

seco delactosado (6,000-4,000 mg/Kg); harina de pescado, levadura seca de tórula, harina de germen de trigo, harina de semilla de cártamo, harina de semilla de algodón, harina de soya, harina de carne y hueso (4,000-2000 mg/Kg); salvado de trigo, granos secos de cervecera, salvadillo de trigo, harina de ajonjolí, harina de alfalfa, salvado de arroz, pulido de arroz (2,000-1,000 mg/Kg).

- c) Síntomas por deficiencia:  
Hígado graso, anorexia, crecimiento pobre, hemorragia de riñón e intestino.

#### 4.8 ACIDO FOLICO

##### a) Función biológica:

El ácido fólico en su forma de ácido tetrahidrofólico funciona como coenzima para aquellas reacciones en las que se efectúa la transferencia de una unidad de carbono de un compuesto a otro (p. ej. unidades de metil, formil, hidroximetil). El ácido fólico está involucrado en la síntesis de hemoglobina, glicina, metionina, colina, tiamina y purinas; así como en el metabolismo de la fenilalanina, tirosina e histidina.

##### b) Fuentes dietéticas:

Levadura seca de tórula, levadura seca de cerveza, granos secos de cervecera (10-5 mg/Kg); harina de alfalfa, harina de soya entera, harina de hígado, harina de germen de trigo, harina de nabo, salvado de arroz, harina de lino, harina de semilla de girasol, harina de semilla de algodón, solubles secos de destilería, salvado de trigo, residuos de la molienda de trigo, harina de semilla de cártamo, suero seco delactosado (5-1 mg/Kg).

##### c) Síntomas por deficiencia:

Crecimiento pobre, anorexia, anemia macrocítica normocrómica, letargia, coloración oscura.

#### 4.9 NIACINA

##### a) Función biológica:

El ácido nicotínico como constituyentes del nicotinamín-adenin-dinucleótido (NAD) y su fosfato (NADP), funciona como coenzima en todas las reacciones enzimáticas de las dehidrogenasas, es decir en la transferencia de electrones en los procesos metabólicos, por lo cual el metabolismo del NAD o NADP está estrechamente asociado al del FAD y FMN. Por lo que ambas vitaminas juegan un papel fundamental en la liberación de energía a partir de los carbohidratos, grasas y proteínas. Por último, el NAD y el NADP intervienen en la síntesis de ácidos grasos y colesterol, respectivamente.

##### b) Fuentes dietéticas:

Pulido de arroz, levadura seca de tórula, levadura seca de cerveza, salvado de arroz, (600-300 mg/Kg); salvado de trigo, solubles secos de pescado, harina de semilla de girasol, pasta de cacahuate, harina de nabo, solubles secos de destilería,

residuos de la molienda de trigo (300-100 mg/Kg); harina de pescado, trigo medianero, harina de semilla de cártamo, harina de gluten de maíz, harina de carne y hueso, harina de productos secundarios de aves, sorgo, harina de alfalfa, melaza de caña (100-40 mg/Kg).

##### c) Síntomas por deficiencia:

Deficiencias en ácido nicotínico provocan hemorragias y lesiones en piel.

#### 4.10 BIOTINA

##### a) Función biológica:

La biotina funciona como coenzima en las reacciones de carboxilación (transferencia de  $\text{CO}_2$  de un compuesto a otros). Como componente de la enzima piruvato carboxilasa, es responsable de la conversión del ácido pirúvico a ácido oxaloacético (intermediario en la gluconeogénesis y en el ciclo de Krebs). En el metabolismo de carbohidratos, la biotina también es un elemento constitutivo de la Acetil coenzima A carboxilasa, e interviene en la conversión del Acetil coenzima A a malonil coenzima A, esta última es requerida en la síntesis de ácidos grasos de cadena larga.

##### b) Fuentes dietéticas:

Levadura seca de cerveza, levadura seca de tórula, solubles secos de destilería, harina de nabo, huevo entero, pulido de arroz, granos secos de cervecera, salvado de arroz, suero seco delactosado, harina de semilla de algodón (1-0.5 mg/Kg); harina de cacahuate, harina de soya, leche seca desnatada, harina de alfalfa, avena, sorgo, harina seca de sangre, solubles de pescado seco, salvado de trigo, residuos de la molienda de trigo (0.5-0.2 mg/Kg).

##### c) Síntomas por deficiencia:

Disminución en el crecimiento, pobre eficiencia alimenticia, anorexia, aumento en la mortalidad.

#### 4.II INOSITOL

##### a) Función biológica:

El inositol tiene nueve isómeros posibles de los cuales el mio-inositol es el único con actividad biológica como constituyente de los fosfolípidos de inositol (fosfatidil inositol), es un componente estructural importante del esqueleto, corazón y tejido cerebral. También está por definirse su papel en el crecimiento de las células del hígado y células de la médula ósea, en el transporte del colesterol en hígado y en la síntesis del ARN.

##### b) Fuentes dietéticas:

Fuentes dietéticas ricas en mio-inositol incluyen tejidos de animales (esquelético, cerebro, corazón e hígado), levadura seca de cerveza, harina de pescado. En los tejidos vegetales, el mio-inositol existe en forma fosforilada de hexafoafato de inositol o ácido fítico. Sin embargo este compuesto es consi-

derado como un factor anti-nutricional para la mayoría de los animales monogástricos.

c) Síntomas por deficiencia:

Una deficiencia en inositol provoca crecimiento reducido, coloración oscura, lesiones hemorrágicas en piel y prolongación en el tiempo de vaciado gástrico.

4.12 VITAMINA A (RETINOL)

La vitamina A existe únicamente en el tejido animal y está presente tanto en forma de retinol (vitamina A1: mamíferos y peces marinos) o en forma de 3,4-deshidroretinol (Vitamina A2: peces de agua dulce). Sin embargo un precursor de la Vitamina A se encuentra en los tejidos vegetales, en forma de carotenoides (p. ej. beta caroteno). Una vez ingeridos por los peces, dichos pigmentos pueden ser convertidos en Vitamina A activa.

a) Función biológica:

La vitamina A es requerida para una visión normal. Es combinada en la retina del ojo con una proteína específica, la opsinina, para formar un pigmento visual, mismo que auxilia en la recepción y transmisión de la luz desde el ojo al cerebro. Además es requerida para el mantenimiento de las membranas mucosas.

b) Fuentes dietéticas:

Fuentes dietéticas ricas en retinol, incluyen aceites de hígado de pescado (aceite de bacalao 180 µg/g) y harina de hígado de animales (25-100 µg/g). Entre los ingredientes vegetales ricos en vitamina A (expresados como equivalentes de retinol µg/g de peso fresco) figuran zanahorias maduras (20), espinacas (10) y berro (5).

c) Síntomas por deficiencia:

Una deficiencia en Vitamina A provoca anorexia, reducción en el crecimiento, pérdida gradual del color corporal, exoftalmia, atrofia, hemorragia en piel aletas y riñón.

4.13 VITAMINA D (COLECALCIFEROL)

a) Función biológica:

A semejanza de la vitamina A, el colecalciferol únicamente existe en el tejido animal, donde juega un papel fundamental en el metabolismo del Ca y P, es requerido para la absorción del Ca en el tracto digestivo y para la mineralización del tejido óseo durante el crecimiento, al convertir el P orgánico a P inorgánico. Sin embargo, el colecalciferol primeramente debe ser convertido a 25-hidroxicolecalciferol, que es la forma activa de la vitamina D. También se le atribuye el mantenimiento de los niveles de Ca en sangre.

b) Fuentes dietéticas:

Aceite de hígado de pescado (aceite de bacalao 2-10 µg/g). aceites y harinas de hígado de animales y harina de pescado.

c) Síntomas por deficiencia:

Una deficiencia en vitamina D provoca reducción en el crecimiento y en la eficiencia alimenticia, anorexia, contenido elevado de lípidos en hígado y músculo.

4.14 VITAMINA E (TOCOFEROL)

a) Función biológica:

La vitamina E es un antioxidante liposoluble intra y extracelular, localizado en las biomembranas (p.ej. membrana celular, mitocondrias y sistema reticuloendotelial).

En particular, los tocoferoles protegen a los ácidos grasos altamente insaturados, así como a las vitaminas A y C del daño oxidativo que pudiesen sufrir, al terminar con las reacciones peroxidativas en cadena. También se ha sugerido que los tocoferoles juegan un papel importante en la respiración celular y en la biosíntesis del ADN y de la coenzima QQ.

b) Fuentes dietéticas:

Harina de alfalfa, harina de germen de trigo (125-100 mg/Kg); Huevo de gallina, pulido de arroz, (100 75 mg/Kg); salvado de arroz, salvadillo de trigo (75-50 mg/Kg); levadura seca, solubles secos de destilería, granos de cebada harina entera de soya, residuos de la molienda de trigo (50-25 mg/Kg); salvado de trigo, granos de centeno, sorgo, harina de pescado, harina de semilla de girasol, harina de algodón (25-10 mg/Kg).

c) Síntomas por deficiencia:

Una deficiencia por vitamina E provoca una disminución en el crecimiento, diatesis exudativa, distrofia muscular, exoftalmia, anemia, depositación ceroides en hígado y bazo.

4.15 VITAMINA K (FILOQUINONA)

a) Función biológica:

La vitamina K es requerida para el mantenimiento de una coagulación normal al facilitar la producción y/o liberación de varias proteínas del plasma sanguíneo, requeridas para la coagulación de la sangre (protombina, proconvertina, tromboplastina plásmica y el factor Stuart-Prower).

b) Fuentes dietéticas:

Harina de alfalfa (9mg/Kg); harina de pescado (2 mg/Kg); harina de hígado y vegetales verdes frondosos.

c) Síntomas por deficiencia:

Retardo en el tiempo de coagulación, anemia, branquias, ojos y tejidos vasculares hemorrágicos.

5.- REQUERIMIENTOS VITAMINICOS EN LA DIETA

Los requerimientos vitamínicos en la dieta de peces se han determinado mediante pruebas de alimentación con dietas purificadas o semi purificadas, conteniendo niveles graduales de cada vitamina. La realización de esas evaluaciones, en la mayoría de los casos se han realizado bajo condiciones de laboratorio, donde no