

Sincronía de nutrientes: la alimentación del futuro

ANDRÉS DOBLAS AGUILAR. JEFE DE PRODUCTO DE VACUNO DE NANTA.

En los últimos años se ha extendido el empleo de una serie de conceptos nutricionales en vacuno que hacen referencia a la "velocidad" de degradación de las proteínas y de fermentación de los hidratos de carbono.

Sin embargo, en las raciones formuladas todavía no es frecuente encontrar expresión de estos conocimientos trasladados a valores. En gran medida, son ideas generales aceptadas de comportamientos de los diferentes alimentos que en algunos casos guían el diseño de las raciones.

No obstante, a esta altura de los conocimientos sobre la cinética de degradabilidad de los alimentos, sí es posible y hay sistemas que permiten contemplarlo de manera más rigurosa.

En este punto cabe plantearnos algunos interrogantes:

¿Puede tener importancia considerar este nuevo concepto de la degradación de los alimentos en función del tiempo?

¿Qué aplicaciones puede tener?

¿Puede suponer una mejora evidenciable en las producciones de los rumiantes y en concreto del vacuno de leche?

Si consideramos la particularidad de los rumiantes, justamente la que les da nombre, el rumen, podremos entrever que el conocimiento en profundidad de los procesos que ocurren en este órgano será fundamental.

El rumen es, en suma, un gran fermentador de alimentos con una dinámica muy especial, en el que se alojan cientos de especies y millones de microorganismos que viven y conviven con su hospedador. De todo ello saldrán muy favorecidos ambos. Baste decir que el rumen de una vaca puede pesar más de 90 kg. y toda la flora microbiana que en él se aloja pesar más de 10 kg.

¿Qué consiguen los hospedadores con todo ello?

Energía y proteína. Energía en forma de Ácidos Grasos Volátiles (AGV), tales como el Acético, Propiónico y Butírico, hasta el punto de constituir estos el 70-80% de las fuentes de energía en los rumiantes.

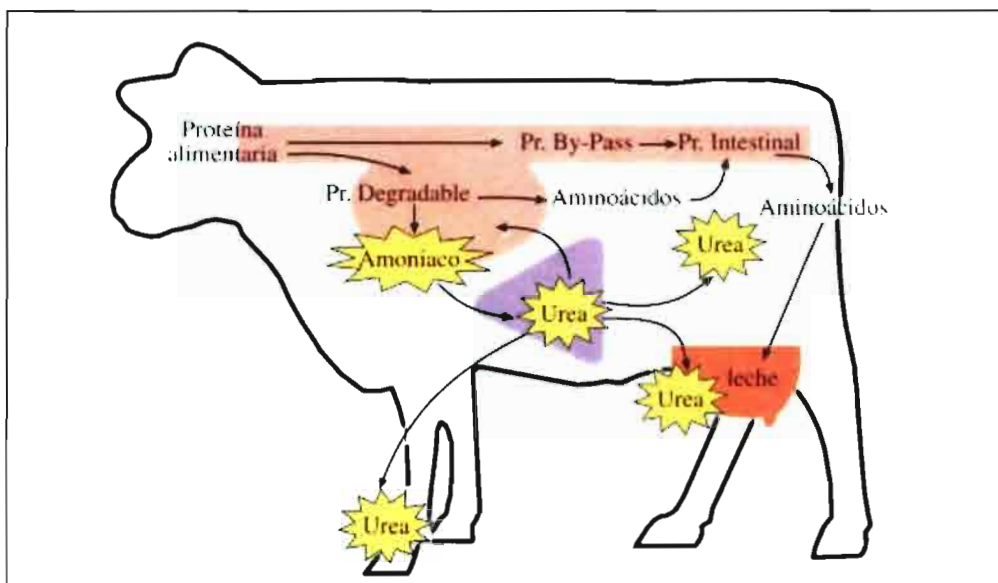


Figura 1.-Diagrama de degradación de la proteína.

En segundo lugar, consiguen proteína microbiana, por tanto proteína y de muy buena calidad o valor biológico, tal y como se puede apreciar en el **cuadro I**, aventajando a alimentos como la soja, incluso a la leche en el perfil de aminoácidos.

De la importancia del proceso de síntesis de la proteína microbiana da cuenta el **cuadro II**. En él se refleja el rendimiento normal de síntesis de proteína microbiana, (125 g/kg. de materia orgánica fermentable) y lo que esto supone para el total de

necesidades de proteína de una vaca. Así, si aumentáramos el rendimiento hasta 187 g/kg. de M.O.F. esta proteína sintetizada sería capaz de satisfacer el 73% de las necesidades proteicas de una vaca de 25 litros de leche o el 64% de una de 35 litros.

Las consecuencias de esta mejora del rendimiento de síntesis de proteína microbiana puede ser importante, al tener una gran implicación en el abaratamiento de costes de alimentación por permitir reducir el empleo de fuentes de proteína by-pass

CUADRO I. Composición en aminoácidos de flora bacteriana y varios.

% Materia Seca	Flora Microbiana	Leche	Carne	Pescado	Soja 44
Proteína bruta % MS	60-65	23-26	70-75	65-70	48-52
Lisina % proteína	8,5	8,3	6,7	8	6,5
Metionina proteína	2,4	2,6	2	2,7	1,4
Cistina proteína	1,2	0,9	1,1	1,1	1,5
Treonina proteína	5,4	4,1	4,5	4,2	4,1

CUADRO II. Síntesis de proteína microbiana y contribución a las necesidades totales de una vaca. Fuente: NRC. 89.

	25 l.	35 l.	45 l.
125 g/kg. MOF	49%	42%	39%
187 g/kg. MOF	73%	64%	59%

que son más caras.

En los últimos años, sistemas nutricionales como el NRC (americano), INRA (francés), ARC (inglés) y CVB (holandés), están dedicando un gran esfuerzo al estudio del comportamiento degradativo-fermentativo de los alimentos y de los procesos que acontecen en el rumen y posteriormente a él en el intestino.

Asimismo, merece resaltarse sistemas como el de la Universidad de Cornell (CNCPS) que, entre otras aportaciones, han divulgado el fraccionamiento de los alimentos en sus componentes fermentativos y degradativos en el tiempo. Aparece aquí el estudio del comportamiento de los alimentos en el rumen desde una óptica de partición de los alimentos y de la intervención del factor tiempo; es decir de su sincronía.

El resultado final de ello no es otro que el de marcar unas directrices de trabajo de alimentación para el racionamiento, con todos los conocimientos disponibles, que pretendan sincronizar la energía y la proteína, para alimentar y producir mejor.

Aspectos claves de la sincronización de nutrientes

El estudio de las fermentaciones y degradaciones de los alimentos en el rumen obliga a contemplar diferentes aspectos que pueden intervenir en ello. Sugiere plantearse aspectos como:

- Nivel de producción, nivel de ingesta de materia seca y su efecto sobre la velocidad de tránsito ruminal y síntesis de proteína microbiana.

- Tratamientos tecnológicos de los alimentos y efecto en la degradación. Efecto de las altas temperaturas, presión y vapor. Tratamiento químicos y combinados en la degradación de los alimentos (aumento de la proteína by-pass).

- Manejo de la alimentación a nivel

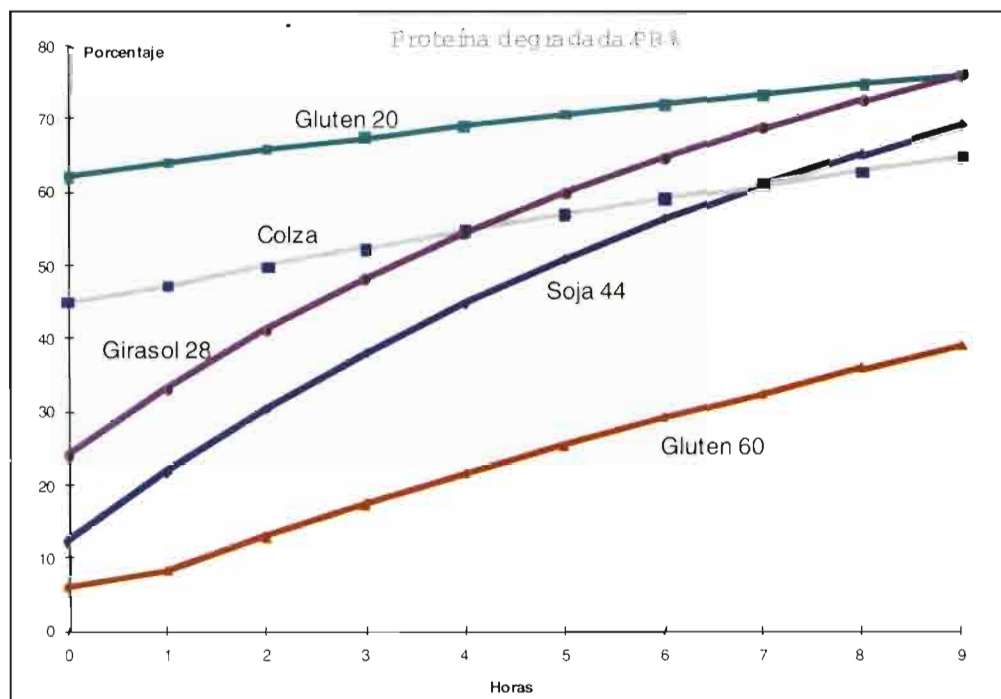


Figura 2.- Degradación de la proteína de varias fuentes. Fuente: NANTA-Univ. Bellaterra. 97.

práctico y efectos en la degradación de los alimentos. Efecto de la alimentación separada (forrajes de los concentrados) o alimentación Unifeed, pastoreo, etc.

Alimentos, degradación de la proteína y fermentación de los hidratos de carbono en el tiempo

En general, los diferentes sistemas desarrollados para la sincronización, parten de modelos como el de Van Soest-Sniffen (1984) en el que los alimentos se fraccionan en sus componentes en función de la solubilidad y por tanto en cuanto a su velocidad de degradación y/o fermentación (cuadro III).

Cada una de las fracciones de los componentes presenta una velocidad de degradación/fermentación bien claramente diferenciado de las demás.

En los hidratos de carbono podemos ver como los azúcares son rápidamente solubilizados en el interior del rumen y fermentados en la primera media hora.

En caso de acoplar a los azúcares (100-

400%/h) una fracción análoga en su velocidad, pensaremos en el NNP y en la fracción B1 proteína soluble (100-400%/h).

Así sucesivamente con el resto de las fracciones de los alimentos, acoplaremos cantidades y momento de suministro de las mismas, ya que dos alimentos semejantes en velocidad suministrados en tiempos diferentes pueden no conseguir un buen resultado por falta de sincronización.

Proteína

La proteína alimentaria ingerida se degrada en el rumen (figura 1).

El amoníaco es empleado por la flora microbiana y especialmente por la flora celulolítica como fuente de Nitrógeno, para sintetizar proteína microbiana. Entre un 50 y un 90% del N empleado en el rumen es no proteico. Asimismo, entre el 30-75% de la flora microbiana formada es nuevamente reciclada mediante lisis y fagocitosis por parte de los protozoos (Nolan y Leng, 1972). (Firking et al. 1992).

CUADRO III. Modelo Van Soest-Sniffen (1984).

	Hidratos de Carbono				Proteínas		
	Partes:	Velocidad	Correspondencia		Velocidad	Partes	
H. Carbono solubles	A	100-400%/h	Azúcares	NNP	Instantánea	A	Soluble
	B1	5-60%/h	Almidón Pectinas	Albúminas Globulinas	100-400%/h	B1	
H. Carbono estructurales	B2	3-15%/h	Hemicelulosa Celulosa	Albúminas Globulinas	3-15%/h	B2	Insoluble
				N-ligado a pared celular	0,05-0,5%/h	B3	
	C	0%/h	Lignina (inferment.)	P-ADF	0%/h	C	Insoluble (inzaimilable)

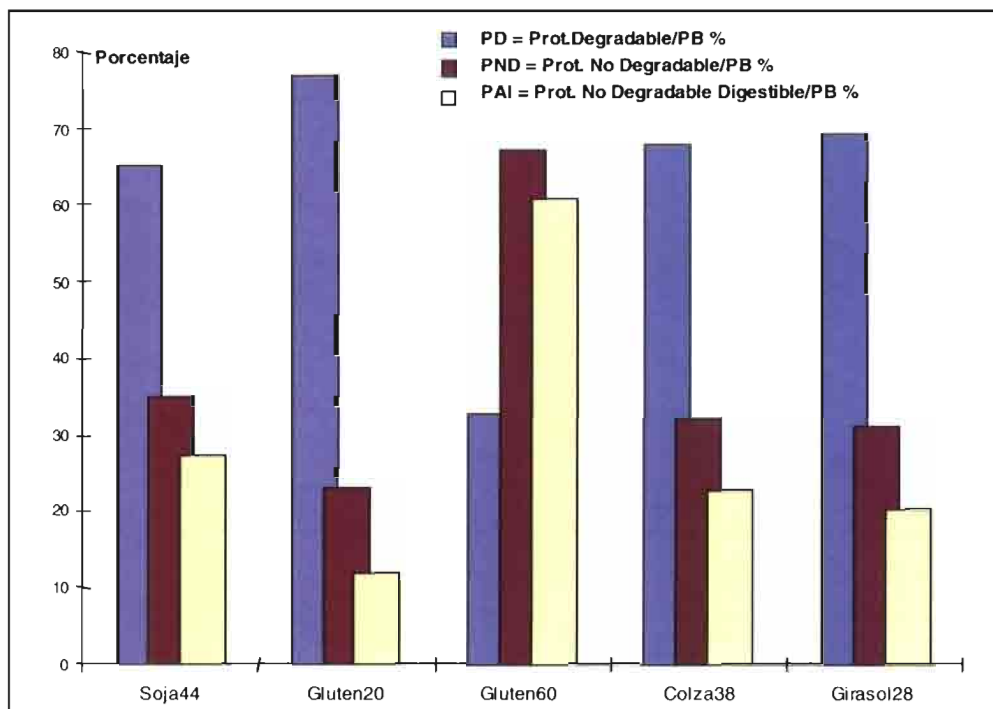


Figura 3.-Aportes de Prot. Degradable, No Degradable y No Degradable-Digestible en intestino de varias fuentes proteicas. Fuente: NANTA-Univ. Bellaterra. 97.

Uno de los más importantes objetivos de cualquier técnico nutricionista de vacuno es el cálculo de raciones que aporten los nutrientes necesarios para el nivel de producción y mantengan el rumen dentro de un nivel de equilibrio.

Como consecuencia inmediata, aparece el objetivo de aportar niveles adecuados de proteína al intestino. Lo podremos conseguir de varias maneras y a su vez dentro de cada uno de los apartados tendremos varias posibilidades.

- a) Incremento de proteína by-pass.
 - Suministro de alimentos con altos niveles de proteína by-pass (gluten-60, harina de pescado, soja tratada).
 - Disminución directa, en rumen, de la degradabilidad de las proteínas de los alimentos mediante quelación de la fracción soluble y/o asociación con taninos (Frank R. N. Gurd and P. Wicox).
- b) Incremento del aporte de la proteína microbiana al intestino.
 - Incrementando la síntesis de proteína mediante estimulantes de la microflora: Cloruro de Colina, Niacina, Oligofructosacáridos, Tiamina, Isoácidos, Metionina, hidrolizados proteicos, levaduras...
 - Empleo de Buffers, para evitar la depresión en el crecimiento de la flora celulolítica (Bicarbonato, Óxido de Mg)
 - Empleo de Ionóforos (no admitido en vacuno de leche en la UE) que disminuye notablemente la degradación a Amoniaco de los péptidos y aminoácidos.
 - Otros antibióticos (Avoparcina ...) también prohibidos en la UE, con efectos semejantes a los anteriores.
 - Inhibidores de las proteasas bacterianas en el rumen que transforman los pépti-

dos y aminoácidos en NNP, como el EDTA, Clorometil-Cetona ...

- Defaunación de los protozoos (Sulfato de Cobre, Peróxido de Calcio, Alcohol Etoxilato ...) y consecuentemente disminución de la fagocitosis y lisis que éstos realizan sobre las bacterias (30-75% de la proteína bacteriana neoformada). (Van Nevel et al. 1985. Demeyer et al. 1982).

No todo el Nitrógeno amoniacal empleado en el rumen, parte es absorbido a través de las paredes del rumen y transformado en urea en el hígado. Una parte de la urea, variable entre el 15-30% del N ingerido, es reciclada nuevamente en el

rumen con la saliva (0,07-0,14% urea; C. D. Church. 1988).

Un tema controvertido últimamente es la valoración de los niveles normales y anormales de urea en leche o en sangre. En principio, se puede relacionar niveles altos de urea con incremento de problemas como:

- Disminución de la fertilidad.
- Aumento de problemas de cojeras (laminitis).
- Aumento de células somáticas (mamítis subclínicas).

En el primero de los casos, el mismo sistema Cornell (CNCPS) calcula el balance de energía/proteína y el posible déficit de la primera y/o exceso de la segunda y estima un nivel de urea en sangre y leche, recomendando no sobrepasar los 340 mg/l de leche de urea (<17 mg/dl de N-Ureico), para evitar problemas de fertilidad.

Valores semejantes al anterior recomiendan autores como R. Wolter (1994):

Urea en sangre: < 350-500 mg/l.

Urea en leche: < 330 mg/l.

La razón del efecto adverso de los altos niveles de urea, hay que buscarlos en el trastorno de la permeabilidad de los capilares sanguíneos a nivel general o particularmente en lo que atañe a la reproducción por disminuir los niveles de progesterona, disminuir la tasa de concepción y de pervivencia embrionaria (R. Wolter. 1994). Por tanto, los tejidos de los órganos más importantes de las funciones productoras del ganado vacuno de leche, se verán más afectados. Ubre, ovarios, médula de los cascos ...

Todas estas cuestiones a nivel de

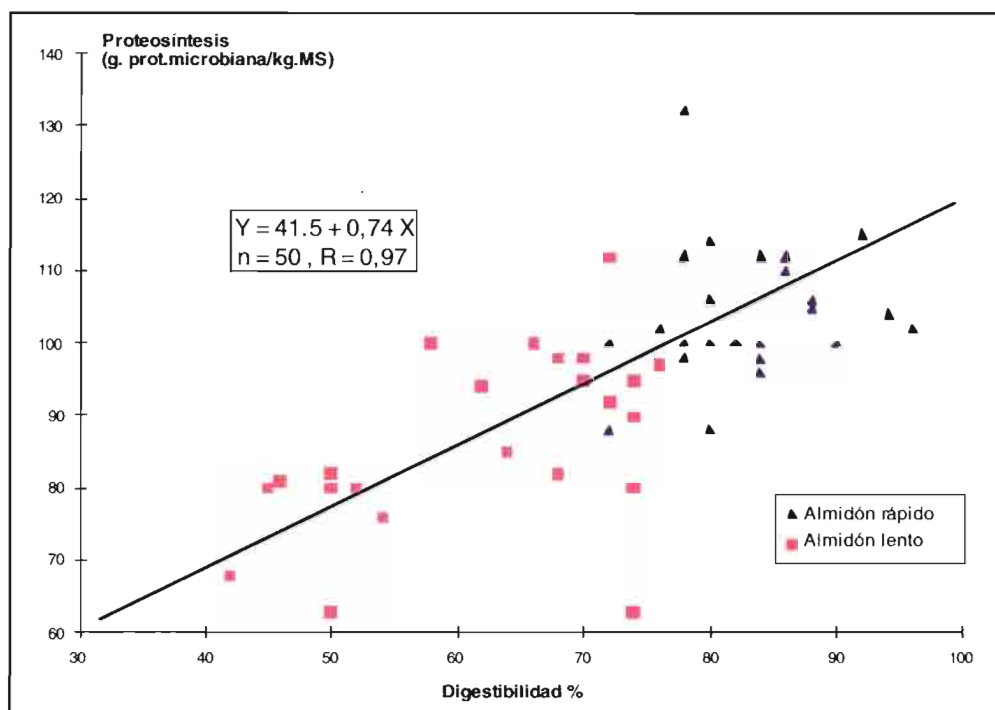


Figura 4.- Síntesis de proteína microbiana y tipo de almidón. (Sauvant, 1997).

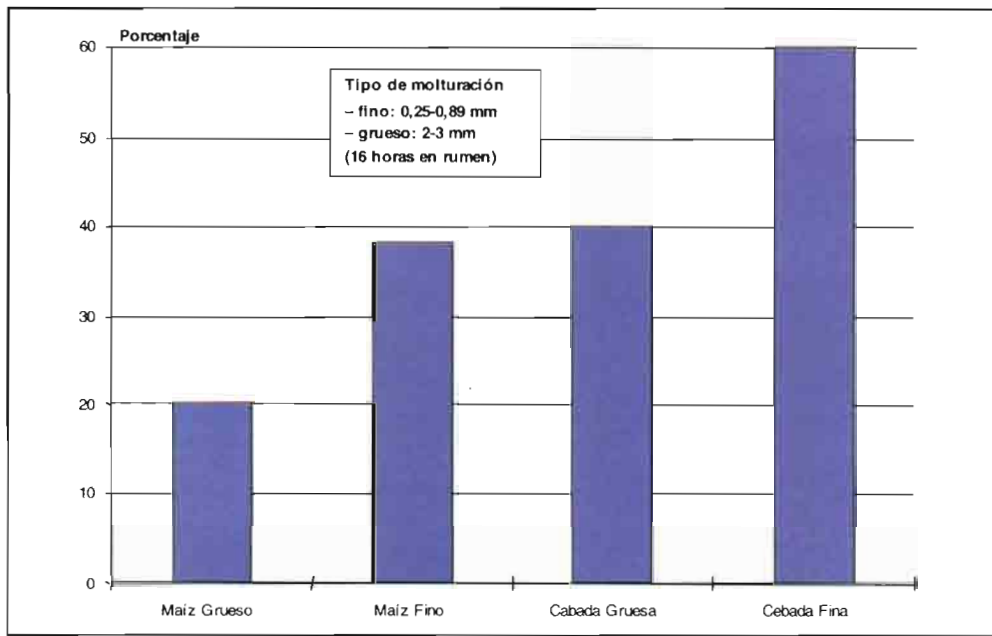


Figura 5.- Molturación y porcentaje de digestión en rumen. (McAllister et al, 1993).

campo justifican profundizar en el conocimiento del comportamiento de la fracción proteica para evitar los excesos de la misma. Una de las formas sería mediante una justa sincronización de la energía de la proteína.

En la figura 2 se pueden observar las diferentes curvas de degradación de cinco materias primas proteicas usuales.

Se puede apreciar como los comportamientos de estas materias son en algunos casos muy diferentes, así el gluten-20 y la colza son opuestos por completo al gluten-60. Las dos primeras son fuentes de proteína muy degradable y especialmente muy soluble y el gluten-60 es una gran fuente de proteína by-pass. Se aprecia como en la prímata hora alrededor del 60% de la proteína es solubilizada, mientras que en las 8 horas restantes sólo un 15%. El gluten-60 sólo es degradada un 30% de la proteína siendo la fracción soluble muy pequeña (7% del total). Consecuentemente, una fuente de proteína como el gluten-20 se deberá emplear con hidratos de carbono muy solubles como los azúcares y tipos de almidón rápidos (cebada, trigo).

Con ser importante conocer la degradabilidad de las proteínas, es necesario también saber el aporte de proteína final como proteína digestible en el intestino de la fracción de proteína no degradable o by-pass (PDIA para el INRA). El cuadro III expresa el aporte de las diferentes materias primas en las fracciones degradable y by-pass digestible intestinal. Se aprecia como el gluten-60 es claramente una fuente de proteína by-pass suministrando casi el 70% de la proteína como by-pass y ésta presenta una alta degradabilidad (90%).

En el caso del Gluten-20 se aprecia como más del 75% de la proteína es degradable y de la by-pass sólo una fracción pequeña es digestible (35-55%)

Carbohidratos

Son la principal fuente energética del crecimiento microbiano. Las proteínas se emplean en menor medida como energía y tienen un rendimiento menor. De los lípidos, sólo el glicerol es fermentable en el rumen.

Se determina la capacidad de crecimiento de la flora microbiana a partir de la Materia Orgánica Fermentable, de la

cual los Carbohidratos son la parte más importante.

MOF = M. Orgánica Digestible - M. Grasa - Prot. By-Pass - PF.

PF = Productos de Fermentación de ensilados

Distinguiremos los Hidratos de Carbono Estructurales (HCE) y los No Estructurales (HCNE), siendo los primeros las hemicelulosas y celulosa. Entre los HCNE tendremos los azúcares, almidones y las pectinas. Estas últimas aunque son constituyentes de las paredes celulares, tienen un comportamiento en el rumen semejante a los almidones.

Para que el equilibrio ruminal no se altere es preciso que el pH del mismo se mantenga entre 6 y 6,5. Una disminución en HCE (fibra) y aumento de los HCNE puede representar bajar el pH y entrar en zona de acidosis, con la consiguiente parada del crecimiento de parte de la flora (celulolítica), fermentaciones anormales y disminución del contenido graso de la leche.

A partir de la fermentación de los HC se forman los Acidos Grasos Volátiles (AGV). Estos AGV van a determinar una ruta metabólica hacia la síntesis de la materia grasa de la leche (Acetato y Butirato) o hacia la síntesis de Glucosa (Propionato). Para que la grasa de la leche no sufra grandes caídas es conveniente que el cociente Acetato+Butirato / Propionato sea superior a 3 (cuadro IV).

Los HCNE más abundantes en las raciones de vacuno lechero son los almidones (15-25% MS). En éstos se ha extendido el empleo de las denominaciones

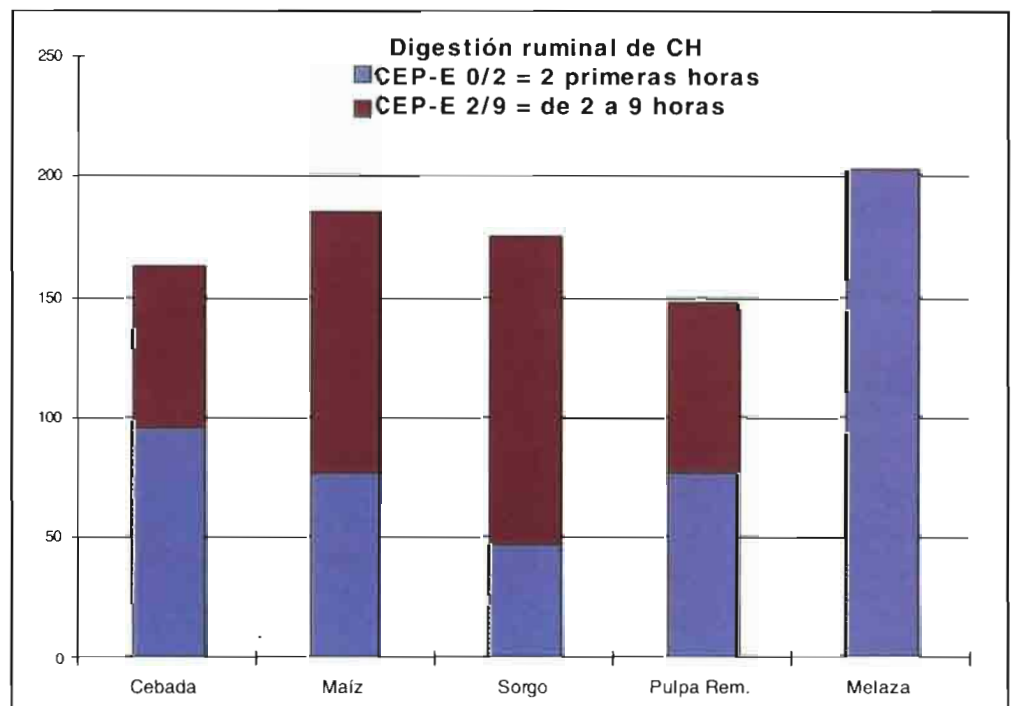


Figura 6.- Valores de CEP-E; degradación de la energía de algunos alimentos energéticos.

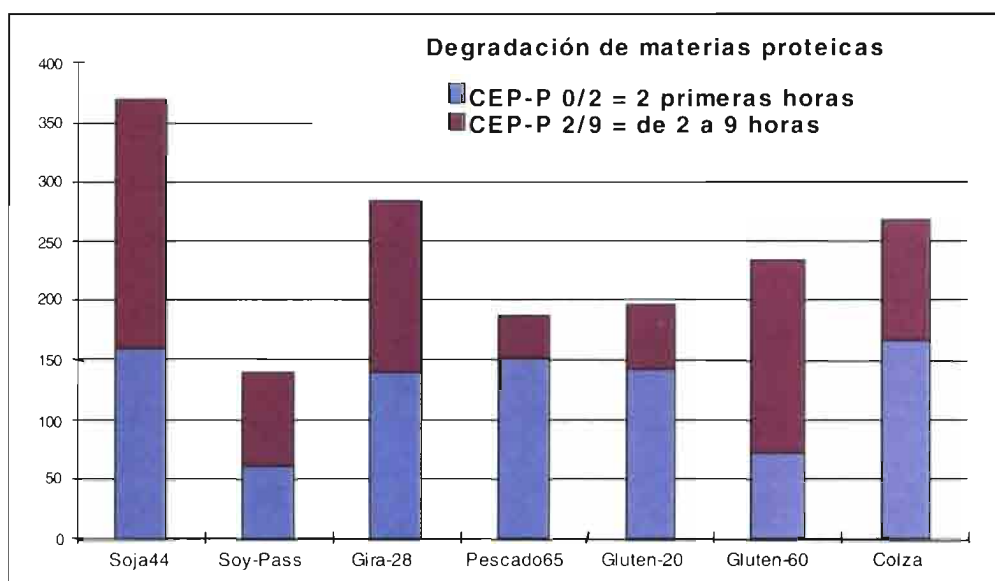


Figura 7.- CEP-P; degradación de la proteína de algunos alimentos proteicos.

de "almidón rápido" y "almidón lento" o by-pass.

No se puede generalizar sobre estos dos tipos de almidón acerca de cual de los dos es mejor. Así, el almidón rápido (cebada, trigo, mandioca, centeno..) sí presenta una mejor respuesta en formación de proteína microbiana (Sauvant. 1997). Por contra, el lento o by-pass, sería más semejante a las grasas by-pass, ya que no aportan tanta energía al rumen y sí al intestino.

Por tanto, la justa utilización de ambos tipos de almidones sería lo más razonable y siempre en función de las necesidades de tipos de energía, para acoplarse a las proteínas de la ración.

En la **figura 4** se comprueba el diferente resultado en síntesis de proteína microbiana de los dos tipos de almidones. Mientras el almidón rápido supone alrededor de los 110-105 g de proteína microbiana/kg. MS, en el caso del almidón lento (maíz, sorgo) solo encontramos unos 85-90 g. No obstante, podemos encontrar una objeción a la conclusión anterior y es el tamaño de partícula. Almidones lentos pueden ser más disponibles si están más molturados. En la **figura 5** se puede comprobar como la digestión ruminal de la cebada molturada gruesa y el maíz fino son semejantes. Por tanto, el trabajo del técnico en nutrición de rumiantes obliga a controlar todos los aspectos relacionados con la alimentación, no solo realizar una ración adecuada desde el punto de vista teórico y tener una mentalidad abierta y criterios flexibles.

En cuanto a los HCE (Hemicelulosas y Celulosa) constituyen una parte básica para el buen equilibrio de la microflora. En el CNCPS se establece un mínimo necesario a suministrar a las vacas de

Fibra Neutro Detergente Efectiva (FNDe) del 20% sobre MS. La FNDe es una medida práctica del comportamiento de los diferentes forrajes y su capacidad de provocar en el ganado un mayor número de tiempo para ingerirlo y rumiarlo. Con la masticación, la vaca segrega saliva (1,5-3 kg./kg. de MS) que aporta bicarbonato sódico, con lo que se mantiene el nivel adecuado de pH. Por cada punto por debajo del 20% de FNDe estima que la síntesis de proteína microbiana disminuye un 2,5%.

En el CNCPS las fracciones de los HC, al tener unas constantes de degradación y de estancia en el rumen, permiten calcular la liberación de energía en el tiempo.

Sincronización energía-proteína

A partir del conocimiento de la degradación de los alimentos en sus diferentes fracciones, uno de cuyos ejemplos es el de Cornell, podemos plantearnos sincronizarlas entre sí. Así hay algunas propuestas como:

Universidad de Nottingham (L. Archibald Sinclair. 1992)

Distingue dos fracciones en los alimentos: A (muy rápida) y B (potencialmente degradable) y una constante C de degradación, para la Materia Orgánica, Nitrógeno, Carbohidratos, Hemicelulosas,

Celulosa y Almidón. Establece un Índice de Sincronización para el N/MO y otro para el N/CH.

El primero sería aquel resultante de la relación entre el N y la MO. El valor idóneo de este cociente sería 25 g de N/kg. de MO digerida, para un mejor crecimiento microbiano. En cuanto al segundo, el valor idóneo sería 32 g de N/kg. de CH fermentados en rumen.

A partir de este planteamiento calcula las degradaciones de las fracciones de los CH y de las proteínas en las 24 horas para trasladarlo a un índice de sincronización (SI), cuyo valor idóneo sería 1.

Sistema CEP

(CEP = Cinética Energía/Proteína). Desarrollado por Nanta y a partir del sistema de Cornell. En él se determina la cantidad de CH y de proteína degradado en dos intervalos de tiempo:

- Tiempo rápido, de 0 a 2 horas
- Tiempo lento, de 2 a 9 horas

A partir de los mismos se establecen los valores de CEP de la energía y de la proteína. A semejanza del sistema propuesto por la Universidad de Nottingham, el sistema CEP relaciona ambas fracciones de los alimentos estableciendo como perfil idóneo una relación entre el N y los CH de 37 g/kg. de CH. La razón hay que buscarla en el objetivo compatibilizar el mejor equilibrio ruminal (a niveles de proteína/MS cercanos al 15%), con el incremento de la producción de leche por lo que las raciones presentan una relación N/CH algo mayor.

Trasladados a valores de cada alimento, son empleados en el racionamiento para ajustar y equilibrar las mismas y evitar excesos o defectos en el intervalo más cercano (CEP 0/2) o más lejano (CEP 2/9).

En la **figura 6** se puede apreciar como la cebada libera la mayor parte de su energía en las 2 primeras horas a diferencia del maíz y del sorgo. En el caso de la pulpa de remolacha, la energía se libera de manera sostenida y la melaza sería un alimento de energía rápida 100%.

En la **figura 7** se muestran los valores CEP de algunas materias primas proteicas. Se puede ver como el pescado y el gluten-20 presentan perfiles muy parecidos en lo que respecta a las fracciones degradadas. Hay que hacer notar que mientras

CUADRO IV. Fermentación de HC en AGV (Moles). Fuente: Murphy et al. 1982.

	Acetato	Propionato	Butirato
Azúcares	0,4476	0,2077	0,3026
Almidones	0,3987	0,3020	0,1955
Hemicelulosas	0,5578	0,2574	0,1090
Celulosas	0,7880	0,0575	0,0650

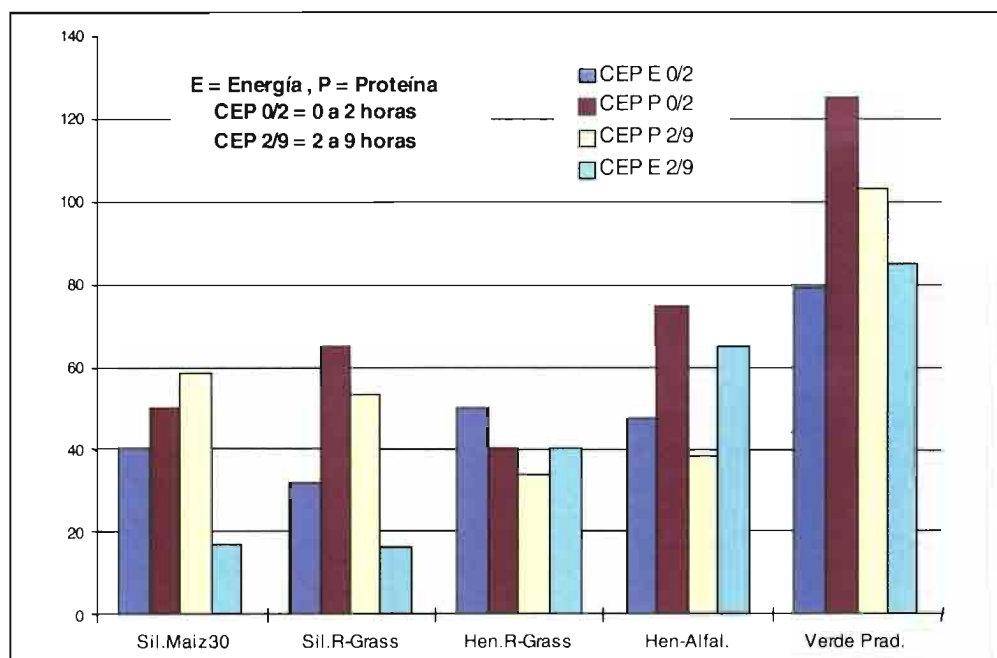


Figura 8.- Valores CEP de algunos forrajes.

el gluten se degrada casi por completo, en el caso del pescado no es así ya que solo es el 20-25% del total de proteína.

En la **figura 8** se muestran valores de degradación de varios forrajes. Se puede

comprobar como los silos son bajos en proteína lenta, el heno de alfalfa es deficiente en energía de los dos tipos: rápida y lenta, y la hierba verde-primavera tiene un exceso de proteína rápida o excesiva-

mente degradable.

A partir de los valores de todos los alimentos empleados en la elaboración de la ración se puede controlar de manera fácil el aporte de las fracciones rápidas y lentas de carbohidratos y de energía.

Conclusiones

Las apreciaciones personales sobre las "velocidades" de los alimentos han dejado paso ya a la valoración rigurosa. Es posible hablar en términos concretos de sincronización de energía y de proteína.

Estos nuevos sistemas de apoyo nutricional ofrecen unas innegables ayudas a los técnicos que trabajan en alimentación de vacuno en varias líneas. Diseñar concentrados complementarios a forrajes, desde este punto de vista de la cinética y no ya solo desde el tradicional de la Proteína Bruta y la Energía. Y en suma ofrece una premisa muy básica y fundamental: mejorar la eficiencia de la alimentación para controlar el justo equilibrio ruminal y, por tanto, incrementar la síntesis de proteína microbiana.

Alimentar mejor para producir de manera más rentable. ■

Todo tipo de "mamones" de primera calidad, nacionales y de importación



GANADOS
MOLINS
IMPORT - EXPORT

Parets del Vallès (Barcelona)

Tel **93 562 20 02** - Fax **93 573 00 64**

Contacto: Joan Molins

- Pintos - Cruzados - Montbeliards - Simmentals - Pardos -