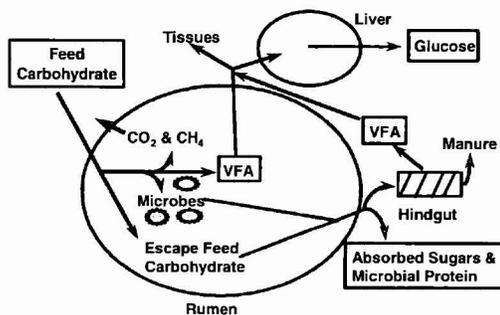


## FORMULACIÓN DE RACIONES DE LECHERIA CON CARBOHIDRATOS PARA PRODUCCIÓN Y SANIDAD

*Mary Beth Hall, PhD*  
 Department of Animal Sciences  
 University of Florida, Gainesville  
 hall@animal.ufl.edu

Hay algunos elementos en la formulación de raciones para los cuales no tenemos reglas estrictas para seguir. La suplementación con carbohidratos es uno de ellos. La organización de Requerimientos Nutricionales de Ganado Lechero del 2001 (NRC, 2001) ha hecho el mejor trabajo hasta el día en ofrecer reglas a seguir con respecto al balance entre forraje y fibra neutro detergente (NDF) vs. carbohidratos que no vienen de la fibra (NFC). Existe una variedad de factores que pueden afectar que modificaciones se pueden aplicar a las reglas para alcanzar una producción óptima y mantener la salud del animal. Para tener la mejor idea de que cambios hacer, uno tiene que saber como funcionan los carbohidratos en las raciones, conocimientos de los factores que pueden afectar la performance de la vaca, y una evaluación de lo que tienen que decir las vacas acerca de su interacción con la ración.

Para decidir como llegar a cumplir con los requerimientos de la vaca, debemos entender los factores que afectan la cantidad de nutrientes metabolizables que ella recibe (Figura 1). Cuando una vaca consume carbohidratos, ellos entran en el rumen donde pueden ser fermentados por microbios o pasar indigeridos al intestino delgado. La fermentación por los microbios produce tres sets básicos de productos: gases, ácidos orgánicos (e.g., acetato, propionato, butirato, lactato), y microbios, que son una excelente fuente de proteína para a vaca. El gas es eructado, o el animal se meteoriza. Los ácidos orgánicos son absorbidos desde el rumen y usados como energía por los tejidos o usados para propósitos lipogénicos (productores de grasa: acetato, butirato) o glucogénicos (productores de glucosa: propionato, lactato). Una porción de la masa microbiana pasa al abomaso y después al intestino delgado. En el intestino delgado, los carbohidratos sin digerir de los azúcares y el almidón pueden ser digeridos por los propios enzimas de la vaca y se absorbe la glucosa liberada. La proteína microbiana también es digerida.



**Figura 1.** Digestión y rendimiento de nutrientes metabolizables de carbohidratos y absorbidos en el intestino delgado. Todo carbohidrato sin digerir pasa al ciego e intestino grueso donde puede ser fermentado por microbios, y los ácidos orgánicos son absorbidos. Cual-

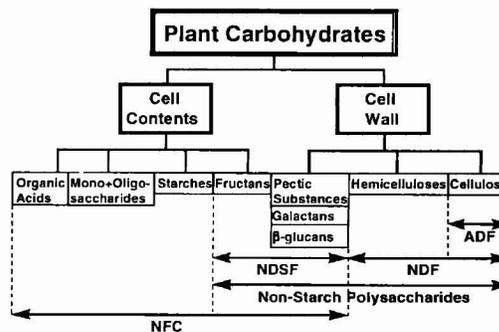
quier carbohidrato que aun no ha sido digerido, y la proteína producida en el intestino grueso pasan al exterior con las heces. El lugar de la digestión de los carbohidratos determina la cantidad y que tipo de nutrientes el animal recibe. La energía y el carbón de la fermentación de carbohidratos en el rumen también determina hasta que grado los microbios del rumen pueden usar la proteína degradada en el rumen para formar mas microbios, o cuanto pasa a la sangre como urea. La conversión de carbohidratos a proteína microbiana en el rumen es la razón por la cual a veces vemos lo que parece ser el efecto proteína (aumento en la leche en solo unos pocos días) luego de la alimentación con carbohidratos de más fácil digestión. La acidosis ruminal puede disminuir la digestión ruminal y rendimiento de los productos microbianos.

### CARBOHIDRATOS: NFC & NDF

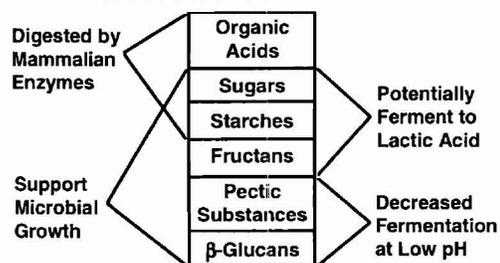
Las dos fuentes de carbohidratos en las raciones son la fibra neutro detergente (NDF) y los carbohidratos no estructurales (non-NDF) (NFC). Juntos, los carbohidratos forman mas del 70% o más de la materia seca y la mayor parte de la energía en una ración. Estos carbohidratos difieren en sus características de digestibilidad y como los consideramos para la formación de una ración. Este trabajo se concentrara principalmente en los NFC.

#### NFC

Los carbohidratos no fibrosos típicamente se han calculado por diferencia (100 - proteína cruda - NDF - extracto éter - cenizas; y a veces con el valor de NDFCP agregado nuevamente). Por mas de cien años, los carbohidratos comúnmente digeridos se habían calculado por diferencia, en parte debido a las dificultades con su análisis. (Aunque los términos carbohidratos no estructurales y carbohidratos no fibrosos se han usados como sinónimos, no describen el mismo carbohidrato: carbohidratos no estructurales se refieren solo a los azúcares, almidón y otros contenidos celulares, mientras que los NFC incluyen algunos carbohidratos de la pared tambien.) Esta gran variedad de carbohidratos no funcionan similarmente en las raciones (Figura 2). Hay cuatro categorías generales de NFC que difieren por sus características nutricionales, ellas son: ácidos orgánicos,



**Figura 2.** Carbohidratos de Plantas. ADF= Fibra ácido detergente, NDF = fibra neutro detergente, NFC = carbohidratos no - NDF, NDSF = fibra soluble en detergente neutro, Azúcares = mono- y oligosacaridos.



Velocidad de Fermentación:

Ácidos Orgánicos: 0- 7%/h

Azúcares: +/-35%/h

Almidón: variable, 4 - 30%/h

(excepción: soja a 4%/h)

**Figura 3:** Características Nutricionales de carbohidratos no-NDF (mono- y oligosacáridos), almidón, y fibra soluble en detergente neutro. Los NFC no actúan de forma igual en las raciones y no se deberían tratar como si lo hicieran.

**Ácidos Orgánicos.** Estos incluyen los ácidos de fermentación que encuentran en los silos (acetato, propionato, butírico, y lactato) y los ácidos orgánicos de plantas que se encuentran en el forraje fresco y paja (malato, citrato, quinato, etc.). Los que provienen de alimentos fermentados, pueden ser utilizados por el animal, pero no soportan una importante cantidad de crecimiento bacteriano en el rumen. (Figura 3).

**Azúcares.** Incluyen los azúcares simples (glucosa, fructosa, etc.) y azúcares de cadena corta (oligosacáridos; sucrosa, lactosa, etc.). Los principales azúcares en las plantas son glucosa, fructosa, y sucrosa. Lactosa se encuentra en los productos lácteos. Los azúcares tienen tendencia a fermentar rápidamente (30 - 40 % por hora), y pueden ser fermentados a ácido láctico. La fermentación de los azúcares tiende a producir más ácido butírico que los otros NFC, y los niveles de propionato similares al almidón (Strobel and Russell, 1986). Los bovinos no pueden digerir la sucrosa ellos mismos, pero es posible que un poco llega al intestino delgado. Algunas fuentes comunes de azúcares incluyen malaza, pulpa de citrus, cáscara de almendras, desechos de panadería, alimento de soja, y forrajes frescos o paja. Los carbohidratos en silos que al análisis aparecen como azúcares pueden ser azúcares sin fermentar, o cadenas cortas que fueron hidrolizados por las condiciones ácidas (Jones et al., 1992). Lo último puede tener diferentes características de fermentación que los azúcares que ocurren naturalmente (W. Hoover, personal communication).

**Almidón.** Esta compuesto de cadenas de glucosa unidas de forma alfa almacenadas en gránulos cristalinos por las plantas. El almidón se puede digerir por los microbios y por la vaca, pero hay una gran variación en la velocidad de fermentación o digestión dependiendo del procesamiento, almacenaje y fuente del almidón. Cuanto más fino es la partícula, más rápida es la fermentación (Galyean et al., 1981). La fermentación del almidón puede producir ácido láctico. Fuentes comunes de almidón incluyen los granos pequeños, maíz y sorgo, y sus ensilados y productos secundarios, y los residuos de panaderías.

**Fibra Neutro Detergente.** Incluye sustancias pecticas, (1->3)(1->4)-beta-glucanos, fructanos, y otros

polisacáridos no almidón que no se incluyen en los NDF. Estos carbohidratos no se pueden digerir por encima de mamíferas, y deben ser fermentados por microbios para ser digeridos. La fibra soluble tiende a fermentarse rápidamente (20-40%/hour), excepto la de cáscara de soja (~4%/hour). Las pectinas, comúnmente son el principal tipo de fibra soluble en las plantas, y tienden a producir más acetato que los otros NFC (Strobel and Russell, 1986). Con la excepción de fructanos encontrados en pastos de temporadas frescas, la fermentación de fibra soluble produce poco o nada de lactato, y su fermentación es deprimida cuando el pH del rumen es más ácido de forma similar a la fermentación de NDF. Fuentes comunes de fibra soluble incluyen los forrajes leguminosos, pulpa de citrus, pulpa de remolacha, cáscara de soja, y harina de poroto de soja.

Aunque difieren los tipos de ácidos orgánicos producidos por su fermentación, los NFC producen similares cantidades de proteína microbiana cuando el pH es relativamente neutro y las tasas de fermentación son similares. La información de animales y la información in vitro no apoyan esto.

### NDF

Los NDF tienen un rol doble ya que actúan como una fuente fermentable de carbohidratos para los microbios del rumen y le prevé a la vaca un elemento físico en la ración para mantener una buena función ruminal y rumia adecuada. La vaca no puede digerir NDF y depende de los microbios en su aparato digestivo para hacerlo. El NDF en el forraje tiende a ser digerido relativamente más lento y ser de la forma correcta para estimular la rumia. El mantener la rumia es esencial para reducir la incidencia de acidosis ruminal en el rodeo. Al mismo tiempo, si el forraje es grueso, de lenta digestión, y constituye una gran parte de la ración, la ingesta se puede reducir hasta los límites ruminales. Los NDF en algunos alimentos a base de desechos como cítricos o pulpas de remolacha pueden ser fermentados muy rápidamente (Hall et al., 1998). La fermentación de los NDF tiende a disminuir cuando el pH del rumen es bajo (Strobel and Russell, 1986), o cuando hay una cantidad limitada de proteína degradable (Heldt et al., 1999).

Uno de los retos en alimentar con NDF para mantener la función ruminal es que debe ser administrada en una forma en la que la vaca no pueda discriminar contra ella. El forraje picado de un largo de 2,5 - 5,0 cm mezclado en una ración húmeda es menos probable sea separado del resto de los componentes.

## PERFORMANCE DEL ANIMAL

Con la excepción del almidón, son pocos los ensayos que han evaluado el impacto de diferentes NFC con respecto al performance de la vaca lactante. La mayoría de los ensayos evaluaron componentes de la ración en vez de los tipos de carbohidratos, debido a una falta de métodos para medir las fracciones de NFC.

Algunas cosas que las investigaciones recientes y las observaciones en el tiempo han sugerido con respecto a las diferencias entre los NFC:

“Los azúcares pueden deprimir la digestión de fibra si la proteína degradable en el rumen es limitada (Heldt et al., 1999), o incrementar la digestión de fibra si la proteína no es limitada (Heldt et al., 1999; Holtshausen and

Hall, 2002).

“Durante fermentaciones in vitro, el almidón tuvo en mayor rendimiento máximo de proteína microbiana que la pectina cítrica o sucrosa (Hall and Herejk, 2001).

“Los microbios almacenan una porción de los azúcares como glucógeno (almidón microbiano) (Thomas, 1960), así que no todos los azúcares fermentados se convierten a microbios o ácidos orgánicos.

“Aparentemente el almidón es la fuente de NFC que mejor aumenta la producción de o lleva los animales a una acidosis ruminal.

“Los azúcares no se pueden considerar simplemente como almidones rápidos.

Varios estudios si sugieren que los perfiles de los NFC en la dieta pueden afectar el performance del animal. La tabla 1 muestra los resultados de estudios en que vacas lactantes fueron alimentadas con dietas que contenían una mayor proporción de fibra soluble y azúcares (de pulpa de cítricos o pulpa de remolacha), o mas almidón (de productos de de maíz).

**Table 1.** Lactation studies comparing starch and soluble fiber sources.

	Mansfield et al., 1994		Solomon et al., 2000		Leiva et al., 2000	
	Corn	Beet Pulp	Corn	Citrus	Hominy	Citrus
DM Intake, kg	21.5*	20.3*	20.9*	20.3*	21.4	20.9
Milk, kg	32.2	31.9	35.5	34.6	32.8	31.3
Fat %	3.64*	3.82*	3.33	3.38	3.43	3.54
Fat, kg	1.179	1.211	1.179	1.161	1.120	1.111
Protein %	3.01*	2.90*	3.00*	2.93*	2.83*	2.71*
Protein, kg	0.971*	0.921*	1.048†	1.012†	0.930†	0.848†
Milk N/Intake N	0.24x	0.25x	0.31x	0.29x	0.24†	0.22†
3.5FPCM/DMI	1.51x	1.59x	1.63x	1.64x	1.48x	1.45x

\* P < 0.05, † P < 0.15.

x = calculated from data in paper.

Milk N/Intake N = milk nitrogen divided by intake nitrogen, a measure of feed efficiency.

3.5FPCM/DMI = 3.5% fat- and protein-corrected milk divided by dry matter intake; a measure of feed efficiency.

Vacas alimentadas con pulpa de citrus o remolacha tenían menores consumos (en dos estudios), menor porcentaje de proteína de en leche y producción (en tres estudios), y un aumento en el porcentaje de grasa en leche (en dos estudios. En otro estudio, que comparaba al citrus y al maíz, las vacas alimentadas con una dieta basada en silo de alfalfa y que contenían un 19% de pulpa de citrus mas un 19% de maíz con alta humedad mostraron un aumento en la producción de leche y proteína en respuesta a proteína de escape suplementada al rumen en forma de expeler de soja, que aquellas vacas con una dieta que contenía 39% de maíz de alta humedad (Mertens et al., 1994). Esto sugería una pobre utilización de nitrógeno no proteico con mejor respuesta a la proteína de bypass con citrus. El descenso en el porcentaje de proteína y baja respuesta a la proteína de bypass en el rumen puede estar relacionado a la relativamente baja proteína microbiana producida a partir de la sucrosa y la pectina en comparación al almidón (Hall y Herejk, 2001). Si también ocurre una menor producción de microbios en el animal, se puede interpretar como una menor producción de amino ácidos disponibles para la vaca, lo cual puede explicar la disminución en la proteína de la leche.

Ha habido muchas preguntas desde el campo so-

bre la alimentación de azúcares. La sustitución de sucrosa por el almidón parece incrementar el porcentaje de grasa en leche, pero hay otros resultados que son diferentes. Cuando la sucrosa fue sustituida por fécula de maíz (0-7.5% de la materia seca en la dieta, NFC en dieta - 43% de materia seca - silo de alfalfa, silo de maíz, dieta basada en maíz con alta humedad, Broderick et al., 2000), ocurrió un aumento lineal en el consumo de materia seca, y porcentaje de grasa en leche. La producción de leche corregida por su contenido de grasa tendía a aumentar (Tabla 2). La eficiencia de los alimentos después de ser corregidos por los niveles de grasa y proteína en leche, aparentemente no cambio con un aumento en la sucrosa (no se aplicaron estadísticas). En otro estudio, cuando la sucrosa se sustituyó por maíz (1,5% de la materia seca de la ración), no hubo cambio en el consumo, producción de leche, y producción de leche corregida por porcentaje de grasa, pero el porcentaje de grasa en leche aumento de 2,12 a 2,14 lb por día, y el porcentaje de proteína disminuyó de 3,51% a 3,28% (Nombekela y Murphy, 1995).

Se ha sugerido que el aumento en el consumo con sucrosa se puede relacionar a la mejora de la palatabilidad, o a un aumento en la velocidad de pasaje (Piwonka et al., 1994). La eficiencia disminuida en el

**Table 2.** Changes in milk yield and composition with changes in sucrose and starch supplementation. (Broderick et al., 2000).

	0	2.5	5.0	7.5
Sucrose% of diet DM	0	2.5	5.0	7.5
Starch% of diet DM	7.5	5.0	2.5	0
DM Intake, kg*	24.5	25.6	26.0	26.0
Milk, kg†	38.9	40.4	40.0	39.4
Fat, kg*	1.47	1.53	1.65	1.62
Protein, kg	1.24	1.28	1.29	1.28
Rumen pH	6.19	6.16	6.19	6.21
Milk/DMI*	1.60	1.58	1.54	1.52
FPCM/DMI	1.64x	1.63x	1.66x	1.64x
MN/IN*	0.312	0.291	0.291	0.295

P < 0.05, † P < 0.10

DM = dry matter, DMI = dry matter intake, FPCM = 3.5% fat- and protein-corrected milk; MN = milk nitrogen, IN = intake nitrogen.

x = calculated from data tables.

uso de proteína dietética (nitrógeno) todavía se puede relacionar al descenso relativo de proteína microbiana que se noto para la sucrosa comparado al almidón (Hall y Herejk, Sannes et al., 2002).

Se podría dedicar un mes o más al tema de la alimentación con almidón, en parte por que se ha hecho mucho mas investigación en el área. Se deben tener en cuenta algunos conceptos básicos-

Cuanto más fino este picado el grano, más rápido se va a digerir.

La producción de escamas por vapor (gelatinización) tiende a incrementar la velocidad de fermentación, pero eso depende del grado de vaporización que se hizo.

Los granos pequeños como el trigo, cebada, y avena van a tener tendencia a fermentar más rápido que el maíz o sorgo.

Granos con alta humedad fermentaran más rápido que los secos, si todo lo otro es igual.

El almidón en particular se ha asociado con el potencial para la alta producción como también con problemas relacionados a la acidosis ruminal (Sutton et al., 1987, Nocek, 1997) lo que lleva a una alteración en la salud y producción del animal.

#### Algunas observaciones practicas.

-Las partículas que se retienen del maíz picado en un colador estándar #4 (granos enteros a .25 de grano) o #8 (maíz picado grueso) parece ser mas posible que pasen a las heces sin digerir.

-Granos quebrados o enteros que se ven en las heces aun contienen una buena cantidad de almidón que no fue digerido.

-La cantidad de forraje y fibra efectiva en la dieta parecen poner un limite tope para la cantidad de almidón que se puede incluir en la ración para aumentar la producción y no causar acidosis. Este valor también se afecta por el manejo de la alimentación, espacio de comederos, etc.

-Si se da demasiado almidón, o el rumen no esta funcionando adecuadamente (acidosis?), se vera un aumento en los síntomas de fermentación en el tracto posterior (heces espumosas, diarrea, mucina, etc.).

Parece ser que si alteramos la proporción de azúcares, el almidón y la fibra soluble pueden alterar la performance del animal. Pero, la mayoría de estos estudios no reportaron las cantidades totales de los diferentes NFC en la ración. Esa información que falta es crucial si queremos evaluar que proporciones de los azúcares en la dieta, almidón o fibra soluble y alimentadas bajo que condiciones nos van a optimizar la performance.

## FORMULACIÓN DE RACIONES

La pregunta obvia es - Como formulamos para los NFC? Para tratar de examinar este tema, se obtuvieron raciones en una encuesta de dietas de vacas lactantes en los EEUU que llevaban una alta producción y buena salud (Hall y Van Horn, 2001). Se estimaron los valores de NFC para alimentos individuales usando valores calculados de NFC (100-CP-NDF-EE-cenizas). La proporción de NFC como azúcares, almidón y fibra soluble se estimaron basados en el análisis de alimentos previamente hechos en nuestro laboratorio (Hall, 2000). Los nutricionistas que consiguieron las raciones indicaron que las vacas consumían raciones que se parecían a lo que estaba escrito. Algunos resultados de la encuesta se

muestran en la Figura 4. La salud del animal se puede ver afectada por los tipos y cantidades de NFC que se alimentan en relación a la cantidad de forraje y fibra efectiva en la ración, así que se compararon valores de NFC vs. forraje.

Los contenidos de almidón y azúcares variaron inversamente - a medida que aumento el contenido de forraje, aumenta el almidón y disminuyeron los azúcares. Pero, esos cambios pueden ser en función de alimentos que estaban disponible en esa área geográfica, en ves de formular raciones optimas deliberadamente. En las dietas con poco forraje, a la ración se le incluía pulpa de cítricos que contienen altos niveles de azúcares (26%) y fibra soluble (33%). Aparte de la pulpa de cítrico, cáscara de almendras, desperdicios de caramelos, algunos residuos de panadería, y maleza no hay muchos elementos disponibles para las raciones que sean ricas en azúcares, pero las fuentes de almidón si abundan.

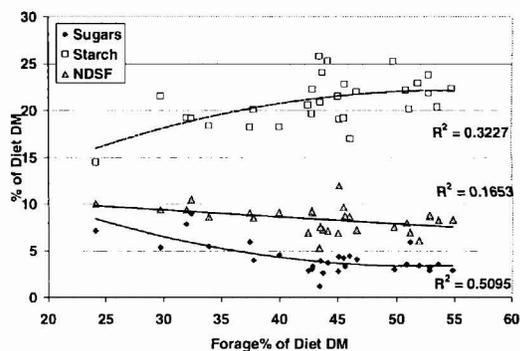


Figura 4. Azúcares, almidón, y NDSF(fibra soluble) en relación al forraje en la dieta, todo como porcentaje de materia seca en la dieta. (Hall y Van Horn, 2001)

La relación entre almidón y forraje en la grafica anterior muestra lo mismo que las recomendaciones para la alimentación de NFC y NDF que ofrece la Dairy NRC del 2001 (Tabla 3)- a medida que el NDF del forraje aumenta, se puede incluir mas NFC en la ración. La tabla se basa en que se asume que el forraje es de un tamaño de partícula adecuado (para mantener la rumia y fusión ruminal) y el maíz molido es la fuente predominante de almidón. Si las condiciones son tales que los animales consumen grandes cantidades de alimento, apartan su comida buscando los granos, comen lentamente, sufren de stress calórico, consumen fuentes de almidón con altas tasas de fermentación, podría ser una buena idea incluir mas NDF y menos NFC como modo de manejo de riesgo para prevenir problemas digestivos.

## PUNTOS A CONSIDERAR:

-La cantidad de forraje efectivo tiene que ser adecuado para mantener la rumia y una buena función del rumen sin importar el nivel de suplementación con NFC.

-Usar la cantidad de forraje-fibra efectiva para determinar la cantidad de almidón que será alimentado para poder mantener el rumen y el animal sanos, y luego rellenar con azúcares y fibra soluble. La velocidad de la fermentación del almidón, manejo de la alimentación, manejo del animal, infraestructura, etc. también se deben considerar para que la ración pueda aumentar la producción y bajar el riesgo de suplementar.

-Pectinas- Fibra soluble - si estos producen menos

**Table 3.** 2001 Dairy NRC recommendations for NDF and NFC formulation

Minimum NDF from Forage, %	Minimum NDF in Ration, %	Maximum NFC in Ration, %	Minimum ADF in Ration, %
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	33	38	20
15	33	36	21

proteína microbiana, se debería incluir una mayor proporción de proteína que no se degrade en el rumen.

-Azúcares-Los azúcares puede producir menos proteína microbiana que el almidón, pero también proveen almidón de forma ruminal y pos-ruminal en la forma de glucogeno microbiano. No entendemos totalmente que factores determinan el microbio, ácido orgánico, o glucogeno producido desde los azúcares en la ración. La adición de azúcares a la ración puede mejorar la digestibilidad de la fibra si no la proteína no es limitada, pero esto quizás dependa de la cantidad disponible en la dieta base. Es probable que el pH ruminal tenga algo que ver. Las fuentes de azúcares pueden afectar la palatabilidad, consumo, y velocidad de pasaje desde el rumen. Nuevamente, el dar mas proteína no degradable en rumen puede ser útil.

-Almidón - Parece que ofrece la mayor producción de proteína microbiana cruda, pero el alimentar con grandes cantidades de almidón tiene el potencial para causar acidosis ruminal y malestar digestivo. Necesitamos averiguar hasta que punto los azúcares y el almidón son intercambiables para entregar una fuente de glucosa al intestino delgado, y que proporciones de fibra soluble, azúcares, y total o físicamente efectiva NDF incluir para desviar el potencial para la acidosis ruminal.

-Las vacas son quienes determinan que es o no una ración saludable, sin importar lo que dicen los papeles. Use observaciones de la ración, estructuras, heces, y las vacas (cuando rumian, comen, caminan, etc..) para decidir si la ración esta bien, o precisa mejoras.

Para mas información sobre diferentes tipos de NFC y composición de raciones, visite <http://www.animal.ufl.edu/hall/>. Ir a la sección Publicación. Hay una cantidad de artículos y una tabla de composición de alimentos en el manual del laboratorio de carbohidratos.

## REFERENCIAS

- Broderick, G. A., N. D. Luchini, W. J. Smith, S. Reynal, G. A. Varga, and V. A. Ishler. 2000. Effect of replacing dietary starch with sucrose on milk production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83(Suppl. 1):248 (Abstr.).
- Hall, M. B. 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual. University of Florida Extension Bulletin 339, April, 2000.
- Hall, M. B. and C. Herejk. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 84:2486-2493.
- Hall, M. B., A. N. Pell, and L. E. Chase. 1998. Characteristics of neutral detergent-soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. *Animal Feed Sci. Technol.* 70:23-29.
- Hall, M. N. and H. H. Van Horn. 2001. How Should We Formulate For Non-NDF Carbohydrates? Proc. 12th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville, FL, pp. 44-50.
- Galyean, M. L., D. G. Wagner, and F. N. Owens. 1981. Dry matter and starch disappearance of corn and sorghum as influenced by particle size and processing. *J. Dairy Sci.* 64:1804-1812.
- Heldt, J. S., R. C. Cochran, G. L. Stokka, C. G. Farmer, C. P. Mathis, E. C. Titgemeyer, and T. G. Nagaraja. 1999. Effects of different supplemental sugars and starch fed in combination with degradable intake protein on low-quality forage use by beef steers. *J. Anim. Sci.* 77:2793-2802.
- Holtshausen, L. and M. B. Hall. 2002. Effect of medium pH on microbial crude protein yield, pH, and neutral detergent fiber digestion from fermentation of neutral detergent fiber and sucrose in vitro. *J. Dairy Sci.* 85(Suppl. 1):182 (Abstr.).
- Jones, B. A., R. D. Hatfield, and R. E. Muck. Effect of fermentation and bacterial inoculation on lucerne cell walls. *J. Sci. Food Agric.* 60: 147-153.
- Leiva, E., M. B. Hall, and H. H. Van Horn. 2000. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 83:2866-2875.
- Mansfield, H. R., M. D. Stern, and D. E. Otterby. 1994. Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and in vitro fermentation by rumen microorganisms. *J. Dairy Sci.* 77:205-216.
- Mertens, D. R., G. A. Broderick, and R. Simons. 1994. Efficacy of carbohydrate sources for improving utilization of N in alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 77(Suppl. 1):240 (Abstr.).
- National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80:1005-1028.
- Nombekela, S. W. and M. R. Murphy. 1995. Sucrose supplementation and feed intake of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 78:880-885.
- Piwonka, E. J., J. L. Firkins, and B. L. Hull. 1994. Digestion in the rumen and total tract of forage-based diets with starch or dextrose supplements fed to Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 77:1570-1579.
- Sannes, R. A., M. A. Messman, and D. B. Vagnoni. 2002. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:900-908.
- Solomon, R., L. E. Chase, D. Ben-Ghedalia, and D. E. Bauman. 2000. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:1322-1329.
- Strobel, H. J. and J. B. Russell. 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 69:2941-2947.
- Sutton, J. D., J. A. Bines, S. V. Morant, D. J. Napper, and D. I. Givens. 1987. A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 109:375-386.
- Thomas, G. J. 1960. Metabolism of the soluble carbohydrates of grasses in the rumen of the sheep. *J. Agric. Sci.* 54:360-372.
- Tyrrell, H. F., and J. T. Reid. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.* 48:1215-1223.