

GUIA TEORICO PRACTICO RACIONAMIENTO Y CALCULO DE RACION

(COD 3090 - 2044)

CATEDRA DE PRODUCCION PORCINA.

F.A.V - U.N.R.C



DOCENTES:

M.V	TROLLIET, Juan	PROFESOR ADJUNTO
M.V	MILANESIO, Lucas	JEFE DE TRABAJOS PRACTICOS
M.V	MORALES, Camila	AYUDANTE DE PRIMERA
Ing. Agr.	MARTINEZ, Francisco	AYUDANTE DE PRIMERA

ALIMENTOS MAS COMUNES UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN PORCINA.

Ing. Agr. Jorge A. Parsi

1. GRANOS

Se incluyen en esta denominación los alimentos con alta concentración energética por unidad de MS y con menos de 20% de PB. Comprende esta clasificación los granos, subproductos de molinería, grasas, aceites y otros disponibles en menor cantidad y restringidos a determinadas áreas geográficas.

1.1. GRANOS DE CEREALES:

Son producidos por las gramíneas siendo su composición menos variables que los forrajes. Algunos factores que pueden modificar su composición son: fertilidad del suelo, fertilización, variedad, clima, etc.

El contenido en PB es de 8 a 12% aunque algunos suelen tener valores mayores. Del 85 al 90% del nitrógeno está en forma de proteína, pero su solubilidad y contenido varía entre cereales. La mayoría son deficientes en aminoácidos esenciales para los monogástricos.

Además y en forma general, los cereales proporcionan entre 2.700 a 3.700 kcal. de energía digestible (ED), 2 – 7 % de extracto etéreo (EE) y 2 – 12 % de fibra (FB).

El contenido de EE es variable; y están presente en el embrión de la semilla. Los carbohidratos, especialmente el almidón, se encuentran en el endosperma en forma de gránulos.

Con respecto a minerales, presentan niveles bajos de Ca y aunque el contenido de P es elevado, la mayor parte está como ácido fítico que tiene baja disponibilidad para monogástricos.

Son fuentes razonables de Vit. E, pero contienen cantidades escasas de Vit. D y del grupo B. A excepción del Maíz amarillo, son de poco valor en caroteno.

Como regla general son altamente digestibles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Digestibilidad en los cerdos de algunos cereales.

Cereal	% Digestibilidad
Cebada	81
Maíz	86
Sorgo	86
Avena	67

En cuadro Nº 2, se presentan los valores de alimentación relativos de los granos para cerdos (Cunha; 1983).

Cuadro Nº 2. Valor energético relativo de los cereales, considerando al maíz como base 100.

GRANOS	VALOR RELATIVO (comparado con el maíz al que se le asigna un valor de 100, como promedio)
MAIZ	100
TRIGO	100-105
CEBADA	90
SORGO GRANIFERO	95-97
TRITICALE	95
AVENA	80-90
CENTENO	85-90
MIJO	93

Los cereales deben suministrarse molido. El tamaño de partículas aconsejada, para un mejor desempeño productivo, esta comprendida entre 600-800 micrones, pudiendo ser de 500 micrones para cerdos pos destete. Esto es válido para la mayoría de los cereales, excepto para el caso de trigo que se recomienda una mayor tamaño de partícula (850 a 1800 micrones). (Goodband y col., 1995)

Maíz

El valor energético del maíz es alto en relación con otros cereales utilizados en alimentación animal. El bajo contenido de fibra y alta concentración de almidón hacen que el nivel de energía sea superior a otros cereales.

La proteína en el endosperma y el germen está constituida por cuatro fracciones: zeína, glutelina, fracción soluble en ácido y fracción residual. La fracción zeína representa alrededor del 50 % de la proteína total en la mayoría de las variedades de maíz, siendo responsable de la baja calidad de la proteína, debido a la deficiencia que presenta en los aminoácidos lisina y triptófano. En comparación, la glutelina, contiene niveles más altos de todos los aminoácidos (excepto metionina, isoleucina, leucina y fenilalanina).

Se han descubiertos varios genes mutantes en maíz, uno de los cuales, el opaque-2 es de gran interés a causa de su mayor nivel de lisina y triptófano.

MAIZ	ZEINA (%)	GLUTELINA (%)	LISINA (%aproximado)
Común	41 al 52	17 al 28	0,22
Opaque-2	16	42	0,40

Numerosos estudios sobre los factores que influyen en la calidad de la proteína del maíz indican que tanto el ambiente como la variedad ejercen una influencia significativa sobre el contenido de lisina. Se ha demostrado también que los fertilizantes nitrogenados aumentan el contenido de proteína y reducen su calidad, esto se debe a un incremento de la fracción de zeína.

Los maíces blancos y amarillos son similares en su composición, con la excepción de que el maíz amarillo es rico en carotenos (xantófilas), un precursor de la vitamina A, de gran importancia en nuestro país donde el consumidor exige un elevado grado de pigmentación tanto en el pollo como en el huevo. El contenido de carotenos puede reducirse hasta un 30 % cuando se almacena (North y Bell, 1993).

Sorgo

El sorgo en grano, al igual que el maíz, es un excelente alimento para los cerdos cuando es suplementado de forma adecuada y se consume de manera correcta. No es muy palatable para las aves y además carece de xantófilas lo que hace que se incluya en bajos porcentajes (10 al 30 %) en las dietas de parrilleros y ponederas, aunque estos porcentajes pueden elevarse cuando la ración es pelletizada (Buxadé Carbó, 1985). Posee un promedio de un 11 % de proteína bruta y puede oscilar desde un 8 % hasta más del 16 %, como resultado de diferencias entre variedades y por los efectos ambientales durante su crecimiento. Varios experimentos realizados en cerdos y en ratas han demostrado que la lisina es el aminoácido limitante, seguido por la treonina.

Se observó que el valor nutricional del sorgo con bajo tenor de taninos comparado con el maíz, en dietas para cerdos en crecimiento-terminación, tiene un 95% del valor alimenticio del maíz. Se pudo concluir que los cerdos que consumieron el sorgo durante la etapa de terminación, crecieron 1% más lento, consumieron un 4% más de alimento y desmejoraron en un 5% su eficiencia alimenticia, si se lo comparaba con el maíz .

El sorgo tiene menos proteína digestible que el maíz, cuando es evaluado en el total del tracto digestivo de los cerdos. Pero se concluye, que las diferencias existentes entre la digestibilidad o disponibilidad de aminoácidos del sorgo respecto del maíz no son significativas.

Algunas variedades de sorgo resultaron muy poco palatable para los cerdos y esto puede ser debido a su riqueza de tanino y son comúnmente llamados "sorgos antipájaros".

En un ensayo, realizado en el INTA de Pergamino, compararon sorgos que tenían 0,27 % y 1,21 % de tanino y demostraron que no existían diferencias en lo cerdos en cuanto a la velocidad de crecimiento y la conversión alimenticia (Nardiello y col., 1980).

Almond y col. (1979) cuando compararon sorgos que tenían un 0,4 % (color amarillo) y 2,5 % (color marrón) de tanino, encontraron diferencias significativas siendo mejores los aumentos diarios y las conversiones alimenticias en aquellos sorgos que tenían menos tanino (aprox. un 10 %).

Por otra parte, Mc Leod (1974) considera que el tanino reduce la digestibilidad de la proteína por inhibición de la acción de las enzimas digestivas. Además, mediante la formación de complejos con la proteína dietética en el tracto gastrointestinal, haciéndola resistente a la degradación enzimática.

Noland y col. (1976) encontraron en cerdos en crecimiento, alimentados a voluntad con dietas que tenían sorgos antipájaros, crecieron un 7 % más lento y requirieron un 15 % más de alimento hasta el sacrificio que aquellos alimentados con otras variedades de sorgos.

Estos sorgos "antipájaros" producen además, una depresión en el crecimiento de pollos parrilleros y yemas moteadas en ponedoras comerciales.

Todos los sorgos graníferos, incluso los de granos amarillos, son deficientes en carotenos.

Cebada

Los granos de cebada contienen más proteína total y niveles superiores de lisina, triptófano y aminoácidos sulfurados (metionina y cistina) que el maíz. Es inferior su valor nutritivo para cerdos en crecimiento y terminación que el maíz, a pesar de su mayor contenido de proteína. Esto es debido a su mayor contenido de fibra bruta y a la incapacidad del cerdo para consumir suficiente cantidad de energía para alcanzar una ganancia máxima y eficiente. La eliminación de la vaina de la cebada, mediante un

proceso conocido como “perlado”, mejora su valor nutritivo. Este proceso reduce eficazmente el contenido de fibra y aumenta el de la energía digestible.

Avena

El grano de avena entera contiene aproximadamente una tercera parte de cáscara lo que hace que sea muy rica en fibra y pobre en energía digestible para el cerdo. Por lo tanto, no es muy recomendable como fuente de energía para cerdos en crecimiento.

Cuando el contenido de avena de la dieta alcanza un 40 % disminuyen las ganancias diarias de peso de los cerdos en crecimiento, así como desmejora la conversión alimenticia (Jensen y col., 1959).

Jensen y col., 1959, establecieron que la reducción en el crecimiento se debe a la porción de cáscara de la avena, que diluye la energía utilizable de la ración y disminuye el consumo de alimento. Por otra parte, la avena sin vaina posee un valor similar al maíz para cerdos en crecimiento.

Cuando se dispone de avena a un precio económico, suele incluirse en dietas destinadas para cerdas en gestación, con una sustitución hasta la mitad de los cereales de la ración. La avena provee de fibra (10-15 %) que puede ser especialmente útil para las cerdas, cuando el ejercicio es limitado.

La avena protege a los cerdos en crecimiento de las úlceras gástricas, este efecto protector se atribuye a una fracción soluble en alcohol que existe en la cáscara.

Trigo

El trigo puede tener hasta un 5 % más de valor nutritivo que el maíz. Es similar como fuente energética y es superior en cuanto a calidad y cantidad de proteína, además de ser más palatable. Sin embargo, generalmente es demasiado costoso para suministrarse a los cerdos, ya que se produce primariamente para consumo humano, excepto el trigo de baja calidad o deteriorado que no es muy útil para este fin.

Para conseguir los máximos rendimientos productivos en cerdos, el grano de trigo debe ser molido grueso, siendo el tamaño de partículas ideal entre 850 – 1800 micrones, esto difiere del tamaño de partículas ideales para otros cereales que se encuentran aproximadamente entre los 600- 700 micrones. Así Seerley y col. (1988); recomiendan un diámetro geométrico medio de 850 micrones o mayor para cerdos de pos destete hasta los 55 kg y de 1.800 micrones para cerdos en terminación. Esto esta corroborado por Goodband y col. (1995)., quienes recomiendan que el trigo debe ser molido más grueso que otros cereales y que las mejores performance se consiguen con tamaños de partículas entre 800-900 micrones. Por otra parte, Hale y Tomphson (1986), han encontrado que las partículas de trigo que tienen mejores conversiones de alimento para cerdos en terminación son de un diámetro de 2.300 micrones. Por el contrario, el molido muy fino puede ocasionar trastornos gástricos debido a que la harina es muy pastosa.

El grano de trigo esta compuesto por un 85 % de endosperma, 13 % de envoltura y 2 % de germen.

Centeno.

El grano de centeno no es tan palatable como otros granos y para mejorar los resultados productivos se deberá combinar con otros más palatables. Se podría utilizar en raciones para cerdos en cantidades que no superen el 10-20 % de la mezcla de granos.

La presencia del cornezuelo (*Claviceps purpurea*) en los granos de centeno ha sido considerado también como agente causal de bajos rendimientos, además de causar problemas reproductivos y abortos al ser consumido por cerdas en gestación.

Nordskog y Clark (1945) informaron que proporciones de 0,10; 0,50 y 1 % de cornezuelo en las raciones de las cerdas provocaban agalactia y pérdidas de cerditos al parto, aunque no determinaron abortos.

Según Wieringa (1967), el centeno contiene una sustancia liposoluble inhibidora de crecimiento (mezcla del 5 n-alquil resorcinol y una cantidad menor de 5 n-alquenil resorcinol).

1.2. GRANOS DE OLEAGINOSAS

Poroto de soja

La soja se puede utilizar en la alimentación animal bajo dos formas principales: como semilla integral, antes de ser procesada, o como harina, subproducto resultante de la extracción del aceite de la semilla.

Para ser utilizada eficientemente por los monogástricos, la semilla de soja requiere tratamiento con calor, para destruir los inhibidores de crecimiento presentes en la misma.

Debido a que el valor nutritivo, tanto de la semilla de soja cocida como de la harina de soja es excelente, la decisión de utilizar cualquiera de estos productos dependerá fundamentalmente del valor económico (Buitrago. y col. , 1978).

La semilla integral contiene alrededor del 18 % GB y el 38 % PB y en comparación con las harinas es un producto de mayor valor energético y menor valor proteico. Aporta unas 4.500 kcal/kg ED y este mayor valor energético, que se obtiene en raciones con soja integral, es la principal explicación para una mejor eficiencia alimenticia, que se observa en cerdos en crecimiento y terminación alimentados con este tipo de raciones (Buitrago, 1978).

El aceite de la semilla de soja contiene gran cantidad de ácidos grasos insaturados (especialmente linoleico), lo que influye en la grasa de depósito del cerdo. Las reses, en general, tienen menos firmeza, un mayor índice de iodo (mayor contenido de ácidos grasos no saturados) y grasa de consistencia blanda.

La proteína de la soja integral, como la de las harinas, es de excelente calidad para los monogástricos. Posee un buen balance de aminoácidos, con excepción de la metionina que es el primer aminoácido limitante.

La soja, suministrada cruda o sin tratar, contiene muchas sustancias interrelacionadas que causan diferentes respuestas biológicas y fisiológicas en varias especies de animales, incluido el hombre, pero no afecta a los rumiantes.

La soja cruda inhibe el crecimiento, baja la disponibilidad de la EM y la absorción de grasa, reduce la digestibilidad de la proteína, causa hipertrofia de páncreas, estimula una hiper e hiposecreción de enzimas pancreáticas y reduce la disponibilidad de aminoácidos, vitaminas y minerales (Rackis, 1974). Todos estos efectos depende de la especie de animal; por ejemplo en pollos jóvenes y adultos, pavos y ratas, la soja cruda produce hipertrofia de páncreas e hipersecreción de enzimas pancreáticas. En cambio en cerdos y terneros provoca una reducción de secreción pancreática, pero no hipertrofia (Gorri y Nicholson, 1971).

Los mecanismos que provocan la disminución del crecimiento, al suministrar soja cruda, no se conocen con exactitud. Se han mencionado distintos factores antinutritivos, entre ellos: **Inhibidores de la tripsina (IT), hemoaglutininas, saponinas, isoflavonas** y otras. Se ha estimado que el inhibidor de la tripsina es responsable de un 40 % de la disminución del crecimiento en las ratas y también de un 40 % de la hipertrofia del páncreas (Lierner, 1979). Además, de otros factores antinutritivos ya citados, parece ser que la proteína nativa, sin desnaturalizar de la soja, es refractiva en sí misma al ataque enzimático, a menos que sea desnaturalizada por el calor. Esta resistencia a la digestión por la tripsina parece estar relacionada con la hipertrofia de páncreas, mediante la formación de un complejo tripsina-proteína de la dieta.

En el reino vegetal están ampliamente distribuidas ciertas proteínas que tienen la propiedad de aglutinar los globulos rojos. Lierner (1953), aisló fitohemoaglutinina de la soja e informó que ella puede producir un 25 % de la inhibición del crecimiento en ratas, causado por la soja sin tratar. La hemoaglutinina de la soja, como el IT, pueden ser destruidas por un adecuado tratamiento **con calor**. Por otra parte, las hemoaglutininas **no son** una causa tan importante del bajo valor nutritivo de la soja cruda (Lierner, 1979).

La soja contiene aproximadamente el 0,5 % de saponinas. A pesar que las saponinas de algunos vegetales tienen propiedades antinutricionales, las aisladas de la harina de soja no afectan a los pollos, aún cuando se suministran a niveles tres veces mayores que los encontrados en dietas que contienen harina de soja. Por ello, no pueden ser consideradas como factores antinutricionales de la soja (Rackis, 1974).

Los principales compuestos fenólicos de la soja son las isoflavonas: genisteína y daidzeína. Estas se encuentran en bajo porcentaje, a tal punto que para encontrar algún efecto de estos compuestos la harina soja debería ser el único constituyente de la dieta.

Existen diversos métodos para procesar la semilla de soja, entre ellos: tratamientos con calor húmedo o calor seco. Entre los sistemas más usados se pueden citar la simple cocción en agua; por vapor caliente, calentamiento con rayos infrarrojos y la extrusión (combinación de presión y calor) (Buitrago y col., 1978).

En la mayoría de los procesos la temperatura que produce mejores resultados, en términos de rendimiento, es de 120-150 °C. Temperaturas superiores o inferiores ocasionan disminución en el rendimiento y menores coeficientes de digestibilidad. El tiempo de duración del calentamiento no debe ser más de 2 a 3 minutos, ni menos de un minuto, con las temperaturas indicadas, en la superficie del grano. Cuando las temperaturas sean inferiores (100-120 °C) el tiempo de cocción debe prolongarse hasta 4-5 minutos. Cuando la semilla se cocina en agua (100 °C) se requiere mayor tiempo de cocción, generalmente 10-15 minutos, después de la cocción puede secarse al sol, constituyendo un método simple de tratamiento, pero se hace engorroso cuando se deba tratar grandes cantidades (Buitrago y col., 1978).

Otro método de tratamiento es la torrefacción (tostado seco).

2. GRASAS Y ACEITES

Es considerada como una muy buena fuente de energía (aproximadamente entre 9.000 a 9500 kcal/kg de ED.)

La distinción entre grasas y aceites se basa en las características físicas. Si el producto es sólido, a temperatura ambiente, suele denominarse grasa, si es líquido se llama aceite. Los aceites son ricos en ácidos grasos polinsaturados, especialmente ácido linoleico, mientras las grasas son ricas en ácidos grasos saturados.

Las grasas y los aceites son agregados para incrementar el contenido energético de la ración, disminuir la pulverulencia y favorecer la palatabilidad.

Los inconvenientes que presentan el uso de grasa y aceites es que se oxidan con mucha facilidad, por lo tanto se aconseja estabilizarla, previo a su uso, mediante la adición de un antioxidante. Además, su uso en monogástricos, puede modificar la grasa corporal ya que se deposita la grasa dietaria sin cambios. Otro inconveniente es que dificulta el proceso de mezclado de la ración.

Los niveles de utilización pueden ir desde un 2 al 10 % de la ración de lechones destetados precozmente (comúnmente entre 3 al 5 %), al igual que en las raciones para aves.

3. SUBPRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA

Origen y Composición química de los productos agroindustriales

De la producción y procesamiento de los alimentos por el hombre se originan numerosos subproductos y residuos que pueden ser destinados a la alimentación animal. Un número importante de los mismos tienen características nutritivas diferentes según el origen y el tipo de proceso industrial. En general presentan la particularidad de ser muy concentrados en uno o más nutrientes (proteínas, lípidos) por lo que se deben analizar cuidadosamente para poder combinarlos en forma correcta, con otros alimentos en dietas equilibradas.

Subproductos de origen animal

- Industrias lácteas
- Industria Pesquera
- Industrias Frigoríficas
- Industria Avícola

Subproductos de origen vegetal

- Industria Aceitera
- Industria Molinera
- Industria Frutihortícola.
- Industria Azucarera
- Industria Cervecera
- Industria Vitivinícola.
- Industria de Golosinas y panadería.
- Industria maderera y papelera.

3.1. SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL

Estos son derivados de tres industrias: lechera, frigorífica y pesquera. En términos generales son alimentos que contienen proteínas de alta calidad con un excelente balance de aminoácidos y muy ricos en minerales y vitaminas.

Con excepción de los proveniente de la industria lechera, las proteínas son de baja degradabilidad ruminal (denominadas by-pass).

Para la utilización de este grupo deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Los subproductos de origen animal normalmente contienen importantes cantidades de grasa y son muy propensos a sufrir procesos de oxidación y rancidez
- b) Deben ser procesados y almacenados adecuadamente para impedir el crecimiento de microorganismos.
- c) En general son más caros que los subproductos de origen vegetal.

3.1.1. INDUSTRIAS LÁCTEAS.

De los procesos industriales de la leche se obtiene una amplia variedad de productos para el consumo humano y animal. En líneas generales los subproductos de esta industria son de alta calidad en proteínas y aminoácidos, lactosa (azúcar de leche), minerales y vitaminas.

El suero, ya sea de queso o de manteca es uno de los subproductos de mayor volumen y es usado en nuestro país en la producción intensiva de cerdos y en menor medida en la crianza artificial de terneros de tambo. Existen antecedentes de su uso en la suplementación de vacas lecheras y de novillos en pastoreo. El contenido de materia seca (MS) de los distintos sueros, normalmente no excede el 7% lo cual dificulta su uso en función del volumen a manejar, restringiendo el mismo a aquellos establecimientos cercanos a las industrias lácteas.

Además del suero existen otros subproductos como la albúmina, la caseína, el barrido de la leche en polvo, distintos tipos de sueros tratados (condensados, secos, hidrolizados y fermentados), etc.

En general se recomienda que este tipo de subproducto no supere un 25% del consumo total de MS, siendo la principal limitante en la alimentación de rumiantes el costo relativo de estos alimentos.

Suero lácteo.

En forma muy generalizada se puede representar la leche integral de la siguiente manera (Owen, 1978):

PROTEINAS : **caseína, lactoalbúminas, lactoglobulinas.**

CARBOHIDRATOS **lactosa.**

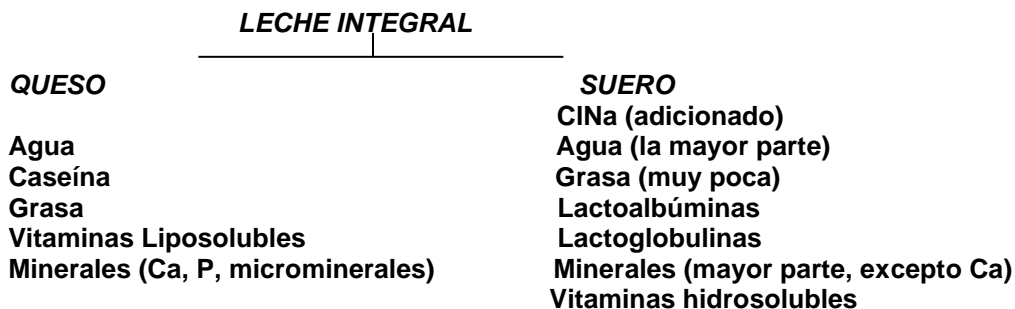
GRASA

AGUA

VITAMINAS

MINERALES: **calcio, fósforo, microminerales.**

Al cuajar la leche integral para fabricar queso, se produce una separación de ciertas fracciones y una aglutinación de otras.



Una vez ingresada la leche en la fabrica es pasterizado o no, según el tipo de queso, y se vierte en tachos de elaboración, llevándose a 32°C, aproximadamente, se le agregan los fermentos lácticos y espontáneos y posteriormente el cuajo. Se produce la coagulación, se corta la cuajada y se cocina a temperatura de 40-50°C para los quesos de pasta blanda y del orden de 50°C para los de pasta dura. Se deja reposar la masa para que se asiente y se saca de la tina. **Lo que queda como residuo es el suero**, que antes de ser usado por los cerdos es descremado por centrifugación, conociéndose este producto como **suero ácido de queso o suero verde** (Soulages, 1979).

Además se conocen otros tipos de sueros denominados “**suero blanco**” y “**suero de manteca** “. El suero blanco proviene de la leche desnatada. Tiene muy poca grasa, pero es muy rico en proteínas ya que contiene toda la caseína, además de las proteínas que contiene el suero verde.

El suero de manteca tiene el mismo valor nutritivo que el suero blanco, suero o leche desnatada, pero es más diluído ya que arrastra toda el agua del lavado de la manteca.

Por su alto contenido de agua (93-94 %) el suero fresco es un **alimento diluído** y esto constituye su mayor desventaja junto con su alto contenido en lactosa (66 al 70 % de MS).

Los cerdos al ser provistos de bebederos automáticos ajustan espontáneamente la relación entre alimento seco consumido y agua, a unos 2,8 litros de agua por kilo de ración seca, siendo esto muy inferior a los 15 litros por kilo de materia seca, que es la dilución aproximada de los lactosueros (Fevrier, 1979). Por otra parte **la capacidad de digerir la lactosa disminuye con la edad**, provocando **diarreas** cuando se suministra, en grandes cantidades, a animales de mayor edad.

La lactosa afecta además a la digestión de la celulosa, que es realizada por la flora celulolítica a un pH cercano a la neutralidad. Al producirse ácido láctico, a partir de la lactosa, se inhibe el desarrollo de la flora celulolítica en beneficio de la flora láctica. Por esta razón, en cerdos que reciben grandes cantidades de suero (lactosa) no deben usarse niveles grandes de celulosa en el alimento complementario.

La proteína del suero tiene un valor biológico más bien alto y por consiguiente la energía y no la proteína es el factor limitante cuando se utiliza el suero en la alimentación de cerdos. El equilibrio de aminoácidos esenciales presente en los lactosueros, se caracteriza por su riqueza en lisina (1 % MS), en

cambio son relativamente deficientes en aminoácidos azufrados, notablemente en metionina (Fevrier, 1979). Pese al valor proteico de los sueros, estos precisan un suplemento o complementación proteica.

Para maximizar el beneficio del uso del suero en un programa de alimentación porcina, este debe ser suministrado en **grandes cantidades** sobre largos períodos de tiempo. Esto concuerda con la necesidad de eliminar grandes cantidades de suero que existe en esta industria.

En nuestro país, el suero de queso se suministra, en general, a cerdos en terminación (50-60 kg o más) en los denominados **invernaderos**. El suero se suministra generalmente ad-libitum, en largos bebederos. Se suele suministrar diariamente una cantidad variable de alimento complementario a base de cereales, suplementos proteicos y otros nutrientes. En estas condiciones de utilización, el objetivo es lograr un alto consumo de suero compatible con aumento diario de peso razonable y una buena conversión alimenticia para el concentrado. La necesidad del alimento complementario, surge de las características del suero.

La terminación de cerdos con suero se realiza, en general, en la proximidad de las plantas industrializadoras de leche y, en algunos casos, el suero es conducido por cañerías directamente de las mismas a las instalaciones de engorde. Al suero se le asigna un valor económico bajo y se trata más bien de eliminarlo a través de los cerdos que actúan como verdadera "cloaca". El suero tiene un alto BOD (demanda biológica de oxígeno) y es un contaminante y factor de polución muy fuerte cuando se vierte en ríos, cursos de agua, etc.

La cantidad exacta o más conveniente del alimento suplementario dependerá de cada circunstancia comercial. Lo más correcto sería realizar pequeñas experiencias con distintos niveles, evaluando los resultados económicos en cada caso en particular. Sin embargo, existen algunos trabajos que dan una orientación general en este sentido. Así Lerner y Nardiello (1964), ensayaron el suero de queso con lotes de cerdos de 14 animales cada uno. Cinco lotes comenzaron la experiencia con 31 kg de peso promedio por animal y el sexto inició el ensayo con 58 kg de peso. La ración balanceada estaba formada por maíz, trigo, harina de pescado (10 %), harina de carne y hueso (10 %). Se finalizó la experiencia cuando los cerdos llegaban a 90 kg de peso vivo promedio por lote.

De acuerdo a los resultados, presentados en la TABLA 1, si el suero es un alimento de bajo costo, nos interesará una buena conversión de la ración y un alto consumo de suero, aún a costa de una conversión pobre de éste. En esta situación, los tratamientos 5 o 6 (0,8 a 0,5 kg/día de ración) parecen constituir la mejor alternativa. Si por el contrario, el suero tuviera un alto costo y nos interesara un aumento diario máximo, se podrían utilizar niveles altos de suplementación con una disminución en el consumo de suero y una mejor conversión del mismo y una desmejora en la conversión de la ración.

El lote 1 se debió suspender a los 40 kg de peso vivo por síntomas de carencias, prolapso de recto, etc.

TABLA 1. Resultados productivos con diferentes cantidades de suero y raciones.

LOTE	Alimentación y peso inicial	A.D. g/día	CONVERSION		CONSUMO DIA		Espesor grasa dorsal promedio (cm)
			RACION	SUERO	Ración Kg/día	Suero Lt/día	
1	Suero voluntad, 31 kg peso inicial	1	-	-	-	-	-
2	Suero voluntad, más maíz voluntad, 58 kg peso inicial	873	2,75	27,08	2,40	23,67	3,83
3	Suero voluntad, más ración voluntad, 31 kg peso inicial	791	2,89	20,91	2,28	16,55	3,78
4	Suero voluntad, más 1 kg ración/día, 31 kg peso inicial	650	1,54	24,17	1,0	15,7	3,2
5	Suero voluntad, más 0,8 kg ración/día, 31 kg peso inicial	622	1,28	47,26	0,8	29,4	3,07
6	Suero voluntad, más 0,5 kg ración/día, 31 kg peso inicial	681	0,79	44,9	0,5	29,5	3,17

Cortamira. e Isern (1984), obtuvieron resultados similares, alimentando con suero ad-libitum más diferentes cantidades de ración del 16 % PB, a cerdos desde los 68 kg. de peso vivo hasta 113 kg. Utilizaron 0,7 kg/día (T1); 1 kg/día (T2) y 1,5 kg/día (T3) de ración. El máximo aumento diario se alcanzó en el T3 (785,5 g/día). La reducción de alimento correspondiente a T1 significó una disminución de la velocidad de crecimiento del 19,6 % (P>0,05). En cambio el T2 no afectó a la velocidad de crecimiento estimulando el consumo de suero en un 34 % (P>0,05). De acuerdo a estos resultados, si se quiere mantener un alto aumento de peso con un consumo de suero elevado, la mejor alternativa sería T2.

Suero en polvo

Es utilizado en las dietas destinadas a lechones destetados precozmente. Contiene del 65-70 % de lactosa, 17 % de PB, 1,5 % de calcio, 1 % de fósforo y 1,2 % de lisina (Cunha, 1977).

Según Musfeldt (1984) se logran máximos aumentos de peso, en destete a 21 días, usando hasta un 25 % de suero en polvo en las dietas de preiniciación. Por otra parte Manners y Stevens. (1972), encontraron que el nivel de lactasa en el cerdo cae rápidamente desde el nacimiento a las 2 semanas de edad y luego continúa cayendo a una velocidad menor hasta las 8 semanas de edad. Después de esta edad hubo pequeños cambios en el nivel de esta enzima en el cerdo. Esta información es interesante, en cuanto al periodo óptimo de utilización del suero en polvo debido a su alto contenido de lactosa, por lo tanto, sería conveniente incluirlo en dietas de preiniciación y de iniciación.

Leche en polvo

Constituye un excelente alimento. El valor de los productos lácteos para la alimentación humana es demasiada alta como para usarlos en la alimentación porcina, sin embargo, una cierta cantidad de leche en polvo es usada en los cerdos destetados precozmente, en dietas de preiniciación e iniciación, donde tiene un gran valor nutricional (Cunha; 1977).

La leche entera en polvo tiene un alto valor energético (5.500 kcal/kg), dado por el contenido de grasa (31%) y por el alto contenido de lactosa, azúcar de la leche que es bien asimilada por los lechones lactantes y los recién destetados. El contenido de proteína es alto (26 % sobre la MS), con buen balance de aminoácidos. La única diferencia importante entre la leche entera y la desnatada, ambas en polvo, es que a ésta última se le ha extraído la mayor parte de la grasa y de las vitaminas liposolubles.

En los alimentos de preiniciación se utilizan niveles elevados de leche en polvo (Ej. 25-40 %) y niveles más bajos (Ej. 10 %) en las dietas de iniciación.

Este alimento es de muy poco uso en la avicultura Argentina.

3.1.2. INDUSTRIA PESQUERA

Los subproductos de esta industria consisten en los deshechos del procesamiento de pescados, conjuntamente con otras especies marinas. Estos alimentos son una fuente muy rica de nutrientes, principalmente proteínas, minerales y vitaminas. Los más comúnmente utilizados son las harinas (con o sin extracción de aceite) y el soluble de pescado.

El soluble de pescado es un condensado, semisólido, obtenido por evaporación del líquido remanente en el procesado de pescados. Tiene un contenido proteico de alrededor de 300 g/kg y es de vitamina B.

Harina de pescado

Las harinas de pescado son básicamente de dos tipos (Pond y Maner, 1974): aquellas fabricadas con residuos procedentes de la alimentación humana y las preparadas con pescados enteros, capturados normalmente para esa finalidad. La segunda categoría es la más frecuente y pueden existir dos tipos generales: a) con poco aceite (2 al 6 %), clasificado como pescado blanco (Ej: bacalao, peces demersales) y b) contenido alto de aceites, 7 al 13 %, aunque se retira una cierta cantidad durante el procesamiento (Ej: sardina, arenque menhaden, etc).

La harina de pescado consta, en esencia, de peces molturados y deshidratados, la mayor parte del aceite que contienen puede eliminarse antes de la deshidratación ya que el aceite es un producto valioso. Para preparar una harina de pescado, razonablemente estable en condiciones normales de almacenamiento, el contenido de humedad debe reducirse a un 10 % aproximadamente. Si la harina contiene el 15 % o más de agua es posible que se enmohezca. La estabilidad obliga a reducir el contenido de grasa a un 10 % aproximadamente, e incluso una harina con este nivel de grasa puede enranciarse durante el almacenamiento. Con niveles más altos de grasa puede producirse calentamiento e incluso la combustión.

Las harinas de pescados, cuando son de buena calidad, constituyen un excelente suplemento proteico, con una buena disponibilidad y digestibilidad en sus aminoácidos.

La harina de pescado puede provocar un olor y sabor a pescado muy marcado en la carne de los cerdos y de las aves, inclusive en el huevo. Esto dependerá del %, del tipo de harina incluida en la dieta. Se sabe que es este problema se debe a la grasa en la harina de pescado y los ácidos grasos poli insaturados que juegan un rol decisivo en la producción de las carnes impregnadas (Buxadé Carbó, 1985).

En general, las harinas de pescado se utilizan en las dietas de los cerdos a niveles más bien bajos (2 al 5 %), no sólo por el peligro de impregnación en la fase final de terminación sino por el costo, siendo este y su disponibilidad los principales limitantes para la inclusión de harina de pescado en las dietas porcinas.

3.1.3. INDUSTRIA FRIGORÍFICA

Dentro de este grupo se encuentran las harinas de carne con y sin hueso, harina de plumas, (de baja degradabilidad ruminal) harina de huesos y las grasas y aceites.

La utilización de las harinas de carne y de hueso de origen bovino y ovino, fueron prohibidos por el Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENASA, resolución N° 252 del 12 de Mayo de 1995) como prevención contra la Encefalopatía Espongiforme Bovina, también conocida como la “enfermedad de la vaca loca”.

Las harinas de sangre y plasma están indicadas para raciones de vacas lecheras de alta producción.

Son alimentos de escasa palatabilidad por lo que su incorporación en la dieta debe ser gradual.

Las grasas y aceites son fuentes concentradas de energía, su inclusión en más del 9 % puede comprometer la digestión de la fibra y el consumo.

Las grasas son agregadas para incrementar el contenido energético de la ración, aumentar la densidad, disminuir la pulverulencia y favorecer la palatabilidad, un inconveniente es que se oxidan con facilidad.

En monogástrico la adición de grasas puede modificar la grasa corporal ya que depositan las grasas dietarias sin cambio.

En aves puede suministrarse de 2 a 5 %.

Harina de carne y harina de carne y hueso

Es el residuo finamente molido, derretido y deshidratado procedente de los tejidos animales con la exclusión de pelo, pezuñas, cuernos, piel, sangre y contenido del tracto intestinal.

Se obtiene como subproducto de la industria frigorífica, pudiendo ser de origen bovino, porcino, equino o mezclas.

El tipo de harina depende de la cantidad de huesos incluidos. Así se las clasifica en:

- 60-65 % PB.
- 50-55 % PB.
- 40-45 % PB.

El tipo o la harina del 40-45 % de PB y a veces la de 50-55 % PB se denominan harina de carne y hueso, por ser mayor el contenido de huesos. En EE.UU. se denominan como harina de carne y hueso aquellas que tienen más de 4,4 % de fósforo.

Se acepta, en términos generales, que las harinas de carne del 60-65 % PB son de mayor calidad proteica que las de 45-45 % de PB.

A mayor contenido de huesos aumenta el nivel de calcio y fósforo y de cenizas totales disminuyendo el contenido de proteínas.

Los aminoácidos limitantes son el triptófano y la metionina. A veces puede ser la isoleucina. El orden de limitación depende de los componentes (tejidos) incluidos en la harina.

En nuestro país se utilizan extensamente en la alimentación de monogástricos, pero **no deberían constituir la única fuente de suplemento proteico**. Cuando se utilizan niveles muy altos de harina de carne y hueso (esto debe evitarse), los aportes de calcio pueden llegar a 1,5 al 2 % lo que puede dificultar la absorción del Zinc, por lo que debe cuidar el nivel de este micro mineral, sobre todo en dietas para cerdos (puede producirse paraqueratosis por deficiencia de zinc). Por otra parte, se ha demostrado que las harinas de carne y hueso son inferiores como suplementos proteicos en dietas de ratas y cerdos que las harinas de pescado o de soja (Peo y Hudman, 1962; . Beames y Sewell.; 1969).

Numerosas investigaciones sugieren que las causas más probables de la performance reducida de las harinas de carne y hueso, como único suplemento proteico para cerdos, son una **baja disponibilidad de aminoácidos y un pobre balance de los mismos** (Kennedy y col., 1974).

Generalmente la harina de carne no forma parte de las dietas habituales de las aves, pero cuando se necesita aumentar la eficiencia de la ración se puede incluir entre un 5 a 10 %. En cambio, la harina de carne y hueso es un integrante común en la ración para aves y puede usarse hasta un 10 % (North y Bell, 1993)

A pesar de la definición específica de las harinas de carne y hueso y de carne aparecen **amplias variaciones en su calidad, uniformidad y grado de putrefacción**. Esto se debe a la variabilidad en los componentes o tipos de tejidos incluidos en su fabricación, método de procesamiento (temperatura, etc.). La calidad se ve afectada intensamente por el grado de dilución de la proteína muscular con tendones y

huesos (Atkinson y Carpenter, 1970). También se ve afectada por la cantidad de grasa, vísceras, sangre, piel y contenido gástrico que se hallan en la harina (Runnels, 1968). El contenido de colágeno afecta la calidad de la proteína de estas harinas y es de suma importancia para los animales monogástricos. El colágeno tiene niveles muy altos de glicina, prolina y arginina pero tiene niveles muy bajos de triptófano y de aminoácidos azufrados (metionina-cistina) lo que podría causar un mayor desbalance de aminoácidos de estas harinas. Por ello, se ha sugerido que el contenido de hidroxiprolina (Lampitt. y col., 1952; Eastoe y Lone, 1960) podría ser usado como índice de calidad de estas harinas, o sea menor contenido de hidroxiprolina mejor repuesta en los animales.

El método de preparación es tan importante como la dilución del tejido muscular con huesos y tendones para determinar la calidad final de las harinas (Atkinson y Crapenter, 1970). La preparación a temperatura elevada provoca la destrucción de la cistina y, posiblemente, de otros aminoácidos azufrados, además de reducir la disponibilidad de lisina al fijar su grupo épsilon amino.

Control de calidad de las harinas de carne.

a. Análisis de características organolépticas.

Color: deberá ser marrón a marrón achocolatado. El color muy oscuro denota exceso de cocción y por consiguiente desnaturalización de proteína.

Olor: fresco, agradable, característico del producto. La presencia de olor rancio indica la separación de ácidos grasos libres y peróxidos que oxidan y destruyen vitaminas especialmente la E. Además los peróxidos son tóxicos de por sí. La presencia de olor amoniacal, a podrido, indica un verdadero peligro por la acción indirecta de cadaverinas y ptomaínas, ambos tóxicos que según su concentración pueden ocasionar desde una baja de producción a un cuadro de alta mortalidad.

Tamizaje: consiste en hacer pasar una muestra a través de las mallas de un tamiz de diferentes números. De esta manera, se separan las fracciones de diferentes grados de molienda y luego con la ayuda de un microscopio se pueden observar la presencia de pelos, plumas y otros productos de adulteración.

Separación con tetracloruros: este método que separa componentes de acuerdo a densidad, permite obtener las fracciones constitutivas del producto separados en tres capas:

- a) la inferior; constituida por minerales (huesos).
- b) la media; con la parte soluble, grasa y proteínas.
- c) la sobrenadante; cuero, pelos y otros productos.

b. Análisis químico.

Proteínas: constituye la base de comercialización. Se expresa como PB, también se suele determinar PD. Lo más conveniente sería realizar un análisis de aminoácidos y en el caso de lisina determinar lisina disponible, pero debe tenerse en cuenta que estos análisis son costosos y complejos.

Grasas: el contenido de grasa aumenta el valor energético del producto, pero como generalmente no van estabilizadas, se oxidan, pierden palatabilidad, aumentan la rancidez, y dan origen a peróxidos que destruyen las vitaminas liposolubles. Por ello que un exceso de grasa (más del 12 %) debe desecharse, sobre todo en verano.

Cenizas totales: indica la riqueza en minerales provenientes sobre todo de la fracción ósea del producto. Como determinación complementaria es útil conocer la cantidad de cenizas insolubles en ácido clorhídrico (arena). Como es de suponer, cuanto más bajo es el porcentaje de proteínas, más alto es el contenido de cenizas. Los límites de tolerancia medios son:

Harina de carne 60-65 % de PB 22 %

Harina de carne 40-45 % de PB..... 42 %

Humedad: un producto demasiado húmedo puede alterarse fácilmente y dar origen a la proliferación de bacterias y mohos peligrosos para la salud animal. Por el contrario, un producto demasiado seco puede ser indicio de un calentamiento excesivo y eventualmente tener parte de sus proteínas desnaturalizadas. Los límites de tolerancia son para todos los tipos de 6 al 9 %.

Calcio y fósforo: una harina de carne genuina mantiene la relación Ca:P de 2:1, lo que es un índice que estos minerales provienen del hueso. Una alteración de esta relación supone un agregado extraño (carbonato de calcio) que a la vez puede ser detectado por el aumento de las cenizas insolubles en ácido clorhídrico.

Límites de tolerancia medios:

Harina de carne 60-65 %: Calcio 5 a 7 %

..... Fósforo 2,5 a 3,5 %

Harina de carne 40-45 %: Calcio 11 a 13 %

..... Fósforo 5,5 a 6,5 %

Fibra: prácticamente no debe estar presente. Un contenido algo elevado puede ser debido a la inclusión del contenido gastrointestinal de vísceras de matadero o eventualmente algún agregado fraudulento de algún vegetal. Límite de tolerancia máxima 2 %.

Determinaciones complementarias:

Urea. Límite de tolerancia máxima 0,5 %

Acidez: (expresada en ácido oleico) máxima 3 % (sobre la materia grasa)

Índice de peróxidos: máximo 5 % (sobre materia grasa)

Nitrogeno amoniacal: máximo 0,3 % (ref. en nitrógeno)

c. Análisis bacteriológico.

Destinado a conocer la carga bacteriana de coliformes para evaluar la posibilidad de contaminación fecal y la consiguiente presencia de salmonelas.

Límites máximos: Carga total 100.000 gérmenes por gramo.

Coliformes: 100 por gramo

Harina de sangre

La harina de sangre es de considerable interés como componentes de dietas animales debido a su alto contenido proteico. Sus valores oscilan entre 70-85 % de PB y es pobre en calcio y fósforo. El **aminoácido limitante es la isoleucina**. Debido a su desbalance de aminoácidos y baja digestibilidad es mejor utilizarla en niveles del 1 al 4 % en combinación con suplementos proteicos de alta calidad (Cunha; 1977).

El contenido de humedad de la harina de sangre debe ser del 10-12 %, aproximadamente, si es mayor se calienta y forma tortas e incluso fermenta al almacenarla. Si es menor aparece una harina negra al destruirse el color rojo.

El método de procesamiento afecta la calidad de las harinas de sangre. Kratzer y Green (1957) dan evidencias que la calidad nutricional de la harina de sangre puede estar relacionada con el daño sufrido por la fracción proteica durante el procesamiento, que resulta de una disminución de la disponibilidad de aminoácidos. Así Kramer y col. (1978), encontraron que el método de calentamiento en recipientes de doble pared y circulación de vapor, produjo harina con un contenido del 21, 43 y 18 % menor en promedio de lisina, cistina y metionina que el método de spray (similar al usado para secar leche), en que la sangre fue evaporada hasta 40-45 % de sólidos al vacío a baja temperatura (49 °C), pulverizando luego el material dentro de una corriente de aire caliente (316 °C), completando el secado.

3.2. SUBPRODUCTOS DE ORIGEN VEGETAL

Del procesamiento para la obtención de aceites vegetales se obtienen residuos ricos en proteína.

Estos residuos se presentan normalmente en el comercio en forma de pellets o de harinas. Su valor alimenticio varía según la composición del grano del cual proceden. El método de extracción por solvente deja un producto rico en proteína de más de 40% de PB, un alto % de N esta presente como proteína verdadera (95%) la cual es de digestibilidad alta y moderado a bueno valor biológico, aunque menor que las buenas fuentes de origen animal. La mayoría son bajas en metionina y cistina teniendo variables tenores de lisina generalmente bajos.

La más utilizada es la harina de soja y es a su vez la de mayor calidad, el poroto de soja (Glycine max) contiene alrededor de 21% de aceite el cual es removido por extracción por solvente. En el procesamiento se incrementa el valor biológico de la proteína.

Algunas de ellas poseen factores antinutricionales como el gossipol, en algodón, que es un pigmento amarillo relativamente tóxico para monogástricos. Especialmente provoca una deficiente calidad en los huevos,

3.2.1. INDUSTRIAS ACEITERA

Harina de soja

La harina o torta de soja es un subproducto que surge de la extracción del aceite del poroto. Esta extracción puede realizarse por tres métodos: Por **prensado** (prensa hidráulica o prensa continua a tornillo); por **solventes** y una combinación de ambos métodos o sea **presión previa – solventes**.

El método de prensado, emplea el calor y la presión mecánica para extraer el aceite, dejando un producto (**expeller o torta**) con mayor contenido de aceite (4-8 %). En la actualidad es un método poco usado debido al elevado % de aceite que queda en la torta.

En la extracción con solventes, los aceites y las grasas son retirados con solventes orgánicos, generalmente hexano. Este proceso se realiza a baja temperatura, por ello debe someterse al producto a un proceso de tostado o calentamiento moderado para destruir los inhibidores de crecimiento. El producto resultante se denomina **harina de extracción** y tiene un bajo nivel de aceite (alrededor del 1 %).

El sistema presión-solvente utiliza primero la extracción por calor y presión mecánica y luego una extracción con solvente siendo un método bastante usado en nuestro país.

Además, en el mercado se puede encontrar la **harina de soja de solvente (descascarada)** que es un producto que se obtiene a través de métodos especiales y tiene un mayor aporte proteico (50 %), menor fibra ya que se descascara (no más de 3,3 %) y mayor energía que la harina de soja común. Sería una muy buena fuente para conformar dietas de broilers que requieren aportes importantes de energía (Buxadé Carbó, 1985).

Al referirnos a la semilla integral de soja, se ha hecho referencia a los inhibidores de crecimiento de la soja cruda. Lo allí explicado es aplicable también a la harina de soja. Las condiciones óptimas de calentamiento pueden ser algo distintas que para la soja entera, pero en general, el calentamiento excesivo disminuye el valor nutritivo prefiriéndose el calor húmedo.

En nuestro país la CAFAB (Cámara Argentina de Fabricantes de Alimentos Balanceados) se utiliza el **índice de actividad ureásica** para evaluar el grado de tostación de la soja (Cardona, J.). Esta prueba permite medir la ureasa residual a través de cambios en el pH (Buitrago y col., 1978). Debe estar comprendido entre 0,08 y 0,20. Un valor de 0,05 por Ej., indica una cocción exagerada con la consiguiente pérdida de valor biológico y/o disponibilidad.

En cuanto al color que debe tener la harina de soja es marrón claro a marrón oscuro, no es deseable un color marrón oscuro que indica sobrecaentamiento y un olor característico del producto, libre de rancidez y de restos de solventes.

La proteína de la harina de soja posee un buen equilibrio de aminoácidos, siendo la **metionina el primer aminoácido limitante** siguiendo la lisina y la treonina (Cunha, 1977).

Harina de maní

Es un subproducto de la extracción de aceite de maní. Es variable en cuanto al % de aceite y la proteína y esto depende del método de extracción que se trate, al igual que la soja. Cuando se trata de un expeler o torta de maní (5-7 %) se enrancia al almacenarla en condiciones cálidas y húmedas. Además, contenidos muy altos en aceite pueden producir grasa blanda en los cerdos y con mayor impacto cuando los cerdos consumen maní entero (comúnmente de los rastrojos) produciendo una res que no son aptas para los chacinados. La producción de grasas blandas se debe a los ácidos grasos insaturados del aceite de maní, que tienen bajo punto de fusión y se deposita como tales en los cerdos. Toma un tiempo considerable "endurecer" la grasa de los cerdos que han sido alimentados con maní entero, por un cierto período. Puede necesitarse una ganancia de peso 3-3,5 veces o más con una dieta "endurecedora" o normal, comparada con la ganancia realizada con maní, para lograr una res firme. Así, una ganancia de 20 kg. de peso vivo sobre maní requiere de 60-70 kg de ganancia posterior con una dieta "endurecedora". Para eliminar reses blandas, los cerdos no deberían alimentarse con maní entero después de los 34-39 kg vivos (Cunha, 1977).

El uso de la harina de maní, extraída por solvente o por prensado-solvente (1 al 2,5 % de grasa) no produce reses blandas y además no tiene gran riesgo de enranciamiento.

El maní, al igual que la soja, posee inhibidores de crecimiento que se destruyen con el calor, preferentemente húmedo. El procedimiento de extracción del aceite "desactivan" los factores antitripsina.

La cantidad de cáscara que se incluya en la harina afecta a su calidad.

El harina de maní tiene un bajo contenido **de lisina. Este es el primer aminoácido limitante**, seguido por la metionina. **No debe constituir el único suplemento proteico** en dietas basadas con cereales. En la práctica las deficiencias de aminoácidos de las dietas a base de cereales-harina de maní se corrigen agregando otras fuentes, tales como, harina de soja, de pescado, de carne y de sangre.

Las normas de **CAFAB**. para la harina de maní son las siguientes:

Caracteres organolépticos:

Color: marrón claro a pardo grisáceo.

Olor: libre de rancidez y resto de solventes.

Índice de conservación:

Índice de peróxido (máximo) 5 % sobre la grasa

Acidez (en ac. Oleico, máximo) 3 % sobre la grasa

El harina de maní, al igual que otros alimentos, puede contener cantidades tóxicas de **aflatoxinas**, que son producidas por el hongo *Aspergillus flavus*, entre otros, ampliamente distribuido en el suelo. Bajo condiciones favorables de sustrato y de medio, este hongo produce cantidades apreciables de toxinas en el término de una semana y, una vez que ellas son producidas (aflatoxinas), son **muy estables**, no siendo inactivadas por el calor o por cualquier otro tratamiento a que el material sea sujeto durante su manufactura (Dunne y Leman, 1975).

Los individuos jóvenes de todas las especies son más sensibles a la aflatoxina.

La presencia de aflatoxina de el alimento ha sido estudiado por Keyl y col. (1970) quienes suministraron dosis medidas de aflatoxinas a los cerdos por 12 días y no encontraron evidencias de efectos tóxicos a niveles de 223 ppb (partes por billón) o menos. Por otra parte Dinamarca permitía la importación de productos de maní que contengan hasta 100 ppb de aflatoxina (Krogh y Hald, 1969).

Actualmente existen en el mercado productos adsorbentes, que se incluyen en las dietas de porcinos y aves, que impiden que las toxinas sean absorbidas a nivel intestinal, evitando trastornos productivos y de salud en estos animales, que pueden llegar a consumir alimentos contaminados.

Harina de girasol.

Es el subproducto de la extracción de aceite de las semillas de girasol.

El contenido de proteína puede variar de acuerdo a la cantidad de cáscara de la semilla que se incluya, desde un 46 % para las harinas decorticadas hasta el 30-35 % cuando se incluye mucha cáscara.

El harina de girasol es **pobre en lisina**, puede contener **grandes cantidades de fibra**. Estas características hacen que no deban emplearse como único suplemento proteico.

La mejor utilización de la harina de girasol se logra combinándola con suplementos proteicos ricos en lisina disponible, como harina de soja, harina de pescado o harinas de carne de buena calidad. Por otra parte, es preferible usar la harina de girasol en cerdos con pesos superiores a 34-45 kg vivos o en reproductores, al igual que en aves que resulta interesante para su uso en ponedoras y en los reproductores.

Las normas de calidad de CAFAB para la harina de girasol, son las siguientes:

Caracteres organolépticos:

Color: grisáceo

Olor: característico del producto libre de rancidez y de restos de solventes.

Índice de conservación:

Índice de peróxido (máximo) 5 % sobre la materia grasa

Acidez (en ac. Oleico, máximo) 3 % sobre la materia grasa

Pueden existir situaciones en que resulte de interés utilizar semillas enteras de girasol, en la alimentación de cerdos. Los cerdos en crecimiento y terminación pueden utilizar el 10 % de semilla entera de girasol, molida en una dieta completa, sin consecuencia para el crecimiento; pero cuando la dieta contenía el 26 % de semilla entera se afecta la ganancia diaria (Dinsson y col., 1980; 1981). Sin embargo, el área de mayor interés para el uso de semilla entera de girasol es en la alimentación de cerdas al final de la gestación y en la lactancia. Las semillas enteras de girasol contienen un 40-50 % o más de aceite, por lo que pueden usarse como un forma simple de incorporar grasa a las raciones, cuando en el campo no se dispone de equipos complejos para ello. El agregado de grasa a raciones a cerdas desde el día 109 de preñez hasta los 21 días de lactancia, produjo aumento en la producción de leche y con un mayor contenido de lípidos (Coffey y col., 1982).

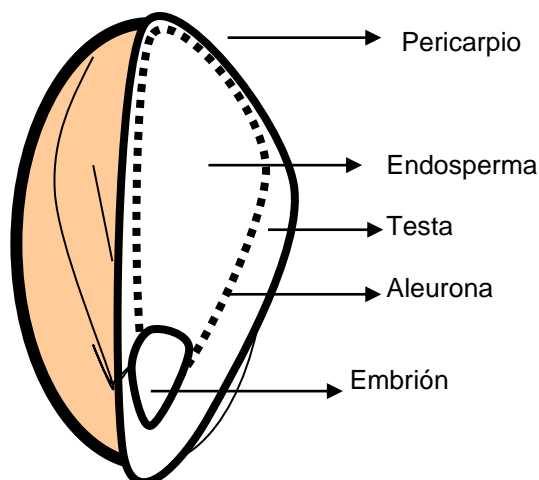
Gluten de maíz.

Es un subproducto de la industrialización del maíz y hay dos tipos en el mercado. Si bien son fuentes proteicas su utilización, en aves, es para aportar color a la yema del huevo o a la piel del pollo, dado que nuestro consumidor asocia el mayor color amarillo con el origen del producto, creyendo que es de campo. (Buxade Carbo, 1985).

- **Gluten meal:** aquí se ha eliminado la porción de salvado de la semilla de maíz y se caracteriza por su gran capacidad de producir color amarillo a los productos avícolas. Contiene entre 50-60 % de proteína.
- **Gluten feed:** este surge de extraerse del maíz el almidón y germen (aceite). Tiene menor contenido proteico, 22 %, y más fibra ya que contiene el salvado de la semilla.

3.1.2. INDUSTRIAS MOLINERAS

La fabricación de la harina de cereales para uso humano da origen a varios subproductos utilizables para la alimentación animal. El proceso de fabricación consiste en separar el endosperma de las envolturas externas, aleurona y germen.



Sección longitudinal del grano de trigo

La fracción más externa se denomina salvado, inmediatamente por debajo se halla la capa de aleurona, mientras que el germen, ubicado en la base de la semilla, es rico en energía y minerales.

Debajo de la capa de aleurona y constituyendo la mayor parte de la semilla se encuentra el endosperma formado por almidón.

La molienda busca separar la mayor parte o cantidad de almidón y gluten, tratando de eliminar las fracciones del germen, aleurona y salvado. Debido a los distintos grados en que se produce esta separación los subproductos contienen una amplia variación de fibra bruta.

El método aceptado para distinguir los subproductos se basa en el tenor de fibra y los clasifica en:

1. Salvado, afrecho + de 9,5 % de fibra bruta
2. Moyuelo, afrechillo o harinillas, semita, rebacillo hasta 9,5 % de fibra bruta
3. Harinilla de 2da., harina baja, germen hasta 4 % de fibra bruta

El salvado es el más fibroso de los subproductos y tiene un ligero efecto laxante para los cerdos, pudiendo usarse como preventivo de constipación en cerdas pre y posparto.

COMPOSICIÓN DE PROTEÍNA Y FIBRA DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA MOLIENDA DE TRIGO.

SUBPRODUCTOS	PROTEÍNA (%)	FIBRA (%)
Afrecho	16,9	9,6
Afrechillo	18,7	7,7
Rebacillo	17,2	7,2
Semita	16,9	7,1
Harinilla II	16,1	2,9
Germén	31,1	2,6

Fuente: Morrison (1965).

El salvado tiene un escaso valor como aporte de energía (1.900 kcal EM/kg), no obstante se incluyen, en valores elevados, en las raciones de pollitas de reemplazo que no precisan un gran aporte energético o incluso se desea limitarlo. También se agregan en dietas de ponedoras, en plena producción, para favorecer la evacuación intestinal y así mejorar el estado general de estas aves que deben producir en forma intensiva (Buxadé Carbó, 1987).

4. SUPLEMENTOS MINERALES

Macrominerales

Requerimientos en mayor cantidad que los micro minerales u oligoelementos.

Ellos son: Ca, P, Na, K, Cl, Mg y S.

Microminerales

Muchos de los oligoelementos son imprescindibles para el organismo, ya que constituyen parte integrante de ciertas sustancias orgánicas importantes (hormonas, enzimas y otras proteínas activas). Por lo tanto, pertenecen al grupo de factores indispensables de la alimentación. La insuficiencia de oligoelementos se refleja en síntomas característicos de carencia, como la anemia por falta de hierro.

Se ha demostrado claramente que el hierro, cobre, cobalto, manganeso, zinc, iodo, molibdeno y selenio son oligoelementos indispensables, es decir, esenciales para la vida

Calcio y Fósforo.

Los conceptos que a continuación se describen se refieren solamente al calcio y al fósforo. El resto de los minerales, en general, se agregan a la dieta a través del núcleo vitamínico-minerales, con la excepción del cloro y el sodio que es adicionado a través de la sal común.

FUENTES DE CALCIO Y FÓSFORO. (Valores aproximados)

INGREDIENTES	% Ca	% P	Observaciones
Fuentes que aporta ca y P			
Harina de huesos, tratada al vapor	29.5	12.5 (80-90)	
Fosfato dicálcico	20-24	18.5 (95-100)	
Fosfato monocálcico	17	21.1 (100)	
Fosfato de roca, defluorinado	32	18 (85-95)	Debería contener no mas de 1 parte de Fluor por 100 partes de P.
Fuentes que aportan calcio			
Piedra caliza	35.8	-	Carbonatos y magnesio
Carbonato de calcio	38.5	-	
Sulfato de calcio, dihidratado	21.85	-	
Fuentes que aportan fósforo			
Fosfato de sodio, dibasico	-	21.15 (100)	
Fosfato monoamonio	-	24.2(100)	

Fuente: NRC; 1998. (Entre paréntesis, disponibilidad del fósforo).

La forma en que se encuentra el fósforo en la naturaleza tiene influencia sobre su utilización en los animales. En los **granos de cereales, harinas de las oleaginosas y los subproductos de ambos**, el fósforo se encuentra en gran parte como fitatos (60-75 %), de **muy baja disponibilidad**. El fósforo que contiene el trigo tiene mayor disponibilidad que otros cereales y esto se atribuye a la presencia natural en el grano de enzima fitasa, llegando a valores de disponibilidad cercana al 50 %; muy alto si se compara con el maíz que tiene una disponibilidad de solamente 15 %. Actualmente existe un maíz de bajo ácido fítico (modificado por el gen mutante *lpa1*) que tiene un disponibilidad de un 77 %.

En contraste, el fósforo proveniente de fuente de origen animal tiene mayor disponibilidad alcanzando valores aproximados al 85 al 100 %, aunque presenta oscilaciones de acuerdo a la fuente. (NRC, Swine, 1998).

BREVE DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS FUENTES DE CA Y P.

Harina de hueso

En general las provenientes de la industria frigorífica contiene un 31 % de calcio y 14,5 % de fósforo. Si bien se utilizan en todas las dietas de aves, para ponederas y reproductoras es fundamental para poder alcanzar los requerimientos de calcio que se necesitan durante el período de puesta de este tipo de aves. (North y Bell, 1993).

Fosfato dicalcico

Proviene de la roca fosfórica o del huevo después de un proceso especial. Puede contener buena cantidad de flúor, gran parte del mismo debe ser eliminado antes de incorporarse en las dietas de aves. En general contiene alrededor de 18 % de fósforo y 23 % de calcio.

Otra forma de proveer fósforo a una dieta de aves es como roca fosfórica desfluorada, en este caso debe contener no más de una parte de flúor para cada 100 de fósforo (North y Bell, 1993).

Carbonato cálcico

Normalmente se puede usar piedra caliza conteniendo entre 35 a 38 % de calcio, en general es pobre en flúor. Otra forma de muy buen aporte de calcio es utilizando aragonita.

5. BREVES CONSIDERACIONES SOBRE ENZIMAS Y SECUESTRANTES DE TOXINAS.

ENZIMAS.

Las enzimas constituyen la clase de moléculas proteicas más numerosa y especializada.

Catalizan millares de acciones químicas. Gran parte de la historia de la bioquímica es la historia de la investigación enzimática. La acción de las enzimas se utiliza desde hace milenios en procesos de producción y conservación de alimentos.

Que son las enzimas? Las enzimas son largas cadenas de aminoácidos ligados mediante enlaces peptídico. Las enzimas son catalizadores biológicos muy eficaces, presentes en todos los sistemas biológicos. Aceleran en el organismo diversas reacciones químicas que en condiciones normales solo tendrían lugar muy lentamente o ni siquiera se producirían. Controlan los procesos metabólicos mediante los cuales los nutrientes se convierten en energía y fuente de elementos para nuevas estructuras celulares. También participan en la descomposición de las sustancias alimenticias en compuestos mas sencillo. Entre las enzimas mas conocidas se encuentran la pepsina, tripsina y peptidasas, las cuales actúan en el aparato digestivo para descomponer las proteínas en aminoácidos; las lipasas que fragmentan grasas en glicerol y ácidos grasos y por ultimo las amilasas que descomponen el almidón en azucares sencillos. Las enzimas son muy especificas, lo que significa que cada enzima descompone o sintetiza un compuesto químico único. La enzima actúa como la llave y el sustrato como la cerradura

SECUESTRANTES DE TOXINAS

La contaminación por mico toxinas es una preocupación global a los cultivos durante cosecha, almacenaje, mezcla y entrega.

Tradicionalmente se usaron productos conteniendo arcillas, silicatos y tierras de diatomeas para secuestrar mico toxinas en el alimento. Estos tipos de productos secuestran pocas mico toxinas y se tienen que aplicar en altas dosis para que sean efectivos. Adicionalmente tienen la tendencia de secuestrar minerales y otros nutrientes importantes. Ultimamente se han usado formulaciones a base de glucomananos esterificados derivados de pared celular de una cepa especifica de levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Este tiene una superficie molecular lo suficientemente grande para secuestrar diferentes tipos de toxinas La gran superficie de contacto permite una adsorción significativa de micotoxinas y esto se observa en la mejora de la salud y el desarrollo del animal.

Esto tiene la capacidad de secuestro de aflatoxina y secuestro significativo de zearalenona, ocratoxina, citrinina y fumonisina. La característica de estos productos es que debe mantenerse activo a distintos niveles de pH intestinal y frente a distintas enzimas gástricas e intestinales.

RACIONAMIENTO

INTRODUCCION.

El cálculo de raciones es de suma importancia porque el costo de alimentación representa un gran porcentaje (70-80 %) en el costo total de la producción.

Por otro lado, al enfatizar el aspecto de alimentación no debe olvidarse que la eficiente conversión de los alimentos expresados en términos de producción (crecimiento, terminación, gestación, lactancia, etc.), depende no solo de la calidad de la alimentación, sino también del apropiado manejo de los animales, de los programas sanitarios, de las instalaciones, de los equipos disponibles, etc. Además, tampoco debe olvidarse que el parámetro principal para medir la calidad de un programa de alimentación es el rendimiento económico de la explotación.

Las necesidades de los nutrientes para la alimentación están establecidas en **tablas** (N.R.C.; INRA, A.R.C., etc.). Las necesidades están dadas **en cantidades de nutrientes por kilogramo de dieta (Ej.: 3300 Kcal. ED./ kg de dieta) o en porcentajes** (ej. 0,90 % de lisina) y **en cantidades de nutrientes que los animales deben recibir por día** (Ej: 12 gramos de lisina/día o 6000 kcal ED./día).

A pesar de que las necesidades de los diferentes nutrientes han sido experimentalmente establecidos, el cálculo de raciones no considera a todas ellas porque un gran número de nutrientes son generalmente aportado por los ingredientes naturales o núcleo, en cantidades suficientes para cubrir sus requerimientos. Esto ocurre a menudo con microminerales y vitaminas que son aportados adecuadamente en los suplementos respectivos.

En general, las diferentes fuentes de alimento están agrupados según el aporte **principal** de nutrientes a las dietas. Así por ejemplo, los granos de cereales serán utilizados para aportar básicamente energía, aunque ellos también aporten a la dieta un cierto porcentaje de proteína.

De esta forma se pueden clasificar a los alimentos como:

- 1) **Fuentes de energía** (granos, grasas, aceites, etc.)
- 2) **Fuentes proteicas** (Harina de carne y hueso, harina (pellets) de soja, harina de girasol, etc.)
- 3) **Fuentes macrominerales, básicamente calcio, fósforo, cloro y sodio** (sal, harina de hueso, carbonato de calcio, fosfato dicálcico, Harina de carne y hueso, etc.)
- 4) **Fuentes de vitaminas y microminerales** (generalmente cubierto por los núcleos o premezclas vitamínicos- minerales comerciales).

No hay que dejar de considerar el aporte de **agua** como elemento vital para el aprovechamiento de todos los nutrientes.

Por lo tanto, el cálculo de raciones se concentra en balancear energía, proteína, calcio y fósforo. En caso de las proteínas, también se incluyen aquellos aminoácidos susceptibles de ser deficientes bajo condiciones prácticas, tales como, lisina, metionina-cistina y triptófano.

Una buena alimentación no significa dar mucho alimento, el equilibrio de la ración es tan importante como la cantidad suministrada. Considerando condiciones prácticas, esto no es tan sencillo debido a que por un lado las necesidades de los animales presenta variaciones, por ejemplo edad (se van modificando a medida que van creciendo), genética (ej. Cerdos más magros con mayores necesidades de aminoácidos), etc. Por otro lado, también pueden existir variaciones en los aportes de nutrientes de los alimentos, que en algunos casos podrá resolverse con los análisis respectivos para cada partida, aunque esto presupone un mayor costo. Frecuentemente, se recurre al uso de tablas de composición de los ingredientes, siendo éstas más realistas a medida que aumenten las recopilaciones de análisis de alimentos locales o zonales.

CALCULO DE RACIONES

Las dietas o raciones para animales domésticos son frecuentes y normalmente calculadas y **expresadas en porcentajes**. Partiendo de esta base se pueden estimar las cantidades de los ingredientes para preparar cualquier volumen de dieta total.

En el **cálculo del balance de las raciones** se consideran solamente aquellos **nutrientes susceptibles de ser limitantes o deficientes**. Los elementos minerales, vitaminas y otros aditivos alimenticios son frecuentemente incorporados en cantidades fijas, los cuales generalmente cubren los requerimientos los animales e inclusive, en la mayoría de los casos, aportan un ligero exceso como margen de seguridad.

En las raciones para cerdos y aves, el factor calidad de proteína, o sea el aporte o la cantidad de aminoácidos individuales, es cada día más importante que la cantidad de proteína total aportada en una ración. Los **aminoácidos esenciales**, en raciones para una producción óptima, deben ser **incluidos** tanto en cantidad suficiente como en la relación adecuada con los demás aminoácidos.

Para una nutrición adecuada en monogástricos se requiere del suministro de dietas que contengan una proporción exacta de energía con relación a los demás nutrientes. El **nivel energético** de

la ración es un **factor determinante en la cantidad de alimento consumido**, a menos que la palatabilidad o calidad de la dieta se altere drásticamente. En cerdos, al aumentar la concentración de energía, después de cierto límite, produce un menor consumo de alimento. Cuando la proporción energía: proteína se hace muy amplia (alta energía: baja proteína) generalmente resulta en menores rendimientos de peso y eficiencia de conversión alimenticia.

Existen una serie de **limitaciones en el empleo de ciertos alimentos**, por ejemplo la harina de sangre que por problemas de palatabilidad y desbalance de aminoácidos su inclusión no puede superar el 4 %. Estas limitaciones deben ser conocidas por el técnico que efectuará el balance de las dietas, como así también su aspecto económico. Lo ideal sería calcular una ración balanceada, con el mínimo costo.

Todas estas consideraciones conducen a la conclusión de que, para balancear una ración en sus más importantes y críticos nutrientes, es indispensable recurrir a programas de computación que permitan la estimación cuantitativa de ingredientes para satisfacer simultáneamente las necesidades de los requerimientos de los animales. En la práctica, este procedimiento (programación lineal), no está siempre disponible al alcance de todos. En estos casos, es de gran ayuda utilizar otros métodos para realizar los cálculos, aunque seguramente no tan precisos y rápidos como el primero.

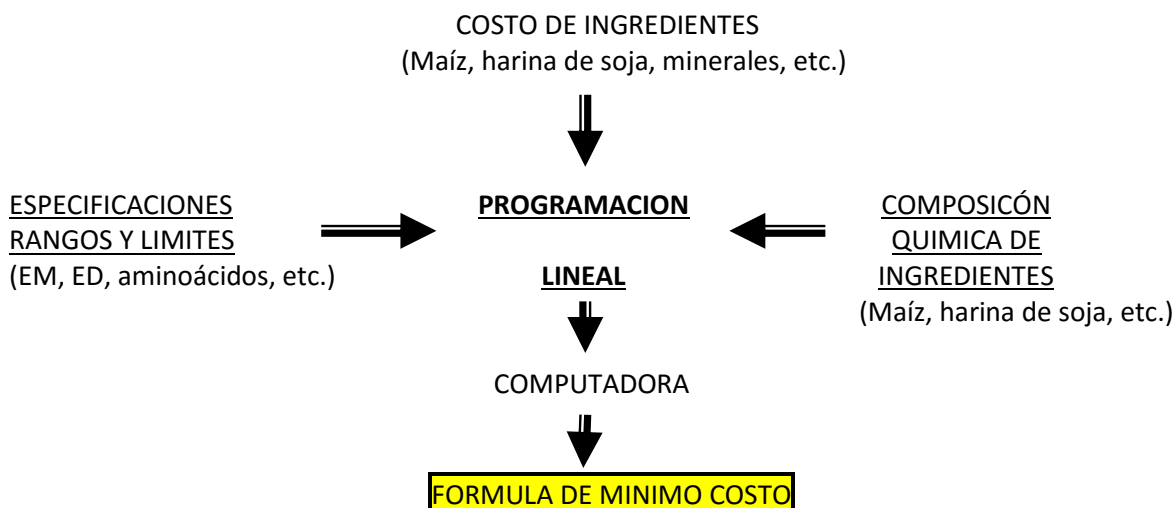
La **programación lineal** es un recurso de mucha utilidad, pero exige el acceso fácil y continuo a una computadora para poder realizar los cambios frecuentes, que se presentan en la información sobre nutrientes y precios de las materias primas, La utilización de este sistema se justifica, mayormente, para fábricas de concentrados o empresas que manejen grandes volúmenes de alimentos y/o gran variedad de nutrientes. Por otra parte, el **cálculo manual** de raciones es un procedimiento que permite resolver situaciones, donde resulta difícil el acceso a una computadora, o en su defecto cuando se requieren pequeños volúmenes de concentrado y/o se disponen de un número limitado de alimentos.

UTILIZACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL PARA FORMULACIÓN DE RACIONES DE MÍNIMO COSTO.

Consideraciones generales.

La programación lineal es una poderosa herramienta que puede ser utilizada como ayuda para tomar decisiones. El objetivo de estas notas, es simplemente, dar un enfoque de conceptos básicos de la programación lineal.

El uso de la programación lineal, se basa en seleccionar cierto número de ingredientes en cantidades exactas para proveer todos los nutrientes necesarios para una óptima producción al menor costo posible. Este procedimiento permite elaborar una ración balanceada, de acuerdo a las especificaciones incluídas, cuando hay a disposición varios ingredientes cuyo contenido de nutrientes se conoce. Los resultados obtenidos en la programación lineal dependen de los valores numéricos que proporcionen la información sobre: 1) Los nutrientes y otras especificaciones requeridas en la ración alimenticia. 2) La composición de nutrientes de los alimentos o materia prima que se quiere utilizar, y 3) El costo unitario de cada alimento que se quiere utilizar.



La exactitud de los resultados impresos por la computadora depende directamente de la información que se ha suministrado. Por ello, es importante hacer una evaluación de los alimentos, por ejemplo la palatabilidad, granulometría, procesamiento y calidad de la materia prima, etc.)

El método de programación lineal permite la inclusión de un número ilimitado de especificaciones y límites de acuerdo al tipo de ración que se quiera elaborar y al interés específico del nutricionista. Mientras mayor sea el número de especificaciones y límites que se introduzcan en el programa, más restricciones se estarán imponiendo a la solución del problema y menos posibilidades de obtener una ración de costo inferior a la que se puede elaborar por métodos convencionales. Naturalmente, resulta necesaria la inclusión de ciertas especificaciones y límites que garanticen la programación de raciones adecuadas nutricionalmente.

En raciones de tipo práctico para cerdos, las **especificaciones** mínimas que deben establecerse, se resumen en los siguientes puntos:

1. Fórmula de costo mínimo.
2. Cantidad mínima de kilocalorías de energía digestible o metabolizable por kilogramo.
3. Porcentaje de proteína dentro de un límite (rango) específico.
4. Porcentaje mínimo de lisina y triptófano.
5. Porcentaje de calcio y fósforo dentro de un límite (rango) específico y en relación adecuada.

En relación con las **limitaciones**, estas dependen del tipo de ingredientes que se espera utilizar. Según el criterio del nutricionista, incluirá los **límites máximos** que deben utilizarse (en caso de ser económico su uso) algunos alimentos, por ejemplo IGUAL o MENOR del 4 % para la harina de sangre.

Para otros alimentos puede ser necesario especificar los **niveles mínimos** y **niveles exactos** que deben agregarse en la ración completa, como sucede con la premezcla de vitaminas y microminerales o con la sal (niveles exactos) o cuando el productor desea incluir algún alimento en la ración (nivel mínimo).

Fundamentos de la programación lineal.

Para asegurar exactitud en los cálculos elaborados, el programa requiere información precisa, completa y actualizada. Los ingredientes usados deben corresponder exactamente con la calidad y análisis químicos propuestos. Cualquier cambio en uno o varios ingredientes puede modificar completamente la fórmula. Se hace necesaria una continua revisión de la calidad de los alimentos y realizar todos los cambios que se presentan en composición y precios de la materia prima. Por ejemplo, si no se incluye el contenido de lisina de un alimento, éste no será utilizado en la elaboración de la fórmula, independientemente del precio, hasta tanto todos los requerimientos para lisina hayan sido satisfechos por los otros alimentos cuyo contenido de lisina si haya sido reportado. En caso que el alimento que ha sido discriminado de esta manera, sea de más bajo costo que aquellos incluidos en la fórmula, ésta resultará más costosa, debido a que el ingrediente de bajo costo no será utilizado por carecer de información sobre el contenido de lisina.

En la programación lineal todos los nutrientes especificados deben ser aditivos en su efecto. Por ejemplo, la metionina aportada por diferentes alimentos debe tener una actividad biológica similar para que sus efectos sean aditivos. Una unidad de peso de metionina del maíz más dos de la harina de soja deben ser biológicamente equivalentes a tres unidades de cualquier otra fuente, incluyendo DL-metionina sintética.

Algunos nutrientes no son siempre aditivos en su respuesta biológica. Por ejemplo, el fósforo de origen mineral (fosfato dicálcico, fosfato monocálcico, etc.) o animal (harina de huesos, harina de pescado, etc.) generalmente es de alta **disponibilidad** para el animal y su efecto es aditivo cuando procede de estas fuentes. Sin embargo, en muchos productos vegetales (cereales, harinas de oleaginosas, etc.) el fósforo está presente en forma orgánica (fitatos), de poca disponibilidad biológica y por lo tanto no tiene un efecto aditivo con las fuentes de alta disponibilidad. Generalmente se considera una disponibilidad de 100 % para fuentes inorgánicas o de origen animal y de 30-50 % para el fósforo orgánico de origen vegetal, aunque esto es una sobresimplificación y no sea del todo correcto. Se puede

elaborar considerando un requerimiento de fósforo total y otro de fósforo disponible, cargando los valores de los alimentos para los dos requerimientos de fósforo y trabajarlo por separado.

Algunos nutrientes se pueden convertir parcialmente en otros, por lo cual pueden cubrir parte del requerimiento nutritivo del otro nutriente. Por ej. metionina-cistina.

En general, la programación lineal utilizada para formular raciones de mínimo costo, tiene incluido en su procesamiento la ayuda de dos archivos con el fin de agilizar la operación. Estos archivos son: a) archivo de los requerimientos (requerimientos de diferentes categorías y/o requerimientos de diferentes orígenes) y b) archivo de materia prima (aportes nutricionales de diferentes alimentos o materias primas o de un mismo tipo de alimento con aportes nutricionales diferentes). El operador de esta forma selecciona del archivo de requerimientos nutricionales para que animales desea formular y además, extrae de los archivos de las materias primas los que tiene disponibles en ese momento con la calidad nutricional correspondiente. Con esto evita el cargado de la mayoría de los datos necesarios. En caso de disponer de algún alimento o requerimiento nuevo previamente lo carga en el archivo correspondiente.

La programación lineal, en general, suministra como resultado lo siguiente:

- a) Ración de costo mínimo que cumpla con las limitaciones y especificaciones ordenadas.
- b) Rangos de costos mínimos y máximos. Estos rangos indican los límites dentro de los cuales el costo de una materia prima puede fluctuar sin necesidad de reformular. Estos rangos asumen que los precios del resto de las materias primas no han cambiado durante el mismo período.
- c) Precios sombra. Para cada materia prima que se ofrece, pero que es descartada en base a su costo, se indica el costo a partir del cual dicho ingrediente entraría en la fórmula.
- d) Costos de las restricciones. La mayoría de las restricciones impuestas a la fórmula tienen el efecto de aumentar los costos. Esto es cierto para los niveles mínimos y máximos de nutrientes y también para los niveles de uso de los ingredientes. El programa puede indicar en cuanto aumenta el costo de la ración con cada restricción.

UTILIZACIÓN DE ECUACIONES SIMULTÁNEAS PARA LA FORMULACIÓN DE RACIONES.

Consideraciones generales.

Como se ha señalado anteriormente el **cálculo manual** de raciones, utilizando ecuaciones simultáneas o bien el método del cuadrado de Pearson, es un procedimiento que permite resolver situaciones donde resulta difícil el acceso a una computadora y/o programa de raciones. Además, en el caso de requerirse pequeños volúmenes de concentrado con pocas materias primas disponibles. A través de este cálculo manual, no se pretende lograr una solución ideal, sino dar una respuesta, lo más adecuada posible, de acuerdo los pocos recursos físicos de que se disponen.

La resolución de un problema de cálculo de ración, por el método de ecuaciones simultáneas o cuadrado de Pearson, es un procedimiento más lento y probablemente no siempre se obtenga **la ración** de mínimo costo, aunque la solución que se obtenga podría estar muy cercana a la ideal. Además, este procedimiento tiene algunas limitaciones cuando se trabaja con una numerosa cantidad de alimentos, debido a que se van descartando, para ser usados en la ración, solamente por el costo de su aporte principal. Por ejemplo, en el poroto de soja cuando se compara el costo por unidad de lisina con otras fuentes de proteínas y sin embargo tiene un aporte muy importante de energía (aproximadamente unas 4.000 kcal ED/kg), que inclusive supera a la del maíz. En cambio, la programación lineal considera al alimento con todos sus aportes, para realizar una ración de mínimo costo.

Procedimiento para realizar una ración por el método de ecuaciones simultáneas.

1. Especificar categoría y confeccionar la tabla del cálculo de la ración.

Es obvio, que la primera tarea a realizar es determinar que tabla de requerimientos se va a utilizar (INRA, NRC/88, NRC/98, etc.) para luego especificar los requerimientos nutricionales de la categoría.

Con respecto a los nutrientes a calcular (restricciones) se considera solamente aquellos susceptibles de ser limitantes.

Por ejemplo. Tablas de los requerimientos de nutrientes para cerdos. **N.R.C. 1998** (requerimientos expresados en % y kcal/kg). **Categoría: cerdos de 50-80 kg de peso vivo.**

Alimentos	%	E.D.Kcal/kg	Ca %	P Disp %	P.B. %	Lisina %	Metinina + Cistina %	Triptof.%	Costo \$/
Sumatoria									
Requerim	100	3400	0,50	0,19	15,5	0,75		0,14	

2. Especificaciones por nutrientes considerados.

Es lógico suponer que todos los resultados de la formulación no se ajustarán estrictamente a los señalados en los requerimientos, sin embargo se tratará de cubrir todas las necesidades, algunos con el nivel mínimo (los más costosos) y otros por arriba de los requerimientos.

2.1. **Energía.** En general, si se utiliza maíz o sorgo en la formulación, no existen demasiados problemas con este nutriente. Puede suceder que no se alcance a cubrir los requerimientos, pero la carencia seguramente es mínima (aprox. 50-100 kcal/kg ED). En este caso el animal tenderá a comer más para cubrir el pequeño desbalance originado. Para corregir este mínimo desbalance deberíamos recurrir a alguna fuente concentrada en energía (ejemplo: grasa o aceite).

2.2. **Calcio.** El calcio que proveen los cereales o fuentes proteicas vegetales es mínimo. Esto nos obliga a buscar fuentes específicas. Las harinas de huesos y de carne y hueso, posiblemente pueden originar una relación calcio-fósforo no muy deseada. Para corregir este problema se podría utilizar, por ejemplo, carbonato de calcio o bien utilizar otras fuentes de calcio y fósforo como el fosfato dicálcico. Se debe tener la precaución de cubrir siempre sus requerimientos y como nivel máximo de incorporación no más del 1 % de la ración, en el caso de los cerdos para evitar la paraqueratosis.

2.3. **Fósforo.** El fósforo que se calcula, es utilizando el fósforo disponible, para ello se deberá conocer la disponibilidad del mismo en todos los alimentos utilizados. Se puede calcular el fósforo total, pero, por lo menos el 30 % de los requerimientos de fósforo debeán ser provistos por fuentes inorgánicas y/o productos animales, debido a la poca disponibilidad biológica (formación de fitatos) que tienen los vegetales, sobre todo los cereales.

2.4. **Proteína bruta.** Suele utilizarse para identificar en forma general a una ración. El aporte realizado de este nutriente, en la formulación, puede tener valores por arriba de los requerimientos, porque se debe alcanzar el nivel mínimo de algunos de los aminoácidos, esto dependerá del valor biológico de la proteína utilizada. Pero, en algunas oportunidades, por el uso de aminoácidos sintéticos, la proteína bruta no alcanza los niveles mínimos. En estos casos puede inferirse que es posible tener algunos problemas nutricionales, ya que el organismo necesita de nitrógeno para sintetizar por ejemplo los aminoácidos no esenciales.

2.5. **Lisina. Metionina. Triptófano.** Cuando se utilizan los alimentos convencionales, propios de la región de la pampa húmeda (maíz, harina de soja, etc.), es posible que la lisina sea el aminoácido limitante. En algunas ocasiones puede ser la metionina, generalmente, cuando se utiliza un alto porcentaje de harina o poroto de soja. De cualquier manera, es aconsejable balancear, como mínimo, para los tres mencionadas más cistina, este último debido a que puede cubrir aproximadamente un 50 % del requerimiento total (metionina + cistina).

Se pretende en cuanto al **aminoácido que es limitante**, que el aporte no sea superior o inferior al 0,01 % del requerimiento, mientras que para el resto de los aminoácidos (no limitantes) podrán superar a los indicados por los requerimientos.

2.6. **Vitaminas y minerales.** Se considera que las vitaminas y microminerales son cubiertos por los núcleos respectivos. El porcentaje a suministrar dependerá de la marca comercial y de la categoría animal para la que se esté formulando. En cuanto a la sal (Cl Na) se propone agregar entre un 0,3 a 0,5 % para cubrir los requerimiento en los cerdos.

3. Elección de los alimentos por su costo.

Una forma sencilla para elegir los alimentos es compararlos por el costo por unidad de su principal aporte. De esta manera, los granos serán comparados por energía y los suplementos proteicos por lisina. En cuanto al calcio y fósforo la comparación es más compleja, debido a que algunos alimentos, aportan al mismo tiempo proteínas. En muchos casos, la solución (parcial) de este problema, consiste en realizar dos dietas que contengan cada una las diferentes fuentes y luego compararlas por su costo total. La resolución de este problema no es del todo exacta, pero como se dijo anteriormente, está supeditada a casos de bajos recursos. Estos tipos de inconvenientes no se plantean en la resolución por programación lineal.

Para un mejor entendimiento se propone el siguiente ejercicio para cerdos. Se supone que los alimentos disponibles y sus precios son los siguientes:

(*) Maíz	4,10 \$/kg
(*) Sorgo	3,70 \$/kg
(-) Harina de soja	6,60 \$/kg
(-) Harina de girassol	4,80 \$/kg
(-) Harina de carne y hueso (40 % P.B.)	8,50 \$/kg
Núcleo Vit-Mineral (2kg/ton)	100 (microminerales y vitaminas) \$/kg
Sal (0,3 al 0,5 %)	3,40 \$/kg

(*) Función principal de su posible inclusión. **ENERGIA**

(-) Función principal de su posible inclusión. **LISINA**

Aporte de energía del maíz (aproximado) = 3525 kcal/kg	=> 4,10 / 3525 = 0,001163 \$/kcal
Aporte de energía del sorgo (aproximado) = 3439 kcal/kg	=> 3,70 / 3439 = 0,001075 \$/kcal
Aporte de lisina harina de soja (aproximado) = 2,72 %	=> 6,60 / 2,72 = 2.426 \$/%
Aporte de lisina harina de girasol (aproximado) = 1,13 %	=> 4,80 / 1,13 = 4,247 \$/%
Aporte de lisina harina de carne y hueso (aproximado) = 2,25 %	=> 8,50 / 2,25 = 3,777 \$/%

Considerando los resultados anteriores observamos que el **sorgo** es más económico que el maíz por unidad de energía y la **harina de soja** como fuente de lisina. Se debe utilizar, además, a la **harina de carne y hueso** para cubrir las necesidades de calcio-fósforo (no existe otra fuente que pueda cubrir totalmente las necesidades de estos minerales). Se debe señalar además, que las diferencias observadas en pesos entre los cereales es mínima, sin embargo este cálculo es útil ya que esos valores se refieren a solamente 1 kcal.

En definitiva los alimentos elegidos para realizar el cálculo son los siguientes: Sorgo, harina de soja, harina de carne y hueso (40 % PB), sal y núcleo vit-mineral.

4. Limitantes de uso de los alimentos.

Es importante, al elaborar un cálculo de ración, conocer las limitaciones que puedan tener los alimentos. Puede darse el caso que un alimento pueda ser conveniente incluirlo por su costo, pero tenga limitaciones de uso debido a su palatabilidad, % de fibra, gran desbalance entre sus aminoácidos, etc. Es aconsejable, por lo tanto, tener un conocimiento apropiado de los alimentos a utilizar.

5. Procedimiento para calcular los % de inclusión de los alimentos.

Ejemplo. Formular una ración para cerdos en terminación (50-80 kg. de peso vivo), utilizando aquellos alimentos que hagan mínimo el costo por kilo, respetando las características o limitantes nutricionales de cada alimento.

Los alimentos disponibles y sus precios son los señalados en el punto 3, o sea los siguientes:

Maíz 4,10 \$/kg
 Sorgo 3,70 \$/kg
 Harina de soja 6,60 \$/kg
 Harina de girasol 4,80 \$/kg
 Harina de carne y hueso (40 % P.B.) 8,50 \$/kg
 Núcleo Vit-Mineral (2kg/ton)100 (microminerales y vitaminas) \$/kg
 Sal (0,3 al 0,5 %) 3,40 \$/kg

De acuerdo a lo desarrollado en punto 3, los alimentos elegidos son los siguientes:

Alimentos	%	E.D. Kcal/kg	Ca %	P Disp %	P.B. %	Lisina %	Triptof. %	Costo
Sorgo	?					?		
H. de soja	?					?		
Har.carne y hueso	4,5					0,101		
Sal	0,3							
Núcleo Vit. Mineral	0,2							
Sumatoria								
Requerim.	100	3400	0,50	0,19	15,5	0,75	0,14	

Una vez establecido que alimentos se van a utilizar, se procede a colocar los % de aquellos que se incluyen en una proporción fija, como sería el caso de la sal y del núcleo vit-mineral.

Para el nutriente calcio se podría fijar el % de la harina de carne y hueso de acuerdo a la siguiente operación:

Si 100 kg de Har.Car. y Hueso (40 %PB) ----- 11 kg de calcio (valor de tabla 11 %)
 X ----- 0,50 kg Calcio (necesidad del animal)

Por regla de tres:

$$X = \frac{0,5 \times 100}{11} = 4,54 \text{ aproximadamente } 4,5 \%$$

Se fija en un 4,54 % para la harina de carne y hueso para cubrir totalmente los requerimientos del calcio, ya que se espera que los otros alimentos aporten muy poco de este mineral, no así en el fósforo que para su balance definitivo se realizará al final.

A su vez la inclusión del 4,5 % de harina de carne y hueso también aportará lisina, o sea
 Por regla de tres

Si 100 kg de har.car. y hueso (40 %P.B.) ----- 2,25 kg de lisina (2,25 % lisina)
 4,5 kg de har.car. y hueso (40 %P.B.) ----- X

$$X = \frac{4,5 \times 2,25}{100} = 0,101 \text{ \% de aporte de lisina}$$

El próximo paso es tratar de averiguar que % de sorgo y harina de soja se deben incluir para suministrar la lisina necesaria. Para tratar de solucionar este problema se empleará el método de las ecuaciones simultáneas.

Para ello se recurren a dos ecuaciones (una para el % y otra para la lisina)
Donde S = Sorgo y HS = harina de soja (debido a que se desconocen los valores)

Ecuación 1. S + HS = 95% , en donde por pasaje de término S = 95% -HS

[100 – 0,2% (núcleo) – 0,3 % (sal) – 4,5% (har de carne y hueso)] = 95% o sea que el sorgo y la harina de soja tienen que completar 95 % ya que el otro 5 % está asignado a esos otros alimentos.

O sea que S (sorgo, que se desconoce su % de inclusión) por lo que aporta por kg más la HS por el aporte por kg. tiene que ser igual al total de la lisina requerida (0,75) menos lo que ya aporta la harina de carne y hueso (0,101) . Es decir 0,75 – 0,101 = 0,649.

Ecuación2. S x 0,0021 + HS x 0, 0272 = 0,649

Luego se reemplaza en la ecuación 2, el valor del sorgo de la ecuación 1.

$$(95 - HS) \times 0,0021 + HS \times 0,0272 = 0,649$$

Se resuelve la multiplicación planteada, o sea $95 \times 0,0021 = 0,1995$ y $HS \times 0,0021$ quedando lo siguiente:
 $0,1995 - 0,0021 \times HS + HS \times 0, 0272 = 0,649$

Pasando al otro miembro 0,1995 con signo cambiado:

$$- 0,0021 \times HS + HS \times 0, 0272 = 0,649 - 0,1995$$

Luego se resta (0, 0272 - 0,0021) y (0,649 - 0,1995), quedando:

$$0,0251 \times HS = 0,4495$$

A continuación se pasa 0,0251 (que esta multiplicando) al otro miembro (dividiendo)

$$HS = \frac{0,4495}{0,0251} = \mathbf{17,90\%}$$

Si la harina de soja se incluye en un 17,90 aproximadamente, el sorgo sería (ecuación 1)

$S + HS = 95 \%$ o sea $S + 17,90\% = 95\%$; haciendo pasaje de término quedaría:

$$\text{Sorgo} = 95\% - 17,90 = \mathbf{77.1\%}$$

A continuación se comprueba que los % fijados para el sorgo y la harina de soja aporten verdaderamente la cantidad de lisina requerida (con un 0,01 en más o menos).

Luego, teniendo los % fijados de todos los alimentos utilizados, se calculan el restos de los nutrientes. En cierta manera, es un método de prueba y error. Puede darse el caso que lisina no sea el aminoácido limitante, debido a que al calcular por ejemplo metionina no llegue al mínimo. En este caso debería comenzarse nuevamente el proceso.

La ración completa es la siguiente:

Alimentos	%	E.D. Kcal/kg	Ca %	P Disp %	P.B. %	Lisina %	Tript. %	Costo \$/kg
Sorgo	77,1	2651.4	0,023	0,086	7,17	0,161	0,077	2.85
H. de soja	17,9	618,6	0,044	0,051	7,78	0,486	0,102	1.18
Har.carne y hueso	4,5	128,2	0,495	0,185	1,8	0,101	0,008	0.38
Sal	0,3	---	----	----	----	----	----	0,01
Núcleo Vit. Mineral	0,2	---	----	----	----	----	----	0,20
Sumatoria	100	3398,2	0,56	0,322	14,95	0,748	0,187	4,62
Requerim.	100	3400	0,50	0,19	15,5	0,75	0,14	

6. Verificación de los resultados

La ración obtenida tiene una pequeña deficiencia en energía de 22 kcal/kg, prácticamente es despreciable.

En cuanto a Ca y P, si bien se cubren los requerimientos, existe una relación no muy buena. Prácticamente, no se podría solucionar este problema, debido a que no se cuenta con otra fuente de estos minerales.

En Proteína se tiene un ligero exceso, pero no debe olvidarse que se tiene que aumentar la inclusión de fuentes proteicas para balancear lisina.

Con respecto a lisina la diferencia es de 0,002 debida a los redondeos prácticos, de cualquier manera el limite fijado es de 0,01 en más o menos. El resto de los aminoácidos estan ligeramente excedidos y esto se debe a que no son los limitantes.

Se puede considerar que la ración obtenida esta bien resuelta empleando el método de ecuaciones simultáneas. Esto no quiere decir que empleando un método más potente como es el de la programación lineal, los resultados cambien parcialmente.

Aplicación práctica del manejo de una tabla de necesidades diarias.

1. Consideraciones generales.

No es la finalidad de estas notas discutir todo lo concerniente a la alimentación, sino solamente elaborar raciones, por el método de ecuaciones simultáneas y conocer el manejo de las tablas de alimentación. Se hace necesario mencionar que un cálculo de ración, bien formulado, no indica que se tiene solucionado el aspecto de alimentación de un criadero, sino que es una parte solamente de la solución total del problema. Se debería determinar, por ejemplo, que cantidad de raciones tiene el criadero (plan de alimentación) que utiliza (en muchas ocasiones no se pueden elaborar 6 o 7 dietas diferentes); que cantidad de alimentos por día se suministran, que genética utiliza, cuales son las instalaciones y equipos que se disponen, que rendimiento económico se obtiene, etc.

En general, desde que un cerdo nace hasta que se vende recibe una alimentación a voluntad (excepto en la etapa de terminación en que puede manejarse una alimentación restringida).

El consumo del animal esta determinado por : 1) Limite fisiológico (cantidad de energía ingerida) y 2) Límite físico. Cuando se suministra una ración que le falte muy poco para llegar a los requerimientos, el animal ajusta la cantidad de energía necesaria por día con un mayor consumo hasta su límite fisiológico. Si la falta es muy severa, el animal consume mayor cantidad de ración hasta el límite físico, desmejorando no solamente la conversión del alimento, como en el primer caso, sino que además afecta el aumento diario.

Estas serían las consecuencias, en forma general, de suministrar un ración desbalanceada para estas categorías que consumen a voluntad.

En los reproductores el suministro de alimento es restringido (excepto en cerdas con gran cantidad de lechones). Si por algún motivo, la ración no tiene la cantidad de Kcal/kg ED o EM indicada en las tablas, se podría solucionar en parte el problema, suministrando mayor cantidad por día, utilizando para ello una tabla de necesidades diarias.

Ejemplo: Ración para gestación, con una deficit energético:

Alimentos	%	E.D. Kcal/kg	Ca %	P Disp %	P.B. %	Lisina %	Tript. %	Costo
Sumatoria		3000	0,78	0,40	13,6	0,57	0,19	
Requerim.	100	3400	0,75	0,35	12,8	0,57	0,11	

Se debe comprender que los requerimientos expresados en esta tabla (3400 kcal) no expresan la necesidad de energía/día, sino que señala la concentración de energía por kg.

Se considera (ver tabla # 3, NRC/98, Cerdos) que la necesidad de energía/día para gestación es de **6.265 kcal/día** de E.D.

Si la sumatoria de energía provista por los diferentes alimentos hubiese sido de 3400 kcal/kg E.D., en misma tabla # 3, nos indica que el consumo de esa cerda sería de 1,84 kg/día. O sea:

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ kg} \text{ -----} 3.400 \text{ kcal} \\
 1,84 \text{ kg} \text{ -----} \quad x
 \end{array}$$

$$x = 1,84 \text{ kg} \times 3.400 \text{ kcal} = \mathbf{6.265 \text{ kcal/día}}$$

Si consideramos, por ejemplo, el aporte de lisina/día sería:

$$\begin{array}{r}
 100 \text{ kg de ración} \text{ -----} 0,57 \text{ kg de lisina (570 grs de lisina)} \\
 1,84 \text{ kg de ración} \text{ -----} \quad X
 \end{array}$$

$$X = \frac{1,84 \times 570}{100} = 10,48$$

Si observamos la tabla # 5, NRC/98, Cerdos), nos indica que la necesidades de esa cerda por día es de 10,6 gr/día de lisina o sea que prácticamente se cubre con la cantidad diaria de lisina.

Si realizamos este ejercicio para otros nutrientes, observaremos que también se cubren los requerimientos diarios, o sea que en este caso se esta trabajando con una ración **balanceada** debido a que un consumo determinado de esta ración (1,84 kg/día) cubre todos los requerimientos de los nutrientes (al mínimo costo, siendo en este caso lisina limitante).

En el caso de este ejemplo, se considera una ración algo desbalanceada debido al deficit de 400 kcal/kg de E.D. Si a la cerda en gestación se le suministra 1,84 kg/día (como en el caso anterior, ración balanceada), la cantidad de energía/ día sería:

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ kg} \text{ -----} 3000 \text{ kcal E.D.} \\
 1,84 \text{ Kg} \text{ -----} \quad x = 1,84 \times 3000 = 5.520 \text{ kcal E.D}
 \end{array}$$

Se observa claramente que no se alcanzan a cubrir las necesidades diarias (6.265 kcal/día), por lo tanto para ajustar este requerimiento debería suministrarse mayor cantidad de alimento,

$$\begin{array}{r} 1 \text{ kg de ración} \text{ -----} 3000 \text{ kcal} \\ x \text{ -----} 6265 \text{ kcal} \end{array}$$

$$x = \frac{6265 \text{ kcal}}{3000 \text{ kcal}} = 2,08 \text{ kg/ día}$$

Si suministramos 2,08 kg/día de alimento se cubre la necesidades energéticas diarias, pero se suministra mayor cantidad de los otros nutrientes por día, debido a la ración un tanto desbalanceada que esta trabajando. Queda por resolver la cuestión económica.

$$\begin{array}{r} 100 \text{ kg de ración} \text{ -----} 570 \text{ grs de lisina} \\ 2,08 \text{ kg de ración} \text{ -----} x = 570 \times 2,08 / 100 = 11,8 \text{ grs. Lisina /día.} \end{array}$$