

EXTRUSIÓN DE SEMILLA DE ALGODÓN

M.D. Richard Gómez Torres. 2005.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Suplementación](#)

RESUMEN

Mediante un proceso alta presión, temperatura media y corto tiempo de duración, aplicado a la semilla de algodón entera, se obtiene como resultado un producto cualitativamente diferente, libera y hace disponible en el sustrato los nutrientes contenidos en la semilla, reduce los factores antinutritivos, mejora su absorción y digestibilidad, haciendo de este un suplemento importante en la dieta del bovino.

CONSIDERACIONES GENERALES



El proceso de extrusión de los alimentos es una forma de cocción rápida, continua, homogénea, de volúmenes industriales importantes. Mediante un mecanismo directo de inducción grande de energía mecánica, se aplica alta presión y temperatura, durante poco tiempo, a un alimento que se encuentra en proceso. Como en toda cocción, hay una serie de cambios sustantivos a nivel de forma y contenido, del producto cocinado. Si al proceso de cocción le adicionamos, la alta presión a la cual se somete, observamos como dichos cambios se acentúan, y complementan con el corto tiempo de duración. Lo ideal de todo proceso es obtener buenos resultados, de una manera eficiente, y homogénea, que lleven a obtener un producto de altas

cualidades y calidades para el consumo.

SEMILLA DE ALGODÓN ENTERA

La semilla de algodón entera, motosa ó con borra se ha utilizado como suplemento para la alimentación de rumiantes, con buenos resultados en producción de leche y carne. El proceso de temperatura y presión por 4 segundos, en la semilla de algodón genera cambios positivos a nivel de los azúcares, fibra, proteína, grasa, vitaminas, minerales, enzimas y factores antinutricionales; Dichos cambios en el producto, generan en el “laboratorio de la vaca”, de manera directa por la calidad y proporcionalidad de sus nutrientes (grasa proteína y fibra), una mejor y apropiada degradabilidad del alimento en el rumen, absorción ruminal y mayor asimilación digestiva, en consecuencia mejor condición corporal y producción láctea; de manera indirecta un microambiente en el sistema que complementa y favorece el rumen para la producción de las cadenas de proteína bacteriana facilitando la degradación y absorción de los alimentos en su conjunto, aportando aminoácidos, péptidos, vitaminas (Colina, Biotina, Vitamina E) y minerales (Fe, Fósforo, Calcio, Magnesio, Cobre, Zinc) que favorecen el transporte y la asimilación de nutrientes en el sistema digestivo posterior, de allí su alta eficacia en la conversión, al mejorar el metabolismo, la glucogénesis, y aporte de energía a través del ciclo de Krebs y del metabolismo de las grasas. La transformación macro y micro que se produce, se analiza a continuación en cada uno de sus aspectos.

CAMBIOS MACRO



Después de un largo proceso de investigación, de conocer las características físicas, nutritivas y de comportamiento de la semilla de algodón con borra en los procesos industriales, se desarrolló la maquinaria para un proceso de manejo industrial de la semilla, sin adición de sustancia alguna. Es del saber común las dificultades que se presentan al querer adicionar semilla de algodón motosa en los procesos agro-industriales o en los sistemas de alimentación automáticos. Las características morfológicas de la semilla de algodón con borra obstaculizan el flujo de las materias primas por

los sistemas de transporte, triturado y homogenización en el producto balanceado final. La baja densidad y su característica fibrosa encarece los costos y no permite el flujo por los sistemas de almacenamiento y transporte. Esto adicionado a su alto contenido de aceite hace que sea fácilmente inflamable, y obstruya los sistemas de triturado, no permite su homogenización o peletizado en el producto final, en los procesos de extrusión convencionales, con vapor o secos.

SEMILLA DE ALGODÓN EXTRUSIONADA

Durante el proceso de extrusión se aplican presiones de hasta 1300 kilogramos por centímetro cuadrado, se alcanza temperaturas de hasta 140 °C., durante 4 a cuatro segundos, lo cual da como resultado un producto de consistencia firme, de color café oscuro o marrón, de olor característico a “maíz tostado” que al enfriarse se compacta hasta ser sólido. Pero sometido de manera continua e inmediata a un proceso de desmenuzado y enfriamiento, va adquiriendo un color café-verde, que después 72 horas de tiempo en almacenamiento, queda con olor a “maíz tostado” combinado con “aceite de cocina”. Presenta un aspecto en forma de harina-fibra aceitosa. Al empacarse en bolsas de polipropileno de 58cm de ancho por 100cm de largo adquiere un peso de 46-50 kilogramos, lo cual equivale a 20 kilogramos más por bulto del peso que alcanzaría en semilla de algodón motosa.

Como resultado de la transformación del producto, se logra reducir los costos de fletes, homogenización y transporte en los procesos industriales de alimentos balanceados, y facilita el proceso de peletización. Se requieren sistemas de admisión en las tolvas más amplios para facilitar su transporte o incorporarla en las mezcladoras. Durante el tiempo de almacenamiento no se ha presentado problemas de ranciamiento en las grasas, compactación o calentamiento, en arrumes de 30 toneladas durante 90 días.

CAMBIOS MICRO

Las **PROTEÍNAS** durante el proceso de extrusión presentan cambios en sus formas estructurales. Hay ruptura en las cadenas de aminoácidos e interacción con otros los nutrientes de la semilla de algodón, formando nuevos compuestos llamados “extrudados” o “extrusionados”.

De acuerdo a la forma de organización de las estructuras proteicas se desarrolla la ruptura de los enlaces. Estructura primaria, ruptura de los enlaces peptídicos; secundaria, ruptura de las formas espirales aleatorias alfa y beta; terciaria, actúa en los puentes disulfuro, atracciones electrostática, racimos hidrofóbicos AA; cuaternarias, ruptura en los enlaces H y en las formas de oligómeros.

Los cambios que se presentan en las formas estructurales se dan por los siguientes mecanismos: Desnaturalización, modificación de estructuras, cambiando sus propiedades funcionales. Asociación, fase de fusión por ruptura de algunas o todas las formas asociadas, enlaces covalentes, formación de enlaces disulfuro no covalentes. La solubilidad de las proteínas, se presenta por la ruptura de los enlaces disulfuro que incrementan la solubilidad, ó se reduce, por la formación de dichos enlaces expuestos a racimos hidrofóbicos AA.

Los cambios en las propiedades funcionales de las proteínas desnaturalizadas son: A. En la solubilidad, de acuerdo al grado de desnaturalización y de los puntos isoeléctricos de las proteínas. B. Emulsificación, asociado a los lípidos presentes. C. Gelificación, se producen zonas de unión en la molécula por interacciones hidrofóbicas entre los ésteres metílicos, formación de puentes de hidrógeno, ó por la presencia de Ca y otros cationes bivalentes; por la asociación con azúcares y carbohidratos de la pared. D. Texturización. Formación de nuevos productos. E. Pérdida de Volátiles (aldehídos Strecker), presencia de olores y sabores, producto del proceso.

Los sitios hidrofóbicos presentes en la proteína determinan el grado de interacción proteína – lípidos y le da estabilidad a la estructura siendo mejorados con la extrusión. La interacción proteínas carbohidratos se presenta durante el proceso de calentamiento, donde los grupos carboxilo de los azúcares reductores (son oxidados fácilmente por otras sustancias), reaccionan con el grupo E-amino de la lisina (Reacción de Maillard) y generan el pardeamiento. De acuerdo al tiempo de exposición y al grado de temperatura se determina el grado de digestibilidad, desnaturalización e inactivación de factores antinutricionales, que para la semilla de algodón son los ácidos grasos ciclopropenoides y el gopipol. Estos comienzan a inactivarse por encima de 90°C. También está la inactivación de enzimas, implicadas en el deterioro que se presenta durante el proceso de almacenamiento, mala digestibilidad y mal sabor (lipoxidasas, peroxidasas). La reacción de Maillard reduce la disponibilidad de la lisina en rumen por la formación de complejos lisino-alanina que son resistentes a la proteólisis enzimática. Llegan al sistema ruminal complejos de nutrientes previamente modificados (péptidos, aminoácidos, metaloenzimas), libres y disponibles en el alimento, como fueron enunciados anteriormente, otros fáciles de degradar y de formar nuevas estructuras con la proteína bacteriana, otros resistentes al rumen, y de rápida absorción en el sistema digestivo. En síntesis se logra una apropiada protección ruminal sin detrimento de su digestibilidad intestinal.

LOS AMINOÁCIDOS:

Los aminoácidos esenciales en su conjunto son indispensables para la fabricación de proteínas, la presencia de unos es necesaria para la absorción de otros. Este tipo de proceso de extrusión, logra que los aminoácidos conserven sus propiedades funcionales, sean protegidos de la proteólisis enzimática y se facilite su incorporación a la formación de nuevas cadenas de proteína bacteriana. Diferentes autores en trabajos experimentales, han determinado que los aminoácidos actúan como un sistema de “punto de quiebre” para la absorción de proteínas, es decir su presencia o no en la cantidad apropiada en el lugar indicado, es un “limitante” para la absorción de nutrientes en el tracto digestivo.

La mayor parte de aminoácidos esenciales requeridos para los procesos metabólicos del organismo, son absorbidos en el tracto digestivo posterior, allí se incorporan residuos aminoacídicos y otras estructuras para la formación de proteína bacteriana. Generalmente se forman interacciones con otros nutrientes, lípidos, vitaminas y minerales (metaloenzimas), que las hace más resistentes a la degradabilidad ruminal, aumentando la cantidad disponible en duodeno. La Lisina, presenta interacción con los grupos carboxilo de los azúcares reductores, que la hacen resistente a la proteólisis enzimática en rumen, se considera el primer “limitante” para el crecimiento ó el segundo para la ganancia de peso en los bovinos, corresponde al 4.2% de la proteína bruta contenida en la semilla de algodón, es un aminoácido esencial importante en el crecimiento, reparación de tejidos, síntesis de anticuerpos y hormonas. Metionina, es el primer “limitante” para la ganancia de peso en los rumiantes, corresponde casi al 5 % de la proteína bruta contenida en la semilla de algodón, con la cisteína de la cual es precursora (80%), es un aminoácido esencial azufrado, muy importante para la síntesis de ADN y síntesis de proteínas, determina el porcentaje de alimento a nivel celular. Se han estimado en 26 gramos de metionina diario los requerimientos del bovino. La Cisteína, es un aminoácido no esencial, o sea que es producido por el organismo, también azufrado, tiene función de desintoxicación y es antagonista de los radicales libres, es importante en la formación y absorción de metaloenzimas en el intestino delgado. La Treonina, corresponde al 3.2 % de la proteína bruta contenida en la semilla de algodón, es un aminoácido esencial, un hidroxiaminoácido, contiene un grupo hidroxialcohólico, es glucogénico, se degrada a succinilCoA, glicina y piruvato, actúa en funciones de desintoxicación hepática. El Triptófano, puede tener un rendimiento “limitante” en ciertas circunstancias, corresponde al 1.3% de la proteína bruta contenida en la semilla de algodón, es un aminoácido aromático esencial, es cetogénico y glucogénico, precursor de la serotonina y otros aminoácidos, alanina, ácido xanturónico y ácido nicotínico. La Valina, corresponde al 4.1% de la proteína bruta contenida en la semilla de algodón, es un aminoácido esencial de cadena alifática, ramificada con un grupo R no polar, de características muy similares a la leucina e isoleucina con las cuales se intercambia es hidrofóbica, y glucogénica, se ha considerado con la isoleucina como aminoácidos limitantes para la producción de leche. La Isoleucina, es un aminoácido esencial, corresponde al 3.1 % de la proteína bruta contenida en la semilla de algodón, es un aminoácido hidrofóbico de cadena alifática, con un grupo R isopropilo no polar, actúa en la formación y reparación de tejido celular.

EN LOS LÍPIDOS:

El proceso de extrusión rompe inicialmente las cápsulas (esferosomas) y microcápsulas de grasa. Las cápsulas de aceite están conformadas por fosfatos, ácidos grasos libres, en un 95% por triacilglicéridos, esteroides, tocoferoles y pigmentos. Posteriormente rompe las cadenas largas de grasa. La hidrólisis de los lípidos de la dieta en el rumen tiene lugar por acción de las lipasas, galactosidasas y fosfolipasas producidas por bacterias principalmente la anaerobia lipolytica y protozoos. Durante el proceso de extrusión hay hidrólisis de triglicéridos, interacción con vitaminas liposolubles, proteína, minerales y factores antinutricionales. Se tiene como resultado un incremento en la digestibilidad de la grasa, absorción de las cadenas cortas menores de 14 Carbonos por la pared del rumen, las enzimas hidrolíticas son desnaturizadas previniendo la formación de ácidos grasos libres, mejorando la lipólisis, al favorecer la biohidrogenación por la presencia de grupos carboxilo libres, que facilitan la isomerización e hidrogenación hasta ácidos grasos saturados en el sistema ruminal. Hay formación de complejos lípidos-carbohidratos, que mejoran la textura y la palatabilidad, ya mencionados, lípidos-vitamina E, lípidos-minerales, fosfolípidos. Se dan procesos de oxidación por la interacción con el Fe y de control de la oxidación por la interacción con el gosispol y la vitamina E.

EN LOS CARBOHIDRATOS:

Aunque los reportes de laboratorio no mencionan la presencia de almidón en la semilla de algodón, se observa un proceso de gelatinización, evidente cuando las formas compactas salen del proceso y se dejan enfriar. Después de 24 horas adquieren una consistencia sólida. Los carbohidratos en el proceso de gelatinización del producto, provienen del citoplasma de las células por ruptura de la membrana celular de la fibra. En los AZUCARES se observa una reducción de los oligosacáridos, lo que mejora la digestibilidad intestinal, los grupos carboxilo (aldehído) de los azúcares reductores interactúan con la lisina. La FIBRA, se rompe en fracciones más pequeñas, hay

ruptura de la pared celular, fracciones solubles, y de interacción con las enzimas. Esta sirve de sustrato ó de vehículo para la grasa, proteínas, vitaminas y minerales.

EN LAS VITAMINAS:

La Biotina o Vitamina B8 ó Vitamina H, esta contenida en la semilla de algodón con valor de 0.38mg/kilo, permanece estable durante el proceso de extrusión, es azufrado, hidrosoluble, necesaria para el funcionamiento adecuado de las enzimas que transportan carboxilo (cofactor para la carboxilación enzimática), fijan el CO₂; es imprescindible para varias funciones metabólicas incluyendo la gluconeogénesis, biosíntesis de ácidos grasos, metabolismo del propionato y catabolismo de aminoácidos de cadena ramificada, se absorbe en el intestino delgado, pasa la pared de forma inalterada; La absorción esta ligada en un 80% a proteínas plasmáticas; Se potencia con otras vitaminas, su requerimiento diario es de cantidades bajas. Su carencia puede producir inflamación intestinal y trastornos de piel.

La Colina o Vitamina B7 o Vitamina J, esta contenido en la semilla de algodón en un valor de 1.900 mg/kilo, casi dos gramos por kilo, es un compuesto metilado, lipotrópico, se oxida a betaína que es un donador de grupos metil, es un componente del fosfolípido lecitina, genera reacciones para la formación de fosfolípidos y acetilcolina. Evita que la grasa se acumule en los órganos. Es el sustrato para la producción de neurotransmisores.

La Vit E presenta pocos cambios durante el proceso, hay interacción con la grasa, permanece disponible y se absorbe en el tracto digestivo. Es liposoluble, actúa en el metabolismo de los ácidos grasos, como antioxidante en la formación de peróxidos. Produce regeneración de tejidos y evita la destrucción de las células.

LOS MINERALES:

En bovinos con estados fisiológicos de alto requerimiento, se necesitan dietas con suficientes minerales que aporten los perdidos por la alta producción láctea y desechos fisiológicos. El proceso de extrusión conduce a la formación de metaloenzimas y complejos lípidos-minerales que ayudan al proceso de absorción y nutrición animal. Los minerales hacen parte de la estructura de diferentes órganos, actúan como componentes de los fluidos y tejidos corporales en forma de electrolitos. Actúan como catalizadores del sistema enzimático y hormonal. También tiene funciones sobre los microorganismos del rumen, disminuyendo la formación de ácidos grasos volátiles, y el rendimiento en ATP, actúa sobre la multiplicación de protozoarios y es esencial para la actividad de las bacterias celulolíticas. El Fósforo se halla como fitatos, fosfolípidos y fosfoproteínas. Los fitatos se encuentran fuertemente unidos a la estructura proteica, el calor provoca enlaces entre los grupos aldehídos y los aminoácidos libres, impidiendo que las fitasas microbianas puedan liberar fósforo inorgánico de la molécula. El fitato se encuentra en pequeños cristales globoides. Las fitasas de los microorganismos del rumen hidrolizan más del 90% del fósforo en forma de fitatos. Se ha estimado en 0.20% el requerimiento de fósforo en la materia seca para bovinos en lactancia. El Cobre es importante de múltiples enzimas esenciales, durante el proceso de extrusión interactúa con aminoácidos azufrados y proteínas, participa en el metabolismo de aminoácidos aromático, esta relacionado con la formación de hemoglobina, pigmentos y sistema de reproducción. El Azufre es un componente importante de los aminoácidos azufrados, metionina-cisteína y la Biotina. El Calcio es incorporado durante la extrusión a complejos con lípidos, carbohidratos, y pigmentos, es absorbido en intestino delgado por transporte activo y difusión pasiva. El Magnesio esta muy relacionado con el Ca y el P en su distribución en el organismo y en sus funciones, interviene en múltiples procesos enzimáticos, metabolismo energético transmisión del impulso nervioso y contracción muscular. El Zinc es un componente esencial de algunas enzimas y cofactor de otras relacionadas con el metabolismo de los ácidos nucleicos de las proteínas, carbohidratos y es importante para el sistema inmune. El Hierro durante el proceso de extrusión puede subir su concentración, es incorporado por la formación de nuevos complejos, es un componente esencial de las proteínas involucradas en el transporte de oxígeno. El Manganeseo es un componente importante de las enzimas relacionadas con la reproducción.

EN LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES:

Se presenta una reducción del 60 % de los factores antinutricionales por el proceso de calentamiento y alta presión. En la semilla de algodón se encuentra el gosispol, y los ácidos ciclopropenoides. El gosispol forma complejos indigestibles con la lisina como resultado del proceso térmico, también el Ca y el Fe neutralizan el gosispol libre.

CONCLUSIÓN

Como resultado y análisis general del proceso de extrusión de la semilla de algodón entera, motosa o con borra, mediante un sistema alternativo no convencional, logra transformar un producto de excelente calidad, en un producto mejorado que por acción directa e indirecta, es altamente eficiente, digestible y de una alta conversión en producción animal. Se liberan al medio, aminoácidos, péptidos, vitaminas, minerales, proteínas, y grasa que son incorporados a la fibra como vehículo a través de un proceso de alta presión y temperatura media. Al ser aporta-

dos al sistema ruminal como un sustrato o premezcla de su alimentación diaria, se mejora la absorción de los nutrientes en el sistema digestivo y en consecuencia una mayor producción y conversión.

Como resultado de los trabajos de campo, después de la décimo segunda semana (12^a) de utilización de semilla extrusionada, se realizó una prueba para evaluar la respuesta en el ganado al producto. Se redujo a la mitad la cantidad de semilla de algodón extrusionada aportada en la dieta y se reemplazó por semilla de algodón entera como parte del programa de retiro de la semilla de algodón extrusionada. Al día siguiente de iniciada esta dieta, se presentó una reducción del 10% en la producción de leche, y por consiguiente los dueños del hato lechero desistieron de continuar con la prueba. En el grupo de terneros que estaban recibiendo semilla de algodón como suplemento, después de la décimo primera (11^a) semana, mantuvieron como resultado valores de ganancia de peso similares a los encontrados en el primer pesaje, se presentó mayor ganancia de peso (600 gramos-día) en el grupo que recibió como suplemento 350 gramos de semilla de algodón entera. Son necesarios más estudios para controlar mejor los factores antinutricionales, conocer el proceso de degradación y asimilación en rumiantes, y abrir la posibilidad de uso en monogástricos de una manera confiable y eficaz.

FICHA TECNICA SEMILLA DE ALGODÓN EXTRUIDA		
HUMEDAD		6,70%
MATERIA SECA		93,3%
PROTEINA BRUTA (PB)		19,68%
	By - Pass	40%
SOLUB PB KOH		83,79%
DVIVMS*		62%
AMINOÁCIDOS SOBRE PB.	Lisina	4,20%
	Metionina	1,60%
	Met + Cisteina	3,30%
	Treonina	3,20%
	Triptófano	1,30%
	Valina	4,10%
	Isoleucina	3,10%
FIBRA BRUTA		25%
	FDN	39,80%
	FDA	33%
	LAD	9,70%
CENIZAS		4,70%
AZUCARES		0,90%
MACROELEMENTOS	Calcio	0,23%
	Fósforo	0,55%
	Magnesio	0,27%
	Potasio	2,60%
	Azufre	0,07%
MICROELEMENTOS	Vit B7-Colina	1900 mg/kg
	Vit B8-Biotina	0,38mg/kg
	Vit E	25mg/kg
	Cobre	16 mg/kg
	Hierro	200 mg/kg
	Manganeso	8 mg/kg
	Zinc	37 mg/kg
GRASA		17,85%
	By - Pass	30%
E.M.RUM		3,8 Mcg al/kg MS
GOSYPOL **		2000 ppm

** Cantidades de Gosipol encontradas en semilla de algodón motosa son entre 5.000-10.000 ppm.

*Digestibilidad verdadera in vitro de materia seca.

Todos los nutrientes son libres y disponibles en el sustrato. Es necesario el aporte de carbohidratos en la dieta para una apropiada absorción del alimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Godoy, Susmira et al., 2002. Digestibilidad del fósforo de ingredientes alimenticios en ovinos. Revista Científica. Vol XII, Suplemento 2. Octubre. 412-415.
- Gonzalez Flecha, F. Luis. Et al., 2000. La glicación de las proteínas en enfermedades humanas. Revista Ciencia Hoy. Vol 10, N° 58. Agosto-Septiembre.
- Guada, J. A. 1993. Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. IX Curso de especialización FEDNA. 8 y 9 de Noviembre.
- Perez, N. Et al., 2001. Efectos de la suplementación en parto con semilla de algodón y minerales sobre el comportamiento productivo en vacas doble propósito. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología.
- Fumigalli, A. 2000. La semilla de algodón como suplementación en vacunos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación experimental Santiago del Estero.
- Koza, Gabriela et al., 2003. Cambios del lipidograma de novillos suplementados con semilla de algodón. Facultad de Ciencias Veterinarias-UNNE. Argentina. www.portalveterinaria.com
- Camps, Dario N. et al., 2001. Semilla de algodón en la alimentación de los bovinos. Docentes área de Nutrición, Facultad de Ciencias Veterinarias-UBA.
- Calhoun, Millard C. Silva C, Ricardo. 2004. Valoración de los nutrientes y contenido de Gosipol en la semilla de algodón y harinolina. Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University System and National Cottonseed Products Association, Cotton Council International, International Marketing Consultant.

- Calhoun, Millard C. Silva C, Ricardo. 2004. Harinolina y semilla de algodón: Optimizando su uso en Raciones de Ganado Lechero. Texas Agricultural Experiment Station, Texas A&M University System and National Cottonseed Products Association, Cotton Council International, International Marketing Consultant.
- Coppo, José A., Coppo, Norma B. Valoración del Aporte Nitrogenado de la Semilla de Algodón a Través del Proteinograma de Novillos de Cruza Cebú. Facultad de Ciencias Exactas, Químicos y Naturales – UNAM. Misiones, Argentina.
- Coppo, José A., Coppo, Norma B. 2001. Efectos de la suplementación con semilla de algodón sobre el enzimograma plasmático de terneros destete. Cátedra de Fisiología General – Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales – UNAM. Misiones, Argentina.
- García-Rebollar, P. G., de Blas, C., Digestión de la soja integral en rumiantes. American Soybean Association. Brussels, Belgium.
- Acosta, Yamandú. 2002. Alimentación y Sólidos en Leche. Inst. Nac. de Investigación Agropecuaria. Uruguay.
- Reza Garcia, S., et al., 2003. Análisis técnico económico de un manejo de alimentación para bovinos lactantes en el sistema doble propósito en el Valle del Sinú. Carta Fadegan. Edición N° 78.
- Mateos, G. G., Rebollar, P. G., y Medel, P. 1996. Utilización de Grasas y productos lipídicos en alimentación animal: Grasas puras y mezclas. XII Curso de especialización FEDNA. Madrid.
- González, Fernando. 2001. Las Grasas Protegidas como fuente energética en la alimentación de vacas lecheras. Facultad de agronomía e Ingeniería Forestal, Depto. Zootecnia de La Universidad Católica de Chile.
- Valor Nutritivo de Alimentos No Tradicionales en Colombia. Revista del ICA. 1979
- FEDNA. 2003. Semilla de Algodón. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2° ed.). C. de Blas, G. G. Mateos y P. G. Rebollar (ed.). Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España.
- Hood, Shanon. Thiessen, Debbie. The nutritional Impacts of Extrusion Processing. www.engr.usask.ca/classes/FDSC/898/notes/FDSC898-Lecture5.pdf
- Thiessen, Debbie. Extrusion Technology. Applications of Extruders, Expanders, an Expellers in Oilseed processing. www.engr.usask.ca/classes/FDSC/898/notes/FCSC898-Lecture6.pdf
- Metabolismo de Proteínas en las Vacas Lecheras. www.infocarne.com 2002
- Jakush, Ed. E² (E/E. Extrusion/Expelling). www.pnpi.com
- Aranda, M. V., Brave, N., Casagrande, R. 2003. Colesterol en Bovinos. www.PortalVeterinaria.com
- Danelón, José Luis. 2001. Comprendiendo a los Carbohidratos. Departamento de producción animal, Facultad de Agronomía. UBA. www.PortalVeterinaria.com
- Loyola, Vicente. Sepúlveda, Javier. Lizarralde, Lucas. Seminario, Producción Bovina. Raciones. Escuela de Agronomía. Universidad del Mar. Chile. www.educarchile
- Gallardo, Miriam. 2001. Los nutrientes By-pass en los sistemas lecheros Pastoriles: una moda o una necesidad ? Producir XXI, Río Cuarto, Provincia de Córdoba. República Argentina. www.produccionbovina.com
- Rueda Gil, Francisco. Grasas Protegidas (Rumen By-pass). www.mundofree.com
- Fenzo T, Roberto., Ibáñez, U. A. Grasas de efecto “By-Pass” en Rumiante. www.tattersall.cl/revista/REV172/cultivos.htm
- Berlotto Rocagliolo, Christian Miguel. 2004. Usos de desechos de tierras filtrantes (diatomita+Perlita) como insumo para dieta de Novillos de engorda. Tesis de Grado. Facultad de acuicultura y Ciencias Veterinarias, Universidad Católica de Temuco.
- Descalzo, José María. Diagnóstico y Tratamiento de la Hipocuprosis en Bovinos. Facultad de Ciencias Veterinarias. UBA. www.nutrihelpanimal
- Montalbetti, Andrea. Microbiología del Rumen. Andreacm1@ciudad.com.ar
- Parker, David S. Nutrición con aminoácidos en ganadería de carne. Novus Europe s.a/n.v www.engormix.com
- Wattiaux, Michel A. Metabolismo de proteínas en las vacas lecheras. Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Winsconsin, Madison.
- Biosicología.net. Aminoácidos esenciales, Vitaminas hidrosolubles, Participación plástica y funcional.
- Middleton, Marty. Elam, Emmett. 2001. Preliminary Estimates of the cost of extrusion processing of cotton Gin By product as a livestock feed. Department of Agricultural an applied Economics. Texas Tech University.
- Angel, Camilo E. 2004. Evaluación Técnica y económica de tres niveles de inclusión de semilla de algodón en la alimentación de terneros lactantes en un sistema doble propósito. Tesis de grado. Departamento de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Carrillo, Leonor. 2003. Microorganismos, Microbiología Agrícola. Capítulo I. www.unas.edu.ar
- Zunino, Gonzalo. 2003. Monografía final del curso de Nutrición. Nutrición y Alimentación Animal de la Facultad de Veterinaria de la UBA. Argentina. www.nutrihelpanimal.com
- Uranga, Pablo. 2003. Deficiencias minerales en sistemas pastoriles. Monografía final del curso de nutrición. Nutrición y Alimentación animal de la Facultad de Veterinaria de la UBA. Argentina. www.nutrihelpanimal.com
- Rosa, de. Mattioli, GA. 2002. Metabolismo y deficiencia de cobre en los bovinos. Analecta Veterinaria, 22, 1:7-16. www.fev.unlp.edu.ar
- Alvarado Gilis, Christian Amandus. Posibilidad de maximizar el contenido de proteína de la leche vía alimentación. Valdivia, Chile. christianalvarado@uach.cl
- Wattiaux, Michel A. Howard, W Terry. 2003. Digestión de la vaca lechera. Instituto Babcock para el Desarrollo y la Investigación Internacional de la Lechería. The University of Winsconsin, Madison.
- Garrez, Martin. 2002. Suplementación con Nitrógeno no proteico en rumiantes. Monografía final del curso de nutrición. Nutrición y alimentación Animal Facultad de Veterinaria de la UBA. www.nutrihelpanimal.com

- Arreaza T, Luis C. 2002. Fraccionamiento de la proteína cruda e indicadores en la formulación de Raciones para Rumiantes. Programa de Fisiología y Nutrición Animal. C.I. Tibaitatá, Corpoica, Colombia.
- Gil, Susana B. Sistema de Producción de Carne Bovina: Engorde intensivo (Feedlot). Elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente. Argentina.
- Gonzalez, J. 1994. Formulación de Raciones para Rumiantes en base aminoácidos digestibles: Interés práctico. Universidad Politécnica de Madrid. X Curso de Especialización FEDNA. www.etsia.upm.es.
- Chamorro Viveros, Diego. 2000. Importancia de la proteína en la nutrición de Rumiantes con énfasis en la utilización de especies arbóreas. Seminario-Taller Internacional sobre manejo de la proteína en producción de Ganado Bovino. www.turipaná.org.co

Volver a: [Suplementación](#)