

NUTRICION DE MONOGASTRICOS

11425

Sabemos que el cruzamiento y la selección adecuados han producido razas y líneas de cerdos con potencial genético para crecer rápida y eficientemente; prácticas de manejo han sido mejoradas para dar a los cerdos un medio ambiente óptimo, y se han desarrollado medidas de control de enfermedades para prevenir pérdidas por parásitos, bacterias y agentes virógenos. Sin embargo, aunque se siga un buen sistema de cruzamiento, buen manejo y control de enfermedades, no se obtendrá utilidad a menos que los cerdos sean alimentados adecuadamente. La alimentación representa del 80 al 90% del costo total de producción de cerdos. Por estas razones, el productor debe saber los requerimientos nutricionales del cerdo, las características de una buena ración y el valor nutritivo de los ingredientes del alimento que se utilizan en la dieta.

Esta sección sobre nutrición de monogástricos será presentada en relación a los nutrientes requeridos por los animales monogástricos, y especialmente por el cerdo, con énfasis en aquellos nutrientes que son más propensos a ser limitantes, y cómo una deficiencia de éstos afectará la producción óptima y económica.

Después de la sección de nutrición de monogástricos hablaremos brevemente acerca de los ingredientes que son más comúnmente utilizados y su incorporación a dietas bien balanceadas.

Nutriente

Un nutriente es cualquier sustancia química que el cuerpo del animal utiliza, ya sea como una fuente de energía o como una parte de su mecanismo metabólico.

Nutrientes requeridos por el cerdo

1. Agua
2. Acidos grasos
 - a) linoléico
 - b) linolénico
- 3.* Proteína (no como tal sino como amino ácidos y nitrógeno no esencial para la síntesis de amino ácidos).
 - a) arginina
 - b) histidina
 - c) isoleucina
 - d) leucina
 - * e) lisina
 - f) metionina (40-50% puede ser remplazado por cistina)
 - g) fenilalanina (30% puede ser remplazado por tirosina)
 - h) treonina
 - * i) triptófano
 - j) valina

4. Vitaminas

4. Vitaminas

- a) Solubles en grasa
 - A, *D, *E, K
- b) Solubles en agua
 - 1) biotina
 - * colina
 - folacina
 - * niacina (ácido nicotínico)
 - * ácido pantoténico
 - riboflavina (Vitamina B₂)
 - tiamina (Vitamina B₁)
 - vitamina B₆ (piridoxina)

5. Elementos inorgánicos

- *Calcio
- *Cloro
- Cobalto (como componente de B₁₂)
- Cobre
- *Yodo
- Hierro
- Magnesio
- Manganeso
- *Fósforo
- Potasio
- *Selenio
- *Sodio
- Azufre (como componente de sulfato, tiamina, metionina, cistina y otros compuestos orgánicos)
- *Zinc

6. Carbohidratos (no hay prueba de su necesidad pero si hay requerimiento es en forma de glucosa).

Agua

Las células que realizan el trabajo metabólico del cuerpo del animal, exceptuando el esqueleto y los tejidos epidérmicos, son gelatinosas-acuosas, El cuerpo es 50-90% agua, dependiendo de la edad fisiológica, estado nutricional y otros factores.

La variación entre edades es debida principalmente al estado nutricional el cual se refleja en la acumulación de grasa. Los animales más gordos tienen menos agua y los más delgados más agua. En contraste con la variabilidad extrema en agua y grasa, los porcentajes de proteína y ceniza son prácticamente constantes cuando se expresan en base de materia libre de agua y grasa pro mediando cerca del 80 por ciento de proteína y 20 por ciento de ceniza.

Porcentaje de la composición del cerdo

Cerdo	8 kg.	30 kg.	100 kg.
Agua	73.0	60.0	49.0
Grasa	6.0	24.0	36.0
Proteína	17.0	13.0	12.0
Ceniza	3.4	2.5	2.6
<u>Materia seca libre de grasa</u>			
Proteína	83.3	84.3	82.4
Ceniza	16.7	15.7	17.6

El papel vital del agua en el cuerpo animal está indicado por las observaciones de Rubner de que el cuerpo que pierde prácticamente toda su grasa y la mitad de su proteína aún vive, mientras que la pérdida de una décima parte de su agua causa la muerte. Sobre todos los nutrientes el agua está por encima en importancia en importancia y tasa de cambio y es el nutriente requerido en mayor cantidad.

Funciones del Agua

- (1) Sustancia ionizante y solvente
- (2) Regulador de la temperatura del cuerpo
- (3) Digestión
- (4) Substrato de reacción del cuerpo
- (5) Sustancia lubricante
- (6) Amortiguador
- (7) Visión y percepción

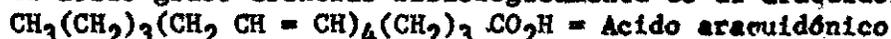
Los cerdos consumen un promedio de 2.0 a 2.5 kg de agua por kg de alimento seco. En un ambiente de alta temperatura, el consumo voluntario puede ser tan alto como 4.0 a 4.5 kg de agua por kg de alimento seco. Bajo condiciones ideales, los cerdos en crecimiento y acabado ganarán peso satisfactoriamente con 1.5 kg de agua por kg de alimento, pero estos niveles bajos no son recomendados en la práctica. Los cerdos al destete consumirán diariamente hasta 20 kg. por 100 kg de peso corporal y los cerdos en acabado consumirán cerca de 7 kg de agua por 100 kg de peso corporal.

Las cerdas lactando deben tener libre acceso al agua si se quiere que produzcan leche adecuadamente. Los lechones lactantes no consumirán cantidades adecuadas de dieta de preiniciación a menos que tengan agua disponible.

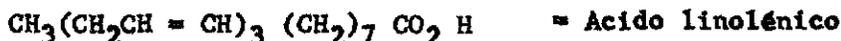
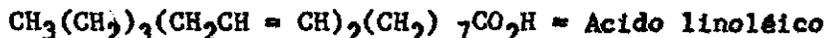
Grasas y Ácidos Grasos

Parece que el cerdo no requiere grasa excepto como una fuente de posibles ácidos esenciales y como un vehículo de absorción de vitaminas solubles en grasa. El efecto de ácidos grasos no saturados sobre el crecimiento permanece en controversia. Mientras la naturaleza esencial de estos ácidos no saturados puede ser demostrada experimentalmente, rara vez o casi nunca se presenta escasez de ellos en cualquier ración o dieta práctica, excepto posiblemente aquellas basadas principalmente en fuentes de energía tales como yuca, papa y azúcar.

El ácido graso esencial fisiológicamente es el araquidónico.



Sin embargo se ha demostrado que este ácido puede ser sintetizado del ácido linoléico. Tanto el ácido linoléico (dos enlaces dobles) y el ácido linolénico (tres enlaces dobles) son efectivos para aliviar la deficiencia de ácidos grasos.



Los síntomas de deficiencia fueron anteriormente descritos como retrasos en el crecimiento cuando las dietas libres de grasa fueron suministradas.

Sin embargo, algunos datos recientes han mostrado que una deficiencia de ácidos grasos esenciales produce un síndrome característico en los cerdos jóvenes en crecimiento. Los síntomas de la etapa inicial presentan pelo opaco y seco y una dermatitis escamosa. En etapas posteriores se presenta un exudado pardo, áspero cerca de las orejas y espacios axilares y bajo el costado; es seguido de áreas necróticas y erupciones en estas mismas áreas.

También se han reportado retrasos en la madurez sexual, un sistema digestivo subdesarrollado y una vesícula biliar anormalmente pequeña.

Proteínas

La proteína contiene carbón, hidrógeno, oxígeno así como grasas y carbohidratos, pero además contiene un porcentaje bastante constante de nitrógeno. La mayoría de las proteínas también contienen azufre y unas pocas fósforo y hierro. El rango general de composición es como sigue:

Composición Elemental de Proteínas

	<u>Por ciento</u>	
Carbón	51.0 a	55.0
Hidrógeno	6.5 a	7.3
Nitrógeno	15.5 a	18.0
Oxígeno	21.5 a	23.5
Azufre	0.5 a	2.0
Fósforo	0.0 a	1.5

El nivel calculado de proteína de un alimento está basado en el hecho que el nitrógeno se presenta en las diferentes proteínas en un porcentaje mas o menos constante (16 por ciento) como puede verse en la tabla anterior.

El producto es analizado para nitrógeno y el resultado (% N) mutiplicado por el factor 6.25 (100 ÷16) nos da el porcentaje de proteína calculado. El factor 6.25 se aplica generalmente a la mayoría de los productos, aunque sabe que los productos varían. Si se conoce el factor específico, este se debe utilizar. Por ejemplo, la proteína de la leche contiene 15.7 por ciento de nitrógeno y la proteína de la harina de trigo 17.5 por ciento de nitrógeno. Por lo tanto se deben utilizar los factores de 6.38 (100÷ 15.7) y 5.71 (100÷ 17.5) respectivamente.

Una vez que se estableció que la proteína era un compuesto nitrogenado involucrado en el alimento, se demostró luego que no todas tenían el mismo valor.

Los primeros estudios (Magendie, 1841) muestran claramente que la proteína de la carne era superior a la proteína de la gelatina. A través de muchos años y muchos estudios, se supo que esto no era proteína sino realmente los grupos necesarios para construir proteínas, que eran requeridos por el animal. Estos amino ácidos fueron clasificados por W. C. Rose como esenciales o no esenciales según el efecto que producían cuando se agregaban o quitaban de la dieta. Los términos esencial y no esencial no se refieren al factor que sean necesarios por el animal para su crecimiento y mantenimiento. El término esencial se refiere a que el amino ácido debe estar presente en la dieta. No esencial se refiere a que el amino ácido pueda ser sintetizado satisfactoriamente en el cuerpo si dispone de una fuente de nitrógeno adecuada para este propósito. De otro lado, se debe recordar que desde el punto de vista fisiológico los amino ácidos no esenciales como una fuente de nitrógeno son tan indispensables como los amino ácidos esenciales. Los amino ácidos no esenciales deben ser suministrados en la dieta; ya sea suministrándolos como tales o en la forma de otros compuestos nitrogenados no específicos. Sino se hace esto, una parte del amino ácido esencial, que posiblemente se necesitará para un balance óptimo, será utilizado para suministrar nitrógeno requerido en la síntesis de los amino ácidos no esenciales. Esto perjudicará considerablemente el valor nutritivo de la dieta.

Amino Acidos

Esencial

Lisina
Triptófano
Histidina
Fenilalanina
Leucina
Isoleucina
Treonina
Metionina
Valina
Arginina

No esencial

Glicina
Alanina
Serina
Cistina
Tirosina
Acido aspártico
Acido glutámico
Prolina
Hidroxiprolina
Citrullina

La suficiencia del nivel protéico en la dieta, está determinada por la capacidad de la dieta para suministrar suficientes amino ácidos esenciales y nitrógeno amino para la síntesis de los amino ácidos no esenciales. Anteriormente en 1911 Osborne y Mendel habían mostrado que se puede obtener un óptimo comportamiento con niveles más bajos de proteína si se suministra una proteína balanceada. Datos más recientes han demostrado que se puede obtener comportamiento más o menos satisfactorio suministrando niveles más bajos de proteína que los comúnmente recomendados, siempre y cuando el balance de amino ácidos de la ración se acerque al óptimo. Esto implica que la proteína como tal probablemente no es requerida o que el contenido porcentual de la proteína en la ración es de menor importancia. Así, sujeto a variaciones en digestión y absorción, aquellas proteínas que suministran los amino ácidos esenciales necesarios en las proporciones más cercanas a los que van a ser formados en el animal, más una fuente no específica apropiada de nitrógeno para formar amino ácidos no esenciales serían designados como aquellos con la calidad de proteína más alta. No solamente debe estar presente el nivel apropiado, sino todos los amino ácidos esenciales debe estar presentes en el sitio de la síntesis al mismo tiempo para ser de valor al animal. Por ejemplo: si nueve de los diez amino ácidos esenciales son suministrados en la mañana y el décimo en la tarde (6 hrs. o más -

después) se utilizará muy poca, si alguna, en la síntesis de proteína. En vez de ser utilizados serán catabolizados con la cadena de carbón entrando en el ciclo de energía y el nitrógeno será excretado como urea. Este factor tiempo es muy importante y explica el porqué algunas proteínas tienen valores biológicos más bajos aunque su valor químico sea más alto. Aunque en general, esto puede no tener importancia para cerdos alimentados con dietas completas mezcladas, bajo ciertos sistemas de alimentación puede tener importancia. Por ejemplo, puede ser importante si el suplemento proteico es suministrado en la mañana y el grano o fuente de energía en un tiempo diferente.

Contenido de Amino Acido en la Proteina Corporal

<u>Amino Acido</u>	<u>Cerdo</u>
Arginina	7.12
Histidina	2.65
Isoleucina	3.84
Leucina	7.14
Lisina	8.55
Metionina	1.77
Fenilalanina	3.77
Treonina	3.79
Triptófano	0.74
Valina	6.00
Tirosina	2.59
Cistina	1.01

Un tercer factor es el balance o proporción de amino ácidos; no solamente es necesaria una cantidad adecuada de un amino ácido sino su relación a otros amino ácidos es importante. Los excesos de un amino ácido puede reducir la utilización de otros. Aunque el mecanismo exacto para toda la depresión que ocurre no se entiende completamente, se sabe que los excesos de un amino ácido pueden reducir la absorción de uno o más ocupando o compitiendo por los sitios de absorción activa. Por lo tanto el balance de amino ácidos es importante.

Para producir comportamiento óptimo la dieta debe suministrar los amino ácidos esenciales en un nivel apropiado en el tiempo apropiado y en la proporción apropiada en que son requeridos por el cerdo. Si la proteína de una dieta se caracteriza por una escasez de uno o más amino ácidos esenciales, esto limitará la eficiencia no solamente de los otros amino ácidos sino de toda la dieta. Esto da como resultado efectos adversos como retardo del crecimiento, baja eficiencia alimenticia y formación indebida de grasa.

La relación de esta discusión a la práctica es fácilmente aplicada. Hay muy pocas proteínas perfectas, eso es, proteínas que tengan el nivel y balance de amino ácidos exacto para llenar las necesidades del animal. Así, el nutricionista o investigador debe como sea posible combinar los ingredientes alimenticios disponibles en la combinación apropiada para proveer los amino ácidos requeridos. La fuente (animal o vegetal) de proteína o más específicamente amino ácidos no es importante. Lo que es importante es que la combinación de ingredientes alimenticios provea el nivel apropiado y balance de amino ácidos disponibles.

Antes de identificar muchas de las vitaminas, la proteína animal o lo que fue llamado entonces el factor proteico animal se pensó que era esencial para el óptimo crecimiento. Sin embargo, con el descubrimiento de la vitamina B₁₂, fue demostrado que cualquier fuente disponible de proteína que suministre amino ácidos adecuados puede ser utilizada con iguales resultados si se agrega a la dieta vitamina B₁₂.

Una deficiencia de proteína, o más específicamente de amino ácidos es probablemente el nutriente más frecuentemente deficiente en una dieta de cerdos, principalmente por las fuentes de energía más comúnmente utilizadas, cereales de grano, maíz, sorgo, raíces y tubérculos son bajos en proteína y usualmente contienen proteína de baja calidad. Los síntomas principales de deficiencia proteica en el crecimiento de cerdos son crecimiento retardado e ineficiente utilización del alimento. Hay debilidad en el cerdo y una disminución en la proteína del suero sanguíneo. El hígado se infiltra con grasa y en deficiencias agudas puede haber edema en la papada y escroto.

De los amino ácidos, lisina y triptófano son comúnmente deficientes en las raciones de cerdos especialmente si estas se basan en maíz, sorgo o cereales de grano. Una deficiencia resulta en poco apetito y apariencia débil en los cerdos jóvenes, pero en los cerdos adultos una deficiencia moderada puede resultar en menos formación de proteína en la canal y un poco menos eficiencia en la utilización de alimento sin efecto en el aumento de peso. Como la lisina, el triptófano es propenso a estar deficiente en las dietas compuestas de maíz y sorgo. Los síntomas de deficiencia de triptófano son crecimiento lento, debilidad y cataratas en los ojos. El triptófano puede ser convertido por los tejidos del cerdo a la vitamina niacina, así que es importante suministrar niacina adecuada para reducir los requerimientos de triptófano.

Definición :

Grupo de compuestos orgánicos no relacionados químicamente, que son esenciales para la vida y para un crecimiento normal de los animales. Su esencialidad se debe a que forman parte de algunos sistemas enzimáticos del organismo. Estos compuestos no reaccionan como tales sino que son usados para la formación de moléculas más complejas llamadas coenzimas.

En otras palabras, muchas coenzimas tienen una vitamina en su estructura y de aquí su papel esencial. Sin embargo no todas las vitaminas tienen una función coenzimática real; entre estas podemos citar las vitaminas liposolubles A, D, E, K, que a pesar de tomar parte en muchas funciones fisiológicas su bioquímica no ha sido completamente establecida. Las vitaminas hidrosolubles se pueden considerar con función coenzimática real.

Aunque la clasificación de vitaminas en liposolubles e hidrosolubles fué hecha en base a una sola propiedad física, solubilidad, las dos clases se diferencian significativamente en la manera que ellas funcionan bioquímicamente dentro del organismo.

Además hay diferencias en su composición química, ocurrencia, absorción, almacenamiento y excreción. Entre las vitaminas hidrosolubles tenemos las vitaminas del complejo B, entre ellas, tiamina, riboflavina, niacina, Vitamina B₆, Acido pantoténico, cobalamina, ácido fólico y biotina. Además la vitamina C, la colina y el inositol se consideran también dentro de esta clasificación.

1. Fuentes y disponibilidad

Los animales obtienen las vitaminas necesarias para su crecimiento de cuatro maneras generales:

- a) alimentos que forman parte de su dieta.
- b) síntesis microbiana en su tracto digestivo.
- c) transferencia maternal.
- d) sintetizada en su propio tejido.

1-A) Vitaminas liposolubles:

Vitamina A (retinol) - solamente en tejido animal.

Precusores de la Vitamina A: carotenoides de las plantas que son convertidos en la pared intestinal o en el hígado a vitamina A.

Vitamina D :Precusores: ergosterol en las plantas que irradiado da la vitamina D₂ y el 7-dehidrocolesterol en los animales que por irradiación nos produce la vitamina D₃.

En los peces hay un sistema enzimático con efecto similar a la radiación ultravioleta que rompe el enlace C-C

Vitamina E, varios tocoferoles de los cuales el α -tocoferol es el más activo fisiológicamente. Se encuentra en los cereales, forrajes verdes, pero la mejor fuente es el aceite del germen del trigo.

Vitamina K. Síntesis en el tracto digestivo por microorganismos. Aves susceptibles a deficiencia. Fuentes: hojas de las plantas verdes y productos animales.

1-B) Vitaminas hidrosolubles:

Complejo B: Debe ser suplido en monogástricos. Sintetizadas por microorganismos del rumen. B₁₂ y Colina pueden ser inadecuadamente suplidas por esta síntesis.

Niacina: Puede ser sintetizada a partir del triptófano. B₆, otras vitaminas del complejo B, riboflavina y biotina son requeridas en esta síntesis.

Acido ascórbico: Puede ser sintetizado a partir de glucosa en la mayoría de los animales domésticos. No en primates.

Colina : Puede ser sintetizada en el tejido. No suficiente en animales en crecimiento. Metionina, B₁₂, ácido fólico, tienen que ver en esta síntesis.

Inositol: Puede ser sintetizado por los microorganismos del tracto digestivo.

Fuentes naturales de la vitaminas hidrosolubles

<u>Vitamina</u> :	<u>Fuente</u>
Tiamina :	Levadura, granos de cereales, concentrados proteínicos vegetales.
Riboflavina:	Levadura, forrajes verdes, leche
Niacina :	Levadura, afrecho de arroz y trigo
Piridoxina :	Levadura, granos de cereales, tejido animal.
A. pantoténico:	Levadura, harina de alfalfa, hígado
Cobalamina (B₁₂)	Tejido animal
A. Fólico :	Manf, hígado, forrajes verdes

Biotina : Levadura, hígado

A. ascórbico: Frutas cítricas, papas, vegetales de hoja verde

Colina : Tejido animal, concentrado proteínico vegetal, germen de trigo.

Inositol : Granos de cereales, hígado, melazas

Las plantas de hojas verdes son buenas fuentes de muchas vitaminas hidrosolubles y liposolubles.

Cobalamina sintetizada solamente por microorganismos.

2. Función Bioquímica

2-A) Vitaminas liposolubles:

Vitamina A: Función en la visión. Síntesis de rodopsina es el único papel bioquímico que ha sido claramente detallado. Juega un papel importante en el crecimiento. A pesar de que no se ha establecido una función bioquímica exacta, esta vitamina tiene que ver en la estabilidad de las células, metabolismo de carbohidratos, síntesis de hormonas, metabolismo de varios lípidos como la coenzima Q, escualeno y otros esteroides. Síntesis de algunas proteínas como crecimiento de células secretoras de mucus, biosíntesis de mucopolisacáridos.

Vitamina D: Absorción y transporte activo del calcio y otros cationes divalentes.

Mecanismos específicos propuestos (Hipótesis)

a) Que la vitamina A tiene que ver en el transporte activo del calcio y

b) que aumenta la permeabilidad de las células de la mucosa al mineral.

El mecanismo bioquímico exacto de esta vitamina no ha sido bien establecido. Trabajos recientes soportan la hipótesis de que el metabolito vitamina D en combinación con una molécula receptora nuclear, inician la síntesis de un RNA mensajero específico, que a su vez dirige la síntesis de una proteína esencial para el transporte activo del calcio en el intestino.

También afecta algunas reacciones de la hormona paratiroides que tiene que ver con la movilización de calcio y fósforo y de mantener niveles normales de estos en la sangre.

Vitamina E: Alfatocoferol.

- (1) Antioxidante fisiológico (prevenir peroxidación de lípidos en membranas celulares).
- (2) Dirigir ciertas actividades en el núcleo (reproducción)

Vitamina K: (1) Coagulación normal de la sangre. Síntesis de tres proteínas entre estas protrombina, que tiene que ver en la coagulación de la sangre.

- (2) Sistema enzimático respiratorio.

a) Transporte de electrones

b) Fosforilación

2-B) Vitaminas hidrosolubles:

Todas las 8 vitaminas del complejo B forman parte integral de varias coenzimas que son necesarias para catalizar un espectro amplio de reacciones bioquímicas.

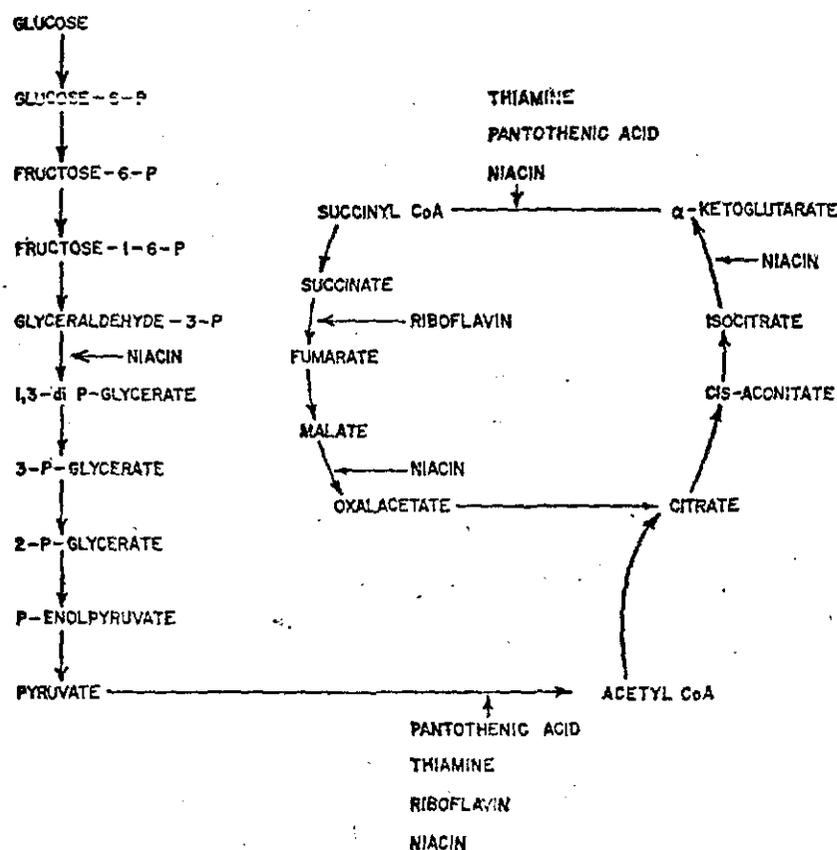


FIG. 18-4. A diagram of the glycolysis pathway and citric acid cycle illustrating points at which vitamins participate directly in chemical reactions.

Table 18-4. Summary of the Coenzyme Forms of the B-complex Vitamins and the General Reactions Catalyzed by Enzymes Containing Them

<i>Vitamin</i>	<i>Coenzymes</i>	<i>Enzymatic Reactions</i>	<i>General Functions</i>
Thiamine	Thiamine pyrophosphate (Cocarcboxylase)	Nonoxidative decarboxylations of α -keto acids Oxidative decarboxylations of α -keto acids Formation of α -ketols	Carbohydrate metabolism
Riboflavin	Riboflavin mononucleotide (FMN) Flavin adenine dinucleotide (FAD)	Dehydrogenation of α -amino acids, aldehydes, α -hydroxy acids, pyridine nucleotides and other substrates	Electron transport system General energy metabolism
Niacin	Nicotinamide-adenine dinucleotide (NAD) Nicotinamide-adenine dinucleotide phosphate (NADP)	Oxidation-reduction reactions catalyzed by dehydrogenases	Electron transport system Lipid, carbohydrate and amino acid metabolism
Vitamin B ₆	Pyridozal phosphate (codecarboxylase)	Nonoxidative amino acid transformations such as transamination, decarboxylation, racemization, β -elimination, and α -elimination	Amino acid metabolism
Pantothenic acid	Coenzyme A (CoA)	Two-carbon transfer Reactions involving nucleophilic attack at the acyl carbon atom, additions to unsaturated acyl derivations of acyl-coenzyme A, condensation at the α -carbon of acyl-coenzyme A and acyl group interchange	Carbohydrate and lipid metabolism
Cobalamin	Adenylcobamide	One carbon metabolism Conversion of methylmalonyl CoA into succinyl-SCoA, biosynthesis of methionine from homocysteine, conversion of glutamate to β -methyl aspartate and conversion of 1,2-propanediol into propionaldehyde	Amino acid biosynthesis Protein and nucleic acid metabolism
Folic acid (pteroylmonoglutamic acid)	Tetrahydrofolic acid	Conversion of glycine to serine, methylation of ethanolamine to choline, methylation of homocystine to methionine, methylation of a pyrimidine intermediate to thymine, introduction of C-2 and C-8 in purine biosynthesis	Transfer of single carbon units at oxidation level of formate, formaldehyde and methanol Biosynthesis of amino acids, choline, purines, and pyrimidines
Biotin	Biotin coenzyme	ATP-dependent carboxylations such as formation of malonyl-CoA from acetyl-CoA and transcarboxylation such as between methylmalonyl-CoA and oxalacetate	Fatty acid synthesis Carbohydrate metabolism Utilization of propionate by ruminants

- Acido ascórbico: (1) Oxidación-reducción
- (2) Formación y mantenimiento del colágeno y tejido conectivo.
- (3) Hidroxilaciones de otros compuestos.
Prolina- - - hidroxiprolina.
- Colina : (1) Constituyente estructural de las células y forma parte de la lecitina.
- (2) Formación de acetil-colina que es esencial en la transmisión del impulso nervioso.
- (3) Fuente de grupos metil
- (4) Prevención de perosis.

3. Deficiencia e imbalance

- a), Efecto generalizado: reducción en la tasa de crecimiento.
- b) Condiciones específicas, características de una vitamina en particular. Estos síntomas de deficiencia se desarrollan porque la vitamina es necesitada por un tejido particular u órgano más críticamente que en otros tejidos u órganos del cuerpo.

Así como con los minerales un imbalance de alguna de las vitaminas en la dieta puede provocar una reducción en la tasa de crecimiento y muerte del animal. Niveles tóxicos de dos de las vitaminas liposolubles conducen a enfermedades como hipervitaminosis A y D. Las vitaminas hidrosolubles no presentan toxicidad a altos niveles porque en la mayoría de los casos pueden ser fácilmente excretadas en la orina después de que las necesidades inmediatas del cuerpo son satisfechas.

Hipervitaminosis A causa fragilidad y fracturas espontáneas de los huesos, exoftalmia, engrosamiento temporal de la piel, hemorragias.

Hipervitaminosis D se caracteriza por una reabsorción de las sales de los huesos y deposición anormal de calcio en los tejidos blandos del cuerpo. Deformación de los huesos, fragilidad y fracturas espontáneas de estos son consecuencia del exceso de vitamina D. Estas hipervitaminosis A y D se presentan más en el hombre que en los animales domésticos.

Algunas vitaminas presentan similitud de síntomas entre especies diferentes. Por ejemplo la deficiencia de vitamina B₆ se presenta en forma de convulsiones o ataques epilépticos.

En el caso de la vitamina E los síntomas de deficiencia se presentan en forma diferente para las diferentes especies. Relacionada con el selenio y amino ácidos sulfurados.

Varios tejidos son particularmente afectados por varias vitaminas; por ejemplo: cambios de la piel (dermatitis) se presenta en deficiencias de:

Some Characteristic Consequences of Deficiency of the Non-B-complex Vitamins in the Young of Several Species

Vitamin	Cat	Cattle	Chicken	Dog	Horse	Man	Pig	Rat
Vitamin A	Weakness of hind legs	Night blindness Lacrimation Total blindness Incoordination	Ataxia Eye lesions Urates in kidneys	Xerophthalmia Deafness	Night blindness Lacrimation Incoordination	Xerophthalmia Night blindness Dry skin	Ataxia Paresis of hind legs Night blindness Spasms Total blindness Posterior paralysis Bone deformities	Ataxia Night blindness Skeletal defects Xerophthalmia
Vitamin D	Rickets	"Humped back" Bending of fore-legs Swollen and stiff joints	Stiff-legged gait Rubbery beak	Bowed legs Irregular teeth		Rickets Bowed legs Bending of ribs		Rickets Leg stiffness
Vitamin E High Se	Steatitis	Muscular dystrophy Heart failure	Encephalomalacia	Muscular dystrophy		Increased susceptibility of red blood cells to hemolysis		Late lactation paralysis Semiaiferous epithelium degeneration
Vitamin E Low Se Vitamin K		Muscular dystrophy	Exudative diathesis Anemia Hypoprothrombinemia Internal hemorrhages	Hypoprothrombinemia	Muscular dystrophy	Hypoprothrombinemia	Hepatosidietica Hypoprothrombinemia Anemia	Necrotic liver degeneration Hypoprothrombinemia Internal hemorrhages
Essential fatty acids			Reduced resistance to diseases	Dry, scaly skin Dry hair Susceptibility to skin infections		Skin disorders	Dermatitis Alopecia Skin necrosis	Scaly skin Rough, thin hair root Tail necrosis
Vitamin C	Synthesized in tissues	Synthesized in tissues	Synthesized in tissues	Synthesized in tissues	Synthesized in tissues	Scurvy Internal hemorrhaging Swollen gums Failure of wound healing	Synthesized in tissues	Synthesized in tissues
Choline	Fatty liver	Inability to stand Mild fatty livers	Perosis	Fatty liver			Fatty liver Poor conformation Incoordination	Fatty liver Kidney degeneration Alopecia
Inositol								

Some Characteristic Consequences of Deficiency of the B-complex Vitamins in the Young of Several Species

Vitamin	Cat	Cattle	Chicken	Dog	Horse	Man	Pig	Rat
Thiamine	Anorexia Cardiac disorders	Head retraction Convulsions Incoordination	Polyneuritis	Anorexia Paralysis Convulsions Impaired gastric secretion	Anorexia Incoordination Enlarged heart	Beriberi Polyneuritis Edema Heart disorders	Anorexia Enlarged heart Slight staggering	Anorexia Bradycardia Head rotation "Walking in circles"
Riboflavin	Cataracts	Mouth and nose lesions Excessive lacrimation and salivation Hair loss	Curled toe paralysis	Watery eyes "Bloodshot eyeballs" Fatty liver	Periodic ophthalmia Catarhal conjunctivitis	Cheilosis Seborrhea	Alopecia Dermatitis Lens opacities	Dermatitis over extremities Eye exudate Hyperkeratosis Alopecia
Niacin	Mouth lesions	Weakness Diarrhea Dehydration	Inflammation of mouth cavity Poor feathering	"Black tongue" Sore, purplish black tongue Nervous symptoms		Pellagra Dermatitis Diarrhea Dementia	Rough hair coat Normocytic anemia Alimentary tract lesions	Rough hair coat Alopecia
Vitamin B ₆	Anemia Convulsions	Convulsions	Hyperexcitability Convulsions	Microcytic anemia Convulsions Improper heart function	Anemia	Skin lesions Spastic gait Convulsions	Microcytic anemia Spastic gait Convulsions Fatty liver	Acrodynia Microcytic anemia Convulsions
Pantothenic acid	Fatty liver	Inability to stand Diarrhea	Head dermatitis Poor feathering	Intestinal disorders Convulsions		Weakness Numbness in hands and feet	Excess lacrimation Alopecia Dermatitis "Goose stepping"	Achromotrichia Exfoliative dermatitis
Folic acid	Macrocytic anemia Leukopenia		Feather depigmentation Anemia Poor feathering	Anemia		Macrocytic anemia	Normocytic anemia	Leukopenia Anemia Rough hair coat
Vitamin B ₁₂		Weakness Incoordination	Weakness			Pernicious anemia (adults)	Dermatitis Hyperirritability Posterior incoordination Voice failure	Weakness
Biotin		Paralysis in hind quarters	Food dermatitis Perosis Poor feathering			Exfoliative dermatitis Weakness	Alopecia Skin dermatosis Spasticity of hind legs	Exfoliative dermatitis "Spectacle eye" Achromotrichia Spastic gait

Vitamina A
 Vitamina B₆
 Riboflavina
 Niacina
 Biotina
 B₁₂
 Acido Pantoténico
 Acidos grasos esenciales

Lesiones en el tejido nervioso

Vitamina A
 Vitamina E
 Vitamina B₆
 Vitamina B₁₂
 Tiamina
 Niacina
 Eiotina
 Acido pantoténico

Anemia (en una o más especies) Aves y monos:

Acido fólico
 Vitamina B₁₂
 Vitamina B₆
 Tocoferol (Vitamina E)
 Niacina

Lesiones en el corazón:

Tocoferol
 Tiamina

Hemorragias

Vitamina E
 Vitamina K
 Vitamina C

Lesiones de ojos

Vitamina A
 Riboflavina

c) Efectos en la Reproducción

Crecimiento anormal del feto:

Vitamina A
 Vitaminas Complejo B

Reabsorción del feto

Vitamina A
 Vitamina E en ratas
 Vitaminas Complejo B

Crias muertas o mal formadas

Vitamina A

Degeneramiento de los testiculos

Vitamina E en ratas
 Vitamina A

Reducción espermatogenesis

Vitamina A
Vitamina Complejo B.

Irregularidad en el ciclo del estro, supresión de ovulación, falla de implantación:

Vitamina A.

Anestro y degeneración de ova

Complejo B

4. Factores que afectan los requerimientos de vitaminas**a) La Especie:**

Vitaminas sintetizadas por los tejidos:

Vitamina C (No en primates)

Vitamina D

Colina

Inositol

Vitaminas sintetizadas por la flora microbiana en rumiantes

Todas menos vitamina A, D, E y colina

Vitaminas formadas de precursores:

Diferencias entre especies en la conversión del caroteno a la vitamina A

b) Edad y Estado Fisiológico

Mayores requerimientos en estados de crecimiento, reproducción y producción que en mantenimiento.

c) Composición de la dieta

1. Tiamina: Requerimiento de acuerdo con el nivel de carbohidratos en la dieta.
2. Vitamina D: De acuerdo a los niveles de calcio y fósforo. Conforme aumenta la proporción entre el calcio y el fósforo los requerimientos por esta vitamina aumentan.
3. Vitamina E o Alfatocoferol: Requerimiento influenciado por el nivel de ácidos grasos polidesaturados.

d) Relaciones entre nutrientes

- 1) Colina: Los requerimientos por esta vitamina aumentan en dietas marginales, en vitaminas B₁₂, ácido fólico y metionina.
- 2) Niacina: Una dieta alta en triptófano baja o reduce marcadamente los requerimientos por esta vitamina ya que esta es sintetizada en los tejidos del animal a partir de este aminoácido.

- 3) **Vitamina E** : Relacionada con el selenio. Selenio es efectivo para prevenir el degeneramiento muscular en terneros y corderos pero es ineficiente para prevenir la reabsorción de fetos en ratas, características de una deficiencia de vitamina E.

e) Compuestos Antivitaminas naturales:

- 1) **Vitamina K** : El nivel de vitamina K debe ser elevado cuando dicumarol interviene en el funcionamiento normal de esta vitamina.
- 2) **Tiamina** : Se presenta una deficiencia cuando se suministra pescado fresco debido a la presencia de una tiaminasa, enzima que hidroliza la molécula de tiamina.
- 3) **Biotina** : Se presenta una deficiencia de esta cuando se suministra albúmina de huevo en la dieta debido a la presencia en la albúmina de una proteína avidina que forma un complejo con la biotina que no es absorbible.

f) Agentes Quimioterapéuticos y otros compuestos químicos

- 1) **Sulfonamida** : Compite con el ácido paraminobenzóico el cual forma parte del ácido fólico. Microflora intestinal.
- 2) **Antibióticos**: Como la penicilina y la tetraciclina influyen los requerimientos vitamínicos de algunas vitaminas del complejo B.
- 3) **Naftalenos clorinados y alto contenido de nitratos** pueden influenciar el metabolismo del caroteno y la vitamina A. Se presenta como hiperkeratosis, debido a fallas en la conversión de caroteno o vitamina A.

g) Temperatura y otros factores ambientales

- 1) **Riboflavina**: Los requerimientos en cerdos varían de acuerdo a la temperatura. A 42°F los requerimientos aumentan en 2 mg por kg de alimento en comparación con temperaturas de 85°F.
- 2) **Vitamina D** : Requerimiento influenciado por el grado de exposición a la irradiación ultravioleta.

h) Otros factores:

- 1) **Diferencias genéticas**: Riboflavina en aves en el desarrollo de embriones normales.
- 2) **Condiciones de enfermedades y estrés**: Animales con enfermedades intestinales reducen la eficiencia de absorción de las vitaminas.

Minerales

Los minerales realizan funciones importantes en el cuerpo del animal. Hoy en día se reconocen por lo menos 15 elementos que realizan funciones esenciales en el cuerpo y por lo tanto deben de estar presentes en la dieta. Estos incluyen, calcio, fósforo, sodio, potasio, selenio, molibdeno, cloro, magnesio, hierro, azufre, yodo, manganeso, cobre, cobalto y zinc. Ha aumentado la evidencia de que el fluor y cromo pueden realizar funciones útiles en el cuerpo y pueden pronto ser clasificados como esenciales. Casi cada proceso en el cuerpo del animal depende de uno o mas minerales para su función apropiada. Además de ser constituyentes de los huesos y dientes, dando rigidez y fortaleza a las estructuras óseas, los minerales también son constituyentes de componentes orgánicos, tales como proteína y lípidos, los cuales forman los músculos, órganos, células de la sangre, y otros tejidos suaves del cuerpo. Los elementos minerales en cantidades trazas funcionan como constituyente o como activadores de enzimas. También, sirven para una variedad de funciones como sales solubles en la sangre y otros fluidos del cuerpo en donde están relacionados con el mantenimiento de relaciones osmóticas y equilibrio de la base-ácida y ejercer efectos e influir sobre la irritabilidad de los músculos y nervios. De esta manera, los minerales son tan esenciales para el crecimiento, reproducción y lactancia como lo son las proteínas, grasas, carbohidratos y vitaminas. Sin embargo, muchas deficiencias de minerales aún existen en muchas raciones de cerdos y cuestan a los productores grandes sumas de dinero cada año.

La ausencia de minerales en la ración puede causar muchos síntomas de deficiencia incluyendo:

1. Apetito reducido o pobre.
2. Aumentos pobres e ineficientes.
3. Huesos suaves o frágiles
4. Nódulos en las costillas.
5. Raquitismo y osteomalacia.
6. Articulaciones rígidas y malformadas.
7. Parálisis posterior.
8. Bocio
9. Lechones nacidos sin pelo.
10. Falla para producir ciclos estruales regulares.
11. Producción pobre de leche.
12. Camadas débiles o muertas.
13. Tétano
14. Fiebre de leche
15. Muerte

De los minerales esenciales siete generalmente se encuentran deficientes en las raciones de cerdos. Estos son calcio, fósforo, sodio, cloro, yodo, zinc y selenio. Bajo condiciones especiales de alimentación, el cobre, hierro y manganeso pueden llegar a ser limitantes. Ya que los suelos y por consiguiente las plantas que crecen en estos pueden ser deficientes en uno o más de los elementos minerales esenciales, se debe dar especial cuidado a la formulación de la dieta para asegurar un adecuado pero no excesivo suministro de todos los minerales requeridos.

Debido a la interrelación metabólica de los elementos minerales uno con otro, no es apropiado discutirlos individualmente. Sin embargo, por conveniencia se discutirán separadamente o con el énfasis apropiado a su interrelación.

Calcio y Fósforo

El calcio y fósforo representan más del 70 por ciento de la ceniza del cuerpo, y aproximadamente 80 por ciento del fósforo y 99 por ciento del calcio del cuerpo están presentes en los huesos y dientes. Estas cifras indican la importancia del calcio y fósforo en la ración. Los dos elementos se discuten juntos porque estos están estrechamente interrelacionados en el metabolismo.

Los cerdos sufren más con una falta de calcio que con la de cualquier otro mineral, con la excepción de la sal común. Es más fácil que se presente una deficiencia de calcio que de fósforo en raciones de cerdos ya que los granos y suplementos protéicos que son normalmente bajos en calcio y constituyen una gran parte del alimento consumido. Los cereales son bastante bajos en calcio. De otro lado, los granos son fuentes regulares de fósforo así como los suplementos protéicos en general.

La nutrición adecuada de calcio y fósforo depende de tres factores: un suministro suficiente de cada elemento, una proporción adecuada entre ellos y la presencia de vitamina D. Estos factores están interrelacionados. Mientras un suministro adecuado de estos elementos, el primero es esencial, serán más efectivamente utilizados cuando están presentes en una cierta proporción con relación al otro. Una ración conteniendo 8 partes de calcio por 1 de fósforo no suministrará una asimilación eficiente aunque el fósforo esté presente en lo que es normalmente una cantidad suficiente. Los mismos resultados son verdaderos para calcio cuando la relación entre los dos es inversa (1 Ca: 8 P). Una proporción óptima de calcio a fósforo es: 1: 1 y 1.5: 1 (Ca: P) dependiendo de la disponibilidad biológica de cada uno en la ración utilizada. Cuando la proporción es menor que 1, aunque haya una cantidad absoluta casi adecuada de calcio en la dieta pueden presentarse síntomas y deficiencia de calcio. La proporción óptima varía algo de acuerdo a los niveles de los elementos. Con abundancia de vitamina D en la dieta, la proporción es menos importante, y se hace una utilización más eficiente de las cantidades presentes de los elementos. Con la completa ausencia de la vitamina, la asimilación es pobre aunque las raciones y otros factores sean óptimos.

La absorción de calcio del tracto gastrointestinal está aumentada por la vitamina D, disminuida por la grasa alta de la dieta, disminuida por el pH ácido en los contenidos del intestino, disminuida por el fósforo fitico y probablemente afectada por otros factores pobres comprendidos. La fuente de proteína de la dieta y el nivel de magnesio afecta la retención del calcio y fósforo.

Una deficiencia de calcio en los cerdos en crecimiento resulta en raquitismo (piernas torcidas, fracturas de los huesos espontáneas) debido a una falla en la osificación de la matriz protéica del hueso. La condición correspondiente en adultos es osteomalacia (suavidad del hueso). Un

imbalance (una proporción menor que 1: 1) de calcio y fósforo en la dieta resulta en una excesiva reabsorción debida a hiperparatiroidismo secundario. El bajo nivel de calcio en el suero de la sangre resultante del imbalance de Ca: P induce a la paratiroides a la hipersecreción de la hormona paratiroidea en un intento para mantener un nivel adecuado del calcio en el suero de la sangre. Así el calcio se pierde del hueso en cantidades excesivas y se reemplaza por un tejido conectivo fibroso. Este es un fenómeno generalizado e involucra a todo el esqueleto. Los síntomas clínicos incluyen distorsión y pérdida de los cornetes nasales algunas veces acompañado por nariz doblada y fracturas espontáneas de las costillas y huesos largos.

Durante gestación, una deficiencia de calcio puede resultar en fracturas espontáneas, fiebre de leche o cojera en la madre. Los fetos son parcialmente protegidos por el traspaso de fuentes maternas lábiles de calcio a través de la membrana de la placenta.

Una deficiencia de fósforo tiene un efecto específico para causar la pérdida de apetito y aún un apetito depravado. Una deficiencia de fósforo en las dietas de los lechones es especialmente importante ya que hay una variación amplia en la disponibilidad biológica del fósforo de varias fuentes. Esto es especialmente verdadero con fuentes de plantas de fósforo las cuales en algunos casos contienen un porcentaje alto de fósforo fitico. El ácido fitico es un ester del ácido hexafosfórico del inositol. Esto ocurre como sales de calcio y magnesio. Estas sales se refieren como fitina. Con la formación de estos fitatos insolubles los cuales pasan por el tracto gastrointestinal en las heces, la absorción total de los tres minerales, calcio, fósforo y magnesio son reducidos.

En granos, medio a dos tercios del fósforo es en la forma de fitatos. La torta de algodón, torta de soya y otros suplementos protéicos vegetales, contienen una proporción aún más alta de este fósforo fitico pobremente utilizado. Un suministro liberal de vitamina D es importante en la utilización del fósforo fitico.

Sodio y Cloro

Estos dos minerales se consideran juntos ya que la fuente mayor de la dieta es sal común (cloruro de sodio) y porque estos minerales ocurren casi enteramente (93%) en los fluidos extracelulares donde ellos están especialmente relacionados con el mantenimiento de presión osmótica del balance ácido-base, controlando el paso de nutrientes a células y en el metabolismo del agua en general.

La sal sirve tanto como un condimento y un nutriente. Como un condimento estimula la secreción de saliva y promueve la acción de ciertas encimas. Sin sal, el alimento es menos palatable al animal y es menos eficientemente utilizado. Los síntomas de deficiencia incluyen debilidad muscular, apetito depravado, cesación del crecimiento, pérdida de apetito (anorexia), pérdida de peso y disminución en los niveles de la sangre. Los cerdos con deficiencia muestran una tendencia a lamer todas las partes de su jaula o corral en busca de sal.

Datos experimentales indican que los lechones pesando 13 a 35 kg re-

quieren 0.08 a 0.10 por ciento de sodio y 0.12 a 0.13 por ciento de cloro en la dieta. Estos requerimientos de sodio y cloro se llenan en parte por el sodio y cloro en los alimentos naturales. Sin embargo, bajo condiciones prácticas en la alimentación de cerdos, el requerimiento es llenado fortificando la ración con 0.25 a 0.50 por ciento de sal o dando libre acceso a los cerdos a sal sola o en premezcla mineral.

El sodio es rápidamente absorbido del intestino delgado, pero aparentemente se realiza una pequeña absorción en el estómago. Prácticamente todo el sodio ingerido (85-90%) es excretado vía de la orina como cloruros y fosfatos.

De mayor cuidado que la deficiencia es el exceso de sal, lo cual puede ser inducido por una dieta conteniendo tan solo 2% de sal si el consumo de agua es restringido. La restricción de agua previene la excreción normal urinaria del sodio en exceso y resulta en toxicidad aguda y muerte. El síndrome de envenenamiento por sal también ha sido asociado con la alimentación con harina de pescado salada. Hay poco peligro de intoxicación por sal si no se restringe el agua.

Zinc

El contenido de zinc del cuerpo es solamente de cerca de 3 mg por ciento. Las concentraciones más altas se encuentran en los tejidos epidérmicos, tales como piel y pelo, pero trazas también ocurren en el hueso, músculos, sangre y varios órganos. El síntoma más común de deficiencia de zinc en cerdos es una dermatitis, designada "parakeratosis". Sin embargo, otros síntomas prominentes son crecimiento lento y baja utilización de alimento. La actividad alcalina del suero y concentración de tejido de zinc son de la fosfatasa disminuidos en la deficiencia de zinc.

El papel de zinc para prevenir parakeratosis fué reportado primero en 1955. Desde entonces, ha sido establecido que una deficiencia de zinc puede ser precipitado por un nivel alto en el calcio de la dieta. Las raciones conteniendo más del 1% de calcio predisponen a una deficiencia de zinc lo cual puede ser prevenido por la adición de sales de zinc (carbonato, cloruro, óxido o sulfato) a la dieta. Además de niveles altos de calcio, el requerimiento de zinc es también afectado por la fuente y nivel de proteína y a la fuente de maíz. Esto ha sido mostrado que se debe al ácido fítico presente en las proteínas vegetales. El ácido fítico baja la absorción y aumenta la incidencia de parakeratosis. Por esta razón, el requerimiento de zinc de los lechones alimentados con proteínas vegetales es más alto que en lechones alimentados con dietas basadas en leche u otras fuentes de proteína.

El nivel recomendado para suplementar zinc es cerca de 50 mg por kg de dieta. Sin embargo cuando se suministran niveles altos de calcio este requerimiento se acentúa y eleva el nivel de la dieta de zinc a 100 mg por kg pero no siempre previene la depresión del crecimiento y utilización eficiente del alimento, aunque esto prevenga lesiones típicas de la piel.

Existe un margen amplio en el consumo de zinc. Solamente los niveles próximos a 1000 ppm de zinc (como carbonato de zinc) en una dieta de

maiz-torta de soya producen síntomas de toxicidad.

Hierro

El cuerpo contiene únicamente cerca de 0.004% de hierro, pero este elemento juega un papel central en los procesos de la vida. Como constituyente del pigmento respiratorio de la hemoglobina, el hierro es esencial para el funcionamiento de todos los órganos y tejidos del cuerpo. Esto lo realiza formando un núcleo hierro-porfirina conocido como hema; esto no ocurre en la hemoglobina, sino también en proteínas que son componentes de citocromo-C, perosidasas, catalosas y otras enzimas. De esta forma, el hierro es un constituyente en los transportadores de oxígeno y de catalizadores oxidativos y enzimas. Mas de la mitad del hierro presente en el cuerpo es en la forma de hemoglobina. Una cantidad variable se localiza en el hígado y secundariamente en el bazo y riñones. Considerando que los heritrocitos y su hemoglobina están siendo constantemente destruidos y reemplazados, el hierro tiene obviamente un metabolismo muy activo. Su síntesis a hemoglobina ocurre a través de toda la vida, así como durante el período de crecimiento, cuando el total de sangre está siendo incrementado.

Las células de la sangre que contienen hierro son formadas en la médula de los huesos, conociéndose el proceso como hematopoyesis. El promedio de vida de estas según cálculos es de 127 días y durante su destrucción, la hemotina de la hemoglobina es partida en un compuesto de hierro, la bilirrubina y otros pigmentos los cuales son llevados al hígado y secretados en la bilis. El hierro relacionado con la destrucción normal de células de la sangre, puede ser utilizado nuevamente para formar hemoglobina prácticamente sin ninguna pérdida. Sin embargo, en ciertas enfermedades, esta destrucción puede ser acelerada y el hierro formado por destrucción tóxica no puede ser reutilizado. Si las células no son rápidamente renovadas conforme son destruidas, o si su incremento en número no corresponde al aumento en el suministro de sangre durante el crecimiento, se presentará anemia. La hemoglobina normal en la mayoría de los mamíferos presenta un rango de 10 a 19 g por 100 ml de sangre, dependiendo de la especie, sexo y edad. El cerdo normal tienen un nivel de hemoglobina de 12 a 14 g por 100 ml. En anemia severa su valor puede caer la mitad y aún a un tercio de lo normal.

El hierro es absorbido primordialmente del intestino delgado, pero un poco puede ser tomado del estómago. Muchos estudios han mostrado que una vez que el hierro es absorbido, es retenido fuertemente por el cuerpo y no excretado en una cantidad apreciable. Esto conduce a que después de que la capacidad del cuerpo es llenada, el cerdo adulto, así como otros animales, necesita solo un poco de hierro en su ración, excepto para propósitos de producción. Proporcionando un suministro adecuado de comida, el animal normalmente regula la absorción de hierro de acuerdo a sus necesidades. Estudios con Fe^{59} han mostrado que hay un incremento en la absorción durante el crecimiento activo para satisfacer las necesidades del mineral para el aumento de sangre, y durante la gestación para las necesidades del crecimiento fetal. Ha sido postulado que la regulación de la absorción de hierro es mediante un complejo proteínico de hierro, ferritina, un compuesto el cual contiene mas o menos 20% de hierro. Después que el

hierro penetra a la mucosa intestinal, se une con la proteína apoferritina para formar la ferritina, y luego que alcanza un equilibrio con las reservas de hierro la absorción decrece. Sin embargo, este control no es claramente absoluto.

La deficiencia de hierro es común en el cerdo recién nacido porque la transferencia placental y mamaria son inadecuadas. Por lo tanto, si no hay disponible una fuente para suplementar hierro al lechón, anemia por deficiencia de hierro (microcítica-hipocrónica) se presentará en dos o tres semanas. El hierro se puede suministrar en forma oral como tableta o purgante (la forma ferrosa es más eficientemente absorbida que la férrica) pero la forma más eficiente es por inyección intramuscular de un complejo de dextran de hierro. Un nivel de aproximadamente 150 mg de hierro inyectable a los 2 o 3 días de edad es suficiente para suplir las necesidades hasta las 3 semanas cuando el consumo de dieta seca provee hierro adecuadamente. La administración de hierro a marranas ya sea oralmente o por inyección durante la gestación o lactancia, no previene la anemia en los lechones. Esto revela la pobre transferencia placental y mamaria del hierro. El ligero incremento en la hemoglobina de cerdos que se ha observado a causa de alimentar los marranos con altos niveles de hierro durante la gestación, es debido a la contaminación fecal más que por transferencia metabólica del hierro a través de la leche.

Cobre

Una pequeña cantidad de cobre es necesaria, con el hierro, para la formación de hemoglobina. El papel del cobre en el metabolismo del hierro no está completamente entendido. Cuando el cobre es deficiente en la dieta, hay una disminución en la absorción de hierro, una baja en su contenido total en el cuerpo, una baja en su movilización de los tejidos, el desarrollo de una anemia microcítica-hipocrónica aguda, arqueamiento de las piernas y fracturas espontáneas de los huesos.

El requerimiento de cobre de los lechones es muy pequeño y los síntomas de deficiencia de cobre son obtenidos solamente con un control cuidadoso de la contaminación del medio ambiente. De mucha más importancia en la producción de cerdos es el uso de niveles altos de cobre en la dieta de cerdos en crecimiento como estimulante del mismo. Niveles de cobre (200 a 250 ppm de la dieta) por arriba de los requerimientos metabólicos algunas veces mejora el crecimiento.

El mecanismo de acción es desconocido. Hay peligro de toxicidad por cobre cuando el nivel de la dieta de cobre sobrepasa 200 ppm. El futuro del cobre como reemplazo de antibióticos como un estimulante para el crecimiento de cerdos permanece incierto pero la práctica está ya ampliamente aceptada en Europa.

Yodo

La deficiencia de yodo en cerdos se manifiesta principalmente por el nacimiento de cerdos sin pelo, algunas veces débiles o natimortos. La tiroides de la progenie de las cerdas alimentadas con dietas deficientes en yodo es aumentada en tamaño y disminuida en contenido de yodo. La adi-

ción de 0.5% de sal yodada conteniendo .007% de yodo (.035 ppm de I en la dieta) a la dieta para animales en crecimiento y adultos previene todos los síntomas de deficiencia de yodo y resulta en funcionamiento normal de la tiroides.

Vitamina E - Selenio

Una deficiencia de estos dos nutrientes causa necrosis del hígado, una decoloración café amarillenta de la grasa del cuerpo y muerte repentina de los lechones. Cuando el nivel de vitamina E y el nivel de selenio en la dieta son marginales, los síntomas generalmente ocurren. Aparentemente con uno de ellos que esté presente en una cantidad adecuada previene la aparición de las lesiones.

Los alimentos comunes contienen varios tocoferoles, de los cuales el más abundante y más disponible biológicamente es el alfa-tocoferol.

Hasta hace poco no se consideraba importante preocuparse del nivel de vitamina E, cuando el maíz y los cereales de grano formaban parte en proporción significativa de la dieta, pero últimamente reportes frecuentes de deficiencia de vitamina E-selenio sugieren que los métodos modernos de cosecha y almacenamiento (secamiento por calor, por ejemplo) pueden destruir la vitamina E suficiente para precipitar la deficiencia cuando el selenio es también deficiente.

Algunas áreas del mundo se conocen por tener los suelos bajos en contenido de selenio. Las cosechas que crecen en estos suelos, por consiguiente, son bajas en selenio.

Motivo de mayor preocupación práctica, es la toxicidad por selenio en áreas donde los niveles de selenio en el suelo son excesivos. La toxicidad se manifiesta por crecimiento y reproducción pobres y muerte. La falla reproductiva asociada con toxicidad por selenio puede ser prevenida suministrando arsénico orgánico, el cual aparentemente reduce la cantidad de selenio absorbido del tracto gastrointestinal.

Cobalto

El único requerimiento metabólico conocido del cobalto es como constituyente de la vitamina B₁₂. Alguna síntesis de vitamina B₁₂ ocurre en la parte baja del intestino pero la absorción en esta parte del tracto es limitada. Algunos reportes han indicado una respuesta benéfica al suministro alto de cobalto, lo cual dependería de la síntesis de la vitamina B₁₂ por la microflora del tracto gastrointestinal y su absorción directa después por ingestión coprofaga.

Azufre

El requerimiento de azufre es como sulfato inorgánico y como un componente de varios nutrientes orgánicos, incluyendo los amino ácidos, metionina, y cistina, y la vitamina tiamina. La dieta normal provee sulfuro adecuado para llenar estas necesidades.

Manganeso

El requerimiento cuantitativo del cerdo no está claro, probablemente debido a diferencias entre animales y cantidades almacenadas en los tejidos del cuerpo. Muchos alimentos contienen manganeso en cantidades generalmente consideradas que sobrepasan los requerimientos de la dieta. Sin embargo, debido a diversas estimaciones del requerimiento, es deseable suministrar manganeso suplementario en la dieta. El nivel tóxico es muchas veces el requerimiento.

Potasio y Magnesio

Ambos son requeridos en grandes cantidades, pero están presentes en la mayoría de los alimentos en cantidades que sobrepasan los requerimientos nutricionales. Así, estos no son considerados de importancia práctica en el balanceo de las dietas.

Balanceo de raciones para cerdos

Ración balanceada es aquella que provee y suministra al animal las cantidades y proporciones adecuadas de todos los nutrientes requeridos por un período de 24 horas. En el balanceo de una ración es importante considerar varios factores:

1. Requerimientos de nutrientes correspondientes a la clase del cerdo a ser alimentado

Las necesidades nutricionales del animal están influenciadas por el tamaño, crecimiento, gestación y lactancia. Por lo tanto un programa de porcinos debe incluir raciones que llenen los requerimientos para propósitos específicos y clases de cerdos. Cada ración debe contener proteína (amino ácidos), energía, vitaminas y minerales, y estos deben ser suministrados en el nivel, proporción y forma apropiados. Se consideran generalmente seis tipos de dietas para cerdos,

- a) Pre-iniciación - 21 a 40 días de edad.
- b) Iniciación - 40 días a 20 kg de peso.
- c) Crecimiento - 20 kg a 50 kg.
- d) Acabado - 50 kg a 90 kg.
- e) Gestación de la cerda.
- f) Lactancia de la cerda.

2. Composición de Alimentos para ser utilizados

El balanceo del contenido de nutrientes en las raciones de cerdos consiste en corregir las deficiencias de la fuente principal o fuentes de energía (maíz, sorgo, yuca, bananos, etc.) a ser utilizadas.

Estas fuentes de energía son generalmente bajas en cantidad y calidad protéica así como también en ciertas vitaminas y minerales. Así la composición química de cada ingrediente alimenticio para ser utilizado debe conocerse para la fórmula apropiada de la ración. Estos valores son suministrados en las tablas de composición de alimentos. Sin embargo, estos valores son análisis promedios y deben ser considerados como guías a causa de las variaciones que existen en la composición de alimentos. Cuando sea posible, es preferible formular las raciones en base a análisis químicos de muestras de los ingredientes que se vayan a utilizar. Aun con este análisis químico específico, esto no suministra información sobre la disponibilidad de los nutrientes para el animal, ni tampoco dice los efectos asociados con los diferentes ingredientes del alimento.

3. Disponibilidad y costo de los diferentes ingredientes del alimento

Puesto que los alimentos de propiedades nutritivas similares pueden ser intercambiados en una ración si las relaciones de precio y disponibilidad favorecen un cambio, se debe dar cuidado muy estricto y constante al ingrediente del alimento que suministrará los aumentos más económicos. La ganancia o pérdida es muchas veces determinada por la habilidad de los productores de cerdos para comprar alimentos basados en un conocimiento sobre su valor como sustitutos de otros ingredientes más costosos y sobre la base de su calidad y facilidad de ser adulterados.

No solamente la ración debe ser nutritiva sino debe también tener otras características.

1. La ración debe ser palatable. Para obtener los requerimientos nutricionales de la ración el animal debe desear consumir la ración rápidamente. La finura del grano, cantidad de mineral en la ración, cantidad de fibra, clase y sabor de los ingredientes, y frescura de la mezcla, todo esto puede afectar la palatabilidad.
2. Una buena ración no debe contener materia extraña o "relleno"; materiales que no tengan un propósito específico. Ejemplos de materiales de "relleno" son cáscara de soya, cáscara de arroz, y bagaso de caña. Estas sustancias de alto contenido de fibra no solamente carecen de nutrientes, sino también bajan la disponibilidad de otras fuentes.
3. Los ingredientes deben usarse a niveles adecuados. Algunos ingredientes dan buenos resultados a niveles bajos y pobres a niveles altos. Por ejemplo la torta de algodón, salvado de trigo, melaza, salvado y pulimentos de arroz, harina de sangre y harina de carne y huesos.
4. Evite el suministro de ingredientes que causen rancidez y fermentación. Los alimentos rancios no son palatables y pueden causar la destrucción de ciertas vitaminas. Los ingredientes con contenido alto de grasa pueden resultar en rancidez. Salvado de arroz, pulimentos de arroz, torta de coco (copra) sebo de res, y otros suplementos protéicos extraídos pobremente son ejemplos de alimentos con contenido alto de grasa. La fermentación puede ser causada al incluir niveles altos de melaza en la dieta o al incluir ingredientes que contengan un contenido muy alto de humedad (mas del 13-15%).
5. Evite (o comprenda las limitaciones) ingredientes que contengan sustancias tóxicas. Ejemplos de estos son (1) fluor en la roca fosfórica sin procesar, (2) selenio en granos cultivados en ciertos suelos altos en selenio, (3) gosispol en la torta de algodón, (4) ácido cianhídrico de la yuca, (5) taninos en los bananos verdes, y (6) inhibidor de la tripsina y depresores de los granos de leguminosas como soya, caupis, guandul y frijoles.
6. La ración no debe tener un efecto adverso sobre la canal. La carne de cerdo de consistencia pobre puede ser producida por la alimentación con soya, maní, salvado de arroz, pulimentos de arroz, y desperdicios de cocina. Un nivel alto de harina de pescado de mala calidad con niveles elevados de aceite puede resultar en carne con sabor a pescado.

Computo de la ración

Hay por lo menos dos maneras de enfocar la formulación de las raciones. (1) La formulación de un grupo de ingredientes que suministren los requerimientos nutricionales diarios por día o (2) la formulación de una dieta que cuando se consuma a voluntad suministre al cerdo cantidades adecuadas de todos los requerimientos nutricionales. Generalmente para cerdos se utiliza el segundo enfoque.

Para aprender a balancear las raciones se deben entender varios principios de computación.

1. Una combinación de cantidades iguales de dos alimentos proveerá una mezcla que contendrá una cantidad de nutrientes igual al promedio de los dos ingredientes.

<u>Ejemplo</u>	<u>Proteína</u>	<u>TDN</u>	<u>Ca</u>	<u>P</u>
(1) Maíz	10	80	0.02	0.26
(2) Torta de soya	50	75	0.32	0.67
(3) Mezcla	30	77.5	0.17	0.465

2. Una combinación de diferentes cantidades de dos alimentos proveerá una mezcla en proporción a las cantidades de cada alimento utilizado en la mezcla.

<u>Ejemplo</u>	<u>Partes</u>	<u>Proteína, %</u>	<u>Total de proteína</u>
(1) Maíz	5	10	.50 (5 X 10)
(2) Torta de soya	1	50	.50 (1 X 50)
(3) Mezcla	6	16.66%	1.0 (1.0 ÷ 6 X 100% = 16.66%)

3. a) Las dietas están basadas normalmente en 100% o 100 kg.

<u>Ejemplo</u>	<u>% o kg</u>	<u>Proteína, kg.</u>
Maíz (10%)	80	(80 X .10) = 8.0
Torta de soya (50%)	<u>20</u>	(20 X .50) = <u>10.0</u>
	100	

- b) Si la dieta contiene demasiada proteína, entonces la cantidad de proteína es bajada reduciendo la cantidad de alimento alto en proteína y aumentando la cantidad de alimento bajo en proteína.

Ejemplo: Si la dieta anterior contiene 18 kg (18%) proteína y solamente se desean 14 kg (14%), la torta de soya (50% prot.) se reduce y el maíz (10% proteína) es aumentado. Es muy simple determinar la cantidad exacta que cada uno debe ser cambiado si se recuerda que uno sustituye al otro y la cantidad de proteína en que se cambiará en la dieta será igual a la diferencia en el contenido de proteína de los dos.

La dieta en (a) contiene 18% proteína pero 14% es deseado. Así:

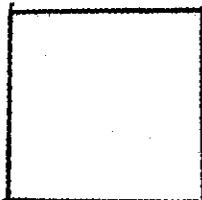
$$\begin{array}{r} 18\% \\ 14\% \\ \hline 4\% \end{array} \quad \circ \quad \begin{array}{r} 18 \\ 14 \\ \hline 4 \text{ kg.} \end{array}$$

El contenido de proteína de la dieta debe ser reducido en 4 kg o 4%. Cada sustitución de un kg de torta de soya por un kg de maíz reducirá la dieta por 0.40 kg de proteína (torta de soya 0.50 kg proteína/kg) (maíz 0.10 kg por proteína/kg) ($0.50 - 0.10 = 0.40$). Por consiguiente la sustitución de 10 kg de torta de soya con 10 kg de maíz reducirá la dieta por exactamente 4 kg o 4% de proteína.

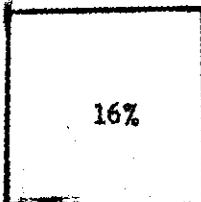
$$4 \text{ kg} \quad + \quad \frac{\text{Proteína}}{0.40} \quad = \quad \frac{\text{Diferencia}}{=} \quad 10 \text{ kg (sustitución)}$$

4. Este mismo proceso puede también ser aplicado utilizando el método del Cuadrado de Pearson. Esto se puede entender siguiendo el procedimiento. En este ejemplo se preparará una dieta con el 16% proteína y será preparada con maíz (10% proteína) y torta de soya (50% proteína).

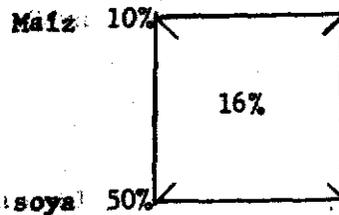
a. Dibuje un cuadrado.



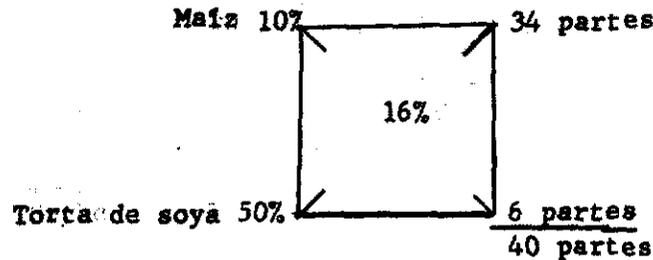
- b) En el centro del cuadrado, coloque el contenido de proteína deseado en la ración final.



- c) En la esquina superior izquierda del cuadrado escriba maíz y su contenido de proteína (10%) y escriba en la esquina inferior izquierda torta de soya y su contenido de proteína (50%).



- d) Reste diagonalmente a través del cuadrado (la pequeña de la grande) y coloque el resultado en las esquinas del lado derecho ($16 - 10 = 6$; $50 - 16 = 34$).



- e) Los números arriba a mano derecha dan las partes de maíz (34 partes) y el número abajo a la derecha da la parte de torta de soya (6 partes) necesarias para hacer una mezcla conteniendo 16% proteína. Así 34 partes de maíz mezclado con 6 partes de torta de soya dan 40 partes de alimento conteniendo 16% proteína.
- f) Para convertir estas cantidades a porcentajes, divida 40 en 34 y multiplique por 100%.

$$\% \text{ maíz} = 34/40 \times 100\% = 85\%$$

El resultado 85% indica la cantidad de maíz que será utilizado en la ración. Divida 40 en 6 y multiplique por 100% para convertir la torta de soya en porcentaje. El resultado 15% indica la cantidad de torta de soya que será utilizada en la ración. Así en 100 kg de 16% de mezcla de proteína, habrá 85 kg de maíz y 15 kg de torta de soya.

- g) Esto puede ser probado para asegurar que es correcto.

		<u>Proteína</u>
Maíz 85 kg X 10% proteína	=	8.5 kg.
Torta de soya 15 kg X 50% proteína	=	<u>7.5</u>
		16.0 kg.
		o 16.0%

- h) Lo anterior es la manera más simple de computar y balancear una ración, utilizando una sola fuente de energía (maíz) y una sola fuente de proteína (torta de soya). Si dos o más fuentes de energía son utilizadas entonces un promedio de valor protéico debe ser calculado para la mezcla energética basada en la proporción deseada de cada uno en la ración.

Ejemplos

(1) Proporciones iguales de maíz (10%) y trigo (12%)

<u>Fuente de energía</u>	<u>Partes</u>	<u>Nivel de proteína</u>	<u>Proteína</u>
Maíz	1	10%	.10
Trigo	$\frac{1}{2}$	12%	$\frac{.12}{2}$
			.22

$0.22 \div 2 = 0.11$ o 11% en la mezcla.

(2) Dos partes de maíz por una parte de trigo

<u>Fuente de energía</u>	<u>Partes</u>	<u>Nivel de proteína</u>	<u>Proteína</u>
Maíz	2	10%	0.20
Trigo	$\frac{1}{3}$	12%	$\frac{0.12}{3}$
			0.32

$0.32 \div 3 = 0.1066$ o 10.66% proteína en la mezcla.

(3) Tres partes de maíz por 2 partes de trigo

<u>Fuente de energía</u>	<u>Partes</u>	<u>Nivel de proteína</u>	<u>Proteína</u>
Maíz	3	10%	0.30
Trigo	$\frac{2}{5}$	12%	$\frac{0.24}{5}$
			0.54

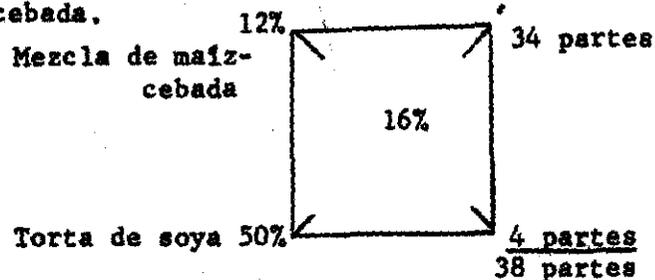
$0.54 \div 5 = 0.108$ o 10.8% proteína en la mezcla.

Después de computar el valor promedio de la mezcla, este valor computado es utilizado en lugar de maíz en el cuadrado.

Ejemplo: Formule una dieta de 16% proteína conteniendo maíz, cebada, y torta de soya. La proporción de maíz (10%) a cebada (16%) debe ser 2: 1 (2 partes de maíz a 1 de cebada).

<u>Fuente de energía</u>	<u>Partes</u>	<u>Nivel de proteína</u>	<u>Proteína</u>
Maíz	2	10	0.20
Cebada	$\frac{1}{3}$	16	$\frac{0.15}{3}$
			0.36

$0.36 \div 3 = 0.12$ o 12% en esta mezcla o de dos partes de maíz a 1 parte de cebada.



$$\begin{aligned} \% \text{ maiz-cebada} &= 34/38 \times 100\% = 89.47 \\ \% \text{ torta de soya} &= 4/38 \times 100\% = \underline{10.53} \\ & \quad \underline{100.00} \end{aligned}$$

Por consiguiente:

$$\begin{aligned} 89.47 \times 2/3 &= 59.65 \text{ kg maiz} \\ 89.47 \times 1/3 &= \underline{29.82} \text{ kg cebada} \\ & \quad \underline{89.47} \end{aligned}$$

La mezcla contendría por consiguiente:

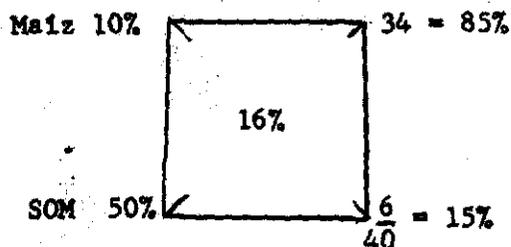
Maiz	59.65
Cebada	29.82
Torta de soya	<u>10.53</u>
	100.00

Utilizando estos principios se preparará una dieta conteniendo 16% proteína, 75% TDN, 1.0 calcio y .8% fósforo utilizando maiz, torta de soya, fosfato bicálcico, carbonato de calcio, sal y premezcla de vitaminas.

Análisis de los ingredientes

	<u>Proteína%</u>	<u>TDN%</u>	<u>Ca%</u>	<u>P%</u>
Maiz	10	80	0.02	0.26
Torta de soya	50	75	0.26	0.62
Fosfato dicálcico	-	-	26.50	20.50
Carbonato de calcio	-	-	38.30	-
<u>Premezcla de vitaminas y minerales trazas - requerimiento 2 kg/ton de mezcla.</u>				

<u>Dieta</u>	<u>%</u>
Maiz	
Torta de soya (SOM)	95.5 kg.
Fosfato dicálcico	3.8
Carbonato de calcio	-
Sal	0.5
Premezcla de vitaminas	0.2



$$85\% \times 95.5 = 81.175 \text{ maiz}$$

$$15\% \times 95.5 = \frac{14.325}{95.500} \text{ torta de soya}$$

Pero: Comprobando los resultados:

$$\begin{array}{r} 81.175 \text{ maiz} \times 10\% = 8.1175 \\ 14.325 \text{ SOM} \times 50\% = \underline{7.1625} \\ \underline{\underline{15.2800\%}} \end{array}$$

15.28% no es la cantidad requerida. Los resultados no son correctos porque el Cuadrado de Pearson no trabajará excepto para 100%. Por consiguiente el paso siguiente se debe realizar antes de utilizar el Cuadrado de Pearson.

$$\frac{95.5}{100} = \frac{16\%}{X}$$

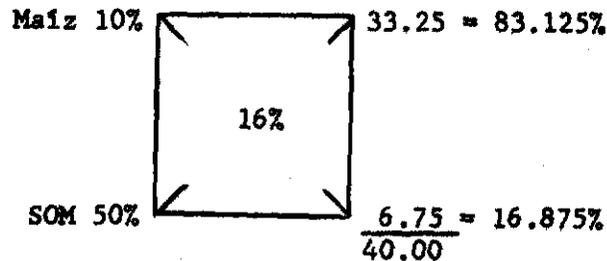
$$95.5X = .16 \times 100$$

$$95.5X = 16$$

$$X = \frac{16}{95.5}$$

$$X = 16.75\%$$

Entonces el Cuadrado de Pearson puede ser computado.



Por consiguiente:

$$\begin{array}{r} 83.125\% \times 95.5 = 79.384 \text{ Maiz} \\ 16.875\% \times 95.5 = \underline{16.115 \text{ SOM}} \\ \underline{95.499} \end{array}$$

Prueba:

$$\begin{array}{r} 79.384 \text{ Maiz} \times 10\% = 7.9384 \\ 16.115 \text{ SOM} \times 50\% = \underline{8.0575} \\ 15.9959\% \text{ o } 16.0\% \end{array}$$

Ingredientes de la dieta	%	% Prot.	% Ca	% P	% TDN
Maíz	79.385	7.9385	.015	.203	63.5
Torta de soya	16.115	8.0575	.042	.099	12.08
Fosfato dicálcico	3.8	-	1.007	.779	
Carbonato de calcio	-	-	-	-	
Sal	0.50	-	-	-	
Premezcla Vitamínica	0.20	-	-	-	
	<u>100.00</u>	<u>15.9960</u>	<u>1.064</u>	<u>1.081</u>	<u>75.58</u>

Todo está correcto excepto fósforo. Por consiguiente, el fosfato dicálcico debe reducirse y se debe agregar algo de carbonato de calcio.

Así se completa la dieta con este cambio en el contenido de mineral.

Dieta (15% proteína, 1.0% Ca, 0.8% fósforo y 75% TDN)

Ingrediente	%	% Prot.	% Ca	% P	% TDN
Maíz	79.765 ^{1/}	7.976	.015	.203	63.50
Torta de soya	16.115	8.058	.042	.099	12.08
Fosfato dicálcico	3.100	-	.821	.779	-
Carbonato de calcio	.320	-	.122	-	-
Sal	.500	-	-	-	-
Premezcla Vitamínica	.200	-	-	-	-
	<u>100.000</u>	<u>16.034</u>	<u>1.000</u>	<u>.9372^{2/}</u>	<u>75.58</u>

1/ El maíz se ajustó para compensar la diferencia de 3.8 de fosfato dicálcico más 0.32 carbonato de calcio utilizado en la dieta final, o sea agregando 0.38 kg ó % de maíz.

2/ El fósforo 0.937 está 0.137 por encima del requerimiento pero 0.302 es fósforo vegetal, el cual tiene menos disponibilidad debido al fósforo fítico.

REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES PARA CERDOS (cantidad por kg de dieta)^{a/}

Estado Peso vivo, kg	Crecimiento					Gestación	Lactan- cia
	5-10	10-20	20-35	35-60	60-100	110-160	140-200
Energía digestible, Kcal.	3500	3500	3300	3300	3300	3300	3300
Elementos inorgánicos							
Ca, %	0.80	0.65	0.65	0.50	0.50	0.75	0.60
P, %	0.60	0.50	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40
Ma, %	-c/	0.10	0.10	-	-	-	-
Cl, %	-	0.13	0.13	-	-	-	-
Fe ppm	80	-	-	-	-	-	-
Cu ppm	6	-	-	-	-	-	-
Mg ppm	400	505	-	-	-	-	-
Mn, ppm	20	20	20	20	20	20	20
K, 1%	0.26	-	-	-	-	-	-
I, ppm	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Se ppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
An ppm	50	50	50	50	50	50	50
Vitaminas							
A, U.I.	2200	1750	1300	1300	1300	4100	3300
D, U.I.	220	200	200	125	125	275	220
E, U.I. ^{d/}	50	50	50	-	-	-	-
Tiamina, mg	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	1.1
Riboflavina, mg	3.0	3.0	2.6	2.2	2.2	4.1	3.3
Niacina, mg	22.0	18.0	14.0	10.0	10.0	22.0	17.6
Acido pantoténico, mg	13.0	11.0	11.0	11.0	11.0	16.5	13.2
B ₆ , mg.	1.5	1.5	1.1	-	-	-	-
Colina, mg.	1100	900	-	-	-	-	-
B ₁₂ , mg	0.022	0.015	0.011	0.011	0.011	0.014	0.011
Proteína cruda, %	22	18	16	14	13	14	15
Amino ácidos, %							
Arginina	-	-	0.20	-	-	-	-
Histidina	0.27	-	0.18	-	-	0.20	-
Insoleucina	0.76	-	0.50	-	0.35	0.43	-
Leucina	0.90	-	0.60	-	-	0.66	-
Lisina	1.20	-	0.70	-	0.50	0.49	-
Metionina	0.80	-	0.50	-	-	0.35	-
Fenilalanina	-	-	0.50	-	-	0.52	-
Treonina	0.70	-	0.45	-	-	0.42	-
Triptófano	0.18	-	0.13	-	0.09	0.08	-
Valina	0.65	-	0.50	-	-	0.46	-

a/ Cunha, T. J. D. E. Becker, J. P. Bowland, J. H. Conrad, V. W. Hays and W.G. Fox. 1968. Nutrient Requirements of Swine. Nat'l Acad. Sci., Nat'l Res. Council Publ. 1599. Washington, D.C. (ref.1).

b/ También aplicables para machos en edad de monta.

c/ Requerimientos no establecidos.

d/ Prevee deficiencias, requerimientos no establecidos

Requerimientos de nutrientes para cerdos (cantidad por día)^{a/}

Estado Peso vivo, kg.	Crecimiento					Gesta- ción ^{b/}	Lactancia	
	5-10	10-20	20-35	35-60	60-100	110-250	140-200	200-250
Energía digestible, kcal. ^{c/}	2100	4370	5610	8250	11550	6600	16500	18150
Proteína cruda, gm.	132	225	272	350	455	280	750	825
Elementos inorgánicos								
Ca, gm.	4.8	8.1	10.2	12.5	17.5	15.0	30.0	33.0
P, gm.	3.6	6.3	8.5	10.0	14.0	10.0	20.0	22.0
NaCl, gm.	-	2.9	3.9	-	-	10.0	25.0	27.5
Vitaminas								
B-caroteno ^{d/}	2.6	4.4	4.4	6.5	9.1	16.4	33.0	36.3
Vitamina A, U.I. ^{d/}	1300	2200	2200	3250	4550	8200	16500	18150
Vitamina D, U.I.	132	250	340	312	437	550	1100	1210
Tiamina, mg	0.8	1.4	1.9	2.8	3.9	2.8	5.5	6.0
Riboflavina, mg.	1.8	3.8	4.4	5.5	7.7	8.2	16.5	18.2
Niacina, mg	13.2	22.5	23.8	25.0	35.0	44.0	88.0	96.8
Acido pantoténico, mg.	7.8	13.8	18.7	27.5	38.5	33.0	66.0	72.6
Vitamina B ₁₂ , mcg	0.9	18.8	18.7	27.5	38.5	27.6	55.0	60.5
Colina, mg.	660	1125	-	-	-	-	-	-

a/ Cunha, T. J., D. E. Becker, J. P. Bowland, J. H. Conrad, V. W. Hays and W. G. Pond. 1968. Nutrient Requirements of Swine. Nat'l Acad. Sci., Nat'l Res. Council Publ. 1599. Washington, D. C. (ref. 1).

b/ También aplicable para machos en edad de monta.

c/ Se asume que 1 kg de nutrientes digestibles totales (NDT) contiene 4400 kcal de energía digestible.

d/ Los valores de caroteno y vitamina A están basados en la suposición que 1 mg de B-caroteno equivale a 500 U.I. de vitamina A (los requerimientos de vitamina A pueden encontrarse como vitamina A, caroteno o su combinación).

Niveles tóxicos para Micro-minerales

Elemento	Nivel de Tolerancia	Nivel Tóxico
Hierro	1000 ppm.	4000 ppm.
Cobre	100 ppm.	150 ppm.
Manganeso	80 ppm.	500 ppm.
Zinc	1000 ppm.	2000 ppm.
Selenio	-	5 ppm.

Analysis of Feedstuffs

Commonly Used in Swine Rations*

Feed Ingredient	Dry Matter %	Energy		Protein		Amino Acids				Carbohydrate				Mineral		Vitamins			
		T.D.N. %	Dig. E. Kcal/lb.	Crude %	Dig. %	Lysine %	Meth. %	Cystine %	Tryp. %	Fiber %	N.F.E. %	Fat %	Ash %	Ca. %	P. %	Rib. mg./lb.	P.A. mg./lb.	Niacin mg./lb.	Choline mg./lb.
Barley	89	72	1400	11.6	8.2	.53	.18	.18	.18	5.0	68.2	1.9	2.4	.08	.42	.9	2.9	26.1	468
Corn Yellow, #2 Dent	89	82	1640	9.0	7.1	.18	.09	.09	.09	2.0	73.1	3.9	1.1	.02	.33	.6	1.1	12.0	244
Corn and Cob Meal	87	70	1410	8.1	5.8	.16	.08	.08	.08	8.0	66.1	3.2	1.6	.04	.27	.4	1.8	7.2	160
Millet Grain	90	66	1317	12.0	8.8	—	—	—	—	8.0	62.9	4.8	3.2	.05	.28	.7	3.4	23.9	359
Milo (Sorghum)	89	78	1570	11.0	7.8	.27	.09	.18	.09	2.0	71.6	2.8	1.7	.04	.29	.5	5.2	19.4	308
Oats	89	65	1300	11.8	9.9	.36	.18	.18	.18	11.0	58.5	4.5	3.2	.10	.35	.7	5.9	7.2	488
Rice-Rough	89	57	1140	7.3	5.5	.27	.15	.10	.12	9.0	66.4	1.9	4.5	.04	.26	.5	4.0	13.8	450
Rice-White, Polished	89	86	1720	7.3	6.2	.27	.27	.09	.09	.4	80.4	.4	.5	.03	.12	.3	1.5	6.4	412
Rye	89	75	1500	11.9	9.6	.45	.18	.18	.09	2.0	71.8	1.6	1.7	.06	.34	.7	3.1	.5	—
Wheat	89	80	1600	12.7	11.7	.45	.18	.18	.18	3.0	70.0	1.7	1.6	.05	.36	.5	5.5	25.7	377
Rice Bran	91	74	1480	13.5	10.2	.50	.24	.10	.10	11.0	40.5	15.1	10.9	.06	1.82	1.2	10.7	138.0	570
Rice Polishings	90	89	1780	11.8	10.3	.50	.20	.10	.10	3.0	54.0	13.2	8.0	.04	1.42	.8	26.5	242.0	594
Wheat Bran	89	57	1142	16.0	12.2	.60	.10	.30	.30	10.0	52.8	4.1	6.1	.14	1.17	1.4	13.2	95.0	499
Wheat Middlings (Wheat, Flour By-product)	89	73	1460	17.0	15.0	.60	.10	.20	.20	2.0	63.0	3.6	2.5	.08	0.52	.7	6.2	23.9	490
Wheat Mill Run (Wh. Mixed Feed)	90	72	1440	15.3	12.2	.50	.40	.20	.20	8.0	57.5	4.0	5.2	.09	1.02	1.1	6.0	51.0	446
Bakery Waste-Dried	91	100	—	10.9	10.0	—	—	—	—	.7	64.7	13.7	1.6	—	—	—	—	—	—
Cassava Meal	86	63	—	1.4	1.0	—	—	—	—	3.1	78.6	.6	2.0	.13	.15	—	—	—	—
Copra-Dried	90	123	—	7.2	5.4	—	—	—	—	4.7	14.8	61.3	2.1	—	—	—	—	—	—
Copra-Pressed	89	98	—	14.0	10.5	—	—	—	—	8.1	29.6	34.6	3.6	.15	.45	—	—	—	—
Fats, Oils, Tallows	100	199	3990	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0	0	0	0	0	0	0	0
Garbage (Wet)	15	17	295	3.0	2.4	—	—	—	—	.7	3.0	5.7	1.5	.10	.06	—	—	—	—
Molasses-Cane	75	56	1120	3.2	0	—	—	—	—	0	63.6	.1	8.1	.89	.08	1.5	17.4	15.6	398
Pineapple Bran	86	65	—	3.8	.6	—	—	—	—	20.0	58.5	1.7	2.6	.16	.15	—	—	—	—
Sweet Potato Meal	88	63	—	7.9	6.0	—	—	—	—	4.0	69.5	1.1	3.5	.09	.15	—	—	—	—
Sugar-Crude	99	96	1816	0.8	0	0	0	0	0	0	0	—	—	.20	.03	—	—	—	—
Cassava Root	33	26	—	1.1	0	—	—	—	—	1.4	28.8	.3	1.0	.05	.06	—	—	—	—
Irish Potato Root	22	20	392	2.2	1.6	—	—	—	—	.7	18.3	.1	1.1	.01	.05	.1	2.9	5.0	—
Sweet Potato Root	32	26	—	1.6	.2	—	—	—	—	1.9	26.7	.4	1.2	.03	.04	—	—	—	—

Analysis of Feedstuffs Commonly Used in Swine Rations*

Feed Ingredient	Dry Matter %	Energy		Protein		Amino Acids				Carbohydrate			Mineral			Vitamins			
		T.D.N. %	Dig. E. Kcal/lb.	Crude %	Dig. %	Lysine %	Meth. %	Cystine %	Tryp. %	Fiber %	N.F.E. %	Ash %	Ca. %	Ca. %	P. %	Rib. mg./lb.	P.A. mg./lb.	Niacin mg./lb.	Choline mg./lb.
Root	28	18	—	1.5	1.0	—	—	—	—	.6	24.2	.1	1.2	.02	.07	—	—	—	—
onut Meat-Fresh	54	73	—	4.4	3.3	—	—	—	—	5.5	6.5	36.0	1.0	—	—	—	—	—	—
od Meal	91	61	1220	80	62	6.9	.9	1.4	1.1	1.0	2.8	1.6	5.6	.28	.22	.7	.5	14.3	344
t and Bone Meal	94	65	1300	51	45	3.5	.7	.6	.2	2.2	2.6	9.5	29.1	10.6	5.1	2.0	1.7	21.7	995
rk Meal	91	71	1422	72	66.2	—	.8	—	—	.5	—	2.5	13.5	3.5	1.9	3.1	4.1	28.8	1660
ia Meal	87	69	1377	57.3	52.7	6.2	1.7	1.0	.9	1.0	.9	8.9	19.0	5.3	3.1	3.6	3.6	27.0	1300
m Milk—Dried	94	86	1720	33.5	32.8	2.8	.8	.5	.4	.2	51.8	.9	7.6	1.3	1.0	9.1	15.3	5.2	648
termilk—Dried	93	77	1540	32	29.8	2.4	.7	—	.5	0	45.2	5.8	9.6	1.3	.9	14.1	13.7	3.9	822
onut Oil Meal (Expeller)	93	76	1529	20.4	14.9	.5	.3	.2	.2	12.0	47.2	6.6	6.9	.2	.6	1.4	3.0	11.3	418
onut Oil Meal (Solvent)	92	71	1420	21.4	15.5	—	—	—	—	15.0	48.3	1.8	5.6	.17	.6	6.0	—	—	—
ttonseed Meal-41% (Expeller)	94	67	1337	41	35	1.7	.6	.8	.6	12.0	30.4	4.3	6.2	.16	1.2	2.3	6.4	18.0	1264
ttonseed Meal-41% (Solvent)	92	61	1224	41	35	1.7	.6	.8	.6	12.0	31.9	1.4	6.2	.16	1.2	2.3	6.4	17.9	1300
anut Oil Meal (Expeller)	92	86	1714	46	43	1.3	.6	.7	.5	11.0	23.6	5.9	5.7	.17	.57	2.4	21.9	76.8	765
anut Oil Meal (Solvent)	92	77	1549	47.4	44.5	2.3	.4	—	.5	13.0	25.9	1.2	4.5	.2	.65	5.0	24.1	77.3	909
ybean Oil Meal % (Expeller)	90	79	1580	44	39.5	2.7	.8	.6	.6	6.0	29.8	4.7	5.7	.27	.63	1.4	6.4	13.8	1215
ybean Oil Meal % (Solvent)	89	75	1500	45.8	41.7	2.9	.6	.6	.6	6.0	30.5	.9	5.8	.32	.67	1.5	6.6	12.2	1247
ybean Oil Meal (hulled) (Solvent)	90	77	1548	50.9	46.3	3.2	.7	.7	.8	2.8	29.7	.8	5.6	.26	.62	1.4	6.6	9.8	1255
nflower Meal (Expeller)	93	71	1416	41	33.7	2.0	1.6	—	—	13.0	24.6	7.6	6.8	.43	1.0	—	—	—	—
alfa Meal—Dehydrated	93	32	652	17.9	8.3	.8	.2	.4	.4	4.3	38.9	3.0	9.0	1.33	.24	5.6	13.6	20.8	690
tttermilk—Liquid	9	9.1	—	3.5	3.3	—	—	—	—	0	4.5	.6	.8	.14	.08	—	2.1	.6	—
im Milk—Liquid	9.5	8.7	—	3.6	3.4	—	—	—	—	0	5.1	.1	.7	.13	.10	.9	1.6	.5	—
ey—Liquid	6.7	6.0	—	.9	.8	—	—	—	—	0	5.0	.1	.7	.10	.10	.1	2.4	.4	—

*From United States-Canadian Tables of Feed Composition, National Academy of Sciences, Pub. 1684; Feeds and Feeding, 22nd. ed., F. B. Morrison; Univ. of Hawaii feed composition data.

	Ca %	P %
<u>Suplementos de calcio y fósforo</u>		
Harina de huesos deshidratada a vapor	29.0	13.6
Superfosfato defluorinado	28.3	12.3
Fosfato defluorinado	21.36	9-18
Fosfato dicálcico	26.5	20.5
Fosfato monocálcico	16.0	24.0
Carbón de huesos	22.0	13.1
Fosfato monosódico	-	22.4
Fosfato disódico	-	8.6
Fosfato diamónico	-	20.0
Piedra caliza	38.3	-
Harina de concha de ostión	36.9	-
Harina de coral	38.0	-

Magnesio

Sulfato de magnesio 9.9% Mg.

Manganeso

Oxido de Manganeso, 72.0% Mn
Carbonato de Manganeso 48.0% Mn
Sulfato de Manganeso 32.0% Mn

Hierro

Oxido de hierro 70.0% Fe
Sulfato Ferroso 20.0% Fe

Yodo

Yoduro de calcio 60.0% I
Yoduro de Potasio 76.0% I

Cobalto

Carbonato de Cobalto 50.0% Co
Sulfato de Cobalto 25.0% Co
Oxido de Cobalto 73.0% Co

Cobre

Oxido de cobre 80.0% Cu
Sulfato de cobre 25.0% Cu
Carbonato de cobre 53.0% Cu

Zinc

Oxido de zinc 80.0% Zn
Sulfato de zinc 23.0% Zn
Carbonato de zinc 52.0% Zn

Selenio

Selenato de sodio 41.8% Se
Selenito de sodio 45.7% Se