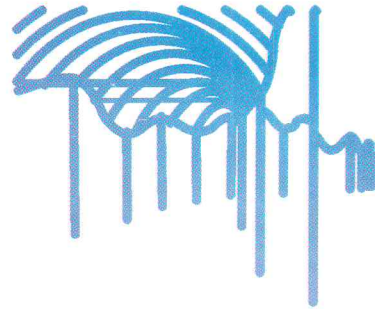


UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS ALTOS



CONCEPTOS PRÁCTICOS
DE VITAMINAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL

Dr. Alberto Taylor Preciado
Ph.D. José Rogelio Orozco Hernández

CONCEPTOS PRÁCTICOS DE VITAMINAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Primera edición 2000.

DR © UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Coordinación Editorial
Enrique González Martínez 131
Col. Ladrón de Guevara
Guadalajara, Jalisco

Producción:

Centro Universitario de Los Altos
Km. 7.5 Carretera Yahualica-Tepatitlán
Apartado postal 58
47600 Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México

ISBN: 968-895-992-8

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

CONTENIDO

Tema	Página
Introducción.	1
Antecedentes.	2
Generalidades.	2
Concentración.	6
Especificaciones técnicas de las vitaminas.	7
Vitamina A.	7
Importancia fisiológica.	7
β -caroteno.	9
Importancia fisiológica.	9
Carotenoides.	10
Vitamina D.	12
Importancia fisiológica.	13
Vitamina E.	13
Importancia fisiológica.	14
Impacto del estrés sobre la calidad de la carne.	16
Vitamina K ₃	20
Importancia fisiológica.	21
Vitamina "B ₁ ".	22
Importancia fisiológica.	23
Vitamina B ₂	24
Importancia fisiológica.	24
Vitamina B ₆	25
Importancia fisiológica.	25
Vitamina B ₁₂	26
Importancia fisiológica.	26
Vitamina H ₂	27
Importancia fisiológica.	27
Ácido fólico.	29
Importancia fisiológica.	29

Ácido pantoténico.	30
Importancia fisiológica.	30
Ácido nicotínico.	31
Importancia fisiológica.	31
Colina.	34
Importancia fisiológica.	34
Vitamina C.	36
Importancia fisiológica.	36
Estabilidad de las vitaminas.	37
Recomendaciones de vitaminas.	42
Conservación de las vitaminas.	48
Antioxidantes.	48
Literatura consultada.	49

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
1.	Mecanismos para la regeneración anaerobia del NAD.....	4
2.	Vitaminas de interés en producción animal y sus presentaciones comerciales.....	6
3.	Efectos del tiempo de conservación en los suplementos vitamínicos y en los minerales traza sobre la dureza (1×10^3 Newtons) del músculo del muslo.....	15
4.	Factores que afectan la estabilidad de las vitaminas.....	40
5.	Estabilidad de las vitaminas en alimentos terminados (promedio en industria).....	40
6.	Recomendaciones comerciales de vitaminas (principio activo) en pollo de engorda.....	43
7.	Recomendaciones comerciales de vitaminas (principio activo) en gallina de postura.....	43
8.	Recomendaciones comerciales de vitaminas para gallinas reproductoras.....	43
9.	Recomendaciones comerciales de vitaminas en lechón.....	44
10.	Recomendaciones comerciales de vitaminas en cerdos en desarrollo.....	44
11.	Recomendaciones comerciales de vitaminas de cerdos en finalización.....	44
12.	Recomendaciones comerciales de vitaminas cerdas en gestación y lactancia.....	45
13.	Recomendaciones comerciales de vitaminas para becerros.....	45
14.	Recomendaciones comerciales de vitaminas para bovinos de engorda.....	45
15.	Recomendaciones comerciales de vitaminas para vacas lecheras.....	46
16.	Fortificación de vitaminas en el mercado comercial del pollo de engorda en los Estados Unidos.....	46

17.	Porcentaje de fortificación de vitaminas de gallina ponedora en los Estados Unidos.	46
18.	Promedio de niveles de fortificación de vitaminas en cerdos de los Estados Unidos.	47
19.	Nivel de fortificación comercial de cerdas gestantes y lactación en los Estados Unidos.....	47
20.	Coefficientes de variación en los niveles de fortificación en cerdos de pie de cría en Estados Unidos.	47

PRÓLOGO

La industria de los alimentos balanceados para animales es de interés económico al humano, y creciente año con año, a nivel mundial los incrementos en su producción son notables, con una fuerte demanda por aquellos cuyas propiedades nutricionales aseguren el alto nivel de producción animal.

La genética, el manejo, y la nutrición, son áreas del conocimiento que se antojan independientes de la medicina veterinaria, específicamente en la producción animal, sin embargo, se relacionan de tal forma que ninguna puede por si misma concebirse como único estímulo de la respuesta del animal. En nutrición una área de poco conocimiento práctico es en vitaminas, las cuales son agregadas en pequeñas cantidades en el alimento asegurando el funcionamiento de los sistemas biológicos que integran un animal.

La importancia de las vitaminas implica un conocimiento amplio y objetivo de cómo cada una se presenta en la naturaleza y en el mercado, además de como funciona en los sistemas independientemente de la etapa productiva del animal. Este documento da a conocer las características relevantes de las vitaminas para acercar al lector al tema y que éste conciba la importancia de su adición a las raciones.

Existe además un sinnúmero de libros y revistas de circulación nacional e internacional, donde se puede profundizar en la consulta de los niveles de requerimiento de cada vitamina. Sin embargo, en ocasiones la respuesta no es la esperada o la adición de vitaminas en altas concentraciones (no asegura que mejore la respuesta) es antieconómico.

Por lo anterior, se sugiere que las recomendaciones más puntuales hechas al productor, sean aquellas que, con base en un trabajo constante y monitoreo de respuesta, logre definir niveles de inclusión propios (según el animal y sistema de producción).

Dr. Alberto Taylor Preciado

A mi familia
Rocío, Alberto y Alan,
por mi felicidad.

A mis padres
Alberto y María Eugenia
por su legado de amor.

Dr. Alberto Taylor Preciado

INTRODUCCIÓN

El animal sea o no de interés comercial para el hombre, requiere para su óptimo funcionamiento consumir a través del alimento aproximadamente cuarenta diferentes “componentes nutricionales”, denominados así porque nutren a todas y cada una de las células y tejidos que constituyen su organismo.

Estos componentes ofrecidos mediante una ración están formados por: agua, aminoácidos (esenciales y no esenciales), hidratos de carbono, lípidos, vitaminas, minerales, y otros llamados “aditivos”, algunos de los cuales no son considerados nutrimentos aunque sí apoyan la utilización metabólica de los primeros, e indirectamente permiten condiciones de salud.

Entre estos se encuentran: hormonas, agentes antimicrobianos, promotores de crecimiento, antioxidantes, coccidiostatos, antiparasitarios, inhibidores de hongos, fungicidas, secuestrantes de micotoxinas, aglutinantes, saborizantes, ionóforos, cultivos ácido-lácticos, pigmentos, ácidos orgánicos, etc. Muchos elaborados sintéticamente u obtenidos en forma natural, pero finalmente manipulados para su industrialización.

Es una realidad que no todos los animales reciben por diferentes causas los nutrimentos que necesitan diariamente, lo que conlleva a experimentar la necesidad de “*un algo*” y esta deficiencia (parcial o total) provoca la manifestación de signos como; incremento o decremento en el consumo de agua y alimento, estado de tensión (nerviosismo, picoteo, canibalismo) o indiferencia, reducción de peso, baja producción (leche, carne o huevo), deficiente tasa de crecimiento, incremento de enfermedades debidas a la inmunosupresión, progenie con bajo peso o viabilidad y en la baja fertilidad, hasta llegar a la postración y en algunos casos la muerte.

La industria de la fabricación de alimentos balanceados, así como los productores integrados que elaboran el suyo propio (autoconsumo o comercialización) reconocen la importancia de uno con la calidad nutricional requerida, rediseñando constantemente las formulaciones del mismo. Esto se debe principalmente a la fluctuación, en la calidad y costos de la materia prima (granos: maíz, sorgo, oleaginosas: cártamo, soya o ingredientes proteicos: como las harinas de carne y pescado) lo que redundando en la calidad del producto.

Además de las consideraciones anteriores se han de tomar en cuenta, los resultados de campo, las características y las demandas genéticas y productivas de los animales, quienes son los que consumen estos alimentos. De no tomarse en cuenta lo anterior, habría graves problemas que repercutirán negativamente en los costos de producción y rentabilidad.

Por lo tanto, se puede considerar que tanto los nutrimentos “normales” como los “aditivos”, son importantes, pero algunos de estos últimos no son tan indispensables e incluso considerados en segundo término, que en caso necesario deben estar integrados en la ración en cantidad que permita al animal obtenerlos a medida de sus necesidades, considerando la especie animal, edad, etapa productiva, manejo, tipo de explotación, temperatura ambiental, etc.

ANTECEDENTES. La historia identifica dos enfermedades que ahora se sabe son provocadas por deficiencia de vitaminas: el *beri-beri* observada en Oriente (2,000 años antes de cristo) y la *ceguera nocturna* descrita por Hipócrates (500 años antes de cristo). Además, con el consumo de algunos alimentos se tenía cierto éxito para controlar el *escorbuto*, que plagaba a las tripulaciones de exploradores del océano en los siglos XV y XVI y costaba miles de vidas.

En 1747 James Lind mostró que el escorbuto podría ser reversible con el consumo de frutas cítricas (naranjas y limones); la marina entonces prescribió el jugo de éstos para su tripulación. El síndrome de *beri-beri* fue identificado en las regiones donde se cultivaba el arroz en Oriente, la enfermedad se caracterizaba por debilidad muscular (alteraciones nerviosas periféricas diseminadas) y algunas veces por falla cardiaca con edema. Su nombre se deriva de la palabra *Sinhalesa* que significa: incapacidad o gran debilidad.

Fue Christian Eijkman en 1888 observó un trastorno similar en aves alimentadas con arroz pulido, que se curaron cuando se les alimentó con arroz sin pulir o agregando al alimento lo molido; además, demostró que algún factor en el arroz sin moler, también evitaba el *beri-beri* en humanos. Este descubrimiento fue en su momento de importancia para la salud de miles de humanos que lo sufrían.

El término *vitamina* (*vita* = vida) lo empezó a utilizar el científico en nutrición, Casimir Funk (entonces se creía que las vitaminas eran aminas) y posteriormente en base a sus trabajos se denominó vitamina "A" la que resultó soluble en grasa y necesaria para el crecimiento en ratas; y aquella que se diluía en agua "B", el factor contra el *beri-beri*. Sin embargo, no pasó mucho tiempo antes de que apareciera la vitamina "C", el factor contra el escorbuto, y entonces, se descubrió la vitamina "D", también soluble en grasa a partir "A", conocida como factor antirraquitismo.

Más tarde, la original "B", presentó varios factores; uno, el agente anti-*beri-beri*, que resultó ser termolábil y se llamó "B₁". Las otras formas resultaron termoestables y se agruparon como vitamina "B₂", conocido como el factor antipelagra. Por último el espectro de hidrosolubles del grupo "B", se amplió con la riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantoténico y biotina. Algunas de éstas se representaron y después se descartaron, provocando intervalos en la numeración de la serie de vitamina "B", existiendo además el ácido fólico que no tiene número registrado en este complejo aún siendo hidrosoluble.

El estudio de los requerimientos animales para las vitaminas así como de otros nutrimentos, se desarrolla en dos tiempos de investigación. Uno, al nivel de laboratorio en especies cuya ración se diseña con concentraciones escalonadas, con el fin de obtener un mínimo; posteriormente y tomando en cuenta: la genética, nivel nutricional, tipo de explotación, y temperatura ambiental, entre otros, se establecen los requerimientos.

Con las concentraciones recomendadas y animales de diferentes líneas genéticas, así como de diferente manejo, condiciones ambientales y nutritivas, se extrapolan los resultados para definir un nivel óptimo de inclusión de los nutrimentos en estudio. Sin embargo, los requerimientos de vitaminas no son fijos, debido a un sinnúmero de factores que escapan de la responsabilidad de las casas productoras y comercializadoras, por lo que éstas incrementan las recomendaciones hasta un 400% más del recomendado en laboratorio.

Las vitaminas representan un factor esenciales fundamental en el metabolismo y en la absorción de: los aminoácidos, hidratos de carbono, lípidos, vitaminas y minerales, ya que actúan como cofactores enzimáticos. Un cofactor enzimático es un constituyente orgánico o metálico que forma parte de una coenzima, la que a su vez promueven la activación de las enzimas que catalizan la transferencia de grupos y otras reacciones.

Las coenzimas, se definen como compuestos orgánicos termoestables, de peso molecular bajo, y que son necesarias para la actividad enzimática uniéndose a las enzimas por fuerzas no covalentes. Entre las reacciones que necesitan coenzimas están: las oxidación-reducción [el proceso químico de **oxidación** consiste en la pérdida de electrones de un elemento y la **reducción** en la ganancia de ellos por otro, ejemplo: la oxidación del ión ferroso en férrico ($\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{e}^- + \text{Fe}^{3+}$)], las reacciones de transferencia de grupo de isomerización y las reacciones que forman enlaces covalentes. Las reacciones hidrolíticas catalizadas por enzimas digestivas que no necesitan de coenzimas.

Este principio de oxido-reducción se aplica a los sistemas bioquímicos y es un concepto importante en la comprensión de la naturaleza de la oxidación biológica. Numerosas oxidaciones biológicas, pueden tener lugar sin la participación del oxígeno molecular, por ejemplo: la deshidrogenación.

Puede ser útil considerar a la coenzima como un segundo sustrato, por dos razones; una de ellas es la de entender, que los cambios químicos en la coenzima compensan a los que se realizan en el sustrato ejemplo: en la oxidación-reducción (dehidrogenasa), cuando una molécula de sustrato es oxidada, una molécula de coenzima es reducida.

Las reacciones de la coenzima que puede tener el mayor significado fisiológico, ejemplo es la importancia de la capacidad del músculo que trabaja en condiciones anaerobias para convertir el pirúvato en lactato.

Cuadro 1. Mecanismos para la regeneración anaerobia del NAD

Oxidante	Producto reducido	Lugar
Pirúvato	Lactato	Músculo y bacterias lácticas
Acetaldehído	Etanol	Levadura
Fosfato de dihidroxiacetona	α -glicerofosfato	<i>Escherichia coli</i>
Fructosa	Manitol	Bacterias heterolácticas

La reacción sirve para oxidar la coenzima reducida NADH a NAD^+ . Sin el NAD la glucólisis (proceso de obtención de energía por la célula) no puede continuar y la síntesis del adenosina trifosfato (ATP) cesa. En condiciones anaerobias, la reducción del pirúvato en lactato reoxida al NADH y permite la síntesis del ATP. Otras reacciones pueden servir igualmente en las bacterias o levaduras que crecen en un medio anaerobio, algunos metabolitos derivados del pirúvato son utilizados como oxidantes para el NADH y ellos mismos son reducidos.

Las coenzimas pueden clasificarse de acuerdo al grupo que ayudan a transferir:

- ❖ **Para la transferencia del hidrógeno:** NAD^+ , NADP^+ , FMN, FAD, ácido lipoico, Coenzima Q.
- ❖ **Transferencia de grupos distintos del hidrógeno:** fosfatos de azúcares, CoA-SH, pirofosfato de tiamina, fosfato de piridoxal, coenzimas del folato, biotina, coenzimas de cobalamina, ácido lipoico.

Las vitaminas del complejo B forman parte de las coenzimas, la nicotinamida, tiamina, riboflavina y ácido pantoténico son esenciales para las coenzimas involucradas en oxidación y reducción biológicas, mientras que las que usan ácido fólico y cobamida, actúan en el metabolismo de compuestos monocarbonados. Numerosas coenzimas contienen adenina, ribosa y fosfato y se derivan del fosfato de adenosina; los ejemplos incluyen NAD^+ y NADP^+ .

Es importante notar que más del 25% de las enzimas contienen iones metálicos firmemente unidos, necesarios para ejercer su actividad. Por tanto, la distinción entre metaloenzimas y enzimas activadas por metal, radica en la afinidad de una enzima particular por su ión metálico; como sucede con las vitaminas.

La participación directa de las coenzimas conocidas como aminotransferasas (denominadas también como transaminasas), se explican porque éstas catalizan el intercambio de grupos alfa-amino, de los aminoácidos, por grupos alfa-oxo, de los alfa-oxo aminoácidos del pirúvato, oxalacetato o alfa-cetoglutarato; estas reacciones son fundamentales para la biosíntesis y el catabolismo de los aminoácidos.

Las vitaminas son sustancias activas necesarias para el mantenimiento de todas las funciones corporales como: salud, crecimiento, reproducción y rendimiento. La mayoría no pueden ser sintetizadas por el organismo. Sólo en raras ocasiones puede el animal cubrir sus necesidades a través del contenido natural de éstas en los ingredientes, sobre todo en explotaciones pecuarias intensivas y relacionado el rendimiento exigido al animal. Esto se debe a causas como: productos alimenticios con un bajo contenido natural de esos compuestos, las vitaminas A, D y C, no se encuentran presentes por lo general y, algunas poseen escasa estabilidad, para almacenamiento, pudiendo degradarse.

Por otro lado, la biotina, el ácido nicotínico y colina, provenientes de ingredientes, poseen una disponibilidad biológica reducida. Cabe mencionar que las vitaminas del complejo "B" se almacenan en el organismo animal en niveles limitados y requieren de un suministro continuo. Condicionando que las vitaminas producidas a nivel industrial se adicionen al alimento, para asegurar el suministro acorde a los requerimientos. Ahora, se considera que las vitaminas, producidas industrialmente ejercen el mismo efecto o mejor, debido a formulaciones especiales que garantizan una mejor disponibilidad, metabolismo y absorción de los nutrimentos.

CONCENTRACIÓN.

Por razones de industrialización, calidad del producto (estandarización de técnicas de producción), eficiencia en la adición y conveniencia económica, las empresas productoras de vitaminas acordaron manejar las siguientes concentraciones a nivel internacional.

Cuadro 2. Vitaminas de interés en producción animal y sus presentaciones comerciales.

Vitamina	Producto	Concentración
A	Acetato de retinilio	500,000 UI./g.
	Acetato de retinilio	500,000 UI./g. Soluble
D ₃	Colecalciferol	500,000 UI./g.
	Colecalciferol	500,000 UI./g. Soluble
E	DL α Tocoferilacetato al 50%	500,000 UI./g.
	DL α Tocoferilacetato al 50%	500,000 UI./g. Soluble
K ₃	Hetrazeen	49.0% de menadiona (mínimo)
	MSB	25.0% de menadiona (mínimo)
B ₁	Tiamina mononitrato	98.0%
	Tiamina HCl	98.5%
B ₂	Riboflavina	96.0%
	Riboflavina SG	80.0%
B ₃	Ácido nicotínico	98.5%
B ₅	D- Pantotenato de calcio	98.0%
B ₆	Hidrocloruro de piridoxina	98.0%
B ₁₂	Cianocobalamina	1.0%
C	Ácido ascórbico	99.0%
H ₂	Biotina	2.0%
	Ácido fólico	98.0%
	Cloruro de colina	60.0% y 70.0%

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS VITAMINAS

VITAMINA A

Denominación química:

Acetato de retinilio

Isómeros equivalentes:

1 Unidad Internacional (UI) =

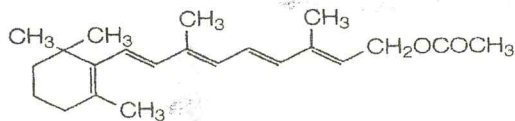
0.300 µg. de vitamina A alcohol.

0.344 µg. de vitamina A acetato.

0.550 µg. de vitamina A palmitato.

0.359 µg. de vitamina A propionato.

1 unidad USP



C₂₂H₃₂O₂

masa molar 328,5 g/mol

Descripción:

Polvo pardo oscuro.

Tamaño de partícula:

Mínimo el 97% < 0.63 mm.

Densidad aparente:

Aprox. 0.6 g./ cm³.

Composición:

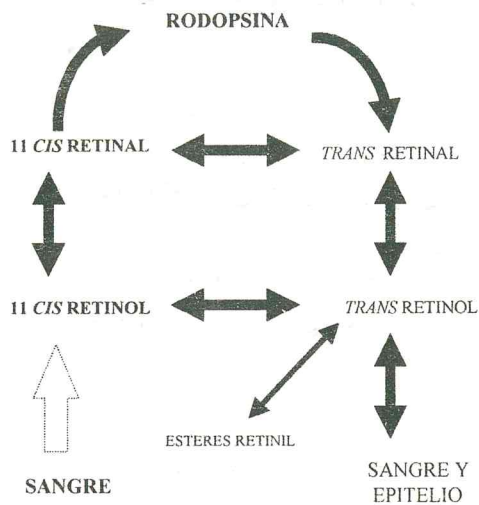
Finamente distribuida en una matriz de carbohidratos y gelatina, estabilizada con antioxidantes y formadores de complejo.

Solubilidad:

Insoluble en agua fría y caliente.

Forma Natural. La vitamina A (retinol) únicamente está presente en ingredientes de procedencia animal, tales como: el aceite de hígado de bacalao, la leche entera, la harina de pescado, etc. Los ingredientes de origen vegetal contienen solo la provitamina y carotenos, representando (*β-caroteno*) más del 90%, son especialmente ricas en *β-caroteno* las plantas verdes como la hierba, trébol y alfalfa y, en la zanahoria. Son pobres en caroteno los cereales (maíz), los tubérculos (papas, remolachas, etc.), y los residuos de su procesamiento, el cual se reduce con el crecimiento de la vegetación, conservación y almacén.

Importancia fisiológica. La vitamina protege el ectodermo e importante para la génesis, protección y regeneración de la piel y las mucosas, y tiene una función especial en el proceso de la visión, formándose del retinol, en la retina del ojo y el retinal, que junto con el residuo de lisina de la proteína opsina se condensa, formando almidina.



Con el retinol se produce la sustancia fotorreceptora llamada **rodopsina** (púrpura visual), importante para la visión crepuscular y nocturna. Además, esta vitamina afecta: el crecimiento, desarrollo del esqueleto y fecundidad de los animales. A dosis elevadas se puede mejorar la formación de anticuerpos y la resistencia corporal; contribuye en la capacidad de las membranas celulares y de enzimas participando en el metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas.

Deficiencia. Un aporte insuficiente de vitamina conduce a: trastornos del crecimiento corporal y de osificación, alteraciones patológicas de la mucosa y piel (queratinización), perjudica la capacidad visual (*xerofalmia*; ceguera nocturna), además de ser susceptible a enfermedades infecciosas por depresión del sistema inmune y, trastornos en la reproducción como: fertilidad deficiente, esterilidad, malformaciones teratológicas, polineuritis, ataxia, parálisis del tren posterior, elevada presión del fluido cerebroespinal, etc.

Toxicidad. El animal tolera dosis elevadas de vitamina A sin efecto de dosis repetidas de ésta, el nivel se encuentra en el ámbito de 5,000 a 10,000 UI./kg. de peso animal. Comparado con la demanda fisiológica resulta un factor de seguridad de 10 a 30, sin embargo, los efectos tóxicos pueden aparecer cuando la dosis alcanza 1'000,000 UI./kg. en administraciones repetidas.

Recomendaciones. Consultar cuadro correspondiente.

Factores intrínsecos. Muchas vitaminas contienen insaturaciones o dobles ligaduras ambas altamente susceptibles a la oxidación, por ejemplo la vitamina A (retinol) tiene ambas, un grupo hidroxilo libre y cinco dobles ligaduras. La esterificación del retinol con ácido acético produce retinil-acetato el cual tiene un grupo hidroxilo protegido pero conserva las dobles ligaduras susceptibles a la oxidación, por esta razón con el aceite puro de retinil-acetato tiene que ser emulsificado en gelatina y azúcares (insolubles en agua) y procesado en una matriz y conteniendo un antioxidante.

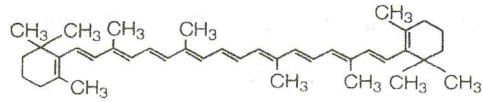
β -CAROTENO

Sinónimos: Provitamina A.

Unidades de medida:

mg./kg. de alimento ó mg./día.

Descripción: Polvo rojo, hasta rojo pardo, de fluidez libre, pulverizado con base en gelatina de monosacáridos y polisacáridos.



$C_{40}H_{56}$

masa molar 536,85 g/mol

Formas comerciales: Productos secos y estables, con un contenido de β -caroteno activo de al menos 10% (100,000 mg./kg.).

Tamaño de partícula: Mínimo 97% < 0.63 mm.

Densidad aparente: Aprox. 0.6 g./cm³.

Solubilidad: Se forma una dispersión disuelta en agua tibia (40°C).

Forma natural. En las plantas verdes esta provitamina A, se encuentra en cantidades variables; sin embargo la época de cosecha, el tiempo de almacenamiento, método de preservación (secado, ensilaje) y manejo, pueden reducir su concentración, a menos del 30%. El proceso de degradación puede acompañarse por una transformación de la molécula en caroteno, con menor eficacia biológica. La absorción y conversión dependen de diversos factores como: los fertilizantes (potasio, nitratos), los métodos de preservación y el aporte.

Importancia fisiológica. Aparte de su efecto, como provitamina A, es importante en reproducción animal, tanto en la hembra como en el macho, en especial en el ciclo de ovulación, además de incrementar la resistencia a las infecciones, en todas las edades.

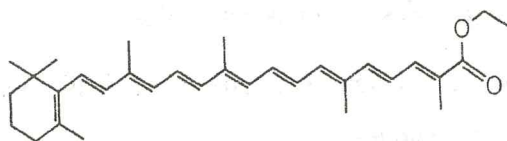
Signos de deficiencia. Celo silencioso y recurrente, ovulación retardada, baja fertilidad, muerte embrionaria, aborto temprano, susceptibilidad a infecciones.

Requerimientos. Cuando el animal recibe forraje verde fresco, por lo general obtiene un aporte diario aceptable. Sin embargo, en estabulación debe recibir en el rango de 400–600 mg. de esta vitamina o pueden ser cubiertos cuando el animal recibe ensilado de buena calidad. Teniendo en cuenta que el β -caroteno en condiciones prácticas no se almacena en el cuerpo del animal con la misma eficiencia que la vitamina. Esta vitamina no se adiciona como sal pura, ya que se considera mejor su adición en el alimento.

Carotenoides. Tienen una actividad limitada, como la vitamina,. Su importancia práctica en avicultura es debido a su efecto pigmentante, dentro de ellos los más importantes son: la luteína y la zeaxantina (los pigmentos amarillos del maíz y los vegetales de las hojas verdes), la capsantina y la capsorubina (pigmentos rojos del pimiento) y otros pigmentos amarillos y rojos (estrés apocarotenoides, cantaxantina y citranaxantina).

Existen en el mercado mundial pigmentos naturales, solo en México se obtiene una producción de 80,000 toneladas anuales a partir de la flor de Cempasúchil ó “Flor de muerto”, con presentaciones comerciales entre 11 y 15 g./kg. de producto. La flor presenta entre 98-99% de pigmentos saponificados y un 92% entre luteína y zeaxantina, conteniendo la mayoría de los productos entre 87-89% de luteína. Los productos rojos naturales se presentan 85% de saponificación y 45-50% de rojos totales (harina de chile, pimiento rojo).

Los carotenoides se absorben con los lípidos y se depositan en el tejido graso subcutáneo del pollo de engorda, dándole el color deseado a la piel. En cambio, en el óvulo (yema del huevo), que madura entre 9-10 días, el cual, durante este período el pigmento deposita el carotenoide en capas concéntricas amarillas.



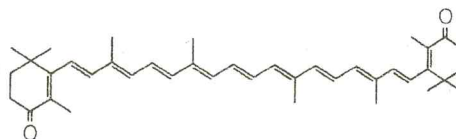
$C_{32}H_{44}O_2$ masa molar 460,7 g/mol

En el mercado internacional existen dos productos sintéticos que realizan acciones de pigmentación en pollo, únicamente para la piel. En el caso del pigmento amarillo (Ester-etílico del ácido β -apo-8'-carotenoico), con una actividad

biológica de vitamina A, que asciende hasta 420 UI./mg. presente en la naturaleza como producto del apocarotenol, el cual es extraído de la alfalfa, verduras y cítricos.

En el caso del pigmento rojo (4,4'-dioxo- β -caroteno), la cantaxantina se encuentra en la naturaleza, en piel y órganos de diferentes especies de pájaros, como en los hongos de la especie *Cantharellus cinnabarinus* (cantarela) y, en diversos insectos. Este pigmento sintético se adiciona, en forma de polvo, para pigmentación de piel y yema del huevo.

Tanto, el pigmento amarillo como el pigmento rojo, son primordiales para la pigmentación de la piel del pollo de engorda o parrillero, de la yema del huevo, de peces, etc, tomando en cuenta la cantidad de carotenoides "xantofilas" presentes en el alimento, y buscando con la incorporación los tonos, tanto el color del pollo vivo o en canal

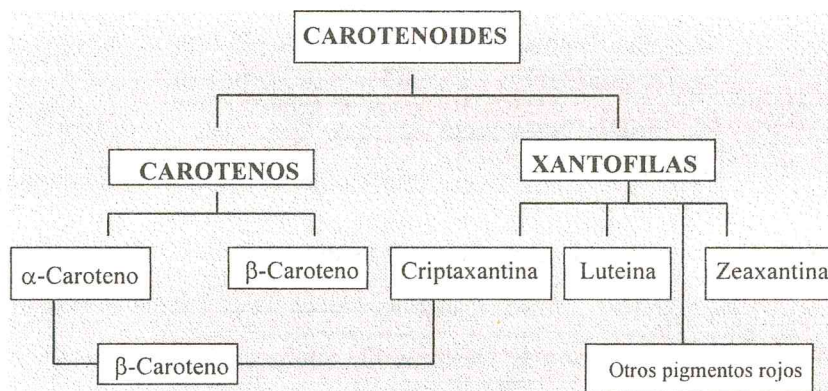


$C_{40}H_{52}O_2$ masa molar 564,8 g/mol

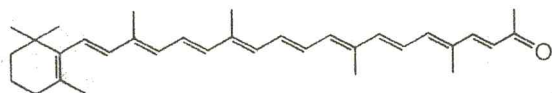
como la yema de huevo (que van desde amarillo, rojo o diferentes tonos de dorado) y según las exigencias del mercado local o regional.

Existe también, en el mercado internacional, otro pigmento sintético, que es utilizado para la pigmentación de la yema del huevo, la citranaxantina (5', 6' dihidro-5'-apo^w18'-nor.- β -caroteno-6'-ona), con una eficacia de vitamina A que asciende a 300 UI./ mg., misma que se agrega en el alimento y cuya partícula no es metabolizada, pero que directamente se deposita (como agente pigmentante) en la yema.

Figura 1. Derivación de los carotenoides encontrados en la naturaleza e ingredientes.



La comparación, entre la cantaxantina y la citranaxantina, como agentes pigmentantes tiene una relación de pigmentación de **1.5:1** por lo que la citranaxantina, requiere menor cantidad, para pigmentar para la yema del huevo, igual que la cantaxantina.



$C_{33}H_{44}O$ masa molar 456,7 g/mol

Toxicidad. Realmente, poco se sabe sobre efectos de intoxicación, dado que por ser un producto costoso, la adición se hace con esmero, sin embargo, se ha sabido de errores en la práctica, donde animales que han recibido este producto se han pigmentado

VITAMINA D.

Denominación química: Colecalciferol.

Unidades de medida:

1 UI. = 0.025 μ g. de vitamina D₃ cristalina.

Descripción: Polvo beige, fino.

Tamaño de partícula:

Mínimo el 97% < 0.63 mm.

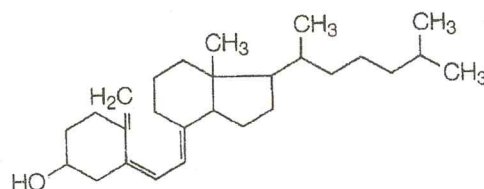
Densidad aparente: Aproximadamente 0.7 g./ cm³.

Composición: Incluida finamente en una matriz de gelatina y carbohidratos, estabilizada con antioxidantes y formadores de complejo.

Solubilidad: Se hincha lentamente en agua fría, más rápidamente en agua caliente (40°C), y se desintegra finalmente formando una dispersión.

Forma natural. La vitamina D natural, es una auténtica prohormona del tipo esterol, se encuentra en pocos ingredientes animales, tales como: la leche entera, aceite de hígado y forraje verde secado al sol. De las formas de vitamina D, solamente dos presentan un interés: la D₂ y D₃, sus provitaminas son la ergosterina y el 7-dehidro-colesterol.

Químicamente ambos sólo difirieren en las cadenas laterales de la posición 21. El organismo animal, puede sintetizar por sí mismo la vitamina D₃ del 7-dehidro-colesterol bajo la



$C_{27}H_{44}O$ masa molar 384,65 g/mol

acción de la luz ultravioleta, abriéndose espontáneamente el anillo β del ergosterol ó del 7-dehidro-colesterol y conduce a la producción del ergocalciferol (D_2), en plantas y del colecalciferol (D_3), por la radiación de la piel en animales. La ergosterina prácticamente no es absorbida, por lo que la hierba secada artificialmente presenta una reducida actividad.

Importancia fisiológica. La vitamina D, denominada antirraquítica, contrarresta la raquitis, regula el metabolismo del calcio y fósforo, su absorción se realiza por las vías intestinal y ósea, su eliminación por vía renal, pero el riñón, también regula estos minerales, cuando la aportación en el alimento es baja.

Signos de deficiencia. La deficiencia de la vitamina D, conduce a: trastornos del metabolismo del calcio y fósforo, inhibición de la calcificación en el hueso en crecimiento (animales jóvenes). Posteriormente provoca la osteoporosis (degradación del mineral en el hueso del adulto), deformaciones óseas y articulares, trastornos del crecimiento, fracturas espontáneas y fragilidad del cascarón del huevo.

Toxicidad. A dosis muy elevadas y no fisiológicas, tienen efectos tóxicos.

Recomendaciones de dosificación. Ver cuadro anexo.

VITAMINA E.

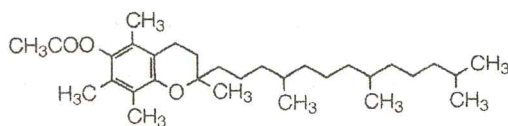
Denominación química:

dl- α -tocoferol acetato.

Unidades de medida: Gramos o UI.

Descripción: Polvo fino, blanco con buenas propiedades reológicas.

Tamaño de partícula: Mín. 96% 0.25 mm.



$C_{31}H_{52}O_3$

masa molar 472,8 g/mol

Densidad aparente: 0.45 – 0.60 g./cm³.

Isómeros equivalentes: 1 mg. de d- α -tocoferol = 1.1 UI.

1 mg. de d- α -tocoferol = 5, 7, 8-trimetiltocol = 1.49 UI.

1 mg. de d- β -tocoferol = 5, 8-trimetiltocol = 0.33 UI.

1 mg. de d- γ -tocoferol = 7, 8-trimetiltocol = 0.01 UI.

1 mg. de dl- α -tocoferil acetato = 1 UI. = 1 USP.

Composición:

Adsorbato a base de ácido silico coloidal.

Solubilidad: Insoluble en agua; al agregar agua se libera la vitamina E acetato, de la superficie.

Forma natural. Los tocoferoles, se encuentran en cantidades diferentes, en alimentos de procedencia animal y vegetal, son elevados en: forraje verde y gérmenes de trigo. Lo importante para la alimentación animal no es el contenido total en tocoferoles, sino el contenido de *d-α-tocoferol* activo (máxima actividad de la vitamina E). El compuesto *d-β-tocoferol*, tiene actividad biológica, siendo un 20% más que el *α-tocoferol*, por último, existe el *d-δ-tocoferol*, pero es inactivo.

En los cereales, la fracción de tocoferol se encuentra en una pequeña parte, de modo que del ingrediente solo se puede esperar una reducida eficacia de vitamina E, especialmente en gérmenes, puesto que durante la germinación se reduce el contenido de *α-tocoferol*. Las raíces y tubérculos, residuos de la obtención de aceite (pastas), leche desnatada, y suero de leche, contienen poco o ningún tocoferol. Prácticamente el alimento es adicionado con acetato de *dl-α-tocoferol* estable en lugar de *d-α-tocoferol* sensible a oxidación, teniendo una actividad biológica de aproximadamente 2/3 de la eficacia del *d-α-tocoferol*.

Importancia fisiológica. Es una vitamina es requerida para la reproducción, por sus efectos sobre la fertilidad (tocoferol; se deriva del griego *tocos* nacimiento y *ferrein* permitir). Aunque en la naturaleza existen siete tocoferoles, todos son 6-hidroxicromanes o tocoles con hidrógenos, sustituidos por radicales y cadenas isoprenoides. El tocoferol abunda en la naturaleza, como vitamina, es la de mayor actividad biológica y su efecto es antioxidante en los sistemas biológicos compuestos.

La vitamina E está involucrada en la respiración celular, metabolismo del ácido nucleico, actúa como antioxidante, y antitóxico, reduciendo en vivo la auto-oxidación de los ácidos grasos no saturados y de vitamina A. Además participa en la activación del metabolismo de los carbohidratos (tanto celular como muscular y de la cantidad de glucógeno) y de la creatina, regula la función de las glándulas germinativas; apoya en gestación; regula el metabolismo de las hormonas en el lóbulo anterior de la hipófisis; estimula la formación de anticuerpos, actúa en la conservación de la carne en anaquel, ya a que la vitamina es almacenada en los lípidos se mantiene por tiempo indefinido en la canal.

Las membranas biológicas contienen ácidos grasos polinsaturados (AGi) y se encuentran inmersas en un fluido rico en oxígeno, por lo tanto no es de sorprenderse que sean susceptibles a peroxidación. Usualmente ésta inicia su proceso, con la abstracción del átomo de hidrógeno de un ácido graso insaturado, resultando en la formación de un lípido radical, el reajuste de las dobles ligaduras resulta en la formación de dienos conjugados.

El ataque del oxígeno molecular, produce un lípido peróxido-radical que puede capturar un hidrógeno de un lípido adyacente, para formar un peróxido provocando rancidez en carne. La reducción de la rancidez por efecto del suplemento de la vitamina E en las raciones de pollo es evidente por el tocoferol contenido en la pechuga, que es producto de la presencia de la vitamina en el alimento y viceversa. Por lo tanto, hay una relación positiva entre el contenido de vitamina E en el alimento y el grado de rancidez en la carne.

Altos contenidos de vitaminas E, C y riboflavina, mejoran la calidad de la canal y evitan el escurrimiento con 100 UI, 100 ppm., y 25 ppm., respectivamente. Por otra parte, a fin de mejorar el sabor de la carne almacenada, se puede incrementar a 100, 200 y 300 UI. de vitamina E /kg. de alimento para evitar la rancidez, debiendo hacerse en diversos lapsos, con un mínimo de 40 UI./kg. de alimento.

Cuadro 3. Efectos del tiempo de conservación en los suplementos vitamínicos y en los minerales traza sobre la dureza (1×10^3 Newtons) del músculo del muslo.

Día	Suplemento en la ración del pollo.				
	Vitaminas Minerales	+ +	+ -	- +	- -
Muslo					
1		1.025	1.014	1.352	0.764
10		1.056	1.146	1.288	0.833
30		1.189	1.308	1.372	0.945
60		1.353	1.530	1.497	1.392
90		1.881	1.691	1.928	1.889
Pechuga					
1		0.971	0.878	0.937	0.881
10		1.146	0.917	1.042	1.019
30		1.289	1.205	1.139	1.128
60		1.331	1.294	1.247	1.325
90		1.376	1.402	1.312	1.644

Impacto del estrés sobre la calidad de la carne. En los últimos años la producción de pollo, cerdo y bovino, ha sufrido cambios, ya que ha aumentado el consumo (hasta un 70% en pavos y un 30% en pollo), sin embargo, los consumidores adquieren basados en la calidad de la carne, color y textura del producto. Para el procesador la textura es más importante que el color, ya que cuando es anormal o exudada afectan su mercadeo, denominándosele **PSE** (pale, soft and exudative) ya sea de pollo o cerdo. En estos últimos es una susceptibilidad genética recesiva que limita la capacidad de la carne para mantener la humedad, la extractabilidad proteica, y las propiedades generales, resultando en desnaturalización miofibrilar.

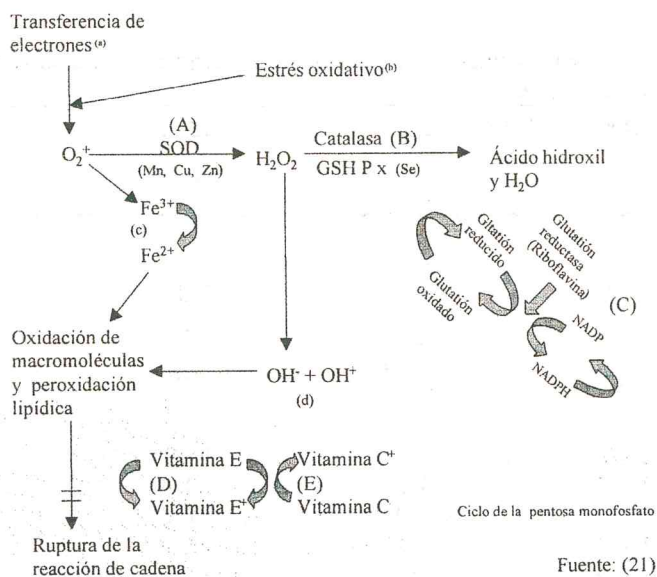
En PSE la mioglobina se oxida a metahemoglobina, produciendo un color gris-rosáceo y exudado, en la superficie presenta una apariencia pálida y pierde al cocinarse 5% más de agua, haciéndola menos jugosa y tierna. El músculo pectoral presenta indicios de *rigor mortis* parecidos al del cerdo afectado; el previo al y durante el sacrificio los animales aceleran el metabolismo muscular causando acumulación de ácido láctico y dureza de carne.

Por lo tanto, la calidad muscular decrece en cuanto el pH desciende, y la textura se vuelve rígida por la combinación de altas temperaturas al cocinarlo, y el exceso del ácido láctico, dado que se desnaturalizan y precipitan las proteínas sarcoplasmicas de las miofibrillas.

Tanto en la carne con PSE como en la deficiencia de vitamina E hay acumulación de metabolitos óxido reactivos (ROM) como; la molécula de oxígeno, el anión

superóxido, radicales hidroxi y férricos, iniciadores del proceso oxidativo; estas deficiencias, se originan durante el metabolismo normal, pero actúan más allá del control fisiológico.

Figura 2. Generación de radicales libres.



En un orden fisiológico normal, existen dos sistemas que protegen contra la acumulación de los ROM y sus productos: 1) El sistema de las macromoléculas que cubren el metal para desprender electrones reactivos, vía pentosa monofosfato y; 2) Un sistema de rompimiento de la cadena antioxidante para detener la oxidación (Figura 2). En el primero, la dismutasa superóxido (Cu, Mn, Zn; como cofactores), glutatión peroxidasa (**GSH**; con Se como cofactor) y la catalasa (Fe como cofactor), remueven el oxígeno reactivo y peróxido, antes que reaccione con promotores de la reacción de Fenton. La reducción de peróxidos es acompañada de la oxidación del GSH, la cual es regenerada y reduce equivalentes del NADPH, hecho posiblemente por la riboflavina que contiene la enzima glutatión reductasa.

En el segundo sistema, los antioxidantes actúan después de iniciada la reacción de la cadena de peroxidación. La riboflavina puede actuar como un antioxidante, pero la vitamina E es el principal antioxidante en este sistema, la cual termina las cadenas peroxidativas por reacción directa con una variedad de radicales orgánicos. La vitamina E, es oxidada cuando los ROM son producidos, pero puede regenerarse por medio del ácido ascórbico. Por la deficiencia de vitamina E, las transferasas-S-glutatión de los conjugados GSH con radicales peróxido, resulta en consumo de GSH.

Ambas causas (deficiencia de vitamina E y el PSS en cerdos) mantienen en el plasma una elevada actividad de piruvato-cinasa y creatin-cinasa, debido a los radicales libres en las membranas de las células. Por esto, el depósito de vitamina E a nivel celular y subcelular en el músculo, se incrementa por su adición en la ración alimenticia, mejorando la integridad de la membrana celular e influye el grado de PSE en la carne.

En PSE las membranas se rompen originando una fuga de enzimas específicas a la sangre, en consecuencia, los peróxidos reaccionan incrementando la temperatura, seguida de una desnaturalización extensiva, tanto de la proteína conectiva, como la soluble muscular, observándose adherencias de la proteína sarcoplásmica y poca solubilidad de la miofibrilar.

En pavos se manifiesta en daño muscular que ocasiona: microisquemia, concentración de fibras musculares, pérdida de la estriación con fragmentación de miofibrillas, necrosis granular con fagocitosis por células mononucleares y fuerte proliferación de tejido conectivo y grasa en el endomesio y perimesio.

Una de las causas que origina el deterioro de la carne es la oxidación lipídica, que depende a su vez de factores, como: tipo de músculo, almacenamiento, temperatura, edad, ración del animal, etc.; sin embargo, en la rancidez el contenido de AGi, a menor contenido de éstos más incrementa la rancidez, determinada por el ácido tiobarbitúrico (TBA).

La peroxidación de AGi, inicia con la abstracción de un átomo de hidrógeno que origina la formación de un radical lípido, el reajuste de las dobles ligaduras resulta en la formación de dienos conjugados, y con el oxígeno se produce un hidroperóxido o un endoperóxido. Este último contienen al menos tres dobles ligaduras, obstruidas, que pueden llevar a la formación de subproductos de degradación, como lo es el malonilaldehído.

Algunas drogas experimentan hidroxilación e inhiben la peroxidación lipídica, demostrando que tanto ésta, como el metabolismo de drogas, son reductores y transportadores de electrones comunes. Los antioxidantes butil-hidroxitolueno (**BHT**) y el tocoferol (vitamina E) inhiben la peroxidación del NHDP dependiente a nivel microsomal (*in vitro*); la prometazina (*in vivo*) afecta la peroxidación por disminución del mismo producto. El NADH no reemplaza al NADPH al promover la peroxidación de lípidos en presencia de $ADP - Fe^{+3}$. Sin embargo, en presencia de $ADP-Fe^{+3}$ y el $EDTA-Fe^{+3}$, el NADH es igual de efectivo que el NADPH.

También se presenta la peroxidación no enzimática de membranas microsomales, tal vez a causa de las hemoproteínas endógenas y a la transición de metales; así como, la desestabilización de las mismas por exposición de agentes caotrópicos, ocasionada por los componentes de la cadena de transporte de electrones. Se ha demostrado, que el citocromo microsomal P-450, interactúa con hidroperóxidos exógenos para promover el consumo de oxígeno y producción de peróxidos de sus subproductos.

Los metales de transición en conjunto con agentes reductores (el ascorbato y cisteína) causan la auto-oxidación. Entre las causas que aceleran la peroxidación, son: la radiación gamma, la luz en presencia de fotosensibilizadores, la presión hiperbárica, la hiperoxia, el ozono, el óxido de nitrógeno, y los iniciadores de radicales, tales como el ácido dialúrico.

Signos de deficiencia. En terneros, corderos, cerdos y aves se observa la distrofia muscular (color claro del músculo por pérdida de mioglobina) y alteraciones degenerativas de la musculatura cardíaca que puede conducir al fallo repentino, además de aumento en la permeabilidad de los vasos sanguíneos.

La encefalomalacia (menos en las aves) se presenta bajo forma de hemorragias y edema en el cerebelo; exteriormente está caracterizada por falta de coordinación en los movimientos y por una postura viciosa de la cabeza. La diátesis exudativa (por carencia de vitamina E + Se) en las aves, con edema subcutáneo como consecuencia de la pérdida del plasma, provocado la concentración sanguínea y con ello, la presión del corazón.

Toxicidad. Va acompañada casi siempre de una ingestión sumamente alta de la vitamina E.

Recomendaciones para la dosificación: (Ver cuadro anexo).

La demanda de vitamina E varía con: composición de la ración, contenido de aminoácidos azufrados, concentración de nutrimentos y fase de crecimiento. Especialmente, la cantidad de grasas adicionadas y contenido en AGi, influyen de manera determinante en las necesidades. Sólo para la actividad antioxidativa, se necesitan adicionalmente, según la especie animal, de 1 a 3 mg. de vitamina por gramo de AGi. En vaca lechera, 100 mg./día, reducen el caso de mastitis y el número de células somáticas en leche.

Especialmente debe tomarse en consideración que la deficiencia de vitamina E, puede causar daños irreversibles. La vitamina E y el selenio son esenciales para los animales, sus funciones son sinérgicas y existe una asociación biológica de estas con compuestos tales como: AGi, aminoácidos azufrados, antioxidantes y pro-oxidantes. La vitamina influye en la absorción y retención del selenio, esto lo hace un agente con efectos de detoxificación, dado que ambos forman parte de la enzima glutation-peroxidasa.

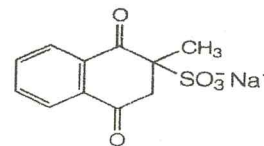
Factores intrínsecos. La vitamina E, como d-l- α -tocoferol es un antioxidante por sí mismo, y por lo tanto es adicionado a los alimentos, siempre y cuando se consuman rápidamente. El grupo fenol-hidroxil libre es la molécula responsable de la actividad antioxidante.

Cuando el grupo hidroxil es protegido por la formación de un éster como un tocoferil-acetato, el compuesto obtenido es resistente a la oxidación, dado que este no tienen dobles ligaduras o grupos hidroxil libres. La vitamina E acetato es estable en alimentos con un pH neutro o ligeramente ácido, cuando son alcalinos las condiciones pueden afectar su estabilidad, y con la utilización de piedra caliza o en presencia de grandes cantidades de óxido de magnesio (base-mixes). Bajo estas condiciones, algunos de los grupos acetato se abren y el tocoferol libre formado es rápidamente oxidado.

VITAMINA K₃.

Denominación química: 2-metil-1,4-naftoquinona-2-bisulfito sódico trihidrato.

Isómero equivalente: 2.0 g. de bisulfito sódico de menadiona (BSM) = 2.3 g. de bisulfito de nicotinamida menadiona (BNM).



C₁₁H₉NaO₂S di/trihidrato
masa molar 276,24 g/mol (anhidro)

Unidades de medida: mg./kg. de ración o mg./día.

Descripción: Polvo fino blanco-amarillento.

Tamaño de partícula: Mínimo: 99% < 0.63 mm.

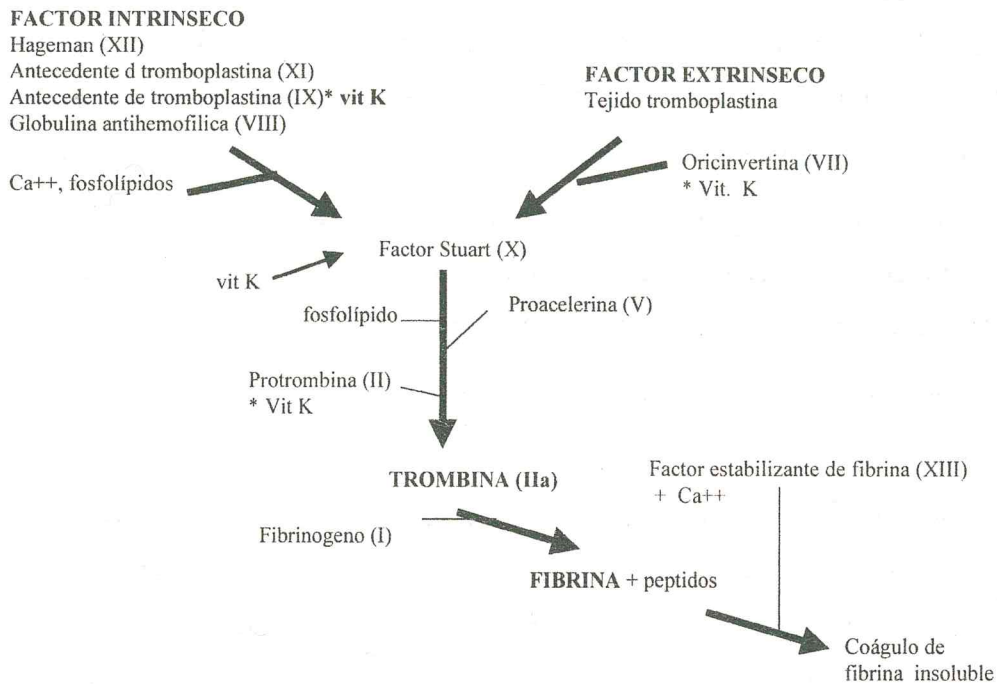
Densidad aparente: 0.6 gr./cm³.

Composición: Menadiona-sodio bisulfito di-/ trihidrato.

Solubilidad: Altamente soluble en agua.

Forma natural. En alimentos de origen vegetal, la vitamina K se encuentra presente como K₁ (filoquinona), los cereales, raíces y tubérculos, y pastas oleaginosas contienen sólo pequeñas cantidades de vitamina; el forraje verde y sus harinas contienen cantidades relativamente altas. La vitamina K es poco estable, sólo una pequeña cantidad se encuentra disponible para los animales. En ingredientes de origen animal (harinas de pescado y carne) esta vitamina se encuentra en forma de K₂ (menaquinona) resultado de la síntesis microbiana a nivel intestinal por los animales domésticos.

Los compuestos sintéticos se basan principalmente en vitamina K₃ (= menadiona), que es transformada en el organismo animal a K₂, como aditivo en la alimentación se encuentra el bisulfito sódico de menadiona (MSB). Las tres formas de vitamina K (K₁, K₂, K₃) poseen una actividad biológica diferente en relación a su estructura química, y para satisfacer los requerimientos nutricionales se proporcionan las siguientes relaciones: Vitamina K₃:K₁:K₂ = 4:2:1. La actividad de la vitamina K₃ es más elevada debido al nivel de absorción de su compuesto hidrosoluble (derivado del bisulfito sódico).



Fuente: Orozco *et al.* 1999.

Importancia fisiológica. La vitamina, participa en el metabolismo celular y cataliza (figura precedente) en el hígado la formación de algunas proteínas importantes, para la coagulación sanguínea, como la protrombina. Con la intervención de esas proteínas y de otros compuestos, la protrombina, se convierte trombina, así también información reciente indica la influencia sobre la síntesis de proteínas óseas como la osteocalcina.

Signos de deficiencia. Disminuye el contenido de protrombina alterando el tiempo de coagulación, que ocasiona hemorragias difusas, que en algunos casos pueden conducir a la muerte. En gallina reproductora esta deficiencia se presenta en una alto índice de mortandad embrionaria y los recién nacidos vivos presentar poca viabilidad. Existen componentes químicos opuestos a esta vitamina y de uso común, como en el caso de las cumarinas y sus derivados, sulfamidas y otros antibióticos, que interrumpen la síntesis de la vitamina K intestinal, debido a que afectan la flora bacteriana. En caso de utilizar estos productos, es indispensable que se incremente la dosis de vitamina por arriba del 50%.

Recomendaciones para la dosificación. En aves, existen condiciones patológicas que obligan a la adición de esta vitamina en las raciones, debido a factores como: coccidiosis, canibalismo producido por estrés, entre otros muchos afectan la síntesis de la vitamina por la flora intestinal.

En rumiantes adultos y cerdos coprófagos, el requerimiento de vitamina K es cubierto esencialmente por la síntesis bacteriana, pero en lechones y terneros se recomienda un suplemento de seguridad, ya que la síntesis intestinal todavía no es lo suficientemente autónoma para cubrir sus necesidades.

En ambientes tecnificados los animales están imposibilitados para consumir heces, por lo que es necesario considerar su dosificación, sobre todo en las aves, la síntesis de vitamina K a nivel intestinal es pobre y además, por ser especies con alto consumo de antibióticos.

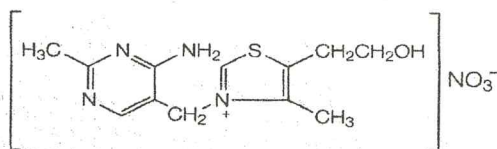
Toxicidad. Dosis elevadas y no fisiológicas pueden conducir a la intoxicación (DL₅₀ oral del ratón: 50 mg./kg.).

Factores intrínsecos. La menadiona (vitamina pura; K₃) es un polvo amarillo cristalizado que es estable e irritante a la membranas, no es utilizado en forma pura, pero es formulado con bisulfito de sodio y derivados. Siendo el bisulfito sódico de menadiona (MSB) la forma comúnmente utilizada, además de su forma protegida (MSBC), bisulfito dimetilpirimidol de menadiona (MPB) y el bisulfito nicotinamida de menadiona (MNB) de reciente creación.

La vitamina K es inestable, existe una diferencia entre estos compuestos, con MSB la más inestable seguida por MSBC, MPB, MSBC y la más estable es MNB. La estabilidad de la vitamina K, formulada en una premezcla multivitamínica con cloruro de colina y minerales traza a temperatura ambiental y al final de cuatro meses, MSB retiene 33%, MPB 57%, MSBC 62% y MNB retiene 83%.

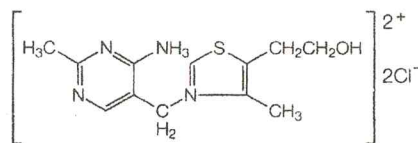
VITAMINA "B₁"

Tiamina mononitrato



C₁₂H₁₇N₅O₄S masa molar 327,36 g/mol

Tiamina hidrocloreuro



C₁₂H₁₈Cl₂N₄OS masa molar 337,3 g/mol

Denominación química: Tiamina.

Isómero equivalente: 1.088 g. de mononitrato de tiamina equivale a 1.12 g. de clorhidrato de tiamina.

Contenido: > 98.5% de clorhidrato de tiamina.

Unidades de medida:	mg./kg. de alimento o mg./día.
Descripción:	Polvo fino, blanco cristalino, de olor débil y sabor amargo.
Tamaño de partícula:	Mínimo: 98% < 0.25 mm.
Densidad aparente:	0.3 g./cm ³ .
Valor pH:	2.7 – 3.3 (2.5% de solución acuosa) .
Solubilidad:	Soluble en agua.

Existen dos fórmulas químicas de la tiamina (mononitrato y clorhidrato), la diferencia radica en que el primero es más estable a pH neutro y el segundo es mucho más ácido. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta el pH del alimento terminado, ya que valores neutros o alcalinos, destruyen la tiamina mononitrato. Ambos son poco soluble en agua (20°C) y fácilmente solubles en agua hirviendo. Las dos tienen una pureza arriba de 98%.

Forma natural. El contenido de la vitamina en cereales, subproductos de molienda y pastas de oleaginosas, así como en productos lácteos y levaduras, es por lo regular favorable, de manera que puede tomarse en cuenta el contenido de vitamina B₁ al formular para ésta.

Importancia fisiológica. La vitamina B₁, regula el metabolismo de los carbohidratos bajo la forma de éter pirofosfórico de tiamina (co-carboxilasa). Además, es importante para el funcionamiento de los tejidos nerviosos, del músculo cardíaco, una función protectora sobre el canal gastrointestinal y resulta importante para mantener condiciones normales en su peristaltismo, la absorción de lípidos y la actividad de fermentación.

Signos de deficiencia. Perdida del apetito, disminución del crecimiento, debilitamiento y retraso general, edema de la piel, trastornos en el sistema nervioso, necrosis corticocerebral en el vacuno de cualquier edad. Además de un perjuicio en el metabolismo de carbohidratos (hígado y/o corazón graso) y equilibrio hídrico (convulsiones), cianosis, hemorragias gastrointestinales, diarreas y una conversión energética deficiente.

Recomendaciones para la dosificación. Terneros, aves, cerdos y otros animales jóvenes, necesitan la adición de la vitamina en el alimento. Con raciones de alto contenido energético aumenta la demanda de la vitamina situándose entre los 2–4 mg./kg. de alimento. Así también, la carne de pescado semicruda o cruda contiene una enzima termolábil: la tiaminasa, misma que destruye la tiamina.

Toxicidad. Es difícil, por ser hidrosolubles se elimina eficientemente por vía urinaria.

VITAMINA B₂.

Denominación química: Riboflavina.

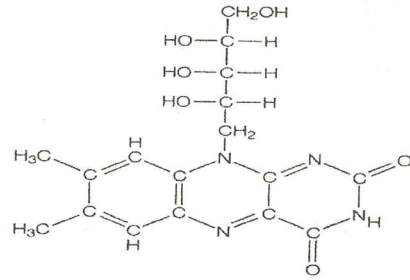
Contenido: 96% y 80% de riboflavina.

Unidades de medida: mg./kg. de alimento o mg./día.

Descripción: Polvo color pardo a anaranjado, olor característico.

Tamaño de partícula: Mín. 95% < 0.15 mm.

Valor pH: Ligeramente ácidos.



C₁₇H₂₀N₄O₆ masa molar 376,36 g/mol

Densidad aparente: Aprox. 35 y 50 g./cm³ respectivamente.

Solubilidad: Poco soluble y dispersable en agua.

Forma natural. Los alimentos de origen animal, especialmente los lácteos: suero de leche en polvo y leche descremada, son ricos en B₂; también la harina de hierba desecada y las levaduras. Son pobres en ésta: los cereales, subproductos de molienda, raíces, tubérculos y alimentos proteicos de origen vegetal. La riboflavina se sintetiza en vegetales y microorganismos, pero no en mamíferos monogástricos.

Importancia fisiológica. Participación como coenzima en reacciones de oxidación y de reducción bajo el nombre de las flavoproteínas siguientes: la flavina-mononucleótido (FMN) y el dinucleótido de flavina y adenina (FAD).

Estas enzimas contienen además cofactores metálicos (molibdeno y Fe) y se les denomina metalo-flavoproteínas, importantes en la transferencia de átomos de hidrógeno; también interviene en el metabolismo de: proteínas, lípidos y ácidos nucleicos; e involucrada en la visión. Algunas hormonas como la tiroideas, la ACTH, medicamentos como la promacina, así como los factores nutricionales, afectan la síntesis de sus formas cofactores.

Signos de deficiencia. Retardo en el crecimiento, baja conversión alimenticia y diarreas; además de una serie de trastornos esqueléticos (huesos más cortos, fusión de costillas) alopecia, seborrea, fotofobia, cataratas, anemia, trastornos nerviosos (rigidez de extremidades, dedos torcidos en aves), muerte fetal, fertilidad reducida, folículos ováricos colapsados, inflamación de la mucosa anal, colitis ulcerativa, entre otras.

Demanda. En razón de su función especial en el metabolismo de proteínas y grasas, la demanda de esta vitamina depende del contenido de los nutrimentos en la ración. En el cerdo y a temperaturas bajas su demanda aumenta, dado que se desdoblan más carbohidratos para la obtención de energía. La demanda, se sitúa entre 10 – 60 mg./día. En caso de utilizar químico-terapéuticos, es necesario incrementar el aporte en un 30%; en hembras gestantes, el NRC sugiere un consumo de 7.1 mg./día. Actualmente esta cantidad está por debajo de la proporcionada por la industria de los alimentos balanceados.

Recomendaciones para dosificación. Ver cuadro anexo.

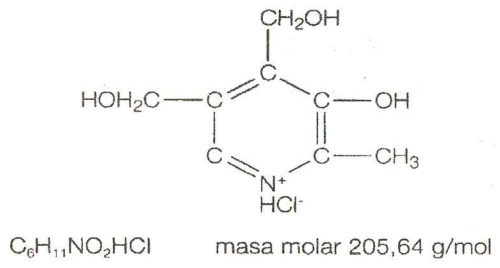
Toxicidad. Es difícil, ya que por ser hidrosolubles se elimina por vía urinaria.

VITAMINA B₆.

Denominación química: Piridoxina HCl

Isómero equivalente: 1 g. de piridoxina =
1.215 g. de clorhidrato de piridoxina

Unidades de medida:
mg./kg. de alimento o mg./día



- Contenido:** Mínimo: 99% de piridoxina HCl.
- Descripción:** Polvo blanco hasta blanquecino, inodoro.
- Tamaño de partícula:** 97% es de < 0.2 mm.
- Densidad aparente:** Aprox. 5 g./cm³.
- Valor pH:** 2.4-3.0 (5% en agua).
- Solubilidad:** Totalmente soluble (20 g/100 ml).

Forma natural. Fuentes de esta vitamina son: los cereales, subproductos de molienda, pastas de oleaginosas y levadura seca. Los productos de origen animal contienen bajas concentraciones. Esta vitamina es asimilada eficientemente por el animal.

Importancia fisiológica. Bajo forma de piridoxal-5-fosfato (coenzima) esta vitamina ocupa un papel importante en el metabolismo proteico, de lípidos y carbohidratos, en la degradación del triptófano así como de diferentes minerales.

Signos de deficiencia. Se manifiesta en retraso del crecimiento, inflamaciones cutáneas, alteraciones en el sistema nervioso (periférico y central), reducción en la acumulación de proteínas, daños hepáticos y cardiacos, reducción en la eclosión e incubación.

Demanda. Aumentar el contenido de proteína y energía en la ración incrementa la necesidad de esta vitamina, sobre todo en jóvenes cuando es mayor su eficiencia de producción de masa muscular, la demanda se sitúa entre los 3-6 mg./kg. de alimento. Solo cuando se usan sulfonamidas en la gestación, el aporte de B₆ debe incrementarse.

Recomendaciones para dosificación: Ver cuadro anexo.

Toxicidad. Es difícil, ya que por ser hidrosolubles, se elimina eficazmente por vía urinaria.

VITAMINA B₁₂.

Denominación química:

Cianocobalamina

Unidades de medida: mg./kg. de alimento o mg./día

Contenido: Mínimo 1 mg./kg. de producto comercial = 1%

Descripción: Polvo fino rosáceo.

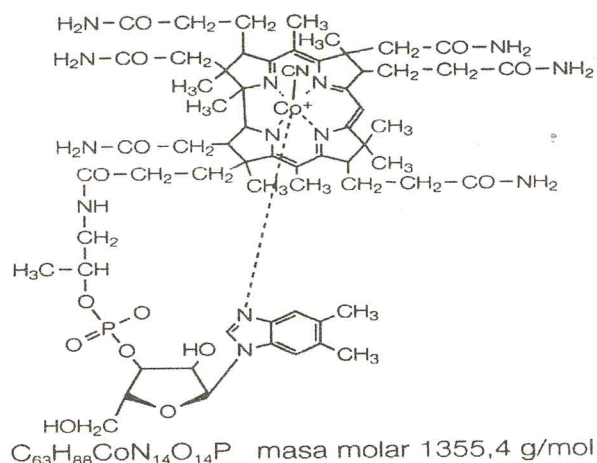
Tamaño de partícula: Mínimo 97% < 0.5 mm.

Densidad aparente: Aprox. 0.9 gr./cm³.

Solubilidad: Insoluble en agua.

Forma natural. La vitamina B₁₂ se encuentra en productos de origen animal como: la harina y solubles de pescado, harina de carne, polvo de suero y leche desnatada, etc., conteniendo 100 mg. los subproductos de pescado son buenas fuentes de vitaminas, otros contienen el 50% de esta concentración por lo que se requiere de otra fuente que la aporte.

Importancia fisiológica. La vitamina es importante para: el crecimiento, la hematopoyesis, y los diferentes procesos metabólicos (incluyendo el de algunos aminoácidos). En los rumiantes es necesaria, para el metabolismo y conversión del ácido propiónico formado en rumen.



Signos de deficiencia. Trastornos en el crecimiento, anemia, pelaje hirsuto, baja conversión, pobre emplume, inflamaciones de la piel, anemia, mortalidad de embriones de aves (poca probabilidad), así como disminución en la producción de huevo.

Demanda. En caso de suficiente aporte de cobalto, el rumiante puede cubrir su demanda de la vitamina debido a la síntesis microbiana en rumen. En el caso de los animales monogástricos la situación es diferente, en estos la síntesis de la vitamina se realiza en el íleon, ciego e intestino grueso; y su absorción se realiza en el intestino delgado y solo una parte de esta puede ser utilizada por el animal siendo necesario un aporte extra y constante.

El restante se elimina a través de las heces fecales y en caso de animales que realizan la coprofagia su aporte se resuelve de esta forma. Los productos terapéuticos provocan deficiencia de esta vitamina ya que interfieren en la síntesis microbiana.

Recomendaciones para dosificación. Ver cuadro anexo.

Toxicidad. Es difícil por ser hidrosolubles y se elimina eficazmente por vía urinaria.

VITAMINA H₂.

Denominación química: Biotina D-(+)

Isómero equivalente: 1 g. de biotina = 1 g. de d-biotina.

Unidades de medida: mg./kg. de alimento o mg./día.

Contenido: Mínimo 20 g./kg. = 2%.

Descripción: Polvo fino blanquecino.

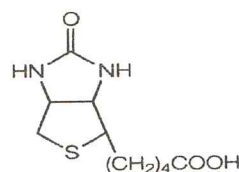
Tamaño de partícula: 95 % < 0.1 mm.

Densidad aparente: Aprox. 5 gr./cm³.

Vehículo: Maltodextrina.

Solubilidad: Totalmente hidrodispersable.

Forma natural. Se encuentra en alta concentración los alimentos para animales: pastas de oleaginosas, levaduras, vinaza seca, harinas de carne y pescado, etc., no así en los cereales. En forma libre o ligada la biotina se presenta en estos productos, sin embargo, esta última es poco



C₁₀H₁₆N₂O₃S

masa molar 244,31 g/mol

aprovechada por las aves, esto se refiere especialmente a los cereales y subproductos de molienda. La biodisponibilidad de la vitamina en las harinas de pescado es de 30% aproximadamente.; por lo que debe adicionarse constantemente.

Importancia fisiológica. La disminución de la capacidad del metabolismo, para realizar funciones de carboxilación, es señal de la falta de biotina. Esta deficiencia, afecta el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas, y altera la energía de los procesos.

Signos de deficiencia.

- ❖ **Aves:** Mal plumaje, dermatitis (dedos, patas y comisuras del pico), anorexia, tumefacciones en párpados, perosis, baja tasa en eclosión, debilidad en patas, síndrome del hígado y riñón graso.
- ❖ **Cerdos:** Inflamaciones en las pezuñas con grietas y hemorragias en la sustancia córnea de la pezuña, úlceras cutáneas, diarrea, inflamación de los párpados, alteraciones en la mucosa bucal, mala fertilidad.
- ❖ **Animales de peletería:** Despigmentación (pelaje gris) alopecia, tendencia a morderse la cola, hiperqueratosis.
- ❖ **Peces:** Retardo en el crecimiento, enfermedad de blue-slime.

Demanda. La aportación de vitamina en monogástricos, deberá añadiéndola constantemente en la ración. En rumiantes la vitamina se sintetiza en rumen, sin problema de deficiencia, siempre y cuando se encuentre el animal sano. Aunque en la actualidad existen algunos antagonistas químicos reconocidos como las sulfonamidas entre otros químico terapéuticos, en caso de administrarse en la ración no neutralizan esta vitamina, cuando se agrega por arriba del 30% de su requerimiento. La avidina es una proteína presente en la clara del huevo con poder antagonista (1 mg. de avidina inactiva 14 mg. de biotina) y es destruida por el calor.

Recomendaciones para dosificación. Ver cuadro anexo.

Toxicidad. Es difícil, ya que por ser hidrosolubles, se elimina eficazmente por vía urinaria.

ÁCIDO FÓLICO.

Denominación química: Ácido fólico.

Unidad de medida: mg./kg. de alimento o mg./día.

Contenido: Mínimo: 95%.

Descripción: Polvo cristalino amarillento hasta amarillo naranja.

Tamaño de partícula: Mínimo: 97% < 0.5 mm.

Densidad aparente: Aprox. 0.2 g./cm³.

Solubilidad: Insoluble en éter, alcohol, acetona, cloroformo, difícilmente soluble en agua.

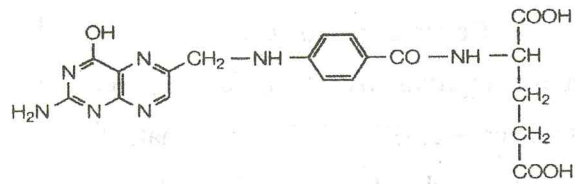
Forma natural. En forma libre o ligada el ácido fólico se presenta en todos los alimentos para animales (pastas de oleaginosas, levaduras, etc), las plantas y hojas verdes lo contienen en elevada concentración, no así los cereales (maíz). Sin embargo, el de los cereales y subproductos de molienda es poco aprovechado por las aves, la biodisponibilidad en harinas de pescado es baja, por lo tanto debe adicionarse para mayor seguridad.

Importancia fisiológica. El ácido fólico activa el metabolismo, e interviene como coenzima en la transferencia de los residuos monocarbonados, por ejemplo: grupos formilo y metilo. Participa principalmente en la síntesis de aminoácidos y ácidos nucleicos, también es necesaria para la formación de glóbulos rojos y blancos.

Signos de deficiencia. Se presenta con alteraciones del cuadro sanguíneo, como la anemia y más aún cuando existe deficiencia de la vitamina B₁₂; retardo en el crecimiento, diarreas, como consecuencia de lesiones en la pared intestinal; pobre fertilidad, bajas tasas de nacimientos, plumaje deficiente, despigmentaciones de plumas coloreadas, lesiones similares a perosis en patas. En el cerdo la alopecia puede ser un signo claro de deficiencia.

Demanda. Si se considera la síntesis intestinal del ácido fólico por los microorganismos, es necesaria una aportación extra dado que comúnmente las raciones contienen químico-terapéuticos (sulfonamidas) entre otros antagonistas. Generalmente en rumiantes, no es necesario proporcionar un aporte extra de esta vitamina.

Toxicidad. Es difícil ya que por ser hidrosolubles, se elimina eficazmente por vía urinaria.



C₁₉H₁₉N₇O₆

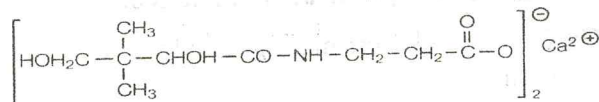
masa molar 441,4 g/mol

ÁCIDO PANTOTÉNICO.

Denominación química:

Calcio D-pantotenato.

Isómero equivalente: 1 g. de D-ácido pantoténico = 1.087 g. de D-pantotenato de Ca. = 2.174 g. de DL-pantotenato de Ca.



$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{CaN}_2\text{O}_{10}$ masa molar 476,55 g/mol

Unidades de medida: mg./kg. de alimento o mg./día.

Factores de conversión:

1 mg. de calcio d-pantotenato = 0.92 mg. de ácido pantoténico.

1 mg. de ácido pantoténico = 1.087 mg. de calcio-d-pantotenato.

Contenido: Mínimo 98%.

Descripción: Polvo blanco fino y cristalino.

Tamaño de partícula: Mínimo 97% < 0.5 mm.

Densidad aparente: Aprox. 0.6 gr./cm³.

Valor pH: 9-10 (solución al 5%).

Solubilidad: Hidrodispersable.

Forma natural. Lo contienen todos los ingredientes (pastas de oleaginosas, levaduras, etc), las plantas y hojas verdes en elevada concentración, no así los cereales como el maíz. Los productos y subproductos lácteos resultan buena fuente de esta vitamina especialmente subproductos de molienda, harinas y solubles de pescado. La biodisponibilidad, aunque elevada debe proporcionarse siempre en forma constante para mayor seguridad.

Importancia fisiológica. Como componente de la coenzima A, el ácido participa en procesos del metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas. Ejerce una función especial en la producción y degradación de las grasas, dado que la coenzima A (presente en todos los tejidos), efectúa la transferencia de ácido acético activado así como la aceleración de AG de cadena larga, para la formación de fosfolípidos, colesterol y hormonas esteroideas.

Signos de deficiencia. Patologías dérmicas y de las mucosas, pérdida de pigmentación, alopecia, caída del plumaje y pelaje, pelo hirsuto, exudado pardo en los ojos del cerdo.

- ❖ **En aves:** Formación de costras en el pico y alrededor de los ojos, trastornos en el tracto gastrointestinal (TGI), y alteraciones orgánicas: generación de úlceras en el TGI, diarreas, alteraciones hepáticas (síndrome del hígado graso) que provoca la falta de apetito, baja conversión, depresión en crecimiento y anorexia. En las gallinas disminución en la producción de huevo y bajo rendimiento en la fase de incubación.
- ❖ **En Cerdos:** Dermatitis generalizada (piel y mucosas), exudado pardo en los ojos, pelo hirsuto, despigmentación, alopecia, trastornos hormonales como: baja fertilidad, desarrollo incompleto de órganos sexuales, agalactia, trastornos nerviosos, espasmos y fenómenos de parálisis “marcha de parada”, mayor sensibilidad al estrés, reducción del reflejo de succión y en consecuencia se registra una tasa elevada de mortalidad.

Demanda. Todos los productos alimenticios elaborados en las plantas de alimentos para animales, contienen un aporte extra de esta vitamina hecho que demuestra su importancia.

Recomendaciones para dosificación. Ver cuadro anexo.

Toxicidad. Es difícil, por ser hidrosolubles y se elimina eficientemente por vía urinaria.

ÁCIDO NICOTÍNICO.

Denominación química:

Niacina, Nicotinamida.

Unidades de medida: mg./kg. de alimento o mg./ día.

Contenido: Mínimo: 99.5%.

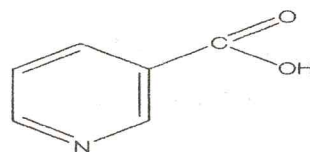
Tamaño de partícula: Mín. 90% < 31 μ m.

Descripción: Granulado blanco hasta debilmente amarillo, pobre en polvo y de fluidez libre.

Densidad aparente: 0.5-0.7 gr./cm³

Valor pH: 2.7 en solución acuosa saturada.

Solubilidad Soluble en agua caliente 100°C y 1.3 g./100 ml. de agua a 15°C.



$C_6H_5NO_2$

masa molar 123,1 g/mol

Forma natural. Los productos ricos en niacina son: las levaduras, forrajes verdes, salvado de trigo, pastas de extracción del cacahuate, girasol, así como los solubles de pescado. En contraparte, los alimentos de bajo contenido son; productos lácteos, mandioca, pasta de soya, linaza, avena, centeno y maíz.

La biodisponibilidad de la vitamina en granos y subproductos de molienda es baja para cerdos y aves. En rumiantes la síntesis de niacina a través de los microorganismos, puede realizarse con eficacia con la intervención del aminoácido triptófano así como de: ácido glutámico, prolina, ornitina y glicina (para la producción de 1 mg. de ácido nicotínico, el cerdo necesita aprox. 50 a 60 mg. de triptófano).

Importancia fisiológica. La niacina se encuentra primeramente como ácido nicotínico y nicotin adenina dinucleótido (NAD) en plantas y tejidos animales; como nicotinamida en fluidos corporales y la leche. La nicotinamida es desaminada por los microbios gastrointestinales en el cerdo, el caballo y los rumiantes, a excepción del hombre, perro y gato. La porción carboxilo es removida parcialmente, este proceso es rápido, más en la nicotinamida que en el ácido nicotínico, por lo que la niacina es absorbida como este último. La digestión del NAD desde su inicio, por enzimas intestinales conlleva a la nicotinamida.

El ácido nicotínico / nicotinamida forman parte de los componentes de las enzimas transportadoras de hidrógeno NAD^+ y NADP^+ . Se encuentran en el citosol por lo que participan en numerosas reacciones metabólicas de la formación y degradación de carbohidratos grasas y proteínas. Su deficiencia causa trastornos en la glucólisis, ciclo de ácido cítrico, cadena respiratoria y de los diferentes procesos de síntesis.

El hígado es capaz de producir NAD a partir de nicotinamida y ácido nicotínico (en adición del triptófano) porque este último es el precursor esencial. En la degradación enzimática del NAD el hígado produce nicotinamida constantemente, la cual es transportada a otros órganos vía sanguínea. Para la síntesis de NAD en el riñón, músculo cardíaco, embrión y en los eritrocitos, el ácido nicotínico es claramente convertido a nicotinamida. El efecto de la nicotinamida como anticetogénico y antilipolítico disminuye la formación de cetonas, fenómeno de poca importancia en rumiantes.

Signos de deficiencia. Alteraciones cutáneas, enfermedades en el TGI, crecimiento retardado, afecta el emplume, baja la postura, inflamación y alteración cutánea de mucosas, alteraciones articulares como perosis. En el perro se observa la enfermedad de la “lengua negra” o pelagra.

Donde el maíz y el sorgo sean la base principal de la alimentación se puede encontrar la “pelagra” debido a una carencia del triptófano (maíz) y al exceso de leucina (sorgo), al parecer el exceso causa deficiencia de niacina por inhibición de la quinolato fosfo-ribosil-transferasa, enzima clave en la conversión del triptófano a NAD^+ . También puede deberse al fosfato de piridoxal (vitamina B_6) que interviene como cofactor en la síntesis de NAD^+ , a partir de triptófano y por tanto su deficiencia puede potenciar la de la niacina.

Demanda. Todos los alimentos balanceados elaborados en las plantas de alimentos para animales a excepción de los producidos para rumiantes adultos, contienen un aporte extra de esta vitamina, hecho que la reviste de importancia.

Recomendaciones para dosificación. Determinar los requerimientos de niacina en cerdos resulta difícil, tomando en cuenta que algunos cereales de uso común en su alimentación, contienen un alto contenido de esta vitamina, la cual se encuentra secuestrada en el material orgánico, esto la convierte en insuficiente a los lechones. Además que cuando se utiliza el gluten de maíz como parte de la formulación, la niacina resulta limitada por lo anterior se sugiere su reemplazo por la pasta de soya en raciones para cerdos destetados. Por último, es más difícil determinar los requerimientos de niacina cuando hay exceso de triptófano en la ración, que puede ser convertido a niacina.

Recomendaciones para dosificación. Ver cuadro anexo.

Toxicidad. Es difícil por ser hidrosolubles, se elimina eficientemente por vía urinaria.

COLINA

$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{N}^+ - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right] \text{Cl}^-$	<p>Denominación química: Cloruro de colina Cloruro de 2-hidroxietil-trimetil-amonio.</p> <p>Isómero equivalente: 1 g. de Colina = a 1.15 g. de cloruro de colina.</p>
<p>$\text{C}_5\text{H}_{14}\text{ClNO}$ masa molar 139,6 g/mol</p>	

Unidades de medida: mg./kg. de alimento o mg./día.

Contenido: Mín. 60% de cloruro de colina en polvo y 75% líquido.

Descripción: Polvo parduzco de fluidez libre.

Tamaño de partícula: Mínimo 95% < 0.2 mm.

Densidad aparente: 0.5-0.7 gr./cm³.

Valor pH: 5.5 – 6.5.

Solubilidad: Alta en agua.

Forma natural. Presente en los alimentos: proteína animal, levadura forrajera seca y pastas oleaginosas, a excepción de la tapioca y el maíz con poco contenido. La colina de pasta de soya es disponible en 60-70%, mientras que la de cereales es menos.

Importancia fisiológica. Considerada como del grupo de las vitaminas B (B₄), es esencial en la formación de fosfolípidos (como la lecitina) los cuales son componentes de los tejidos y están involucrados en una variedad de procesos metabólicos, se encuentran en las membranas celulares y del tejido cartilaginoso. Son primordiales, para evitar la aparición de problemas locomotores en el pollo de engorda como en la perosis.

Se adhiere a los AG sintetizados en hígado y forma lipoproteínas que son acarreadas al tejido específico vía sanguínea previniendo las acumulaciones anormales de AG en hígado (síndrome del hígado graso). Sirve de donador de grupos llamados metilo lábiles (CH₃) necesarios para la formación de: creatina y adrenalina; en la distribución de las grasas, así como en otras reacciones metabólicas, funciones donde no puede ser reemplazada por la betaina o por metionina. La colina es parte integrante de; acetilcolina (neurotransmisor), lecitina (agente de transportación de grasas) y de ceramidas (lípidos de tejido cerebral).

Para que la colina actúe como el único donador de grupos metilo debe completar los requerimientos del animal de tal forma que tanto la betaina como la metionina cumplan otras funciones. Resultados experimentales demuestran que la betaina no puede suplir como aminoácido a la metionina cuando la colina llena los requerimientos del organismo.

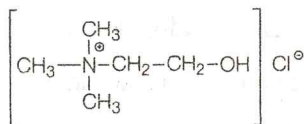
Signos de deficiencia.

- ❖ **Aves:** Conduce a la perosis (torsión de patas como consecuencia de un desplazamiento del tendón de Aquiles), retrasos en el crecimiento, degeneración adiposa del hígado y reducción de la postura, peso del huevo y eclosión.
- ❖ **Cerdos:** Mala distribución de grasas, retraso en el crecimiento, malformación de las extremidades, degeneración nerviosa, lesión renal, baja fertilidad, poca leche y lechones débiles.
- ❖ **Rumiantes:** Es difícil que se presente dada la síntesis de ésta por microorganismos del rumen. En terneros puede presentar inapetencia y debilidad.

Recomendaciones para dosificación. El cloruro de colina aunque es estable, ejerce en el alimento una acción agresiva sobre todo en vitaminas, por esta razón se aconseja adicionarla en premezclas, cuando éstas se van a consumir en un período no mayor de 15 días. En el alimento terminado no deberá incorporarse más del 1%.

Toxicidad. Es difícil ya que por ser hidrosolubles se elimina eficientemente por vía urinaria.

COLINA (FORMA LÍQUIDA).



$\text{C}_5\text{H}_{14}\text{ClNO}$

masa molar 139,6 g/mol

Denominación química: Cloruro de colina

Cloruro de 2-hidroxietil-trimetil-amonio.

Unidades de medida: mg./kg. de alimento o mg./ día.

Contenido: Min. 75% cloruro de colina (líquido),
trimetilamina: como máx. 0.05%.

Punto de cristalización: -18°C.

Descripción: Contenido de agua < 25%. Solución límpida, acuosa prácticamente inodora.

Densidad: A 20°C, 1.10 gr./ml.

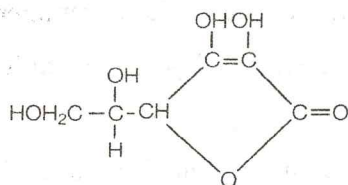
Punto de ebullición: Arriba de 100°C se evapora y la sal se cristaliza.

Valor pH: 5.5 – 6.5.

Solubilidad: Alta.

Datos importantes. Esta vitamina en presentación líquida, deberá administrarse con un equipo de dosificación protegido contra la corrosión, por lo anterior, los contenedores del alimento deben protegerse, ya que es de acción corrosiva rápida. En la actualidad se prefiere la presentación en polvo.

VITAMINA C



$C_6H_8O_6$

masa molar 176,1 g/mol

Denominación química: Ácido ascórbico.

Unidades de medida:

mg./kg. de alimento o mg./día.

Contenido: Mínimo: 99%.

Tamaño de partícula: Mín. 95% < 0.5 mm.

Densidad aparente: 0.6 – 0.8 gr./cm³.

Valor pH: 2-3

Solubilidad: Totalmente soluble en agua.

Descripción: Cristales blancos hasta débilmente amarillos, inodora de sabor ácido.

Forma natural. La forma natural de la vitamina C se encuentra en pocos alimentos como: papas, remolacha, plantas verdes y leche en polvo. Su asimilación pareciera ser la idónea para cumplir con los requerimientos nutritivos sin embargo, es necesario agregarse en forma sintética a los alimentos balanceados sobre todo en animales jóvenes o hembras gestantes.

Importancia fisiológica. La vitamina C (ácido ascórbico), colabora en procesos metabólicos de oxidoreducción, en transferencia de hidrógeno, actuando como un donador de equivalentes reductores, se oxida a ácido dehidroascórbico, que por sí mismo, puede actuar como fuente de la vitamina. El ácido ascórbico es un reductor con un pH (+0.08 V), que le permite reducir compuestos como oxígeno molecular, nitrato y citocromos (a, c).

La vitamina C, participa en la generación de las hormonas esteroides, en la síntesis del colágeno, adrenalina, tirotrópina, histamina e interviene en la coagulación de la sangre, y aumenta la capacidad de defensa en infecciones.

Signos de deficiencia. Los primates (incluyendo al hombre), algunas aves y peces son incapaces de sintetizar la vitamina, y esto los hace dependientes de fuentes alternas para su

consumo y su carencia los predispone a: infecciones, hemorragias espontáneas en las mucosas, escorbuto y depresión, así como poca resistencia del cascarón de huevo.

Se pueden encontrar también signos como: deformaciones del esqueleto y cartílago - escoliosis y/o lordosis-, exceso y acumulación de líquido intersticial causando riñones edematosos, -en peces- se puede presentar decoloración, letargia y muerte.

Demanda. Constante y en especial durante crecimiento y desarrollo del animal.

Toxicidad. No se ha reportado en animales, dada su fácil su eliminación por orina.

ESTABILIDAD DE LAS VITAMINAS.

Las vitaminas son compuestos biológicos activos, por lo que están sujetos a un sinnúmero de factores que posibilitan su destrucción paulatina por efectos físicos y químicos. Muchas de las vitaminas contienen en su estructura química átomos de carbón insaturados (o dobles ligaduras) altamente susceptibles a la oxidación.

Este problema es aún más crítico cuando se integran a un alimento completo o en períodos prolongados de almacenamiento, entre otros factores se tienen: tiempo, temperatura, humedad (agentes higroscópicos) y luz ultravioleta, así como los minerales traza contenidos en la ración, influyen en la estabilidad de ciertas vitaminas (cloruro de colina). Ejemplo cuando la presentación física de los alimentos se transforma por peletizado (vapor de agua).

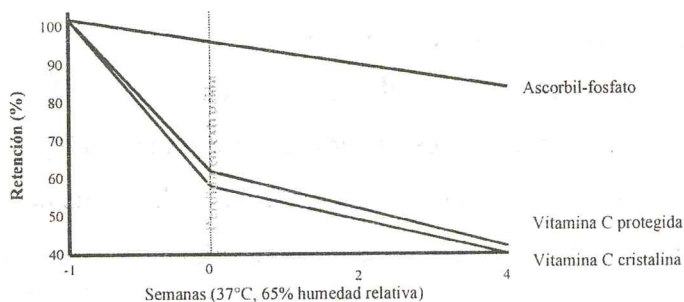
En general, las vitaminas hidrosolubles son menos susceptibles a la destrucción que las liposolubles (A, D, E y K) existiendo excepciones, por ejemplo los ésteres de las vitaminas liposolubles son más estables que las formas en alcohol. En cambio, las vitaminas A y D₃, son muy sensibles a la oxidación y puede ser catalizada por los minerales traza como el Fe y Cu. Existen estudios que demuestran una pérdida de actividad mensual de hasta un 4.4% cuando se encuentra mezclada con la colina, así como los peróxidos originados por la adición de lípidos.

La vitamina E, es muy estable debido a su forma química (ésteres de acetato o succinato). La niacina y la piridoxina (B₆), son estables en condiciones de mezclado, de igual forma la vitamina K dada su estructura química (MSB ó MPB). La tiamina (B₁) en cambio es muy sensible por efectos de reducción y oxidación y su estabilidad se encuentra a pH 3.5, sin embargo, el alimento eleva este pH al ser mezclado, lo mismo sucede con la riboflavina (B₂).

El d-pantotenato de calcio es estable por sí mismo debido a su forma química pero es descompuesto por hidrólisis y a pH alto o bajo, así también, la vitamina C y el ácido fólico, cuya destrucción es fácil. El cloruro de colina es extremadamente estable en premezclas y en alimento terminado, sin embargo su acción es agresiva sobre otras vitaminas, por lo que la colina en la mezcla total no deberá de ser más del 10%.

En años recientes, la estabilidad de las vitaminas ha sido un proyecto costoso y de importancia para las empresas que producen éstas ya que han tenido que utilizar la más avanzada tecnología (estabilización química, protección física, antioxidantes, agentes emulsificantes, gelatinas y azúcares seca, y englobados en sustancias fácilmente hidrolizables en intestino delgado) para lograr evitar la degradación físico-química y colocar sus productos en el mercado internacional en mejores condiciones como su biodisponibilidad, aún con el paso de tiempo de almacenamiento e incorporándolas a mezcla. Por lo anterior las presentaciones comerciales de ciertas vitaminas se presentan con las siguientes características:

- Vitamina A: polvo de vitamina estabilizado por encapsulado o por atomización y dispersado en una matriz.
- Vitamina A/D₃: polvos estabilizados en pastillas encapsuladas.
- Vitamina D₃: polvo secado por atomización, estabilizado y dispersado en una matriz.
- Vitamina E: polvo de libre flujo, estabilizada, absorbida en ácido sílico o dispersada en una matriz.
- Vitamina C: polvo secado por atomización y estabilizada (fosforilado) o recubierta con etil-celulosa (ver figura 8).



Con lo anterior se infiere que la presentación como ascorbil-fosfato de vitamina C, tiene o conserva relativamente una mayor efectividad de retención por efecto de la extrusión, al paso del tiempo.

Por regla general las vitaminas envasadas en forma individual pueden tener un 100% de sustancia activa en un período no mayor de ocho meses, las casas comerciales envasan hasta con un 3% más de su peso, por posibles mermas.

Por lo tanto, las vitaminas en premezcla y envasadas no deben almacenarse por más de cuatro meses y no contengan colina y/o minerales traza, de ser así deberán consumirse en menos de un mes. Algunas recomendaciones se deben tomar en cuenta para manejar vitaminas tanto en presentación individual como en premezcla con el fin de garantizar su calidad y la potencia de cada una de ellas al 100%, en cualesquiera de sus presentaciones.

- A) Temperatura de almacén < 20°C, áreas oscuras y sin humedad, utilizar un inventario lo más pequeño posible, emplear un sistema de primeras entradas y primeras salidas de manera tal que exista un flujo acorde a lo delicado del producto. Además es importante que no estén en contacto con el piso, de preferencia en anaqueles o sobre tarimas de madera en buen estado.
- B) La fricción y el calor destruyen la estructura química de las vitaminas, el calor, la humedad y el tiempo de acondicionamiento aceleran las reacciones redox, entre otras, obteniendo como resultado una importante merma en la actividad de todas y cada una de las vitaminas.
- C) La extrusión es un proceso agresivo debido a las altas temperaturas y la presión (400-1000 PSI) más 30% humedad. Por esto se ha utilizado últimamente el proceso de expansión que causa menos daño a algunos nutrimentos, en especial a las vitaminas.

Por lo anterior, la estabilidad de algunas vitaminas (A y E), han sido mejoradas tecnológicamente por un proceso cruzado entre la reacción de la gelatina y el azúcar que cubre la partícula haciéndola insoluble en agua y dándole mayor resistencia para la fricción, presión, temperatura y humedad. No evitando con esto el uso de antioxidantes, por seguridad.

Además de los factores antes mencionados, el tiempo de su permanencia en el almacén puede afectar la estabilidad del producto que provee de vitamina (fuente) presente en la ración o alimento terminado, como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 4. Factores que afectan la estabilidad de las vitaminas.

Vitamina	H ¹	O	R	Mineral			pH		
				Traza	Calor	Luz	ácido	neutro	básico
A (perla)	S ²	S	R	S	LS	LS	S	R	R
D (perla)	S	S	R	S	LS	LS	S	R	R
E acetato	R	R	R	LS	R	R	LS	R	S
K (MSBC, MPB)	MS	R	LS	MS	LS	S	LS	R	S
Tiamina HCl	S	S	S	LS	S	R	R	LS	S
Tiamina mononitrato	R	LS	LS	LS	LS	R	R	LS	S
Riboflavina	R	R	LS	R	R	LS	R	LS	S
Piridoxina	R	R	R	LS	R	S	R	LS	S
B ₁₂	R	LS	S	LS	LS	S	LS	R	LS
Pantotenato de Ca	S	R	R	R	LS	R	S	LS	R
Ác. Fólico	R	LS	LS	S	LS	LS	S	R	LS
Biotina	R	R	R	R	S	R	LS	R	R
Niacina	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Niacinamida	S	R	R	R	R	R	LS	R	LS
Ac. Ascórbico	R	LS	R	MS	R	LS	R	R	S
Cloruro de colina	MS	R	R	R	R	R	R	R	LS

Fuente: Coelho 1991. MSBC.- Bisulfito sódico de menadiona, MPB.- Bisulfato dimetil pirimidil de menadiona. ¹H.- humedad, O.- oxidación, R.- reducción. ²S.- sensible, R.- resistente, LS.- ligeramente sensible, MS.- Muy sensible.

Cuadro 5. Estabilidad de las vitaminas en alimentos terminados (promedio en industria)

Vitamina	Porcentaje de retención de vitaminas				Perdida (%) mensual
	mes				
	0.5	1	3	6	
A (perla)	92	83	69	43	9.5
D (perla)	93	88	78	55	7.5
E acetato	98	96	92	88	2.0
E alcohol	78	59	20	0	40.0
K (MSBC)	85	75	52	32	17.0
K (MPB)	86	76	54	37	15.0
Tiamina HCl	93	86	65	47	11.0
Tiamina mononitrato	98	97	83	65	5.0
Riboflavina	97	93	88	82	3.0
Piridoxina	95	91	84	76	4.0
B ₁₂	98	97	95	92	1.4
Pantotenato de Ca	98	94	90	86	2.4
Ác. Fólico	98	97	83	65	5.0
Biotina	95	90	82	74	4.4
Niacina	93	88	80	72	4.6
Ac. Ascórbico	80	64	31	7	30.0
Cloruro de colina	99	99	98	97	1.0

MSBC.- Bisulfito sódico de menadiona, MPB.- Bisulfato dimetil pirimidil de menadiona.

La **dispersión** de los aditivos y nutrimentos es una particularidad importante que esta dada por el tamaño de partícula (forma y propiedades higroscópicas), su distribución y estructura y por sus propiedades electrostáticas. La adición de dispersantes, incrementa la fluidez de la partícula, en cambio los líquidos forman puentes que las reducen, así como la homogeneidad. El incrementar estas propiedades con los aditivos se reduce al mismo tiempo de mezclado mejorando la calidad de la mezcla y de la medición de concentraciones de un producto dado, asegurando que los aditivos a muy pequeñas concentraciones se encuentren en todos lados.

Productos con fluidez reducida provoca la formación de placas o costras en las superficies de los contenedores y mezcladora resultando en la carencia de un nutrimento para ciertos animales y para otros intoxicación y/o muerte al consumir estas costras. Los aditivos alimenticios son de pequeño tamaño de partícula, higroscópicos o con mayor índice electrostático que reduce su fluidez y dispersión.

La fluidez de las vitaminas pueden mejorarse aumentando el tamaño de partícula (o por granulación), reduciendo su higroscopicidad (niacina en lugar de la niacinamida; formas cristalizadas en lugar de aquellas secadas en vapor; granuladas en lugar de presentaciones en polvo) o electrostática (riboflavina 80% en lugar de la forma cristalina 96%) y manteniendo por separado los aditivos que pueden bajar la fluidez por su higroscopicidad (colina, etoxiquín), los que deberán ser incorporados a la mezcla en el último paso o antes del envasado.

Los silicatos hidrofílicos eliminan los puentes de agua entre partículas y mejoran la fluidez y dispersión, estos lubricantes secos (sílice) suavizan la superficie de las partículas. Las premezclas con buena fluidez, también adquieren estas características debido a la gran densidad del tamaño de partícula de sus principios activos (vitaminas) y transportadores (más carbonato de calcio y menos cascarilla de trigo o arroz). Una fluidez de aditivo de 200 resulta de excelente fluidez y una de 100 a 167 resulta buena, según la prueba de medición.

Existen pruebas para mejorar las condiciones de mezclado, tales como: de higroscopicidad, de apelmazamiento, de compresión, así como de fuerza electrostática y de radio de masa (mide la carga potencial de vitaminas y premezclas, la generación de la carga, resultado de la fricción de dos materiales disímiles y entonces son separados). Según su escala una carga de <10 se considera muy baja, de 10 a 100 se considera baja y < 601 se considera muy alta, sin embargo en la práctica no se realizan con la periodicidad debido a su costo.

RECOMEDACIONES DE VITAMINAS. El National Research Council (NRC) de Estados Unidos, indica las recomendaciones de vitaminas, las cuales son resultado de investigaciones de laboratorio, en condiciones muy particulares y se establecen cantidades independientemente del animal que se trate. Las recomendaciones deben tomarse como mínimas para evitar deficiencia en el animal ya que al extrapolarlos a explotaciones pueden mostrar deficiencias.

Por lo anterior, en las recomendaciones de las casas comerciales [BASF (Alemania), Hoffman La Roche (Suiza), Rhône Poulenc (Francia), entre otras] se observarán 200 a 400% más altas que las del NRC. Las recomendaciones de vitaminas que a continuación se dan a conocer, son publicadas por las propias compañías en diferentes medios, tal es el caso del prontuario de productos agropecuarios; de tal forma que fueron extraídas para complementar la información. No existe por nuestra parte ningún otro interés más que apoyar al interesado en el conocimiento de estos agentes biológicos que resultan fundamentales en la nutrición animal.

Es importante hacer de su conocimiento que la información que se vierte en los cuadros siguientes está indicada como principio activo de la vitamina que se trate, tomando en cuenta que las casas comerciales que ofrecen información técnica, debiendo ser consideradas las que se indiquen en las etiquetas de contenidos mínimos y máximos.

Cuadro 6. Recomendaciones comerciales de vitaminas (principio activo) en pollo de engorda.

Vitamina	NRC ^a	ROCHE ^b	REKA ^b	BASF ^b
A, UI	1,500	10 Mío	3 Mío	10.8 Mío
D ₃ , UI	200 ICU	2.5 Mío	750,000	1.8 Mío
E, UI	10	30,000	6,000	22.50
K ₃ , g	0.50 mg.	2.50	1.00	2.25
B ₁ , g	0	2.00	0	1.80
B ₂ , g	0	6.00	4.00	4.50
Niacina, g	35.00 mg.	65.00	25.00	27.00
Ácido Pantoténico, g	10.00 mg.	12.00	13.00	9.00
B ₆ , g	0	4.00	0	2.70
B ₁₂ , mg	0.01	20.00	6.00	18.00
Acido. Fólico, g	0	1.00	0	0.720
Biotina, mg.	0.15	100.00	0	67.50
Colina, g	1,300 mg.	0	250.00	0
C, g	0	0	0	0

^bDosis por tonelada de alimento; ^aPor kilogramo de alimento (90% MS). *Recomendado en condiciones de estrés.

Cuadro 7. Recomendaciones comerciales de vitaminas (principio activo) en gallina de postura.

Vitamina	NRC ^a	ROCHE ^b	REKA ^b	BASF ^b
A, UI	300	10 Mío	5.50 Mío	9.24 Mío
D ₃ , UI	30	2.50 Mío	2 Mío	1.84 Mío
E, UI	1.00	10,000 I	5,000	9.24
K ₃ , g	0.10 mg	2.500	2.00	2.31
B ₁ , g	0.07 mg	1.00	0	0.92
B ₂ , g	0.36 mg	5.00	4.00	4.62
Niacina, g	1.00 mg	30.00	15.00	23.10
Ac. Pantoténico, g	0.70 mg	10.00	6.00	7.39
B ₆ , g	0.45 mg	1.50	0	1.84
B ₁₂ , mg	0.008	10.00	4.00	13.86
Ac. Fólico, g	0.035 mg	0.50	0	0.27
Biotina, mg	0.01	0	0	0
Colina, g	0	150*	0	0
C, g	105.00 mg	0	200.00	0

^aDosis por kilogramo de alimento (90% MS), ^b Por tonelada de alimento. *Recomendado en condiciones de estrés.

Cuadro 8. Recomendaciones comerciales de vitaminas para gallinas reproductoras

Vitamina	NRC ^a	ROCHE ^b	BASF ^b
A, UI	300	15 Mío	16.00 Mío
D ₃ , UI	30	3 Mío	2.40 Mío
E, UI	0.50	30,000	30.00
K ₃ , g	0.05	3.00	3.00
B ₁ , g	0.07	2.00	2.40
B ₂ , g	0.25	7.00	6.00
Niacina, g	1.00	45.00	36.00
Ac. Pantoténico, g	0.20	14.00	12.00
B ₆ , g	0.25	5.00	3.60
B ₁₂ , mg	4.0 µg	25.00	24.00
Ac. Fólico, g	0.025	1.00	0.96
Biotina, mg	0.01	200.00	100.00
Colina, g	105	0	0

^aDosis por kilogramo de raciones (90% MS), ^bDosis por tonelada de alimento

Cuadro 9. Recomendaciones comerciales de vitaminas en lechón.

Vitamina	NRC	ROCHE ^a	REKA ^a	BASF ^a
A, UI	2.2 Mío	9 Mío	4.50 Mío	10.80 Mío
D ₃ , UI	220,000	1.70 Mío	500,000	1.80 Mío
E, UI	16,000	40,000	10,000	18.00
K ₃ , g	0.50	1.50	2.00	1.80
B ₁ , g	1.50	1.50	0	1.80
B ₂ , g	4.00	6.00	5.00	5.40
Niacina, g	20.00	30.00	25.00	27.00
Ac. Pantoténico, g	12.00	15.00	15.00	10.80
B ₆ , g	2.00	2.00	0	0
B ₁₂ , mg.	20.00	20.00	22.00	27.00
Ac. Fólico, g	0.30	3.00	0	0.56
Biotina, mg.	80.00	250.00	0	112.50
Colina, g	600	600	225.00	0
C, g	0	0	0	90.00

^a Dosis por tonelada de alimento balanceado.

Cuadro 10. Recomendaciones comerciales de vitaminas en cerdos en desarrollo.

Vitamina	NRC	REKA ^a	BASF ^a	SIPESA ^a
A, UI	1.75 Mío	2.00 Mío	8.00 Mío	12.00 Mío UI
D ₃ , UI	200,000	200,000	1.50 Mío	2.40 Mío UI
E, UI	11,000	11,000	15.00	60,000 UI
K ₃ , g	0.50	2.00	2.00	0
B ₁ , g	1.00	0	1.00	0
B ₂ , g	3.50	3.00	4.00	0
Niacina, g	15.00	12.00	20.00	0
Ac. Pantoténico, g	10.00	13.00	8.00	0
B ₆ , g	1.50	0	1.50	0
B ₁₂ , mg.	17.5	12.00	18.00	0
Ac. Fólico, g	0.30	0	0	0
Biotina, mg.	50.00	0	62.50	0
Colina, g	400	225.00	600	0
C, g	0	0	0	0

Cuadro 11. Recomendaciones comerciales de vitaminas de cerdos en finalización

Vitamina	NRC	BASF ^a	ROCHE ^a
A, UI	1.3 Mío	6.40 Mío	8.00 Mío
D ₃ , UI	150,000	1.50 Mío	1.50 Mío
E, UI	11,000	12.00	20,000
K ₃ , g	0.50	1.60	1.20
B ₁ , g	1.00	0.80	1.00
B ₂ , g	2.50	3.20	4.00
Niacina, g	10.00	16.00	20.00
Ac. Pantoténico, g	8.00	6.40	10.00
B ₆ , g	1.00	1.50	1.00
B ₁₂ , mg.	10.00	14.40	20.00
Ac. Fólico, g	0.30	0	0.500
Biotina, mg.	50.00	50.00	80.00
Colina, g	300	250	0
C, g	0	0	0

^a Dosis por tonelada de alimento balanceado.

Cuadro 12. Recomendaciones comerciales de vitaminas cerdas en gestación y lactancia.

Vitamina	NRC	ROCHE ^a	REKA ^a	BASF ^a
A, UI	4.0 Mío	9 Mío	4.50 Mío	10.80 Mío
D ₃ , UI	200,000	1.70 Mío	500,000	1.80 Mío
E, UI	44,000	40,000	10,000	18.00
K ₃ , g	0.50	1.50	2.00	1.80
B ₁ , g	1.00	1.50	0	1.80
B ₂ , g	3.75	6.00	5.00	5.40
Niacina, g	10.00	30.00	25.00	27.00
Ac. Pantoténico, g	12.00	15.00	15.00	10.80
B ₆ , g	1.00	2.00	0	0
B ₁₂ , mg.	15.00	20.00	22.00	27.00
Ac. Fólico, g	1.30	3.00	0	0.56
Biotina, mg.	0.20	250.00	0	112.50
Colina, g	1,250	0	225.00	400
C, g	0	0	0	90.00

^a Dosis por tonelada de alimento balanceado.

Cuadro 13. Recomendaciones comerciales de vitaminas para becerros.

Vitamina	NRC ^a	BASF ^b	REKA ^b	SIPESA ^b	ROCHE ^b
A, UI	2,200	9.6 Mío	10.0 Mío	5.0 Mío	20-32,000
D ₃ , UI	175,000	1.6 Mío	5.0 Mío	1.0 Mío	1,600
E, UI	15-60	16.00 g	3,000	5,000	75,000
K ₃ , g	0	1.60	0	0	1.25
B ₁ , g	0	1.60	0	0	1.5-2.50
B ₂ , g	0	4.80	0	0	2.5-4.50
Niacina, g	0	24.00	5.00	0	9.0-18.0
Ac. Pantoténico, g	0	9.60	0	0	8.00
B ₆ , g	0	3.00	0	0	1.5-3.0
B ₁₂ , mg.	0	24.00	0	0	0.01-0.02
Ac. Fólico, g	0	0.50	0	0	0.10-0.20
Biotina, mg.	0	100.00	0	0	0.05-0.10
Colina, g	0	0	0	0	70-120
C, g	0	80.00	0	0	25-50

^a Dosis por kilogramo de alimento en base seca. ^b Dosis por tonelada de alimento balanceado.

Cuadro 14. Recomendaciones comerciales de vitaminas para bovinos de engorda.

Vitamina	NRC ^a	BASF ^b	REKA ^b	SIPESA ^b
A, UI	2,200	12.5 Mío	10.00 Mío	5.00 Mío
D ₃ , UI	275	2.50 Mío	5.00 Mío	1.00 Mío
E, UI	15-60	25.00	3,000	5,000
K ₃ , g	0	0	0	0
B ₁ , g	0	0	0	0
B ₂ , g	0	0	0	0
Niacina, g	0	0	5.00	0
Ac. Pantoténico, g	0	0	0	0
B ₆ , g	0	0	0	0
B ₁₂ , mg.	0	0	0	0
Ac. Fólico, g	0	0	0	0
Biotina, mg.	0	0	0	0
Colina, g	0	0	0	0
C, g	0	0	0	0

^a Dosis por kilogramo de alimento en base seca.^b Dosis por tonelada de alimento balanceado

Cuadro 15. Recomendaciones comerciales de vitaminas para vacas lecheras.

Vitamina	NRC ^a	BASF ^b	REKA ^b	SIPESA ^b
A, UI	3.2 Mío UI ^c	10.00	10.00	5.00
D ₃ , UI	1.0 Mío	2.00	5.00	1.00
E, UI	15.00 ^d	20.00	3,000	5,000
K ₃ , g	0	0	0	0
B ₁ , g	64.00 mcg ^e	0	0	0
B ₂ , g	0	0	0	0
Niacina, g	6.00 ^d	6.00 ^d	5.00	0
Ac. Pantoténico, g	130.00 mcg ^e	0	0	0
B ₆ , g	0	0	0	0
B ₁₂ , mg.	0.34-0.68 mcg ^e	0	0	0
Ac. Fólico, g	0	0	0	0
Biotina, mg.	1.00 mcg ^e	0	0	0
Colina, g	0	0	0	0
C, g	0	0	0	0

^a Dosis por kilogramo de alimento en base seca; ^b por tonelada de alimento balanceado; ^c por cada 100 kg. PV ó 19 mg. de caroteno; ^d por vaca por día; ^e Por kilogramo de PV.

Cuadro 16. Fortificación de vitaminas en el mercado comercial del pollo de engorda en los Estados Unidos

Por Ton. de Alim.	Prom. ¹	Alto 25% ²	Bajo 25% ³	Prom.	Alto 25%	Bajo 25%	Prom.	Alto 25%	Bajo 25%
A, MIU	8.02	10	6.12	7.36	9.20	5.81	6.31	8.52	3.81
D ₃ , MIU	2.55	3.38	1.96	2.33	2.80	1.85	2.10	2.73	1.30
E, TIU	16.29	23.1	9.47	14.3	21.67	8.60	12.41	20.6	6.27
Niacina, g	41.51	55.13	28.37	39.5	54.74	27.47	34.27	52.52	16.64
Ac. Pantoténico, g	10.92	13.92	8.72	9.90	11.31	7.62	8.53	10.41	4.88
Riboflavina, g	6.44	8.19	4.99	5.84	7.00	4.53	5.08	6.57	2.92
Menadiona, g	1.68	2.74	0.84	1.48	2.56	0.82	8.88	4.86	0.58
Tiamina, g	1.61	2.52	0.88	1.27	1.99	0.77	1.06	1.76	0.52
Piridoxina, g	2.38	3.81	0.92	2.04	3.38	0.86	1.79	3.18	0.72
Ac. Fólico, µg	779-8	1178	423.3	681.5	966.7	422.4	577.6	951.7	323.8
Biotina, µg	72.3	120.7	32.3	63.5	114.3	21.50	55.3	108	18.83
B ₁₂ , µg	12.47	17.95	9.12	11.27	15.1	8.17	0.74	15.6	5.70

¹El promedio representa la media de 62 valores; ²media de los valores más altos; ³media de los valores más bajos

Cuadro 17. Porcentaje de fortificación de vitaminas de gallina ponedora en los Estados Unidos.

Unidad/Ton. de Alim.	PROMEDIO	ALTO 25%	BAJO 25 %
Vit. A MIU	7.38	9.66	5.57
Vit. D ₃ MIU	2.44	3.14	1.90
Vit. E TIU	7.52	13.20	3.23
Niacina gr.	24.70	38.90	15.20
Ac. Pantot. gr.	7.10	11.30	4.10
Riboflavina gr.	4.60	6.45	3.12
Menadiona gr.	1.10	1.69	0.42
Tiamina gr.	0.72a (1.23)b	1.85	0c (0.69)d
Piridoxina gr.	1.03a (1.9)b	3.20	0c (0.76)d
Ac. Fólico µgr.	225.1a (305.9)b	538.10	0c (144.9)d
Biotina µgr.	30.4a (64.5)b	103.50	0c (24)d
Vit. B ₁₂ µgr.	7.70	11.20	5.23

a N=53 Esta vitamina es suplementada o no.; b Incluye compañías que fortificaron; c Incluye los 13 niveles más altos en la fortificación en esta vitamina.; d Incluye los 13 niveles más bajos en la fortificación en esta vitamina.

Cuadro 18. Promedio de niveles de fortificación de vitaminas en cerdos de los Estados Unidos.

ton. de alim.		iniciación ^a			crecimiento ^b			finalización ^c		
		prom. ^d	alto 25%	bajo 25% ^f	prom.	alto 25%	bajo 25%	prom.	alto 25%	bajo 25%
Vit. A	MIU	10.4	14.1	6.70	6.50	10.1	4.01	5.01	7.70	3.01
Vit. D ₃	MIU	2.11	3.01	1.4	12.01	1.60	0.81	1.01	1.60	0.51
Vit. E	TIU	43.8	71.01	19.4	23.01	39.01	12.5	19.4	34.5	10.01
Niacina	gr.	53.56	75.8	33.5	30.9	44.7	20.81	23.76	35.02	15.88
Ac. Pantot.	gr.	31.31	41.9	24.05	18.9	28.3	12.6	14.78	20.22	10.883
Riboflavina	gr.	8.11	12.1	5.31	4.91	7.45	3.05	3.85	5.57	2.31
Menadiona	gr.	3.23	7.45	1.56	2.27	5.17	0.876	1.73	3.91	0.754
Tiamina	gr.	1.95	3.90	0.666	0.701	1.57	0	0.582	1.41	0
Piridoxina	gr.	2.58	3.90	0.737	1.16	2.71	0	0.926	2.13	0
Ac. Fólico	μgr.	1.05	2.03	0.101	0.287	0.991	0	0.305	1.09	0
Biotina	μgr.	0.20	0.41	0.051	0.069	0.194	0	0.061	0.173	0
Vit. B ₁₂	μgr.	0.04	0.06	0.026	0.024	0.034	0.016	0.019	0.026	0.012

a Peso hasta 20.3 kg.; b Peso de 20 - 45 kg.; c Peso de 45-mercado; d Promedio de 23 valores; e Promedio de los 6 valores más altos; f Promedio de los 6 valores más bajos.

Cuadro 19. Nivel de fortificación comercial de cerdas gestantes y lactación en los Estados Unidos.

Ton. de alimentación	GESTACIÓN			LACTACIÓN		
	prom. ^a	alto ^b 25%	bajo ^c 25%	prom.	alto 25%	bajo 25%
Vit. A, MIU	8.20	12.10	4.00	8.60	12.01	4.50
Vit. D ₃ , MIU	1.81	3.21	0.71	1.70	3.00	0.08
Vit. E, TIU	34.50	60.01	11.01	41.60	63.30	13.30
Niacina, g	35.35	52.25	18.60	40.25	60.41	23.83
Ác. Pantoténico, g	19.63	24.33	10.80	24.01	34.16	14.84
Riboflavina, g	5.71	7.71	3.25	6.34	9.53	4.12
Menadiona, g	2.071	3.62	1.01	3.01	6.01	1.167
Tiamina, g	0.851	1.97	0	1.075	2.50	0
Piridoxina, g	1.051	2.08	0	1.64	3.75	0
Ác. Fólico, μg	0.812	1.47	0.15	1.22	2.75	0.101
Biotina, μg	0.138	0.22	0.037	0.185	0.348	0.016
Vit. B ₁₂ , μg	0.025	0.03	0.016	0.029	0.044	0.018

a N = 23 valores; b Promedio de los 23 valores más altos; c Promedio de los 23 valores más bajos.

Cuadro 20. Coeficientes de variación en los niveles de fortificación en cerdos de pie de cria en Estados Unidos.

Vitamina	Iniciación	Machos			Hembras	
		Crecimiento	Finalizado	Gestación	Lactación	
Vit. A, MIU	16.40	37.10	36.50	39.80	31.40	
Vit. D ₃ , MIU	34.40	28.50	40.20	78.10	54.60	
Vit. E, TIU	30.60	45.90	55.80	55.00	44.50	
Niacina, g	28.60	31.50	33.20	37.10	33.00	
Ác. Pantoténico, g	16.50	32.20	30.10	25.10	29.50	
Riboflavina, g	27.50	33.90	34.50	64.10	31.70	
Menadiona, g	86.90	80.10	74.60	60.10	63.40	
Tiamina, g	1.95	90.10	95.30	94.00	91.00	
Piridoxina, g	2.58	94.50	96.20	93.20	83.50	
Ác. Fólico, μg	1.05	155.30	153.80	64.20	90.60	
Biotina, μg	0.20	114.60	120.80	58.10	96.30	
Vit. B ₁₂ , μg	0.04	28.70	29.10	20.90	32.90	

CONSERVACIÓN DE LAS VITAMINAS.

La susceptibilidad de las vitaminas es un concepto importante que debe tomarse en cuenta, debido a que el aire, la luz, la humedad atmosférica, conllevan invariablemente a una merma de la calidad de éstas y por lo tanto en su concentración. Es por lo anterior que se utilizan los antioxidantes durante su fabricación en la mezcla con otros ingredientes.

ANTIOXIDANTES. Son compuestos formados por una estructura fenólica insaturada, provista de grupos hidroxilo que actúan donando electrones. Los más empleados son: Etoxiquina (**ETQ**), Butilhidroxianisol (**BHA**), Butilhidroxitolueno (**BHT**), Butilhidroxiquinona (**BHQ**), galacto de propilo (**GA**). A este grupo puede añadirse la vitamina E, la cual en su forma de d- α -tocoferol tiene actividad como antioxidante natural.

Las propiedades ideales de los antioxidantes son: baja toxicidad, potencia en su prevención de oxidación de lípidos, aceites, vitaminas y pigmentos, además de la capacidad de no impartir olores y sabores indeseables en el alimento.

Modo de acción. Los antioxidantes funcionan en algunas ocasiones dependiendo del sustrato y de las condiciones del medio y es de la manera siguiente; 1) Donación de un hidrógeno. Este es aportado por el grupo hidroxilo del anillo aromático del fenol. El hidrógeno donado interviene en la fase de propagación de la reacción de oxidación, de tal forma que la actividad de los peróxidos se modifica. 2) Donación de electrones. 3) Formación de un complejo lípido-antioxidante. Lo más probable es que estas tres acciones se consideren conjuntas. Sin embargo para eficientar la acción antioxidante se ha mezclado los antioxidantes con el fin de aprovechar el sinergismo que algunos (mezcla de BHA, BHT y galacto de propilo), resultando efectivas.

Resultan entonces ser esenciales en los alimentos para prevenir la oxidación de grasas e ingredientes solubles; aunque en algunas vitaminas como la A, ya exista un antioxidante en su matriz; las otras no requieren de antioxidante, por lo las compañías indican que no se requiere el uso de antioxidante extra, sin embargo, se utiliza para evitar algún problema inesperado.

LITERATURA CONSULTADA.

- Aburto, A. y W. Britton. 1998. Effects and interactions of dietary levels of vitamins A and E and cholecalciferol in broiler chickens. *Poult. Sci.* 77:666-670.
- Aburto, A. y W. Britton. 1998. Effects of different levels of vitamins A and E on the utilization of cholecalciferol by broiler chickens. *Poult. Sci.* 77:570-575.
- Ali, J., D.R. Ledoux, A.J. Bermudez y R.A. Sunde. 1998. Performance, tissue selenium concentration and glutathione peroxidase activity of turkeys fed graded levels of selenium. *Poult. Sci.* 77 (Supp. 1):86.
- Anónimo. 1999. Animal science and nutrition. <http://orion.paisley.ac.uk/courses/st-funmac>. Accesado el 14 de abril.
- BASF. Infoservice. 1990. Vitaminas. Boletín informativo.
- Buenrostro, S.J.L. 1994. Alimentación de aves. Memorias del II curso de titulación y actualización en nutrición animal.
- Coelho, G.C. 1991. Vitamin stability. *Feed Int.* 12: (12) 39.
- Coon, J. y D.E. Stumpf. 1987. Bioquímica fundamental. 7a. edición. Editorial Limusa, S.A. México, D.F.
- Coskun, B.; F. Inal; I. Celik y O. Erganis. 1998. Effects of dietary levels of vitamin A on the egg yield and immune responses of laying hens. *Poult. Sci.* 77:542-547.
- Farzahd, D. y R.G. Teeter. 1994. Dietary vitamin and or trace mineral premix effects on performance humoral mediated immunity and carcass composition of broilers during thermoneutral and high ambient temperature distress. BASF Tech. Symposium Multi State Poultry. Feeding and Nutrition Conf. May 25. Pág. 81-96. Indianapolis, IN. USA.
- Friedman, A.; I. Bartou, y D. Skalan. 1998. Humoral immune response impairment following excess vitamin E nutrition in the chick and turkey. *Poult. Sci.* 77:956-960.
- Gómez L.I. 1994. Metabolismo de vitaminas y minerales en no rumiantes. Memorias del II curso de titulación y actualización en nutrición animal.
- Hsu, K.N. y R.E. Austic. 1998. The sparing effect of methyl donors on the methionine requeriment of laying hens. *Poult. Sci.* 77 (Supp. 1): 85.
- Leeson, S. y L. Caston. 1998. Organoleptic evaluation of eggs produced by laying hens fed diets containing graded levels of flaxseed and vitamin E. *Poult. Sci.* 77:1436-1443.
- Mack, S. 1998. Recientes descubrimientos en nutrición para aves. V. Simposium técnico DEGUSSA. Guadalajara, Jalisco. 21-23 octubre. Pág. 1-14.
- Martin Jr., D.W., V.W. Rodwell, P.A. Mayes, y D.K. Granner. 1986. Bioquímica de Harper. Editorial Manual moderno. 10ª edición. México.
- National Research Council. 1981. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animal. *Natl. Acad. Science.* Washington. DC., USA.
- National Research Council. 1987. Vitamin tolerance of animal. *Natl. Acad. Science.* Washington. DC., USA.

- National Research Council. 1989. Nutrient requirement of domestic animals. 1. Nutrient requirement of horse. 5th. rev. Edition. Natl. Acad. Science. Washington. DC., USA.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirement of cats. Revised edition. Natl. Acad. Sci. Washington. D.C., USA.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirement of poultry. 9th. rev. edition. Natl. Acad. Sci. Washington. D.C., USA.
- National Research Council. 1998. Nutrient requirement of swine. 10th. rev. edition. Natl. Acad. Science. Washington. D.C., USA.
- Neto, M.G.; Pesti, G.M. y R.I. Bakilli. 1998. Effects of betaine and methionine levels in broilers chickens fed different levels of energy and protein. *Poult. Sci.* 77 (Supp. 1): 84.
- Newman, S. y S. Leeson. 1999. The effect of dietary supplementation with 1,25-dihydroxycholecalciferol and vitamin C on the characteristics of the tibia of older laying hens. *Poult. Sci.* 78:85-93.
- Norum, K.R. y R. Blomhoff. 1992. Vitamin A absorption, transport, cellular uptake and storage. *Am. J. Clin. Nutr.* 56: 735-744.
- Orozco-Hernández, J.R., Verdín-Sánchez H., Taylor A. y J.J. Taylor. *Nutrición animal.* Centro Univ. de Los Altos. Universidad de Guadalajara.
- Olentine, C. 1984. B vitamins for ruminants. *Feed.Management.* 35(4): 18-20.
- Parker, R.S. 1996. Carotenoids 4: absorption, metabolism, and transport of carotenoids. *FASEB J.* 10:542-551.
- Patience, J.F. Y P.A. Thacker. 1994. *Swine nutrition guide.* Prairie swine center. Univ. of Saskatchewan, Ca.
- Poor, C.L., T.L. Bierer, N.R. Mechen, G.C. Fahey, M.R. Murphy, y J.W. Erdman. 1992. Evaluation of the preruminant calf as a model for the study of human carotenoid metabolism. *J. Nutr.* 122:262-268.
- Roche. 1994. Vitamin nutrition for ruminants. *Animal nutrition and health.* Hoffman-La Roche Inc. Nutley, NJ, USA.
- Rodríguez, R., B. Ruíz, y S. Sánchez. 1998. Los carotenoides en la salud. *Boletín de educación bioquímica.* Asoc. Mex. Prof. Bioquímica. 17 (3); 115-121.
- Rose, R.C., D.B. McCormick, T.K. Li, L. Lumeng, J.G. Haddad y R. Spector 1986. Transport and metabolism of vitamins. *Fed. Proc.* 45:30-38.
- Rumsey, T.S. 1975. Vitamin requirements for ruminants. *Feedstuffs.* 47(7):30.
- Slam, S. M.; J.D. Garlich, y M. A. Quresh. 1998. Vitamin D deficiency alters the immune responses of broiler chicken. *Poult. Sci.* 77:842-847.
- Schneider, J. 1986. Vitamin stability and activity of fat soluble vitamins as influenced by manufacturing proceses. *Reunión de AFIA: bioavailability of vitamins in feed ingredients.* Chicago, IL, USA.

- Taylor, P.A., Montejano, G.J.G., Arista-Puigferrat, E., y J.R. Orozco-Hernández. 1999. Productividad del pollo engorda con el retiro de vitaminas y/o minerales traza en la última semana. *Bitácora Pecuaria*. 1:31-38.
- Taylor, P.A., Montejano, G.J.G., Arista-Puigferrat, E., y J.R. Orozco-Hernández. 2000. Retiro de vitaminas y/o microminerales en dietas para pollos sobre la calidad de la carne. *Bitácora Pecuaria* 2:1-6.
- Toyosaki, T. 1992. Antioxidant effect of riboflavin in enzymatic peroxidation. *J. Agric. Food Chem.* 40:1727.
- Williams, S.K. y B.L. Damron. 1999. Sensory and fatty acid profile of eggs from commercial hens fed rendered spent hen meal. *Poult Sci.* 78:614-617.

CONCEPTOS PRÁCTICOS DE VITAMINAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Diseño de portada: Ing. Brenda Georgina Estupiñan Cuevas.

Corrección: Lic. Rene Gerardo Michel Padilla.

Impresión: Centro Universitario de Los Altos
Km. 7.5 Carretera Yahualica-Tepatitlán
47600 Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México

La presente obra se terminó de imprimir en el mes de septiembre 2000, con un tiraje 300 ejemplares.

