

VALORACIÓN NUTRITIVA DE MATERIAS PRIMAS EN LOS PAÍSES BAJOS

J. Doorenbos¹, M. Rijnen², H. Van Laar³, A. Flores Miñambres¹

¹ Poultry & Rabbit Research Centre, Nutreco, Ctra. CM 4004 km 10,5. Casarrubios del Monte (Toledo), Spain.

² Hendrix UTD B.V., Nutreco, P.O. Box 1, 5830 MA Boxmeer, The Netherlands.

³ Ruminant Research Centre, Nutreco, P.O. Box 220, 5830 AE Boxmeer, The Netherlands.

1.- INTRODUCCIÓN

El objetivo de la producción animal en la actualidad es obtener productos finales tales como carne, huevos o leche de alta calidad utilizando procedimientos que aseguren que el producto es fiable en términos de seguridad alimentaria y que cumple con los requisitos de bienestar animal. Sin embargo, la creciente competencia a nivel mundial implica que esto debe conseguirse a un coste lo más bajo posible. Para ello es necesario alimentar a los animales de acuerdo con sus necesidades nutritivas, dependientes a su vez del nivel y tipo de producción, y por otro lado prevenir el sobreconsumo de nutrientes que implica mayores costes de producción y una mayor excreción de contaminantes al medio. Como consecuencia, un conocimiento preciso del valor nutritivo de las materias primas es esencial para la optimización de las dietas. Hay varias publicaciones donde se puede encontrar información sobre el valor nutritivo de los ingredientes alimenticios para diferentes especies animales.

El principal objetivo de este trabajo es explicar el sistema de valoración de alimentos que se realiza en los Países Bajos y que es publicado por el Central Bureau for Livestock Feeding (CVB).

2.- ¿QUÉ ES EL CVB?

El CVB es parte del Dutch Product Board Animal Feed, que es la organización reguladora para empresas y trabajadores en el sector de piensos compuestos (Jaarverslag, 2003).

La misión del CVB ha sido definida como: “Promover la alimentación racional del ganado”. El CVB intenta conseguirlo a través de un método de trabajo independiente y objetivo que conduzca a un sistema de análisis, obtención de datos clave y métodos de cálculo. Las actividades del CVB están financiadas por las empresas del sector de piensos compuestos que son miembros del *Product Board Animal Feed*, en proporción a su tamaño de producción, y también por la venta de publicaciones.

2.1.- Productos

Las actividades del CVB dan lugar a distintos productos. Algunos ejemplos son:

- Las tablas de alimentos para el ganado que contienen su composición nutricional, coeficientes de digestibilidad y valores nutritivos para una amplia variedad de materias primas en diferentes especies animales. Estas tablas serán analizadas detalladamente en el presente trabajo.
- Tablas de Nutrición Animal, que contienen valores nutritivos de alimentos (procedentes de la tabla anterior) e información sobre necesidades nutritivas de animales de granja (rumiantes, porcino, aves y conejos) en relación con su nivel y tipo de producción.
- Un Manual para el cálculo del Valor Nutritivo de Forrajes para rumiantes que contiene también información sobre su composición química.
- Trabajos de revisión sobre diferentes temas relacionados con la valoración de alimentos (por ejemplo sobre sistemas de evaluación de la digestibilidad del fósforo en porcino o sobre el sistema de cálculo de las necesidades de proteína y aminoácidos en aves).
- Modelo de crecimiento de cerdos (TMV).

2.2.- Futuros desarrollos

La estrategia futura del CVB ha sido discutida recientemente. Una de las conclusiones fue que la orientación, que hasta ahora se había centrado en los Países Bajos, debería internacionalizarse. Además, los productos deberían estar cada vez más disponibles a través de Internet.

En los Países Bajos hay una tendencia hacia la fusión de empresas, dando lugar a compañías más grandes (como Nutreco) con sus propios Departamentos de investigación y desarrollo. Esto conduce al diseño de sistemas específicos de valoración de alimentos para cada compañía que coexisten con los propuestos por el CVB.

3.- TABLAS CVB DE ALIMENTOS PARA EL GANADO

3.1.- Introducción

El objetivo de las tablas de alimentos para el ganado del CVB es proporcionar información sobre la composición química de las materias primas utilizadas en la alimentación de animales de granja, y asignar valores de digestibilidad de los nutrientes según especies. Esta información permite además calcular el valor energético o el contenido en aminoácidos digestibles de cada materia prima.

Los valores de composición de las materias primas se obtienen en parte a través de la información proporcionada por institutos de investigación, laboratorios y empresas fabricantes de pienso y en parte de análisis realizados por el propio CVB. Este último especialmente en el caso de nutrientes analizados con menor frecuencia, bien por el elevado coste de los análisis, bien por su menor importancia relativa desde el punto de vista nutricional. Toda la información se almacena en una base de datos que contiene actualmente resultados de análisis de casi 200.000 muestras. Para algunas materias primas sólo hay algunos datos disponibles, mientras que para otras más habituales hay miles de muestras analizadas. Antes de introducir los valores en la base de datos se comprueba la metodología de análisis utilizada y la fiabilidad de los resultados obtenidos, que deben encontrarse dentro de un rango predeterminado.

Puesto que la tabla se actualiza anualmente, los valores para los nutrientes menos importantes y los alimentos menos habituales suelen utilizarse directamente en la programación lineal para la formulación de piensos, mientras que los nutrientes más importantes de los alimentos más frecuentes son analizados por las compañías de piensos partida por partida.

Los valores de digestibilidad proceden fundamentalmente de ensayos realizados por el CVB en institutos de investigación. Los protocolos de trabajo se han estandarizado para cada especie para asegurar que los datos obtenidos en diferentes ensayos sean comparables entre sí.

Las especies animales consideradas en las tablas son: rumiantes (únicamente se distingue el valor energético entre vacuno de leche y vacuno de carne), caballos, porcino, aves (se distingue entre gallos, como estimador de referencia, aves adultas y pollos) y conejos. En este trabajo nos vamos a referir únicamente a rumiantes, porcino y aves.

3.2.- Nutrientes

Tal como se mencionó anteriormente, se hace una distinción entre nutrientes analizados y calculados. Entre los primeros se encuentran los componentes del análisis de Weende, los de la fracción hidrocarbonada, los macro y microminerales, los aminoácidos y ácidos grasos y los compuestos volátiles, presentes principalmente en subproductos húmedos procedentes de la industria de la alimentación humana. Para estos nutrientes las tablas especifican el método de análisis utilizado. Esto significa que valores obtenidos por otros métodos no se incluyen en la base de datos. Las tablas presentan junto a cada valor medio la desviación estándar correspondiente corregida por el número de análisis utilizados (sdc).

Los niveles de nutrientes calculados se estiman a partir de la composición química de las materias primas utilizando fórmulas matemáticas específicas. Este es el caso por ejemplo de los valores energéticos, o de los contenidos en fósforo o aminoácidos digestibles de cada materia prima.

3.3.- Materias primas

Las materias primas incluidas en las tablas se dividen en tres grandes grupos: ingredientes normales (secos) para la fabricación de piensos, subproductos industriales de alto contenido en agua y otros alimentos como ácidos orgánicos o aminoácidos sintéticos. En el caso de vacas de leche existe también una tabla adicional para forrajes. La inclusión de una materia prima en las tablas se decide en función del tipo de ingrediente, la fiabilidad de los datos disponibles y su grado de utilización por la industria.

La importancia de una evaluación correcta del valor nutritivo de los subproductos húmedos es bastante alta. El consumo total de estos alimentos en los Países Bajos fue en 2002 de 5,3 millones de Tm, la mayoría para ganado porcino (un 60%) y el resto en ganado vacuno. Todos estos productos son suministrados directamente a los animales en granja. La producción total de piensos compuestos en los Países Bajos en 2002 se acercó a 13,5 millones de Tm, de forma que, en base a materia seca, la contribución de los subproductos húmedos al consumo total se aproximó a un 8%.

Cada materia prima se presenta en las tablas en hojas independientes. En ellas se indican los valores de la composición analítica Weende, diferentes fracciones de hidratos de carbono, macrominerales y minerales traza. Además, para cada especie animal, se presentan los valores de los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes necesarios para el cálculo de su valor nutritivo, y el valor estimado correspondiente. El contenido en aminoácidos se muestra en proporción tanto del contenido de proteína como del alimento. También se presentan los valores asignados de digestibilidad de aminoácidos para porcino y aves. Otros nutrientes valorados son el perfil de ácidos grasos y, en el caso de

subproductos húmedos, el contenido en componentes volátiles. Las grasas y aceites no se presentan en hojas separadas. El perfil de ácidos grasos puede encontrarse en las materias primas de las que proceden (e.g. haba de soja, semillas de girasol, harinas animales, etc.). Se asume que los coeficientes de digestibilidad no varían entre tipos de grasa animal o vegetal. Las tablas no proporcionan recomendaciones sobre niveles máximos de inclusión de materias primas.

Todas las materias primas están etiquetadas con un código relacionado con su origen, tratamiento y calidad. Así por ejemplo, el código para la harina de soja con menos de un 5% de fibra bruta es 3012.407/1/0, mientras que para la soja con más de un 7% de fibra bruta es 3012.407/3/0. Los cuatro primeros números del código indican el grupo de materias primas al que pertenece y el número de serie dentro del grupo. Los siguientes tres números representan el tratamiento recibido por la materia prima. Los dos últimos se usan si hay diferentes calidades del mismo ingrediente (por ejemplo, harinas de soja con distintos niveles de fibra). El significado de los códigos se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Significado de los códigos de identificación de las materias primas en las tablas de alimentos del CBV.

Primera serie de cuatro números		Segunda serie de tres números	
1000.---	Cereales	----.000/-	Productos sin tratar
2000.---	Leguminosas	----.100/-	Productos molidos o pelados
3000.---	Semillas oleaginosas	----.200/-	Productos del procesado del almidón y el azúcar
4000.---	Raíces y tubérculos	----.300/-	Subproductos de la fabricación de alcohol, cerveza o sirope
5000.---	Forrajes	----.400/-	Subproductos de la obtención de aceite
6000.---	Vegetales y frutos	----.500/-	Subproductos de cosechas
7000.---	Otros productos vegetales	----.600/-	Subproductos derivados de otros tratamientos
8000.---	Productos animales		
9000.---	Miscellaneous		
0000.---	Mezclas de alimentos		

4.- CONTENIDO DE LAS TABLAS DE ALIMENTOS PARA EL GANADO 2004

En este apartado se presenta información relacionada con los principales cambios producidos en las tablas del 2004 con respecto a ediciones anteriores. Asimismo, se discutirán algunos aspectos relacionados con la valoración de alimentos que son específicos para el CVB frente a otras tablas.

4.1.- General

Algunos cambios de la edición del 2004 se refieren a la definición o al método de análisis de algunos nutrientes, especialmente grasa y almidón que han tenido también consecuencias sobre otros nutrientes como el ‘resto de fracción hidrocarbonada’, definida por la diferencia [materia seca – (cenizas + proteína + grasa + fibra bruta)].

4.2.- Grasa

La grasa bruta de las materias primas se analiza habitualmente utilizando éter de petróleo para su extracción, sin hidrólisis ácida previa, excepto en algunas materias primas como el gluten-20 de maíz o los subproductos de origen animal. En los ensayos de digestibilidad, la grasa de las heces debe analizarse después de una hidrólisis ácida, de forma que ambos valores se actualizan para todas las materias primas en la edición del 2004. Para la mayor parte de los alimentos, el contenido en grasa después de la hidrólisis ácida se estima a partir del valor obtenido en un análisis estándar, en base a una estimación de la diferencia entre los dos métodos analíticos. Actualmente, el contenido en grasa determinado después de hidrólisis ácida sólo se utiliza para el cálculo del valor energético en pollos, pero en el futuro se usará para todos los cálculos de valores energéticos.

El uso de dos valores de contenido en grasa afecta también al cálculo del ‘resto de fracción hidrocarbonada’. En la actualidad, el CVB publica dos valores estimados para cada uno de los análisis de grasa.

4.3.- Almidón

En el caso del almidón se presentan los valores obtenidos por el método polarimétrico (Ewers) y por el método enzimático (mediante el uso de amiloglucosidasa). En los próximos años, la tendencia será hacia la sustitución completa del almidón-Ewers por el método enzimático. En la edición del 2004, este cambio ya se ha hecho en el sistema de cálculo de la energía neta en porcino. Al igual que en el caso de la grasa, todavía no existe suficiente información fiable para todas las materias primas con el método enzimático para abandonar completamente el método Ewers. En esos casos el almidón enzimático se calcula a partir del almidón-Ewers utilizando ecuaciones de regresión específicas.

4.4.- Clasificación de los carbohidratos

La fracción hidrocarbonada del alimento es la más controvertida tanto desde el punto de vista analítico como digestivo. Este hecho se refleja también en los desarrollos del método CVB en los últimos años, en los que la mayor parte de los cambios introducidos corresponden a la evaluación de esta fracción. Dado el efecto de la

composición en hidratos de carbono sobre la utilización de la energía de la dieta y, por tanto, sobre el valor energético de los alimentos, se han realizado una gran cantidad de trabajos sobre este tema. Un ejemplo reciente es el desarrollo de un nuevo sistema de energía neta para cerdas gestantes que difiere del de cerdos en cebo principalmente en la estimación del valor de la fracción de carbohidratos fermentables.

En la última versión de las tablas se han realizado algunos cambios en la definición de la fracción hidrocarbonada que afectan al cálculo del valor energético de las materias primas. Estos cambios son discutidos posteriormente para diferentes especies animales.

5.- RUMIANTES

El sistema de valoración de alimentos para rumiantes en las tablas CVB es aplicable a vacas de leche, terneros, vacuno de carne, ovinos y caprinos. Consiste en tres sistemas: uno de valoración energética, otro de valoración proteica y otro de cálculo del valor estructural que estima la saciedad ruminal provocada por el alimento. En el caso de los rumiantes, el pienso compuesto sólo representa una parte del consumo total de alimento. La mayor parte corresponde a forrajes, como el silo de hierba o de maíz. Las tablas del CVB sólo contienen información sobre los ingredientes que se incluyen en el pienso compuesto. La valoración de forrajes se presenta en otra publicación: *Manual de cálculo del valor alimenticio de los forrajes para rumiantes*. En contraste con las tablas del INRA, el CVB no proporciona valores de fósforo absorbible para ingredientes de piensos compuestos. Ninguna de las dos publicaciones los presenta todavía para forrajes.

5.1.- Sistema energético

El CVB usa dos sistemas para la valoración energética de ingredientes para rumiantes, uno para vacuno de leche y otro para vacuno de carne. El valor energético de las materias primas se estima a partir de sus concentraciones en principios nutritivos determinados por el sistema de Weende (proteína bruta, grasa bruta, fibra bruta y 'resto' de carbohidratos), los coeficientes de digestibilidad y un coeficiente que expresa la eficacia de conversión de la energía metabolizable (EM) en energía neta (EN) de cada nutriente. Para algunos ingredientes ricos en proteína puede ocurrir que el valor para el 'resto' de carbohidratos sea negativo. Esto ocurre porque en las tablas del CVB el N se recalcula a proteína bruta utilizando un factor de multiplicación de 6,25, independientemente de la composición en aminoácidos de la proteína, lo que puede dar lugar a una sobreestimación significativa de su contenido proteico.

Los coeficientes de digestibilidad para ambos sistemas (leche y carne) han sido obtenidos a partir de trabajos realizados con ovino castrado adulto, alimentado a nivel de mantenimiento. También se han recopilado datos procedentes de varios institutos de

investigación, tanto dentro como fuera de los Países Bajos. En base a los resultados de estos trabajos, se han desarrollado sistemas de regresión entre composición química y digestibilidad para grupos específicos de materias primas, que son utilizados para calcular los coeficientes de digestibilidad asignados a cada materia prima de las tablas. En estas ecuaciones se realiza una corrección para tener en cuenta la excreción basal endógena de proteína y grasa.

La digestibilidad de la semillas oleaginosas es difícil de determinar por el efecto negativo de la grasa sobre la flora ruminal. Por ello, los valores de digestibilidad de estas materias primas han sido deducidos a partir de los resultados obtenidos para los subproductos del proceso de extracción del aceite (harinas solventes y presión).

El valor energético de las materias primas para ganado vacuno lechero es expresado en VEM (unidades alimenticias leche), y para ganado vacuno de carne en VEVI (unidades alimenticias carne). Ambos son valores relativos derivados de los valores de EN para la producción de leche y carne, respectivamente, utilizando como unidad la EN de 1 kg de cebada (6900 KJ cuando se implantó este sistema).

La fórmula general para el cálculo de la EN es:

$$EN = 0,60 \times (1 + 0,004 \times (q - 57)) \times 0,9752 \times EM \quad (EN \text{ y } EM \text{ en MJ/kg})$$

La EN para la producción de leche se calcula utilizando una fórmula que parte de los valores de EM y energía bruta (EB) del alimento. La EB y la EM se estiman con fórmulas de regresión en función de la proteína bruta (digestible), grasa bruta, fibra bruta y 'resto' de carbohidratos. Para materias primas que contienen más de un 8% de azúcares sobre materia seca se aplica una corrección negativa. Se asume una eficacia media de conversión de la EM en EN de un 60%. Sin embargo, esta eficacia aumenta con la proporción de EM sobre EB. Tal como se mencionó anteriormente, la digestibilidad de las materias primas se ha determinado en ovino adulto castrado alimentado a nivel de mantenimiento. En situaciones de producción en las que la ingestión puede llegar a ser muy superior, la digestibilidad de los nutrientes disminuye. Por ello, el valor EN se corrige para un nivel de ingestión medio en vacas de leche de 2,38 veces mantenimiento.

La EN para la producción de carne se calcula teniendo en cuenta las eficacias de utilización de la EM para los procesos de mantenimiento y para la retención de energía corporal y el nivel de producción del animal. A diferencia del sistema para producción de leche, no se realizan correcciones de los valores de digestibilidad porque se asume que en este tipo de animales no se alcanzan niveles de ingestión tan altos.

5.2.- Valor proteico

El sistema de valoración de la proteína para rumiantes incluye dos apartados: la estimación del balance de proteína degradable en el rumen (OEB) y de la proteína digestible en el intestino (DVE). La DVE es una medida del valor proteico de la materia prima, mientras que el OEB indica cuánta proteína microbiana se sintetiza en el rumen en base a la disponibilidad de proteína degradable y materia orgánica fermentable. En el caso del ganado vacuno lechero, este último valor tiene que ser positivo, ya que de otra forma el déficit de nitrógeno limitará la síntesis de proteína microbiana.

El DVE tiene tres componentes: la proteína indegradable de la materia prima en el rumen pero que puede ser digerida en el intestino delgado, la proteína microbiana producida en el rumen y la proteína endógena excretada. Esta última se sustrae de las dos primeras para determinar el nivel de DVE de cada materia prima.

La cantidad de proteína alimenticia resistente a la degradación microbiana en el rumen se calcula en base a trabajos realizados con la técnica de las bolsas de nylon. En estos ensayos se coloca una pequeña cantidad de muestra de cada materia prima dentro de una bolsa de nylon que se incuba en el rumen de vacas canuladas. Con este método se separa la proteína en tres fracciones: soluble, potencialmente degradable e indegradable. También puede determinarse la velocidad de degradación de la fracción potencialmente degradable, la degradabilidad efectiva y la cantidad de proteína alimenticia que escapa de la degradación ruminal. La velocidad de degradación es variable con el tipo de alimento, pero esa variabilidad no se ha considerado en el modelo. La digestibilidad intestinal de la fracción indegradable en el rumen se estima utilizando la técnica de bolsas de nylon móviles. Las bolsas se incuban primero en el rumen y luego se introducen en el intestino delgado para recogerse finalmente en heces donde se determina la composición del residuo no digerido.

La cantidad de proteína microbiana sintetizada en el rumen depende de la cantidad de materia orgánica fermentable que se calcula por la diferencia entre la materia orgánica total y la suma de grasa, almidón y proteína indegradables y parte de los productos de fermentación obtenidos en el rumen. La proporción de almidón indegradable se determina de manera similar a la proteína por la técnica de las bolsas de nylon. A partir de todos estos valores se estima, en función de varios supuestos, la cantidad de proteína microbiana sintetizada por kg de materia orgánica fermentable, su composición en aminoácidos y su digestibilidad intestinal.

El tercer componente del cálculo de la proteína total digestible en el intestino es la cantidad de proteína endógena producida que se estima en función del consumo de materia orgánica indigestible y debe sustraerse de las dos fracciones anteriores para obtener el valor DVE.

5.3.- Digestibilidad de aminoácidos

Las tablas proporcionan una estimación del aporte de las materias primas en lisina y metionina digeribles en el intestino. Estos valores se calculan utilizando los tres componentes de la DVE (proteína indegradable alimenticia digerible en el intestino, proteína microbiana sintetizada y proteína endógena). La degradabilidad de la lisina y metionina en el rumen resulta ser comparable a la de la proteína total, por lo que el aporte de lisina y metionina indegradable puede ser calculado a partir de su concentración en el alimento. La contribución de la proteína microbiana se calcula a partir de su composición en aminoácidos. De la misma forma se estiman las pérdidas endógenas de lisina y metionina. Aunque estos valores ya se presentan en las tablas de alimentos del CVB, las Tablas de Nutrición Animal todavía no dan recomendaciones nutritivas de aminoácidos para rumiantes.

5.4.- Valor estructural

Este parámetro se indica en las tablas para cada alimento y expresa su valor para prevenir la incidencia de acidosis ruminal por un déficit de partículas gruesas en el alimento. Este sistema se basa en trabajos realizados en Bélgica. Los valores se calculan utilizando fórmulas basadas tanto en fibra bruta como en FND, cuando la estimación de esta última es fiable. Los valores han sido obtenidos para ganado vacuno lechero utilizando la concentración de grasa en leche como indicador de acidosis. El nivel de fibra a partir del cual se produce una caída del nivel de grasa se define como el 'valor estructural crítico'. La determinación de este valor para diferentes dietas (forrajes y concentrados) permite la estimación del valor estructural. El valor estructural de una dieta debe ser establecido al menos en 1 para prevenir problemas de acidosis. El valor óptimo se recalcula con la frecuencia de suministro del pienso compuesto, la edad y el nivel de producción de leche.

5.5.- Valor de saciedad

Para satisfacer las recomendaciones nutritivas diarias del ganado vacuno es necesario conocer, junto al nivel y composición de la producción de leche, la capacidad de ingestión del animal. La ingestión diaria total de materia seca depende de la capacidad de ingestión "teórica" del animal y del factor saciedad de la ración. La capacidad de ingestión "teórica" depende de la edad del animal, los días en lactación y el número de días de gestación. El valor de saciedad se supone aditivo para los ingredientes habituales y se calcula con una fórmula de regresión en función del contenido en fibra bruta de la materia prima. Este valor se presenta para cada materia prima en las tablas de alimentos del CVB.

5.6.- Forrajes

Las raciones de ganado vacuno incluyen una parte importante de forrajes y/o alimentos húmedos tales como silo de maíz, silo de hierba, gluten de maíz, pulpa de remolacha, etc. El valor nutritivo de estos alimentos no se indica en las tablas de alimentos del CVB, sino en el *Manual para el cálculo del Valor nutritivo de Forrajes para rumiantes*. Los valores nutritivos de los forrajes se calculan con el mismo procedimiento y la mayoría de las veces con las mismas fórmulas utilizadas para los ingredientes de los piensos compuestos. En algunos casos se han desarrollado fórmulas específicas, especialmente para el cálculo del valor de saciedad.

6.- PORCINO

En el caso de las materias primas utilizadas en la formulación de piensos para cerdos se usan 3 sistemas de valoración: el sistema de la energía neta, el sistema de la digestibilidad ileal de aminoácidos y el sistema del fósforo digestible.

6.1.- Energía neta

El valor energético de los alimentos para ganado porcino puede expresarse en diferentes unidades: energía digestible (ED), EM y EN. Cada una de ellas tiene ventajas e inconvenientes, pero, de acuerdo con Noblet y van Milligen (2004), la mejor forma de expresarlo es en EN. Con respecto a la EN, la ED y la EM sobreestiman las materias primas ricas en proteína y/o en fibra, mientras que los alimentos concentrados en almidón o grasa serían subestimados.

Varias tablas, como las del NRC (1998) o las del INRA (Sauvant et al, 2004) proporcionan ecuaciones para el uso de las tres unidades (NRC) o tanto la ED como la EN (INRA). Las tablas de alimentos del CVB sólo dan valores de EN para porcino. Este valor es denominado NEv, y se corresponde con la EN para la deposición de grasa.

El sistema de EN propuesto en las tablas del CVB tiene su origen en el desarrollado en Rostock por Schiemann et al. a finales de los años sesenta del pasado siglo. El sistema no asume que existan diferencias en digestibilidad entre cerdos en crecimiento y cerdas, a diferencia del sistema INRA en el que se asume una mayor digestibilidad en cerdas de los carbohidratos fermentables (Noblet y van Milligen, 2004). Sin embargo, hay sistemas específicos de EN para cerdas gestantes en los Países Bajos que sí lo tienen en cuenta, como los desarrollados por algunas Cooperativas y por el grupo Nutreco, que utilizan resultados de sus propios ensayos de digestibilidad, así como información bibliográfica.

A lo largo del tiempo, y también en la edición de 2004, se han realizado diferentes modificaciones del método NEv. La mayor parte de ellas han estado relacionadas con la evaluación de la fracción hidrocarbonada de las materias primas. En el método original de Rostock los animales que se utilizaron eran cerdos pesados que retenían principalmente grasa, lo que simplificaba la estimación del contenido en EN del alimento. Esto significa que hay una sobreestimación general del valor energético de las materias primas para porcino en las tablas del CVB, ya que la eficacia energética para la retención de proteína es inferior que para la grasa. Sin embargo, el valor relativo de las materias primas no se ve alterado.

El valor energético de los alimentos se expresa en MJ. Para cada alimento también se indica su valor en EW, que es un valor relativo que se calcula dividiendo el contenido en EN, expresado en MJ, por 8,8. El coeficiente 8,8 corresponde al valor energético de un kg de pienso compuesto típico en 1970. Las necesidades energéticas y las concentraciones energéticas del pienso recomendadas en la Tablas de Nutrición Animal del CVB están expresadas en EW.

En general, el cálculo del valor EN puede dividirse en tres pasos sucesivos. El primero es el contenido en los nutrientes que contribuyen al valor energético de la materia prima. El segundo es la digestibilidad de estos nutrientes, fecal o ileal, dependiendo de las características de los nutrientes. Y el tercero, es la fórmula que permite el cálculo de la energía neta a partir del producto de los nutrientes digestibles por coeficientes en los que la relación ED/EM se tiene también en cuenta. Esta relación indica la pérdida de energía por el nitrógeno derivado de la proteína del alimento catabolizada que se excreta a través de la orina, y la pérdida de energía a través de gases como el metano procedentes de la fermentación de los hidratos de carbono.

Los nutrientes que se tienen en cuenta para el cálculo del contenido en EN de los ingredientes de los piensos compuestos son la proteína bruta, la grasa bruta, el almidón, los azúcares y los carbohidratos fermentables. En el caso de los subproductos húmedos, los productos volátiles de la fermentación tales como ácidos orgánicos y/o alcoholes pueden estar presentes en la materia prima. El valor energético de estos componentes se tiene también en cuenta en la fórmula de la EN. Para los ingredientes utilizados en la producción de piensos compuestos la ecuación de cálculo de la EN es:

$$\text{EN} = 10,8 \times \text{PB digestible} + 36,1 \times \text{Grasa digestible} + 13,7 \times \text{Almidón (enzimático)} + \\ + 12,4 \times \text{Azúcares digestibles en intestino delgado} + 9,6 \times (\text{PNA} + \text{Azúcar-fermentable} \\ + \text{Almidón-fermentable})$$

(EN en kJ/kg y nutrientes en g/kg)

Los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes proceden principalmente de ensayos de digestibilidad realizados en los Países Bajos. A partir de los resultados de estos

ensayos se han deducido ecuaciones de regresión para predecir el contenido en nutrientes digestibles de cada materia prima. Cuando la composición química de una partida de alimento se desvía mucho de la composición media asignada en las tablas, la validez de los coeficientes de digestibilidad estimados es menor y, por lo tanto, también lo es la estimación del valor energético. En estos casos, deben utilizarse ecuaciones de regresión para calcular los nutrientes digestibles.

Debido a la variabilidad en las condiciones experimentales (edad de los animales, nivel de alimentación,..) de los ensayos de digestibilidad realizados en distintos países, existen también diferencias en los coeficientes de digestibilidad propuestos en las diferentes Tablas, tal como se muestra en el cuadro 2. Los valores de este cuadro corresponden a cerdos en crecimiento. En el caso de las Tablas del INRA hay otros valores específicos de digestibilidad de la energía, la materia orgánica y la proteína bruta para cerdas adultas.

Cuadro 2.- Comparación de la digestibilidad fecal aparente de la proteína bruta (PB), Grasa bruta (EE) y Materia orgánica (MO) en cerdos en crecimiento según CVB (2004), INRA (Sauvant et al, 2004) y FEDNA^a (2003).

Ingrediente	CVB			INRA			FEDNA
	PB	EE	MO	PB	EE	MO	PB
Trigo	81	20	89	84	24	90	87
Cebada	73	56	83	75	28	84	75
Maíz	75	70	91	81	60	91	75
Guisantes	85	45	92	84	0	90	82
Harina soja 47% PB	92	65	91	90	29	88	85
Harina colza PB<38%	77	41	70	75	31	70	78
Harina girasol FB 20-24%	80	70	56	74	4	62	77
Salvado trigo	66	62	59	65	41	61	73
Corn gluten feed PB<20%	75	64	68	60	35	69	72
Cascarilla soja	31	20	52	41	2	55	35
Pulpa de remolacha	45	40	82	50	0	76	45
Grasa animal	-	89	89	-	85	85	-
Aceite vegetal	-	95	95	-	85	85	-

^a FEDNA sólo da coeficientes de digestibilidad para la proteína bruta

Dado que la EN se calcula a partir del contenido en nutrientes digestibles, las diferencias mostradas en el cuadro 2 implican diferencias en los valores energéticos asignados a los distintos ingredientes (cuadro 3).

Cuadro 3.- Comparación de valores de EN calculados de 12 ingredientes alimenticios de acuerdo con las fórmulas del CVB (2004) e INRA (Sauvant et al., 2004)^a

Ingrediente	CVB kcal/kg MS	INRA kcal/kg MS	Diferencia %	Ranking	
				CVB	INRA
Aceite vegetal	8197	7110	-15	1	1
Grasa animal	7671	7110	-8	2	2
Maíz	3051	3067	1	3	3
Trigo	2796	2892	3	4	4
Guisantes	2690	2685	0	5	5
Cebada	2597	2630	1	6	6
Harina soja 48	2216	2283	3	7	7
Salvado trigo	1793	1722	-4	9	8
Harina colza	1665	1702	2	10	9
Pulpa remolacha	1822	1661	-10	8	10
Harina girasol	1405	1405	0	11	11
Cascarilla soja	1169	1119	-4	12	12

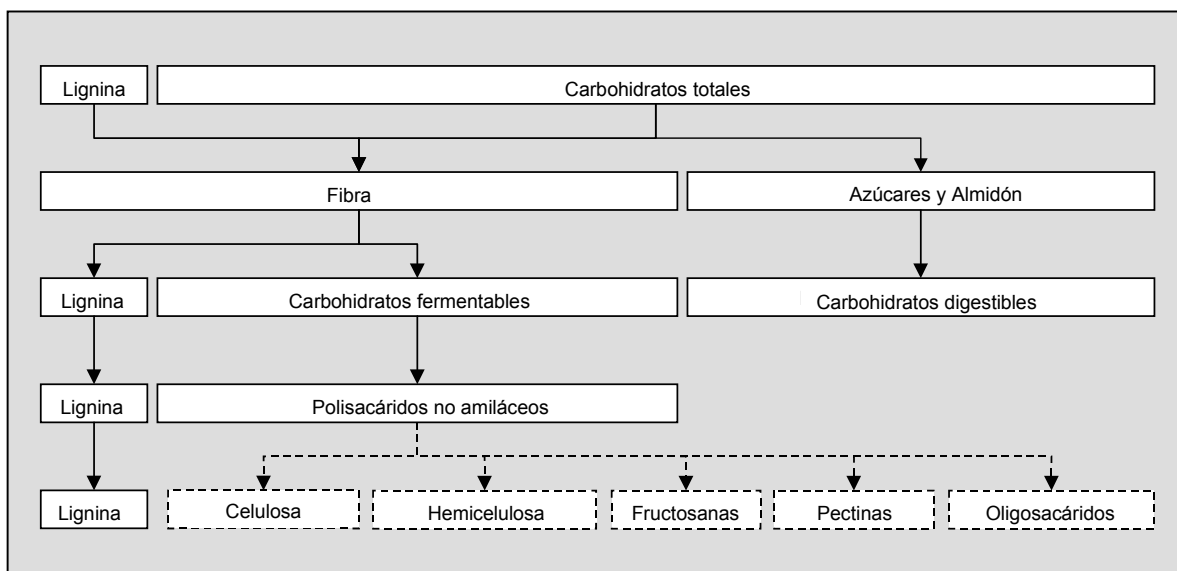
^aCálculos realizados de acuerdo con las fórmulas del CVB (2004) y el INRA (Sauvant et al., 2004) con sus correspondientes valores de digestibilidad. La composición en nutrientes se mantuvo constante.

De los datos de este cuadro se deducen algunas diferencias considerables en los valores de EN entre el método CVB y el método INRA. En el caso de la pulpa de remolacha esto es debido a que el CVB le da un valor energético extra a este producto, tal como se explicará más adelante. En grasas y aceites las diferencias se deben principalmente a diferentes supuestos sobre digestibilidad. Aun así el ranking y el valor relativo de las materias primas en ambos métodos es muy similar, lo que indica que la predicción a partir de los dos sistemas es comparable.

En las Tablas anteriores del CVB, la fracción de carbohidratos fermentables de una materia prima se denominaba OOS (traducida como “resto” de materia orgánica). En la edición del año 2004 esta fracción pasa a denominarse polisacáridos no amiláceos (PNA). En el caso de los ingredientes utilizados en la fabricación de piensos compuestos, el

método de cálculo de esta fracción no ha variado, excepto en el paso de almidón-Ewers a almidón-enzimático. La fracción PNA consiste de materia orgánica de la que se ha excluido la proteína, la grasa, el almidón digestible en el íleon y el azúcar degradable enzimáticamente. Aunque la lignina no es un polisacárido en las Tablas del CVB se incluye en la fracción PNA. En la figura 1 se muestra un esquema de la composición química de la fracción hidrocarbonada del alimento.

Figura 1.- Representación esquemática de la fracción hidrocarbonada del alimento



La digestibilidad ileal del almidón se asume igual al 100%, incluso aunque se sabe que en animales jóvenes (e.g. lechones hasta 20 kg) esta digestión puede ser incompleta (Shi y Noblet, 1994). La única excepción es el almidón de patata cruda que se supone enzimáticamente indigestible y, por tanto, forma parte de la fracción PNA (en la fórmula almidón-f).

Los azúcares, de acuerdo con el método descrito en las tablas, se miden en equivalentes de glucosa. Sin embargo, cuando se hidrolizan los azúcares tienden a hidratarse lo que conduce a una sobreestimación de su contenido en el alimento. Para compensar esta sobreestimación, se aplica un factor de corrección (cf_{di}) a cada materia prima. Este factor se determina en función del contenido en azúcares de la materia prima y varía entre 0,95 y 1.

El coeficiente energético del contenido en azúcares en la ecuación de predicción de la EN depende de que sea digerido enzimáticamente (sugar-e) o fermentado (sugar-f). En las tablas se indica para cada materia prima qué parte del azúcar se digiere por cada vía mediante el cociente entre el azúcar enzimático y el azúcar total (SUI_e/SUI). En ediciones anteriores este cociente se denominaba digestibilidad ileal del azúcar. La relación se ha

calculado sobre la base de la composición de los azúcares de la materia prima (en glucosa, sacarosa, maltosa y lactosa).

La explicación anterior implica que los hidratos de carbono fermentables totales de una materia prima consisten en PNA, almidón fermentable y azúcares fermentables. En base a trabajos bibliográficos, se ha estimado que la utilización energética de esta fracción es de un 70% de la del almidón digestible enzimáticamente. El valor es inferior como consecuencia de la menor eficacia metabólica de los productos de la fermentación (ácidos grasos volátiles), las pérdidas energéticas en forma de gases (metano) y el calor de fermentación.

Sobre la base de varios trabajos realizados en los Países Bajos con pulpa de remolacha, se concluyó que su inclusión en la dieta de cerdos conduce a una menor actividad física de los animales y, por consiguiente, a unos menores gastos energéticos de mantenimiento. Para tener en cuenta este efecto, el valor energético neto de la pulpa de remolacha se incrementó, multiplicando la fracción de PNA fermentables por un coeficiente superior al de otras materias primas. La razón de este efecto positivo no está todavía clara, aunque parece depender de la composición de la fracción fibrosa. Así, Rijnen (2003) encontró que el efecto positivo de la pulpa de remolacha sobre los gastos de mantenimiento no se observaba cuando cerdos en crecimiento eran alimentados con harina de coco extraída con solventes o con cascarilla de soja. Más recientemente, tampoco se encontró efecto favorable del suministro de fibra de patata, cascarilla de guisante, salvado de maíz y pulpa de achicoria (Rijnen, comunicación personal). Esta es la razón por la que sólo los subproductos de remolacha azucarera tienen la corrección positiva en las tablas del CVB.

Las tablas del CVB también contienen información sobre el valor nutritivo de subproductos húmedos, tales como almidón de trigo líquido, peladuras de patata, suero líquido y micelio. Debido a la naturaleza de estos alimentos y a sus procesos de obtención, estos ingredientes suelen contener niveles apreciables de ácidos orgánicos y alcoholes. El contenido energético de estos productos de fermentación se tiene también en cuenta en la ecuación de cálculo de la EN. Como consecuencia de la actividad enzimática existente en estos ingredientes, el almidón puede encontrarse parcialmente degradado. Dependiendo de la longitud de la cadena de los productos de degradación, éstos no se incluyen analíticamente dentro del contenido en almidón. Esto significa que su valor energético va a estar subestimado. Modificando el método de análisis, puede también estimarse la fracción de almidón parcialmente degradado, denominada GOS (glucose-oligosaccharides).

6.2.- Proteína

El valor proteico de las materias primas para ganado porcino se expresa por su contenido en aminoácidos aparentemente digestibles en el íleon. Para cada ingrediente se

presenta el perfil de aminoácidos, que se supone constante aunque el contenido en proteína del alimento varíe con respecto a la media. Cuando éste no es el caso, el alimento se clasifica por calidad. A partir del perfil en aminoácidos y el contenido en proteína se calcula la concentración en aminoácidos brutos del alimento. La proteína y aminoácidos que alcanzan el ciego y el intestino grueso pueden ser fermentados por la flora intestinal, pero no resultan disponibles para el animal. Por esta razón, la digestibilidad de la proteína y de los aminoácidos se determina a nivel ileal mediante el uso de animales canulados en íleon terminal.

El flujo de proteína al final del íleon contiene tanto proteína alimenticia no digerida como proteína endógena que incluye principalmente mucus, enzimas digestivas, células intestinales y proteína bacteriana. Si no se hace una diferenciación entre los diferentes componentes, la digestibilidad se denomina aparente. Las pérdidas endógenas pueden dividirse en una fracción relacionada con la cantidad de alimento que pasa a través del intestino delgado, que no depende de la composición de la dieta y se denomina proteína endógena basal, y de otra fracción relacionada con la composición del alimento, como por ejemplo el nivel y el tipo de fibra o la presencia de factores antinutritivos. Las pérdidas incluidas en esta segunda fracción se denominan pérdidas de proteína endógenas específicas. Si se descuenta el flujo de ambas fracciones del flujo ileal total se obtiene el contenido en aminoácidos digeribles verdaderos del alimento.

Sin embargo, como el efecto de determinados componentes del alimento, como los factores antinutritivos, sobre las pérdidas endógenas específicas no puede predecirse con precisión, en este momento no se proponen ecuaciones de estimación ni valores de digestibilidad verdadera de aminoácidos de las materias primas. Las pérdidas endógenas basales, que están relacionadas con el flujo de alimento, pueden determinarse por varios métodos, como el suministro de dietas libres de proteína, la extrapolación, o el suministro de nitrógeno marcado (Hodgkinson y Moughan, 2000). Todos estos métodos dan lugar a diferentes predicciones de la composición en aminoácidos de la proteína endógena basal. En base a una revisión bibliográfica, el CVB ha realizado una estimación de la composición de la proteína endógena basal que sale del íleon. Con este perfil y los resultados de ensayos de digestibilidad realizados en los países Bajos y en otros países, se calcula la digestibilidad estandarizada de aminoácidos de cada materia prima. Para corregir por las diferencias en el contenido en proteína de cada materia prima estudiada en distintos ensayos, los coeficientes de digestibilidad de cada ensayo se han recalculado a digestibilidad ileal estandarizada.

Hasta el momento, la industria de piensos está acostumbrada a trabajar con valores digeribles, como la digestibilidad ileal aparente que aparece en las tablas, que se calcula a partir de la digestibilidad ileal estandarizada de los ensayos y la composición química media de cada alimento. Hay dos formas de calcular el nivel de aminoácidos digeribles aparentes de cada materia prima. La primera es usar el coeficiente de digestibilidad

asignado a cada ingrediente, de forma que cambios en el contenido proteico de cada partida se corrijan paralela y automáticamente. La segunda es deducirlos a partir de los coeficientes de digestibilidad estandarizada y las pérdidas endógenas basales. Si se hace el cambio desde digestibilidad aparente a estandarizada, también deben modificarse los niveles mínimos de aminoácidos en las fórmulas de los piensos para asegurar que el aporte de aminoácidos continúa siendo óptimo. Otras tablas como FEDNA, INRA o el NRC expresan también el contenido en aminoácidos tanto en unidades de digestibilidad ileal aparente como verdadera.

Dado que las pérdidas basales endógenas se deben a un efecto del paso de alimento, las materias primas que no contienen proteína (e.g. aceites, grasas, minerales) tienen también una influencia sobre la excreción de proteína endógena. Por esta razón, el CVB asigna un valor negativo de digestibilidad ileal de aminoácidos a estos ingredientes.

6.3.- Fósforo

La disponibilidad del fósforo depende de las características de cada materia prima. En ingredientes de origen vegetal, una elevada proporción del fósforo se encuentra ligado al ácido fítico. Como los cerdos carecen de la enzima necesaria para romper este enlace, la disponibilidad del fósforo vegetal es muy baja (del orden de un 30% como media).

Los coeficientes de digestibilidad del fósforo que se presentan en las tablas están basados en ensayos de digestibilidad realizados con fuentes vegetales, animales e inorgánicas (fosfatos). Las tablas también proporcionan información sobre la cantidad de fósforo unido a inositol-fosfato. Cuando se añade fitasa de origen microbiano al pienso, este valor se usa en programación lineal para asegurar que no se suministra una dosis excesiva de fitasas con respecto a la cantidad de sustrato (fósforo unido a inositol) presente en la dieta.

Algunas materias primas (trigo, cebada, triticale, centeno y sus subproductos) contienen una cierta cantidad de fitasas naturales (o endógenas). Sin embargo, la actividad de estas fitasas se destruye con el tratamiento térmico del pienso durante la granulación. Por esta razón, la digestibilidad del fósforo asignada en las tablas a estas materias primas corresponde al supuesto de que no tuviesen actividad fitásica alguna. En una nota a pie de página se indica la digestibilidad del fósforo para cada ingrediente en el caso de que no fuese tratado térmicamente.

7.- AVES

Al igual que en cerdos, el método de evaluación de alimentos del CVB incluye tres apartados: el sistema de EM, la valoración proteica y el sistema del fósforo digestible. En

el caso del sistema energético se hace distinción entre aves adultas (gallinas ponedoras y gallos) y aves jóvenes (pollos en crecimiento). Los otros dos sistemas se aplican a todos los animales independientemente de su edad.

7.1.- Energía metabolizable

El contenido en EM de las materias primas se calcula a partir de su composición química, multiplicando el contenido en nutrientes por su coeficiente de digestibilidad y por un factor que expresa la eficacia de conversión de la ED en EM. Los nutrientes considerados en la ecuación son proteína, grasa y 'resto' de carbohidratos. Se supone que la contribución energética de la fibra bruta es nula, al no poder ser digerida ni fermentada por las aves.

La fracción indigerida de las materias primas no se corrige por pérdidas endógenas, por lo que la unidad de valoración es EM aparente. El valor calculado se corrige a balance de nitrógeno cero para hacer posible la comparación entre aves de diferentes niveles productivos.

El valor energético para gallos adultos en las tablas del CVB se denomina OEpl, el de gallinas ponedoras OElh y el de broilers OEslk. El valor OEpl puede también utilizarse en otros tipos de aves, como pavos y patos.

La fórmula general para calcular el valor OEpl es:

$$\text{OEpl} = 18,03 \times \text{proteína bruta digestible} + 38,83 \times \text{grasa bruta digestible} + 17,32 \times \text{resto-carbohidratos digestibles}$$

(OE se expresa en kJ/kg y los nutrientes en g/kg)

Para aves adultas, los coeficientes de digestibilidad se obtienen de ensayos de digestibilidad realizados con gallos adultos y se emplean en el cálculo del valor energético tanto para gallos como para gallinas ponedoras. El CVB ha desarrollado un protocolo para hacer posible la combinación de los resultados de distintos ensayos y derivar los valores de las tablas. La mayoría de los resultados proceden de pruebas realizadas en los Países Bajos, pero también se han usado datos bibliográficos.

Junto con la fórmula general, el CVB ha estimado ecuaciones de regresión específicas para grupos de ingredientes en función del análisis Weende. De acuerdo con el CVB, ésta debería ser la forma preferida de cálculo del contenido energético. Sin embargo, los valores obtenidos por ambos sistemas no deberían diferir excesivamente. Debe tenerse cuidado al aplicar las ecuaciones porque en la fórmula general la concentración de nutrientes se expresa sobre producto tal cual, mientras que en las ecuaciones específicas tanto los contenidos en nutrientes como en energía se expresan sobre materia seca.

En contraste con los sistemas para rumiantes y cerdos, los valores de EM de las grasas y aceites para aves se calculan en función de los contenidos en C16:0 y C18:0 y del índice de yodo.

La estimación del valor energético para gallinas ponedoras se basa en los mismos supuestos y se hace de forma similar al de los gallos. La única diferencia es que, sobre la base de la información obtenida, la eficacia de utilización de la energía de la grasa es mayor en ponedoras que en gallos. Por e llo, el coeficiente energético de la grasa bruta en la ecuación se ajusta con un factor de 1,5.

En el caso de pollos, se usa un valor energético específico, ya que se ha demostrado que la digestibilidad de la grasa (y en menor grado la de otros ingredientes) es menor en animales jóvenes que en adultos. En la última edición de las tablas se han actualizado numerosos valores de digestibilidad para un gran número de materias primas, en base a ensayos recientes realizados con pollos en crecimiento. Al igual que en el caso de aves adultas, la EM de un ingrediente para pollos puede calcularse utilizando una fórmula general en función de la suma de las contribuciones de la proteína, grasa y resto de carbohidratos, o fórmulas específicas para cada materia prima. También se ha desarrollado una ecuación de predicción de la EM de grasas y aceites en base a su contenido en C16:0 y C18:0 (pero no de su índice de yodo). Con respecto a la fórmula para gallos adultos, la ecuación para broilers tiene un coeficiente energético menor para la proteína (15,56 en lugar de 18,03). Las razones para esta diferencia no están claras, pero se ha confirmado en recientes estudios de investigación.

Por otra parte, se está trabajando en la actualidad en el desarrollo de un método de EN para aves en la Universidad de Wageningen y otros centros de investigación con apoyo del CVB. El método se basa en la capacidad de síntesis de ATP de los distintos nutrientes y se espera que próximamente sustituya al método actual de EM.

7.2.- Proteína

Tal como se mencionó en la introducción el perfil de aminoácidos de la proteína se supone constante para cada materia prima. Este supuesto difiere del método propuesto por el NRC (1994) que estima el contenido en aminoácidos a partir de ecuaciones que tienen en cuenta el contenido en proteína, humedad, grasa, fibra y/o cenizas.

Los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos propuestos en las tablas proceden de ensayos de digestibilidad fecal publicados en la literatura. Cuando no existe información fiable, la digestibilidad de los aminoácidos se supone igual a la de la proteína total. Aunque las tablas dan información sobre las pérdidas de proteína endógenas, la digestibilidad de los aminoácidos se expresa en unidades aparentes. En cambio, tanto el INRA como FEDNA utilizan valores de digestibilidad verdadera.

Al igual que en ganado porcino, los ingredientes que no contienen proteína tienen valores negativos de aminoácidos digeribles en heces, debido a las pérdidas de proteína endógena. El nivel de cada aminoácido procede de la composición de la fracción de proteína endógena, que se denomina proteína metabólica fecal. Los aminoácidos sintéticos se supone que son completamente digeribles, pero incluyen un valor negativo para los aminoácidos no presentes en el producto para tener en cuenta las pérdidas endógenas.

7.3.- Fósforo

El sistema utilizado para valorar el fósforo en las materias primas se basa en la determinación de su digestibilidad intestinal. El sistema se basa en trabajos realizados íntegramente en los Países Bajos, en los que los animales se alimentaban con dietas en las que el fósforo procedía del ingrediente estudiado, de forma que el fósforo de las heces procedía de la fracción no digerida junto con una pequeña cantidad de fósforo endógeno. Se consideró que no se producían pérdidas en la orina. Posteriormente se comprobó que la utilización del fósforo dependía también del contenido total de calcio y fósforo en la dieta, por lo que se hicieron las correcciones pertinentes para que los valores pudieran ser extrapolados a piensos utilizados en la práctica. Los ensayos fueron realizados con pollos, pero los resultados se han supuesto aplicables a otros tipos de aves (van der Klis y Blok, 1997).

El método propuesto por el CVB difiere del sistema INRA, ya que este último está basado en la comparación de la disponibilidad del fósforo en la materia prima con respecto a otra materia prima de referencia. La disponibilidad se mide por la retención de fósforo en el tejido óseo. Esto implica que el valor asignado no está relacionado con los procesos digestivos. En las tablas FEDNA se presentan ambos tipos de valores. En el cuadro 4 se muestran los coeficientes de digestibilidad y disponibilidad del fósforo, así como la relación fósforo-inositol/fósforo-total para algunas materias primas utilizadas habitualmente en piensos de aves.

En general, los valores de digestibilidad del fósforo son superiores a su disponibilidad. Al igual que en la comparación de valores energéticos, esto implica que es importante ajustar las necesidades de fósforo a cada sistema. Cuando no hay datos disponibles de ensayos de digestibilidad, la digestibilidad del fósforo en las tablas CVB se estima a partir de valores obtenidos en materias primas similares. Al igual que en el caso del sistema de fósforo digerible para porcino, en el caso de aves tampoco se tiene en cuenta la posible contribución de las fitasas endógenas sobre la disponibilidad del fósforo en algunos cereales y subproductos de cereales debido a su inactivación por el tratamiento térmico, pero en una nota a pie de página se indica cuáles serían los valores de digestibilidad del fósforo en el caso de que el ingrediente no estuviera tratado.

Cuadro 4. Comparación de coeficientes de digestibilidad y disponibilidad del fósforo y de las relaciones IP/P en materias primas obtenidos del CVB (2004) e INRA (Sauvant et al., 2004)

Materias primas	CVB (2004)		Sauvant et al. (2004)	
	Digestibilidad P	IP/P	Disponibilidad P	IP/P
Maíz	30	65	24	75
Trigo (sin actividad fitásica endógena)	38	65	-	-
Trigo (con actividad fitásica endógena)	48	65	58	65
Salvado de trigo			-	80
Harina de soja FB < 5%	42	65	22	60
Guisantes	42	55	26	45
Harina de girasol FB>24%	27	80	17	85

8.- REFERENCIAS

- CVB (2004) *Veevoedertabel (Livestock feed table)*. Centraal Veevoeder Bureau, Lelystad, The Netherlands.
- FEDNA (2003) *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (2ª ed)*. C. de Blas, G.G. Mateos y P.G. Rebollar (eds.), Madrid, 423 pp.
- HODGKINSON S.M. y P.J. MOUGHAN (2000) Amino acids – The collection of ileal digesta and characterisation of the endogenous component. En *Feed evaluation, principles and practice*. P.J. Moughan, M.W.A. Verstegen y M.I. Visser-Reyneveld (eds). Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands. pp:105–132.
- JAARVERSLAG P.D.V. (2003) *Annual report PDV*, 103 pp.
- NRC (1994) *Nutrient requirements of poultry (Ninth revised edition)*. National Academy Press, Washington DC, USA.
- NRC (1998) *Nutrient requirements of swine (Tenth revised edition)*. National Academy Press, Washington DC, USA.
- RIJNEN M.M.J.A. (2003) *Energetic utilisation of dietary fiber in pigs*. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 160 pp.
- SAUVANT D., J.M. PEREZ y G. TRAN (2004) *Tables of composition and nutritional value of feed materials*. INRA Editions, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. 304 pp.
- SHI, X.S. y J. NOBLET (1994) *Livestock Production Science* **38**: 225-235.
- VAN DER KLIS J.D. y M.C. BLOK (1997) Definitief systeem opneembaar fosfor pluimvee. *CVB-documentatie rapport nr. 20*.