



CONCENTRADOS Y SUBPRODUCTOS PARA LA ALIMENTACION DE RUMIANTES

Ing. Miriam GALLARDO
INTA Rafaela
mgallardo@rafaela.inta.gov.ar

1. EL GRANO DE MAÍZ Y SUS POSIBLES REEMPLAZOS

El grano de maíz es el concentrado energético por excelencia para la producción animal. La avicultura, la producción de cerdos y la de ganado bovino de carne y leche se sostienen en gran medida con este cereal.

Sin embargo, cada vez más los mercados internacionales exigen que se profundice el destino del maíz para el consumo humano y últimamente se busca diversificar su industrialización para otros usos, básicamente para biocombustible (etanol a partir del almidón).

En este contexto, para la producción ganadera en general y para la lechera en particular, se vuelve perentoria la necesidad de encontrar alternativas para reemplazarlo, al menos en parte, por otras fuentes de energía con características nutricionales semejantes.

Aquí, un repaso del valor de cada una de estas alternativas, desde las más típicas hasta las novedades, recordando que cualquier reemplazo afecta el equilibrio de las dietas y por lo tanto resulta indispensable el asesoramiento profesional para decidirlos.

EL TÍPICO SORGO.

En muchas regiones el **sorgo** es el típico grano con el que se reemplaza al maíz, aunque no siempre con un criterio nutricional. Las características alimenticias del sorgo son en extremo variables y en muy pocas ocasiones productivas este cultivo puede sustituir al maíz en una relación directa (1 a 1). De acuerdo a la bibliografía internacional, para vacas lecheras de alta producción el grano de sorgo molido como principal suplemento energético (suministrado a niveles mayores de 5-6 kg MS/animal/día) es aproximadamente un 25% inferior al maíz.

En condiciones de pastoreo, los experimentos realizados en la década del '90 en el INTA Rafaela, indicaron que por cada kilogramo de materia seca (MS) de grano de maíz que recibieron las vacas pastoreando alfalfa, la respuesta fue en promedio de 0.900 litros de leche, mientras que con sorgo, en iguales condiciones, la respuesta en leche no alcanzó a 0.700 litros de leche/kg MS de grano suministrada.

Si para comparar se toma, por ejemplo, la relación entre los litros de leche obtenidos por cada unidad de energía aportada por estos cereales (litros leche /Mcal de EM) el sorgo tendría un respuesta equivalente al 65% de la del maíz. La producción media de las vacas de estos ensayos fue superior a 25 litros/vaca/día.

Son varios los aspectos nutricionales que diferencian al grano de sorgo del grano de maíz: la calidad del almidón (de menor digestibilidad ruminal y duodenal, debido a la presencia de una matriz proteica que actúa como una barrera a los microbios del rumen), la concentración de taninos condensados en su cubierta externa (factor que interfiere en la digestión de la proteínas) y su baja concentración de aceites esenciales.

Para la alimentación de terneros estas diferencias son importantes, razón por la cual se recomienda incluir el sorgo molido en pequeñas dosis.

Diferente es el caso del ganado de carne, donde en novillos con tasas intermedias de ganancia de peso vivo (0.5 a 0.7 kg/animal/día) se han reportado menores diferencias en las eficiencias de conversión respecto a maíz (10 a 15%). No obstante, las respuestas para engorde son muy variables dependiendo del genotipo de sorgo que se utilice.

El procesamiento de los granos es también un aspecto relacionado al valor nutritivo. Para vacas lecheras es necesario siempre moler estos granos para un mejor aprovechamiento. En el caso del sorgo, el grado de molienda debe ser aún mayor, por las características del grano antes mencionadas.

Sin embargo, los modernos procesamientos industriales (por ejemplo el "extrusado") pueden mejorar significativamente su valor nutricional y en este caso las diferencias en calidad con respecto al maíz pueden disminuir significativamente.



CEREALES DE INVIERNO

Los granos de **cebada, trigo y avena** también se utilizan como potenciales concentrados energéticos para reemplazar al maíz. El grado de uso de estos cereales para la alimentación animal depende en gran medida de los precios comparativos y/o de las disponibilidades coyunturales en el mercado. Para el caso de trigo y cebada, los valores energéticos son tan altos como los del maíz, incluso con mejores niveles de proteínas (12-14 % versus 8 a 9 %) pero deben utilizarse con mucha precaución, evitando cantidades muy elevadas en un mismo suministro debido a las características fermentativas de sus almidones (muy degradables en rumen), que pueden provocar acidosis ruminal clínica o sub-clínica. Para vacas lecheras, si los niveles de suplementación energética requeridos son elevados (entre 6 a 8 kg de MS/vaca/día) se recomienda que estos granos se combinen con una proporción (20-25%) de maíz o sorgo (almidones más "duros"), que además se suministren procesados convenientemente (aplastados o quebrados en lugar de molidos) y que se practique siempre acostumbamiento previo (incremento gradual en las cantidades).

Como alternativa, los granos de "barrido" o descartes de los molinos o de las cervecerías pueden ser recursos muy interesantes. Se recomienda siempre en estos casos verificar su calidad mediante análisis previos de las partidas. Estos "descartes" suelen ser muy variables en valor nutritivo, además del grado potencial de contaminación que tienen con materiales extraños: tierra, semilla de malezas, hongos, etc.

La avena es otro recurso que puede ser utilizado convenientemente. Tiene un valor energético inferior a los cereales clásicos, en virtud de la presencia de las glumas que recubren la semilla. Estas estructuras son ricas en fibra lignificada que "diluyen" el valor energético del grano. Como ventaja, la avena puede suministrarse sin procesamiento previo (entera) ya que los animales la mastican y rumian muy bien.

La relación de sustitución de maíz por avena dependerá de la composición de la dieta, principalmente de los niveles de fibra. Cuanto más fibrosa sea la base forrajera menos avena y más grano tipo maíz o sorgo habrá que incluir para balancear la energía.

LOS SUBPRODUCTOS.

Los subproductos de la agroindustria son recursos alternativos que pueden ser usados para reempla-

zar una parte del maíz. A diferencia de los concentrados proteicos, el abanico de posibilidades de los subproductos "netamente" energéticos no es muy amplio ya que la gran mayoría resultan en combinaciones relativas de energía y proteínas. A continuación se realizan algunos comentarios de los más promisorios.

Afrechillo de trigo

Desde el punto de vista nutricional el **afrechillo de trigo** puede definirse como un alimento de tipo energético-proteico, con valores intermedios tanto de energía como proteínas. Puesto que es un subproducto de la extracción de harina (almidón) el residuo que le confiere el valor energético deriva fundamentalmente de la "fibra" de la cubierta de los granos. Por lo tanto, se trata de una fuente de energía de menor digestibilidad y "metabolicidad" que la del almidón.

El valor energético del afrechillo de trigo, tomando como referencia los valores promedio de tabla, es sólo un 22% inferior al grano de maíz. Sin embargo, los afrechillos de trigo evaluados en ensayos biológicos de respuesta animal han demostrado poseer un valor energético todavía más bajo.

En los trabajos realizados en el INTA Rafaela, el afrechillo de trigo como suplemento energético para pasturas de alfalfa fresca, generó respuestas productivas promedio del orden de 0,600 litros de leche/kg suministrado (como dijimos antes, las del grano de maíz fueron de 0.900 litros de leche/kg suministrado y de 0,700 litros/kg las del sorgo) Por lo tanto, el afrechillo de trigo representaría solamente el 40% del potencial que tiene el grano de maíz como concentrado energético para vacas lecheras

La Cascarilla de soja

La **cascarilla de soja** es un subproducto que hasta hace muy poco no se conocía en Argentina. Con el auge del cultivo para exportación, el poroto ha comenzado a "decascarillarse" con el objetivo de producir un expeller (harina proteica) de mayor calidad y competitividad.

Este recurso posee un buen valor nutricional derivado de su alto contenido de fibra de elevada digestibilidad ruminal. Por estas características puede ser empleado como fuente de fibra "fermentecible" (energía) y para reducir el impacto de los carbohidratos no estructurales en las dietas con mucho grano.



Para vacas lecheras o novillos en terminación, la cascarilla de soja permite remplazar tanto a los granos clásicos como a los silajes "energéticos" de planta entera (maíces/sorgos). Además, posee niveles de proteína muy aceptables (14-16% PB).

Las investigaciones nacionales e internacionales sugieren que la cascarilla de soja de buena calidad (limpia, libre de materiales extraños) puede reemplazar hasta un 30% al grano de maíz y hasta un 25% al forraje proveniente de silaje de maíz, siempre y cuando la disponibilidad de la fibra efectiva (fibra larga, para estimular la rumia) permanezca en niveles aceptables (al menos 1 kg de MS/animal/día).

Antes de adquirir este insumo se recomienda tomar muestras y analizar en el laboratorio las partidas, ya que como todo subproducto puede ser muy variable en su calidad y grado de contaminación.

Hominy Feed (sémola de maíz)

Este recurso alimenticio se obtiene de la molienda del maíz seco durante el proceso industrial de desgrasado del germen. A diferencia de USA, en Argentina este subproducto no es muy popular pero puede llegar a serlo en la medida que la producción de etanol se incrementa. Tiene un aspecto semejante al maíz finamente molido, posee alto valor nutricional (1.88 Mcal de ENI/kg MS; 20-22% FDN; 10-12 % PB y 5-6% de lípidos) y es muy palatable. Para ganado de leche y carne puede reemplazar al maíz en una proporción elevada (70-80%) sin embargo, se debe tener precaución en su conservación porque posee aceites insaturados que se enrancian fácilmente.

Subproductos destilería

Estos residuos pueden ser utilizados como fuente de energía y poseen también buenos niveles de proteínas. A diferencia del grano entero de maíz la energía proviene principalmente de la fibra de las cubiertas y de los restos de almidón que poseen. Como los granos han sido sometidos a una fermentación previa en el proceso industrial, la digestibilidad de estos ingredientes es muy elevada al igual que su tasa de fermentación ruminal.

Gluten: es la sustancia, seca (90%MS) ó húmeda (23-25%MS), remanente de la extracción del almidón y del jarabe de maíz. Se comercializan dos tipos: gluten feed y gluten meal, con contenidos de proteínas muy diferentes, de 21-23 y 57-62% respectivamente. El gluten feed posee una concentración interesante de energía metabolizable (mayor a

2.95 Mcal EM /kg MS) y es el más idóneo para reemplazar al maíz.

La **malta** húmeda o hez de malta es el bagazo remanente de la elaboración de la cerveza. Sus ingredientes principales son cebada malteada, sémola de maíz y/o arroz quebrado. Se caracteriza por poseer un buen valor energético (mayor a 2.8 Mcal EM/kg de MS) y buen contenido de proteínas (más de 20% PB). Sin embargo, es muy húmeda, contenidos de agua mayores a 75 %, que diluyen su valor nutricional.

Granos de destilería (DDG)

Los **residuos de la destilería** de cereales, conocidos en la bibliografía internacional con la sigla **DDG** no son nuevos ya que tienen más de 100 años de uso en la alimentación del ganado, lo que es nuevo es que actualmente las plantas industriales que producen etanol a partir de maíz dejan estos residuos disponibles.

Los granos de destilería actuales, comparativos a los pasados contienen más proteínas y energía. Su concentración energética no es inferior a 3.0 Mcal EM/Kg, con niveles altos de proteína (28 a 36%). Pueden comercializarse con o sin solubles, los DDG con solubles (DDGS) poseen algo más de energía metabólica y son los más recomendables para reemplazar al maíz. Los niveles de reemplazo son similares a los gluten feed y con pautas semejantes de uso.

En tal sentido, para vacas de alta producción y vaquillonas se pueden obtener muy buenos resultados de reemplazo, observando ciertas precauciones cuando estos materiales se suministran como tal, o sea con alto contenido de humedad.

Sobre dietas secas y con adecuada FDNef los reemplazos pueden ser de hasta un 70%, siempre que no se supere el 20-22% de la MS total de la dieta. Pero con dietas más húmedas, con más concentrados y escasa fibra efectiva por ejemplo, cuando hay demasiado silaje de maíz de bajo % MS o con mucho grano, pastos muy tiernos, baja relación forraje a concentrado, los reemplazos deben ser menores porque los riesgos de acidosis ruminal y posteriores disturbios (abscesos hepáticos, laminitis, etc.) pueden aumentar significativamente. Los riesgos son mayores con gluten feed y malta que con DDGS.



Todas estas alternativas no son recomendables para terneros de menos de 6 meses de edad ya que su aparato digestivo no está totalmente desarrollado para fermentar estos productos.

Además cuando se adquieren húmedos, por su riqueza en nutrientes solubles, se deben tomar las precauciones del caso para el almacenamiento. No son productos que pueden permanecer a la intemperie muchos días sin deteriorarse, 3 a 4 días como máximo, dependiendo del clima.

Subproducto de biodiesel: Glicerol

El **glicerol** (glicerina cruda con aproximadamente 80% de glicerol) es un alcohol-azúcar derivado de la fabricación de biodiesel a partir de semillas oleaginosas (soja, colza). Una vez refinado, el glicerol tiene varios usos industriales (en farmacéutica, por ejemplo) pero también se puede utilizar para alimentar al ganado. Es un líquido incoloro, espeso y ligeramente dulce.

En la década del '90 los nutricionistas pusieron interés en el glicerol como un potencial suplemento energético (precursor glucogénico), principalmente para vacas en transición a la lactancia, con el objetivo de prevenir cetosis. La hipótesis de base era que el glicerol absorbido en el tracto gastrointestinal (TGI) puede convertirse rápidamente a glucosa en el hígado. Sin embargo las investigaciones recientes han demostrado que el glicerol que se administra con la dieta tiene baja tasa de absorción neta en el TGI y que gran parte se fermenta en rumen, lo que perdería sus ventajas para este tipo de vacas.

No obstante, las evaluaciones más recientes (2005-2006) realizadas en USA sugieren que el glicerol puede ser utilizado en las dietas de vacas en lactancia, como un ingrediente que puede reemplazar al grano de maíz hasta un nivel de 15% de la MS total consumida, sin efectos negativos en el desempeño animal. En estos estudios se encontró asimismo que a medida que se incrementa el nivel de glicerol en la dieta (de 0% a 15% de la MS total) disminuye la concentración de urea en leche y aumenta el peso vivo de los animales. Estos resultados indicarían que el glicerol efectivamente posee una tasa de fermentación ruminal mayor que el grano seco y molido de maíz.

La forma más práctica de suministrarlo es con otros ingredientes de la dieta (silaje, heno, etc.), preferentemente en mezclas con mixer. Un litro de glicerol grado técnico (libre de impurezas) equivale a 1250g.

Suero y permeado de suero

El **suero de leche** es un subproducto de la industria lechera que, comercializado en forma fresca, posee muy elevados niveles de agua (entre 97 y 98%) Los niveles proteicos son medios (10- 12% PB) pero contiene una gran cantidad de lactosa (azúcar de la leche), lo que lo hace interesante como fuente de energía. Se lo utiliza normalmente en la alimentación de las categorías jóvenes del tambo (cría y recria) y en tambos que se encuentran en inmediaciones de las plantas queseras. Por cuestiones operativas en general, los accesos al suero suelen ser ad libitum. Sin embargo, como es muy palatable y los animales lo beben con avidez, se sugiere utilizar con acostumbamiento previo y siempre balanceando las dietas con proteínas y fibra, principalmente fibra larga efectiva (FDNef), para evitar alteraciones digestivas (acidosis).

El **permeado** en cambio es un subproducto de la extracción de las proteínas del suero de queso y se procesa en muy pocas plantas a nivel mundial (Argentina posee algunas). Resulta un producto líquido, de color verde amarillento, de pH 5,6 – 6,5 y con un contenido aproximado de 18 % de sólidos, compuesto de 16 % de lactosa, 0,60 % de proteína, 0,20 % de grasa; 1,20 % de cenizas y 0,36 % de ácido láctico. Por lo tanto, es esencialmente un alimento energético (aproximadamente 3.4 Mcal EM/kg MS). Como es un alimento más concentrado en lactosa hay que observar mayor cuidado en el suministro, evitando el acceso ad libitum y practicando un estricto acostumbamiento previo, por los riesgos de acidosis. Como alimento energético, las evaluaciones realizadas en el INTA Rafaela indican que puede reemplazar al grano de maíz en las dietas de vacas lecheras en pastoreo de alfalfa, hasta un nivel equivalente a 3,6 kg de MS/vaca/día (20 litros de permeado/vaca/día). Al igual que con el suero, las dietas con permeado tienen que ajustarse por proteínas y jamás debe faltar una buena fuente de FDNef (heno largo o subproductos fibrosos). Además, como es un ingrediente muy rico en minerales, hay que tener precaución en vacas pre-parto, limitando el suministro a menos de 10-12 litros/vaca/día. Para otras categorías de ganado lechero (terneros, vaquillonas y novillos) es perfectamente recomendable, siguiendo las pautas de manejo antes mencionadas. Con este tipo de alimentos se deben evitar siempre los cambios bruscos de alimentación, lo ideal es que integren las dietas rutinariamente. Su composición química y la calidad energética, pueden variar de industria a industria, por lo tanto se sugiere siempre someter a un análisis previo antes de su utilización.



INGREDIENTES NO APTOS PARA EL REEMPLAZO DEL GRANO DE MAÍZ

En el caso del sorgo, al DDG se lo denomina "burlanda" y contiene mucha proteína, no menos de 45%, pero de muy baja degradabilidad ruminal (60-65% pasante) y con frecuencia de baja digestibilidad duodenal. Este recurso no representa una buena alternativa para reemplazar al maíz.

Otros subproductos como la semilla de algodón, las sojillas y las harinas oleaginosas (expellers) no deberían reemplazar al maíz porque sus principios nutricionales son notablemente diferentes. Básicamente la energía de la semilla de algodón, proveniente de sus aceites, no se utiliza a nivel ruminal sino a nivel del tracto digestivo posterior (duodeno) por lo que, utilizada como única fuente de energía, generaría desequilibrios para las bacterias ruminales. Las harinas oleaginosas son ricas en proteínas (35-50% PB en la MS) y si se usan como fuente de energía se produce una extensiva "desaminación" (fermentación) que generará un exceso de amoníaco ruminal que indefectiblemente conducirá a la posterior formación de urea, proceso que es muy demandante en energía. En definitiva, un círculo vicioso que demanda más y más energía.

Los aditivos que mejoran la eficiencia de conversión

Los aditivos para mejorar la eficiencia de conversión de los alimentos se deberían considerar cuando se está reemplazando un insumo de las características del maíz por otros ingredientes de menor desempeño nutricional o cuando se desea hacer un uso más intensivo y eficiente de forrajes en las dietas.

En este sentido, los **ionóforos** (monensina sódica, lasalacid) y las **levaduras** son los más recomendables, ya que tienen probada efectividad en diversas situaciones de alimentación (estabulación y pastoreo). Si bien actúan por vías metabólicas distintas, ambos aditivos trabajan a nivel ruminal propiciando un mejor balance de precursores glucogénicos y estabilizando las fermentaciones. De esa manera se obtiene una mayor eficiencia de conversión del alimento en producto.

La **melaza** o "miel" de caña, un azúcar soluble muy palatable y digestible, también es un aditivo interesante para mejorar las formulaciones energéticas, tanto a nivel de plantas de alimentos balanceados como de tambos para las mezclas con granos o silajes. Como es un producto muy concentrado, debe ser utilizada con precaución y en bajas

proporciones (entre el 5 y el 15 % del concentrado) y nunca debería ser aplicada como un vehículo para "ocultar" problemas de palatabilidad derivados de la mala calidad de otros mercaderías.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

- Es importante tener presente que en ciertas épocas del año, sobre todo en verano, muchos cereales que circulan en el mercado son remanentes de la cosecha anterior y pueden estar deteriorados (por insectos, contaminación con hongos, tierra u otros materiales) por lo que hay que tomar precauciones en tal sentido.
- Finalmente, es necesario enfatizar que los reemplazos de un alimento por otro no son generalmente en proporción directa 1:1 y que se debe analizar previamente el tipo de nutriente en déficit para seleccionar los que mejor se adapten para equilibrar las dietas. Esta tarea requiere de un adecuado asesoramiento profesional para evitar efectos inmediatos o residuales negativos en la salud, producción y reproducción del ganado.

2. HARINAS DE SOJA

Análisis de las cualidades nutricionales de los diferentes tipos, de acuerdo al método de extracción utilizado

A diferencia de otros países productores de leche bajo pastoreo, la república Argentina tiene un alto potencial agrícola. Es evidente que en el país el crecimiento de la producción de soja y sus derivados es un fenómeno trascendente y fundamental, tanto desde el punto de vista económico como social. En la campaña 2006/07, la soja representó más del 55% del total de los granos producidos, considerando los cinco cultivos más difundidos en la pampa húmeda.

En este marco, el productor de leche se encuentra con una oferta muy importante de soja y sus subproductos industriales, como aliados clave para incorporar a sus planteos productivos.

Tipos de residuos según métodos de extracción de aceite

La soja es la oleaginosa por excelencia, durante el proceso de extracción de aceites se generan varios subproductos como harinas, expellers, cascarillas, gomas, lecitina que son ampliamente utilizados para la industria en general y para la de alimentación humana y animal, en particular.



De acuerdo a la normativa vigente en Argentina (SAGPyA, Norma XIX: 317/99) "se entiende por subproductos oleaginosos, a los residuos sólidos resultantes de la extracción industrial del aceite de granos oleaginosos, obtenidos por presión y/o disolvente, provenientes de la elaboración de mercadería normal, sin el agregado de cuerpos extraños ni aglutinante"

En función del proceso de industrialización a que se someta la materia prima la norma antes mencionada establece para la comercialización de estos insumos la siguiente clasificación:

a) Expellers: "Son los residuos de elaboración por prensa continua".

b) Harina de extracción: "Son los residuos de la elaboración por disolvente y salvo estipulación especial no se diferencian por su granulación, pudiendo ser fina, en grumos, aglomerados o pedazos, según los distintos sistemas de extracción y secado".

c) Pellets: "Son los comprimidos (cilindros) provenientes de los residuos de la extracción del aceite de los granos oleaginosos definidos anteriormente. El largo y el diámetro de los comprimidos podrán ser de cualquier medida, salvo estipulaciones expresas en el boleto de compra-venta".

Entonces, de acuerdo a la normativa, cuando se hace referencia a "expeller" se trata del material de extracción por prensado, "harina" es el material obtenido por solvente y cuando se habla de "pellet" se está refiriendo exclusivamente a la forma física (comprimidos) de presentación de estos subproductos.

Si bien en los últimos 2 a 3 años se han instalado en la zona núcleo una cantidad de pequeñas industrias que extraen el aceite utilizando los clásicos y sencillos métodos de prensado, en Argentina la principal forma de extracción de aceites de soja se realiza combinando presión-solvente (P-S). Pero cuando se habla de "pellet" (los cilindros compactos de largo y diámetros variables) se debe considerar por lo tanto, que éstos pueden fabricarse tanto a partir de expeller, como de harinas o de la combinación P-S.

Sin embargo, debido a que actualmente los mercados internacionales son cada vez más exigentes, sobre todo cuando se trata de producir harinas de extracción para el consumo humano o para animales de alto desempeño productivo, las innovaciones tecnológicas en esta materia están a la orden del día, tal es el caso del proceso de "extrusión".

La **Harina Extrudida** de soja es el material sometido a un proceso, la extrusión, que consiste en dar forma física al producto forzándolo a través de una abertura, en una matriz de diseño especial. Durante la extrusión el poroto de soja, previa limpieza, es obligado a pasar por un tornillo sinfín que gira a

cierta velocidad, generando alta presión y temperatura. Las extrusoras tienen elementos comunes en diseño y función pero no todas son iguales (se clasifican como húmedas o secas y como simples o de doble hélice) y estas diferencias tienen efectos importantes sobre las características del producto final. La extrusión también se puede combinar con el prensado, produciendo harinas extrusión-prensado (E-P) de alta calidad.

Efectos de la temperatura aplicada en el proceso sobre la calidad de los expellers y harinas.

Desde el punto de vista de la nutrición animal los expellers y las harinas de soja en sus diferentes formas son alimentos de alto valor alimenticio porque representan la principal fuente de proteína (y de aminoácidos esenciales) para muchas especies de interés comercial: aves, cerdos y ganado de leche y carne.

Sin embargo, la composición química y el valor nutritivo de estos residuos industriales es muy variable. El método industrial utilizado para la extracción de aceite, junto a la calidad de la materia prima de origen (porotos), representan las fuentes de variación más importantes.

A pesar de su elevado valor nutritivo el poroto de soja "crudo" contiene un buen número de factores antinutritivos. Los más importantes son los factores antitripsicos, la ureasa y las lectinas que son termolábiles, por lo que su contenido después de un correcto procesado térmico se reducen significativamente (<2,5 ppm, <0,3 ud DpH y 0,5 mmoles/g para estos compuestos, respectivamente). El poroto posee también principios antigénicos termoestables (glicinina y β -conglucina) que causan respuesta inmunológica, daños en la mucosa intestinal y diarrea en animales jóvenes (especialmente en terneros).

Por esta razón es fundamental un correcto control de la temperatura durante el proceso de manufactura porque la falta de cocción (soja "cruda") puede causar serios problemas de salud y desempeño de los animales (monogástricos y rumiantes muy jóvenes).

Sin embargo, los excesos de calor también pueden dañar la calidad del poroto, principalmente sus proteínas. Si las temperaturas son excesivamente altas y aplicadas por tiempos muy prolongados las proteínas cambian su configuración, disminuyendo significativamente la digestibilidad. Pero si el calor y el tiempo de cocción se controlan adecuadamente, los efectos pueden ser positivos al disminuir la



degradabilidad ruminal de las proteínas e incrementar la fracción de proteína no-degradable o "pasante". Con una cocción equilibrada también puede mejorar la digestibilidad de los demás componentes del poroto (carbohidratos, aceites)

Para obtener una adecuada cantidad de "proteína pasante" de alta digestibilidad duodenal las condiciones del calentamiento (tiempo y nivel de humedad) deben controlarse estrictamente ya que el exceso de calor conduce a la formación de productos indigestibles, a través de la conocida reacción de Maillard.

La reacción de Maillard es un proceso no-enzimático de "caramelización", donde los residuos de los azúcares se condensan con ciertos aminoácidos, seguido de una polimerización, para formar una sustancia de color marrón que posee muchas de las características químicas de la lignina. La lignina (compuestos fenólicos que se encuentran normalmente en los vegetales maduros) es totalmente indigestible para todos los animales. Además, durante la reacción de Maillard se pierden importantes cantidades de aminoácidos esenciales, como el caso de la lisina que es particularmente sensible al daño por calor.

En términos generales, los expellers (prensa) y las harinas extrudidas corren más riesgo de contener comparativamente más productos Maillard que las harinas comunes de extracción por solvente. Sin embargo, si durante la extracción con solvente las temperaturas aplicadas fuesen bajas, el material podría salir "crudo", con los factores antinutricionales en plena vigencia.

Indicadores de calidad del proceso de extracción y del valor nutritivo de las harinas

El nivel de factores antinutricionales se estima de manera indirecta mediante el test de actividad ureásica (incremento en las unidades de pH). En la soja "cruda", la enzima ureasa se desnaturaliza a la misma velocidad que el inhibidor de la tripsina y en virtud de que es más sencillo determinar en el laboratorio la actividad ureásica que los inhibidores de tripsina, es que en la industria se utiliza esta prueba como una rutina rápida y sencilla y un indicador muy confiable de la presencia o no de factores antinutricionales. Las harinas con elevada actividad ureásica, cuyos valores exceden holgadamente los límites de tolerancia (límite máximo: 0.30 y límite exigido por los exportadores: 0.10) son siempre muy inestables y proclives a su contaminación.

La solubilidad de la proteína con hidróxido de potasio se utiliza como indicador de la calidad del procesado de la soja. Cuando el poroto está "crudo" la solubilidad de la proteína es del 100% y va disminuyendo a medida que la temperatura aumenta. Mediante esta prueba analítica se consideran insuficientemente procesadas harinas con valores de solubilidad superior al 85% y las dañadas por calor aquellas cuya solubilidad es inferior al 75%.

No obstante, los laboratorios cuentan actualmente con otras técnicas muy confiables para determinar la calidad y estimar el valor nutritivo de estos subproductos. A continuación se describen las más significativas:

Proteína bruta (% PB), esta fracción incluye también las sustancias nitrogenadas no proteicas (NNP) como aminos, amidas, urea, nitratos, péptidos y aminoácidos aislados. No siempre un alto nivel de PB significa un buen nivel proteico. Los compuestos NNP, solubles o muy degradables, poseen menor valor nutricional que las proteínas verdaderas.

Nitrógeno insoluble en detergente ácido e insoluble en detergente neutro (siglas NIDA y NIDIN/%NT, respectivamente), son indicadores indirectos de la proporción de proteínas y de carbohidratos dañados por calor y por lo tanto, no disponibles para el animal. No son adecuados los valores superiores al 15% de nitrógeno total e indican que en el material se ha producido la reacción de Maillard.

Fibra detergente ácido (% FDA): Valores altos de NIDA generalmente están correlacionados con valores también altos de FDA, parámetro muy correlacionado con la digestibilidad completa del alimento.

Fibra detergente neutro (% FDN): Representa los componentes de la pared celular del alimento: hemicelulosa, celulosa, lignina, etc. En los procesos donde no se ha "descascarillado" el poroto previamente, los valores de FDN suelen ser elevados. Sin embargo, si no hay daño por calor, las cascarillas son muy digestibles.

Degradabilidad de las proteínas: En nutrición de rumiantes, la proteína se clasifica de acuerdo su tasa de degradación ruminal en: proteína soluble (PS ó fracción "a"), degradable (PDR ó fracción "b") y no-degradables en rumen (PNDR ó fracción "c"). Se determinan mediante la técnica de digestión "in situ", utilizando "bolsitas de nylon" incubadas en el rumen de un animal canulado ad hoc.



La PS ó fracción "a" es el porcentaje de PB que instantáneamente se degrada en rumen y básicamente está compuesto por nitrógeno no proteico (NNP). Si el material posee mucha PS y las proteínas son muy degradables en rumen (fracción "b") se pueden producir excesos de nitrógeno amoniacal (N-NH3) durante la digestión ruminal y con ello grandes pérdidas de eficiencia metabólica.

Pero si los subproductos se dañaron por calor, la fracción "c" (PNDR) puede aumentar demasiado, dejando menos nitrógeno disponible para las bacterias del rumen y con serios riesgos de dejar una proteína de baja digestibilidad duodenal (digPNDR). La fracción "c", junto a la proteína microbiana en el caso del rumiante, representa la fuente de aminoácidos esenciales (AE) para el animal.

Nota: la técnica de "solubilidad" con hidróxido de potasio utilizada para estimar el grado de cocción del poroto, no es equivalente a la que se aplica en nutrición para determinar la fracción "a" o proteína soluble.

Cenizas (%) Esta fracción está compuesta de minerales (macro y micro-elementos), tanto propios del vegetal como adquiridos del ambiente. En casi todos los alimentos para el ganado esta fracción es

inferior al 10%. Si supera este valor, y no hay agregados de minerales ex profeso, hay fuertes sospechas de contaminación con tierra. En muchos casos es recomendable analizar en las cenizas los contenidos de minerales clave para el balance de la dieta (calcio, potasio; fósforo, magnesio, etc.).

Extracto etéreo (%EE). Es la fracción de lípidos del alimento que contiene los aceites remanentes de la extracción. Los expellers y harinas extrudidas con valores de EE superiores al 7 % deben manejarse con precaución ya que si se almacenan de manera poco apropiada se alteran rápidamente (rancidez). Además, en la formulación de la dieta estos ingredientes con altos lípidos deben incorporarse de manera equilibrada ya que los excesos pueden ser tóxicos para las bacterias ruminales.

Aminoácidos esenciales (AE): Para monogástricos, sobre todo animales en crecimiento, es conveniente analizar periódicamente en las partidas el nivel (%) de los AE más importantes en nutrición, principalmente lisina y metionina. Como se mencionara, ambos AE son muy sensibles al sobre-calentamiento.

Tabla 1: Composición química y valor nutricional, rangos máximos y mínimos promedios de expeller y harinas de soja para ganado de leche y carne..

Item	Tipo de residuo de extracción		
	Expeller	Harina P-S (prensa-solvente)	Harina E y E-P (extrusión y combinación extrusión + prensa)
	% base seca		
Materia seca	89-95	88-93	91-94
Proteína Bruta	30-42	44.0-53.8	45-46
PND/% PB ¹	58-79	31-42	65-70
Dig PND ²	0-93	87-93	95
Lisina	2.3-2.7	2.7-3.02	2.6 -3.0
Metionina	0.52-0.58	0.6-0.7	0.5-0.6
Fibra detergente neutro	12.0-29.5	9.8-14.9	10-12
Fibra detergente ácido	5.0-11.0	6.0-10.0	7-12
NIDA/NT	2.8-5.3	1.2-2.8	2.6-5.0
NIDIN	0.1-0.4	0.1-0.2	0.1-0.6
Lignina	0.0-9.5	0-0.5	0-0.6
Extracto etéreo	4.0-13.0	0.42-2.57	5.5-9.0
Cenizas	4.0-7.0	6.2-7.4	5.2-7.5
Calcio	0.20-0.34	0.2-0.4	0.33
Fósforo	0.60-0.79	0.6-0.7	0.71
Magnesio	0.3-0.4	0.29-0.31	0.3-0.4
Potasio	2.12-3.01	2.40-2.46	2.1-2.5
Carbohidratos No Fibrosos (CNF)	25.0-26.5	21.5-39.5	25.5-28
ENI (Mcal/kg MS) ³	2.45-2.67	2.41-2.7	2.5-2.7
ENgp (Mcal/kg MS) ⁴	1.67-2.05	1.7-1.85	1.7-1.9

1- 2: Estimación de la cantidad de proteína no degradable (PND) que puede llegar al duodeno y su digestibilidad (digPND), para vacas lecheras, de acuerdo a los cálculos de NRC 2001

3 - 4 ENI y ENgp (Mcal/kg MS): energía neta lactancia y ganancia de peso, respectivamente



Expeller y harinas de soja: valores comparativos de calidad y valor nutritivo

En términos generales, las harinas de soja son de excelente calidad comparativas a las harinas de extracción de otras oleaginosas. Para ganado de leche y carne, por ejemplo, y desde el punto de vista estrictamente de la proteína, el siguiente ranking muestra las posiciones de calidad en orden descendente:

- 1) Soja y maní (descascarillados)
- 2) Lino y Girasol (alta energía, con menos 36% FDA);
- 3) Colza
- 4) Algodón
- 5) Girasol (baja energía, mayor a 40% FDA);
- 6) Cártamo

Pero es necesario enfatizar que para cada oleaginosa en cuestión, el proceso industrial aplicado es determinante de la calidad y del valor nutritivo. Para el caso de la soja, a modo orientativo, en la Tabla 1 se muestran los rangos de la composición química de los expellers y harinas y algunos parámetros representativos del valor nutritivo, para bovinos de carne y leche. La información fue obtenida de la base de datos del laboratorio de Producción Animal INTA- Rafaela y de bibliografía nacional e internacional consultada.

Se puede apreciar en la tabla que las harinas son muy variables y los distintos procesos generan insumos de composición diferente.

Con respecto a la proteína las diferencias tanto en concentración como en calidad pueden ser notables. En la medida en que el proceso de extracción se hace más eficiente (menos aceite remanente) y además se procesen porotos descascarillados (sin fibra), el nivel de proteínas aumentará, como el caso de las harinas P-S y las harinas por E-P. En términos generales, los procesos E-P bien controlados son los que pueden generar los materiales de mejor calidad (más digestibilidad), con menor daño de la proteína y mayor contenido de AE (lisina, particularmente)

Los aceites remanentes de la extracción son nutrientes energéticos de gran valor nutricional para el ganado. Los niveles son mayores en las harinas obtenidas por prensa (expeller) y en las de extrusión sin embargo, durante la extracción se deberían controlar y estandarizar los remanentes ya que si quedan niveles muy elevados (+ 9%) además de evidenciar una baja eficiencia industrial, exponen al material a la "rancidez", principalmente cuando las condiciones de almacenamiento no son adecua-

das. Por otro lado, el exceso de aceites podría entorpecer otros procesos industriales por ejemplo, cuando se desee incorporar estas harinas en un balanceado comercial "pelletizado". En la pelletizadora los materiales aceitosos no "corren" bien. Para la referencia, las harinas deberían poseer no más de 9 % de EE cuando la extracción es de tipo mecánica (prensado-extrusión) y no más de 2 % cuando es combinación de prensa y solvente.

Las harinas además de proteínas contienen carbohidratos (CHO). La fracción de carbohidratos estructurales (fibra) está representada por la fracción FDN, que contiene principalmente la cascarilla que recubre al poroto (fibra digestible, escasamente lignificada) y por los CNF (azúcares solubles). Si a los porotos no se les extrae la cáscara, las harinas tendrán comparativamente más fibra y los niveles de proteína y de aceites se "diluirán". Aunque el contenido en almidón del poroto es muy bajo (<1%), la calidad energética de la fracción de CNF es elevada para rumiantes, intermedia para porcinos y más reducida para aves. No obstante, en los procesos por prensado y/o extrusión, si la temperatura no es adecuada, la reacción de Maillard terminará dañando también estos nutrientes. En el caso de la extrusión, si se trabaja en "seco" se incrementan los riesgos de daño.

Utilización de las harinas

Las harinas son principalmente fuente de proteínas y en la generalidad de los casos se deberían utilizar para corregir en las dietas los déficit de este nutriente. Las cantidades a suministrar no son estándares sino que dependen de varios factores:

a) Tipo de animal y sus requerimientos: si bien las distintas harinas son aptas para todas las categorías de ganado, para terneros en crecimiento (menos de 100-120 kg) y para vacas lecheras de alto mérito (más de 30 lts/día y/o en transición a la lactancia) se prefieren harinas de alta calidad y de mayor concentración proteica (+ 44%) ya que poseen un perfil de aminoácidos más adecuado para los requerimientos de estas categorías.

b) Tipo de harina utilizada: como se mencionara, no todas las harinas son iguales ya que la biodisponibilidad proteica y el valor energético pueden variar sustancialmente en función del proceso de extracción aplicado

c) Tipo de dieta base: las cantidades requeridas son mayores en las raciones típicas de otoño-invierno, que tienen más forrajes conservados (silajes maíz/sorgo/henos de gramíneas, de verdes) y concentrados base cereales, que son normalmente pobres en proteínas. En primavera, sobre pasturas los niveles pueden ser muy bajos o nulos.



A modo de referencia, para una dieta equilibrada destinada a vacas lecheras de alta producción (la categoría de mayor consumo y requerimiento), las recomendaciones generales son las de no superar los 4.5 kg/animal/día. Obviamente si los animales se encuentran en buen pastoreo de alfalfa por ejemplo, las cantidades pueden ser muy bajas, dependiendo del nivel de producción.

En ningún caso estos alimentos pueden reemplazar totalmente (1 a 1) a los granos de cereales clásicos (maíz, sorgo, cebada), ni a otros subproductos como afrechillos, gluten feed o hominy feed., en cambio, los complementan perfectamente. Sí pueden reemplazar, y en una relación muy ventajosa, a otras harinas oleaginosas ya que en el ranking de calidad, las harinas de soja adecuadamente procesadas son las mejores.

Por otra parte, los expeller y harinas extrudidas, que contienen más aceites, son excelentes recursos para formular dietas de vacas lecheras, vaquillonas o terneros en crecimiento para el verano. Estas harinas pueden entrar en la clasificación de alimentos "fríos" (mayor energía neta) para condiciones de fuerte estrés por calor.

Por último, debido a que las harinas de extracción contienen ricos nutrientes, si las condiciones de almacenamiento y suministro no son adecuadas, se pueden transformar en verdaderos caldos de cultivo para hongos y otros patógenos que podrán afectar la salud y la producción. Es importante controlar periódicamente los niveles de micotoxinas, incluso partiendo del poroto entero y crudo.

Consideraciones finales

- Las harinas de soja obtenidas durante la extracción de aceites son excelentes fuentes de nutrientes para el ganado
- Los procesos industriales afectan significativamente su calidad
- El control de la temperatura es clave porque puede provocar severos daños en la calidad y en el valor nutricional. Es preciso chequear rutinariamente en el laboratorio la bondad del proceso y la calidad de los materiales. Los monitoreos rutinarios permitirán realizar los ajustes necesarios para estandarizar la calidad del producto
- Por su riqueza en nutrientes estos alimentos requieren condiciones especiales de almacenamiento para evitar su contaminación.