Inositol, Mio-Inositol



► Requerimiento: en mg vitamina/kg
de dieta seca

No Reportado para Tilapias

Bagre: **NR** (Burtle 1981)

Inositol, Mio-inositol

➡ Estabilidad:

- ◆ Muy estable en premezclas vitamínicas y a condiciones normales de procesamiento y almacenamiento.

Conversiones

- **Vit. B₁**: 1 g tiamina = 1.088 g mononitrato de tiamina
= 1.12 g clorhidrato de tiamina
- **Vit. B₆**: 1 g piridoxina = 1.215 g clorhidrato piridoxina
- **Ac. Pantoténico**: 1 g D-ácido pantoténico
= 1.087 g D-pantotenato de calcio
= 2.174 g DL-pantotenato de calcio
- **Biotina**: 1 g biotina = 1.0 g d-biotina
- **Colina**: 1 g colina = 1.15 g cloruro de colina
- **Vit. C**: 1 g Vit. C = 1.0 g L-ácido ascórbico

Conversiones

- ▶ **Vit. A:** 1 UI vit. A = 0.344 μ g acetato de retinilo
- ▶ **Vit. D₃:** 1 UI vit. D₃ = 0.025 μ g colecalciferol
- ▶ **Vit. E:** 1 g vit. E = 1 g dl- α -acetato de tocoferol
1 UI vit. E = 0.67 mg D- α -tocoferol
1 UI vit. E = 1.0 mg DL- α -tocoferol
- ▶ **Vit. K3:** 1 g vit. K3 = 2.0 g MSB
= 2.3 g MBN

Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

- ▶ Alimentos usualmente sobreformulados, lo cual es costoso. Varias razones:
 - ◆ Falta de conocimiento de los requerimientos.
 - ◆ Alimento permanece varias horas en el agua.
 - ◆ Procesamiento y almacenamiento puede destruir varias vitaminas.
 - ◆ El contenido de vitaminas de los ingredientes varía.

Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

- Se deben considerar los siguientes factores cuando se formula:
- ◆ **Tipo de proceso:** alimentos producidos a altas temperaturas necesitan niveles superiores de vitaminas que alimentos peletizados.

Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

- ◆ **Comportamiento de la especie:** se deben aumentar niveles de vitaminas que son solubles en el agua, especialmente en dietas para larvas o cuando la temperatura del agua es alta.
- ◆ También se puede incrementar el número de veces que se alimenta o aumentar los estimulantes de consumo.

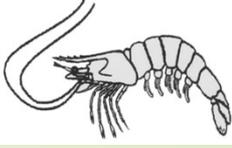
Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

- **Disponibilidad de alimento natural:** *L. vannamei* cultivado a 20 individuos / m² en estanques de tierra puede obtener hasta el 77 % de su crecimiento del alimento natural (Anderson *et al.* 1987).
- **Tamaño y edad del animal:** se considera que los requerimientos disminuyen al aumentar la edad y disminuir la tasa de crecimiento.

Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

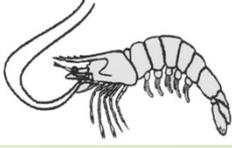
Excepto:

- ◆ Reproductores.
- ◆ Animales bajo tratamiento con antibióticos.
- ◆ Animales bajo estrés o condiciones ambientales adversas.
- ◆ Animales que requieren mejorar resistencia a enfermedades.



Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

| | Cantidad por | TAMU TAMU | Alimento | |
|-------------------------|--------------|-------------|----------|---------|
| | kg alimento | laboratorio | revisado | |
| completo | | | | |
| ➤ Vit. B ₁ : | mg | 50 | 12.5-25 | 90-135 |
| ➤ Vit. B ₂ : | mg | 40 | 25-50 | 70-100 |
| ➤ Vit. B ₆ : | mg | 50 | 50-100 | 70-100 |
| ➤ Ac. Pantoténico: | mg | 75 | 31-62 | 150-300 |
| ➤ Niacina | mg | 200 | 31-62 | 200-300 |
| ➤ Biotina: | mg | 1 | 0.5-0.9 | 4-6 |



Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

| | Cantidad por | TAMU | TAMU | Alimento |
|--------------------------|--------------|-------------|------------|----------|
| | kg alimento | laboratorio | revisado | |
| completo | | | | |
| ➤ Inositol: | mg | 0-300* | | |
| ➤ Colina: | mg | 400* | | |
| ➤ Ac. Fólico: | mg | 10 | 12.5-25 | 75-100 |
| ➤ Vit. B ₁₂ : | mg | 0.1 | 0.095-0.19 | 0.4-0.7 |

*(Reducir si el alimento tiene harina de pescado, de calamar, o lecitina de soya)



Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

| | Cantidad por kg alimento | TAMU laboratorio | TAMU revisado | Alimento completo |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|
| ➔ Vit. C: | mg (P) (E) | 750 75 | 120-140 60-120 | |
| ➔ Vit. A: | UI | 6000 | 1625-3250 | 6000 |
| ➔ Vit. D ₃ : | UI | 4000 | 1250-2500 | 3000 |
| ➔ Vit. E: | mg | 300 | 62.5-125 | 400 |
| ➔ Vit. K ₃ : | mg | 0 | | |

(P) formas protegidas, (E) formas mas estables

Efecto de la mezcla vitamínica en la supervivencia de *L. vannamei*

Supervivencia

(%)

100

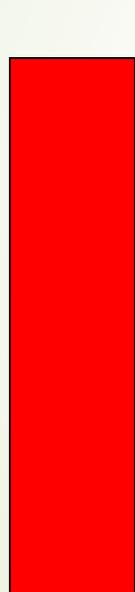
80

60

40

20

0



0

0,15

0,3

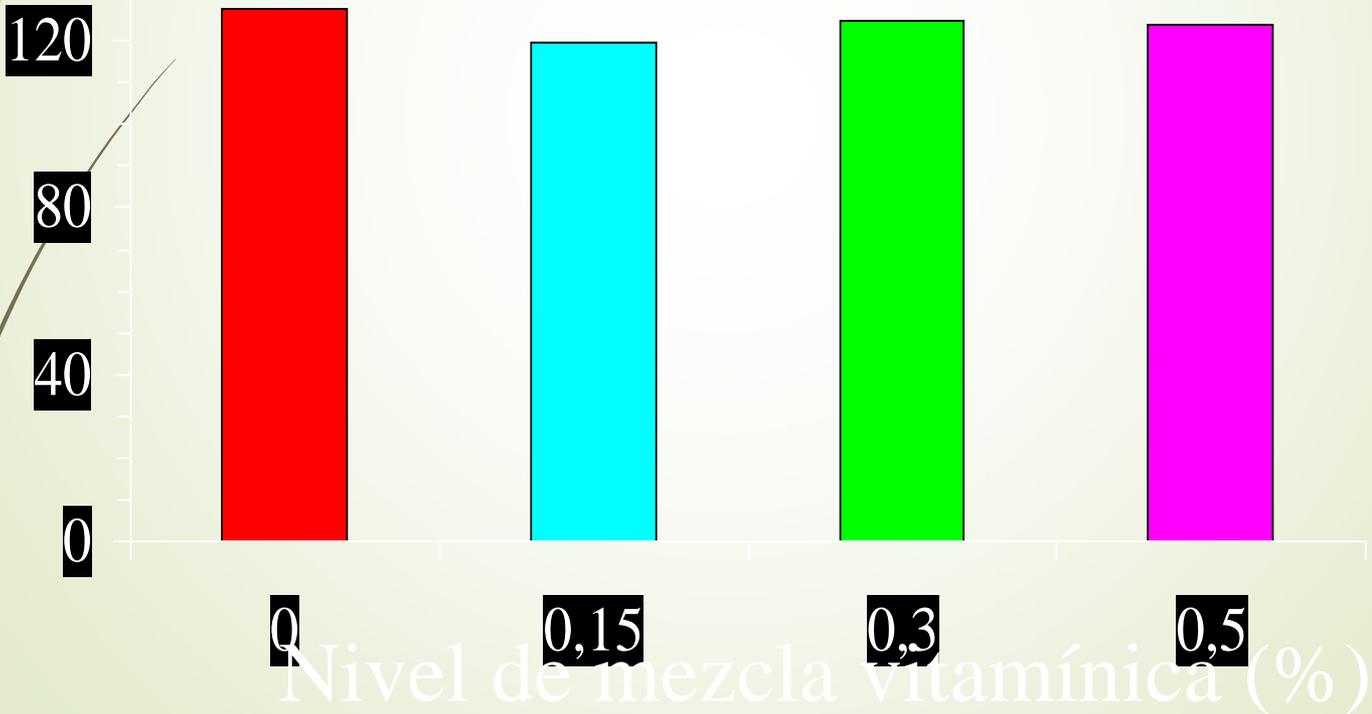
0,5

Nivel de mezcla vitamínica (%)



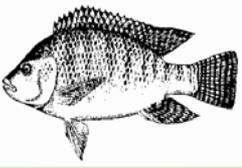
Efecto de la mezcla vitamínica en el crecimiento de *L. vannamei*

Peso ganado
(mg)



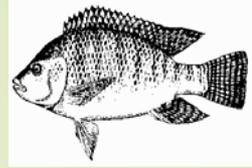


Tal vez sea posible en algunos sistemas de cultivo eliminar completamente la inclusión de mezclas vitamínicas a los balanceados para *L. vannamei* sin afectar negativamente la producción de camarón cultivado en presencia de productividad natural.



Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

| | Cantidad por kg alimento | completo | Alimento |
|-------------------------|-----------------------------|----------|----------|
| ➤ Vit. B ₁ : | mg | | 3 |
| ➤ Vit. B ₂ : | mg | | 6 |
| ➤ Vit. B ₆ : | mg | | 5 |
| ➤ Ac. Pantoténico: | mg | | 10 |
| ➤ Niacina | mg | | 10 |
| ➤ Biotina: | mg | | 1 |
| ➤ Colina: | mg | | 500 |
| ➤ Ac. Fólico: | | mg | 2 |



Niveles Recomendados en Dietas Prácticas

| | Cantidad por kg alimento | Alimento completo |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| ➤ Vit. A: | UI | 1500 |
| ➤ Vit. D ₃ : | UI | 500 |
| ➤ Vit. E: | mg | 75 |
| ➤ Vit. K ₃ : | mg | 1 |
| ➤ Vit. C: | mg | 750 |



Deber

- ▶ Patologías causadas por vitaminas
- 