

Nuevos modelos nutricionales en rumiantes de leche

—Schuring, M. ¹; Bello, J. M. ²—

Resumen

A lo largo de los años, se han desarrollado diversos sistemas de racionamiento de rumiantes (a menudo específicos de cada país) en todo el mundo, centrándose en el suministro de energía (ME, NEL, UFL, VEM) y la proteína digestible intestinal (MP, nXP, PDI, DVE / DIP). El modelo NutriOpt (NOVALAC) es único, ya que integra la predicción de energía y de proteína (N-END, N-PM, N-BPD) con los módulos de fermentación y digestión del modelo, en lugar de tener sistemas nutricionales desconectados.

Adicionalmente, el modelo NOVALAC suministra parámetros nutricionales para el control de la fermentación del rumen, la salud del rumen y nutrientes clave, tales como la energía glucogénica (N-GLU), los nutrientes cetogénicos (N-CET), la carga acidógena (ACID INDEX) o el índice de rumia (RUMIA INDEX).

Como resultado, los rumiantes pueden alimentarse con mayor precisión y con un mayor enfoque en la estabilidad del rumen y la salud general del animal.

Palabras clave: nutrición, eficiencia, fermentabilidad, producción de leche.

Introducción. Desarrollo del modelo Novalac en ganado vacuno

Con el fin de predecir con precisión la cantidad de cada nutriente disponible para la vaca, el modelo NOVALAC sigue muy de cerca la fisiología de la vaca lechera. Esto significa que diferentes secciones del modelo están enfocadas en:

1. Los procesos de fermentación y digestión ruminal, el intestino delgado y el intestino grueso.
2. El impacto en la vaca de las características nutricionales de cada alimento.
3. El impacto de los modificadores del rumen en el valor nutricional de la dieta (levaduras y monensina).
4. Las conversiones metabólicas hacia nutrientes glucogénicos en el organismo.
5. Validación del modelo.
6. Ajustes de requerimientos.

¹ NUTRECO GB, Boxmeer, The Netherlands, Veerstraat 38 P.O. Box 220 5830 AE

² NANTA S.A. Ronda de Poniente, 9 - Tres Cantos. Madrid, España.

El modelo está basado en el conocimiento científico, que combina información de investigaciones de Nutreco y fuentes internacionales. Los párrafos numerados a continuación discuten los elementos enumerados anteriormente.

1. El rumen aporta al menos dos tercios de la proteína digestible y de la energía disponible para la vaca. El modelo NOVALAC describe en detalle las características de los diversos componentes fermentables de la dieta en el rumen. La base para el cálculo de la fermentación ruminal es una base de datos fiable y precisa, realizada utilizando bolsas de nylon intra-ruminales, con los resultados de la degradación de todos los alimentos más comunes. Esta base de datos de materias primas y forrajes se basa en la investigación de Nutreco y en la literatura internacional. La digestibilidad intestinal microbiana y del material bypass está basada en los estudios realizados en bolsas de nylon de bases de datos nacionales e internacionales.

Específicamente, y para la predicción de los parámetros de degradación de forrajes en las bolsas de nylon (como silos de hierba y silos de maíz), Nutreco ha desarrollado calibraciones de NIR únicas basadas en un programa de investigación a gran escala, examinando las incubaciones ruminales en bolsas de nylon. Estos análisis directos mejoran los valores de tabla o regresiones lineales simples que utilizan nuestros competidores y a su vez conducen a mejores predicciones de producción y calidad de leche.

2. Tradicionalmente, los valores nutricionales de los alimentos se han expresado utilizando nutrientes estáticos (por ejemplo, para la Energía Neta o Metabolizable y para la Proteína Digestible Intestinal). Sin embargo, la literatura muestra que los valores nutricionales de los alimentos son nutrientes dinámicos que dependen tanto del animal como del alimento. El peso del animal determina el tamaño del rumen y del tracto gastrointestinal, y en combinación con la ingesta de materia seca determina el ratio de pasaje a través del tracto intestinal. Este ratio de pasaje (como una característica del animal) y el ratio de degradación (como una característica del alimento), determinan la fracción fermentable y digestible, y por tanto, el valor nutricional del alimento.

El modelo NOVALAC reconoce estas dinámicas y está equipado con ecuaciones que calculan el valor nutricional en función de las características de la vaca y el de la alimentación (ingestión de materia seca). Como resultado, las materias primas ya no tienen valores nutricionales fijos de tabla para la energía, la proteína digestible intestinal (N-PM) y los parámetros ruminales. Además, los nutrientes específicos del modelo NOVALAC (Carbohidratos fermentables totales, nutrientes glucogénicos y Acid Index) son dinámicos.

3. El valor nutricional no solo está determinado por las características de los animales: los componentes de la dieta (aditivos) también pueden afectar la fermentación de nutrientes en el rumen. Esta interacción es especialmente relevante en el caso de productos modificadores del rumen que pueden mejorar el suministro total de energía generado en el rumen. El modelo NOVALAC contiene ecuaciones interactivas que tienen en cuenta estas modificaciones efectuadas por estos productos en el rumen.



NOVALAC
GESTIÓN LECHERA NANTA

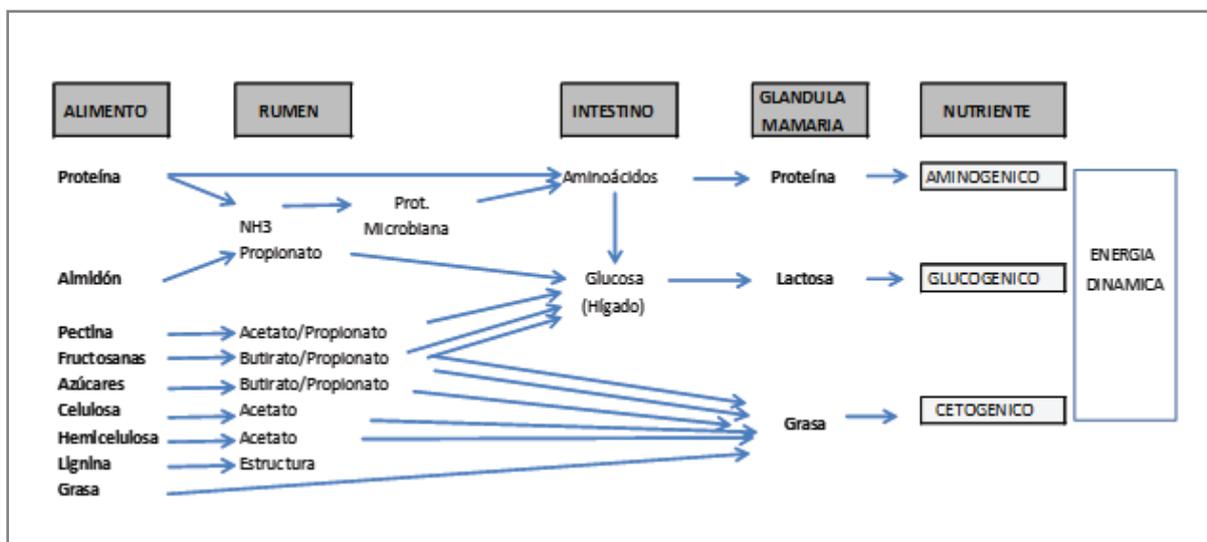
4. La Glucosa es el principal precursor de Lactosa y por tanto de la síntesis de leche. Para un control exacto de la producción de leche, el modelo NOVALAC calcula el potencial de la dieta para producir precursores de glucosa. El cálculo de los precursores de glucosa aporta una información adicional del nivel total de energía. Los precursores de Glucosa se calculan por modelos de fermentación, absorción y metabolismo de todos los nutrientes que pueden ser convertidos en glucosa. Estos nutrientes son los siguientes: ácido propiónico, parte de ácidos grasos de cadena ramificada, almidón bypass y parte de la proteína digestible intestinal.

La Glucosa es el principal nutriente que requiere la vaca recién parida para producir leche y controlar su balance energético negativo. Aportando más glucosa al inicio de la lactación aumentan los niveles de insulina en sangre y como consecuencia disminuye la movilización de las reservas de grasa corporal. Esto mejora la salud de la vaca durante el inicio de lactación.

5. La validación del modelo NOVALAC es una parte vital para la construcción del mismo y es necesaria para evaluar su calidad y su fiabilidad. El modelo NOVALAC ha sido validado utilizando datos de rendimiento lácteo del centro de investigación de Nutreco en Holanda y abarca un período de más de 10 años y consta de más de 30,000 datos semanales de vacas individuales. Para validar la aplicabilidad internacional del modelo se han utilizado bases de datos de más de 300 tratamientos tomados de 60 publicaciones. Este tipo de validación implica el recálculo completo del valor nutricional de la dieta de acuerdo con el modelo NOVALAC, basado en el contenido y la composición aproximada de las materias primas individuales y de los forrajes en la dieta. Sobre la base de estos estudios de validación se concluyó que los parámetros nutricionales del modelo de NOVALAC son más exactos en la predicción del rendimiento de las vacas lecheras.

6. Basado en la misma base de datos, los requerimientos para la producción de leche se han puesto también como guías para los diversos parámetros nutricionales. Además, las pruebas realizadas en vacas de leche han validado estos resultados.

En el Esquema 1 se detalla una panorámica general del modelo.



Esquema 1. Modelo NOVALAC. Esquema del Modelo.

Nuevos nutrientes definidos

Como ya hemos apuntado, el modelo ha definido unos nuevos nutrientes, complementarios de los convencionales, que nos ayudan a racionar de forma más precisa. De todos ellos, hemos seleccionado para las dietas de ovino y caprino, a nivel práctico, aquellos relacionados con estos cinco aspectos diferentes:

- Fermentabilidad Ruminal. Carbohidratos y proteína según su velocidad de degradación.
- Salud Ruminal. Indicadores de carga acidógena y fisiología ruminal.
- Orientación de Producciones. Orientación a producción de glucosa o componentes cetogénicos.
- Energía Dinámica (teniendo en cuenta las interacciones descritas)
- Nutrición Proteica. Proteína metabolizable, Balance o Equilibrio ruminal y aminoácidos.
- Otros nutrientes. Como los relacionados con los ácidos grasos de la dieta o el equilibrio mineral.

En la **Tabla 1** se reflejan los nuevos nutrientes acuñados para ovino y caprino lecheros con mayor aplicación práctica: en raciones, los nutrientes vienen reflejados por kilogramo de materia seca y en piensos, según el valor bruto.

| CODIGO | NUTRIENTE NOVALAC NANTA | Ud | DESCRIPCION NANTA |
|--------|-------------------------|------|--|
| 5001 | ACID INDEX | | Índice Acidosis |
| 5002 | ALM BYPASS | g | Almidón Bypass |
| 5003 | N_END | | Energía Neta Dinámica |
| 5004 | N_END (MJ) | MJ | Energía Neta Dinámica |
| 5005 | RUMIA IDX | | Índice Rumia |
| 5006 | N_GLU | g | Nutrientes Glucogénicos |
| 5007 | N_CET | g | Nutrientes Cetogénicos |
| 5008 | N_BPD | g | Balance Energía Proteína Degradable Rumen |
| 5009 | LYS M | g | Lisina Metabolizable |
| 5010 | MET M | g | Metionina Metabolizable |
| 5011 | HIS M | g | Histidina Metabolizable |
| 5012 | N_CHO_RD | g | Carbohidratos Rápidamente Degradables |
| 5013 | N_PROT_RD | g | Proteína Rápidamente Degradable |
| 5014 | N_CHO_LD | g | Carbohidratos Lentamente Degradables |
| 5015 | N_PROT_LD | g | Proteína Lentamente Degradable |
| 5016 | N_CHO_TD | g | Total Carbohidratos Degradables |
| 5017 | N_PROT_TD | g | Total Proteína Degradable |
| 603 | FACT RUMEN | g | Factor Rumen |
| 382 | CA + MG | g | Calcio + Magnesio |
| 953 | FND DIG | % | FND Digestible |
| 956 | N_EM (MCAL) | Mcal | Energía Metabolizable (Mcal) |
| 969 | N_EM (MJ) | MJ | Energía Metabolizable (MJ) |
| 964 | N_PM | g | Proteína Metabolizable |
| 840 | OMEGA 3 | g | Omega3 |
| 839 | OMEGA 6 | g | Omega6 |
| 24 | N | g | NITROGENO |
| 686 | Ratio IS | g | RATIO insaturado/saturado |
| 119 | RUFAL | g | Contenido de grasa insaturada en rumen (C18) |

Tabla 1. Nutrientes acuñados en el Modelo NOVALAC para Rumiantes.

▲ Degradación ruminal de los forrajes

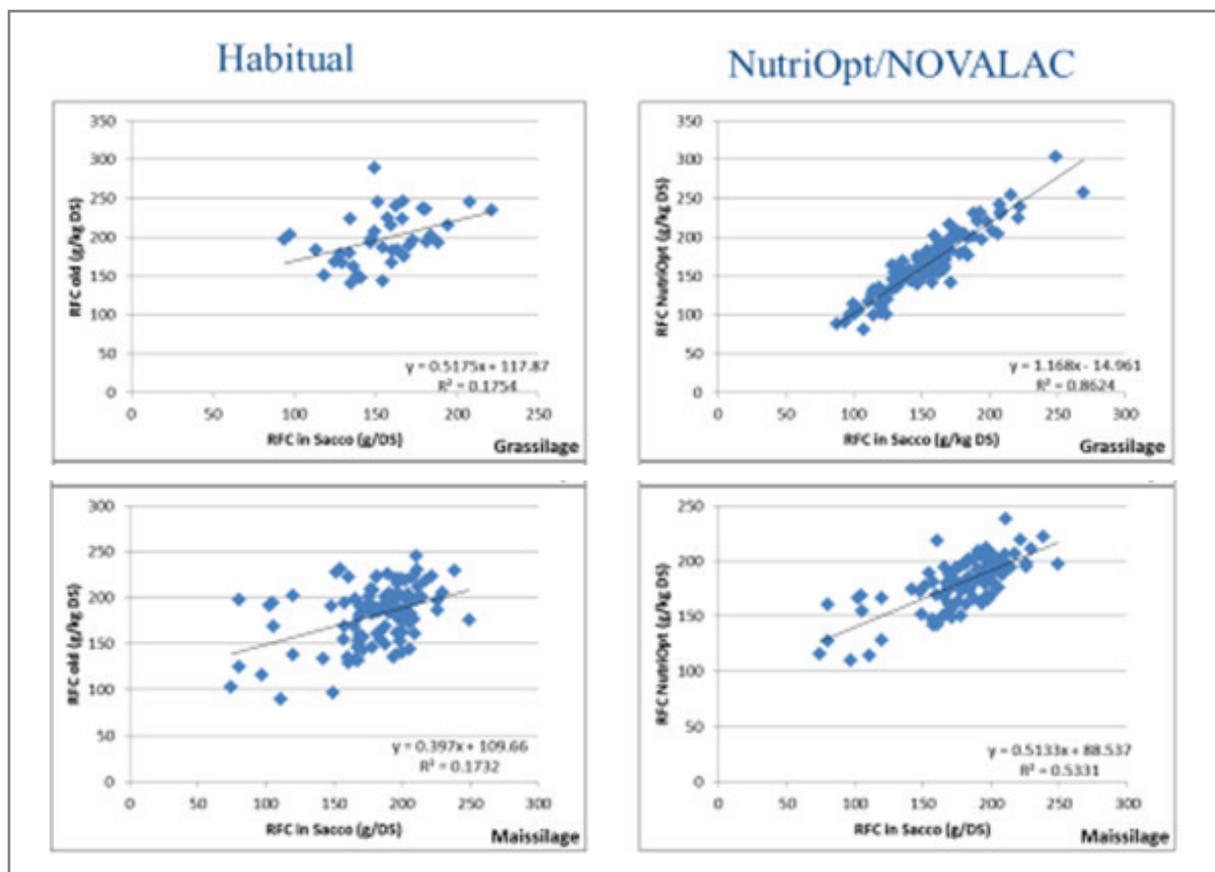
En los últimos años se ha investigado sobre la degradación ruminal de los forrajes creando una base de datos propia a partir de:

- 125 silos de hierba
- 140 silos de maíz.
- 110 forrajes (haylage) en Canadá (mezcla de hierba y alfalfa)

Gracias a esta información se han creado ecuaciones de regresión gracias a la ayuda de nuevas técnicas de análisis.

El análisis estadístico (PCA, principal component analysis) ha sido mejorado gracias a unas ecuaciones de predicción más ajustadas.

En el **Esquema 2**, se aprecian gráficamente las diferencias entre las regresiones del modelo antiguo y las desarrolladas por NOVALAC en cuanto a los resultados de los carbohidratos rápidos de un ensilaje de maíz obtenidos in sacco y los determinados por las ecuaciones.



Esquema 2. Gráficos de ecuaciones de regresión con los modelos antiguos y el nuevo NOVALAC.

▲ Unidades de energía: N-END (energía dinámica) y UFL

Tradicionalmente, los modelos nutricionales confieren valores estáticos de energía para los alimentos, cualesquiera que sean las circunstancias de los animales (por ejemplo, en cuanto al peso vivo y a la ingesta).

No obstante, algunos sistemas (INRA, CBV, NRC) corrigen la digestibilidad de la dieta y los valores energéticos en base al nivel productivo de los animales.

Por ejemplo, el nuevo modelo SYSTALI de INRA (2016) propone, en esta línea, las siguientes innovaciones:

- Valora de forma distinta la velocidad de paso entre las partículas sólidas y líquidas.
- Modifica la digestibilidad de la materia orgánica en base a las interacciones digestivas provocadas por las diferentes ingestas, la proporción forraje/concentrado y el balance proteico a nivel ruminal.
- Todo ello proporciona valores más precisos en cuanto a la producción de proteína microbiana y a la digestibilidad de la materia orgánica y, por lo tanto, a los valores energéticos.
- En esta línea, el modelo NOVALAC considera que la energía y la proteína metabolizable disponibles están influenciadas por la tasa de fermentación ruminal y la velocidad de paso de los alimentos, factores a su vez dependientes de:
 - Peso vivo. - A mayor peso vivo, mayor tamaño ruminal, menor velocidad de tránsito y mayor tasa de fermentación.
 - Ingesta de alimento: A mayor ingesta sin que cambie el tamaño del rumen, mayor velocidad de tránsito y menor tasa de fermentación ruminal.

Asimismo, el modelo NOVALAC, a diferencia de los modelos convencionales que no contemplan el lugar donde se digieren los alimentos a la hora de valorar la energía de los mismos, acuña un concepto dinámico de la energía (N-END) ya que tiene en cuenta los compartimentos en donde se digieren los alimentos a lo largo de todo el tracto gastrointestinal (GTI):

1. Energía del Rumen. Producción de ácidos grasos volátiles (AGV)
2. Energía de la digestión enzimática. En el intestino delgado.
3. Energía del intestino grueso, también en base a AGV procedentes de la fermentación.

De este modo, en nuestro modelo, los ingredientes no tienen un valor fijo de energía dinámica (N-END) sino que sus valores dependen de las características de los animales antes descritas.

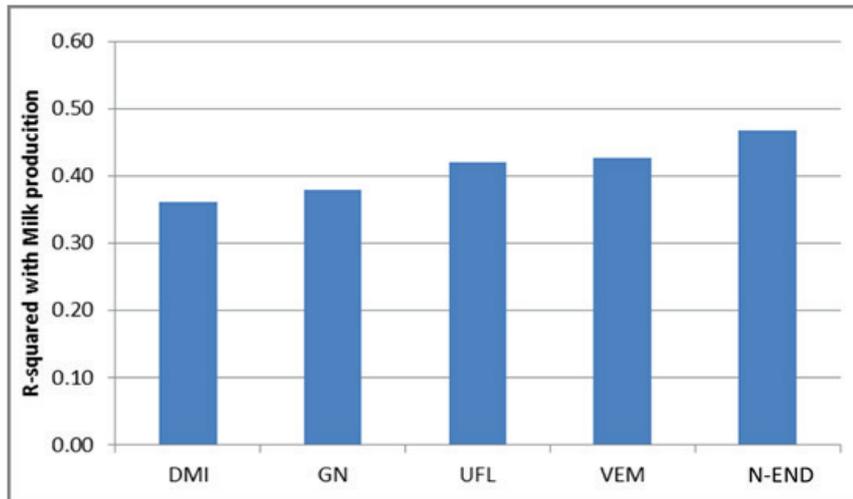
En general las diferencias no son grandes, pero los alimentos fibrosos se ven más afectados por estas diferencias: así, en situaciones de mayor peso vivo, los valores de energía dinámica son mayores ya que aumenta el tiempo de fermentación, y disminuyen en casos de mayor velocidad de tránsito (ingestas elevadas).



Mejor capacidad predictiva del modelo NOVALAC

Como ya hemos comentado antes, el modelo ha sido suficientemente validado con más de 30.000 datos recabados en alrededor de 300 ensayos realizados en el Centro Experimental de Nutreco (Kempensof).

En un estudio comparativo entre los diferentes parámetros que los distintos modelos utilizan para predecir la producción de leche en vacas de alta producción, se comprueba que el nuevo modelo basado en la energía dinámica (N-END) predice de forma más precisa la producción lechera que los demás. En el **Esquema 3** se observan los grados de correlación R² (que indicaría la parte de la variación que podemos explicar) entre dichos parámetros.



Esquema 3. Valores R² entre los diferentes parámetros utilizados por los diversos modelos nutricionales para predecir la producción lechera en vacas. (Kempensof data).

Asimismo, se ha realizado otro estudio estadístico del error predictivo (RMSE) obtenido en los análisis de predicción de producción de leche en base a la materia seca (MS), a la unidad de energía neta de leche holandesa (VEM) y al parámetro energía dinámica (N-END) así como a la combinación de la energía dinámica y los carbohidratos fermentables totales (N-DEM + N-CHO-TD). De este estudio se deduce que la predicción del nuevo modelo NOVALAC es más precisa para el parámetro producción diaria de leche. Los resultados se reflejan en la **Tabla 2**.

| NUTRIENTE | RMSE (Error Pred) (kg leche/d) |
|--------------------|--------------------------------|
| MS | 1.207 |
| VEM | 1.095 |
| N-END | 1.092 |
| N-END + N -CHO -TD | 0.999 |

Tabla 2. Valores de RMSE (error predictivo) expresado en kg de leche por vaca y día, según los diferentes modelos (Kempensof data).

Conclusiones

- El modelo NOVALAC ha sido desarrollado por Nutreco durante más de una década, incorporando datos de Fermentabilidad ruminal de forrajes, estableciendo ecuaciones de predicción y calibraciones NIR para los principales ingredientes utilizados en la alimentación de los rumiantes.
- El modelo establece nuevos nutrientes para el control de las fermentaciones ruminales y salud ruminal, nutrición proteica y energía dinámica.
- NOVALAC ha establecido diferencias entre la valoración energética de los alimentos dependiendo de las características de los mismos como son el peso vivo y la ingesta diaria.
- En modelo distingue también el lugar de digestión de los alimentos a lo largo de todo el GIT (AGV procedentes de rumen e intestino grueso y digestión enzimática en intestino delgado).
- El sistema ha sido validado a lo largo de los años de estudio realizados y ha conseguido ecuaciones de predicción de la producción de leche más precisas que los modelos anteriores.

Referencias bibliográficas

Daniel, J. B., Friggens, N. C., Chapoutot, P., Van Laar, H., & Sauvant, D. (2016). Milk yield and milk composition responses to change in predicted net energy and metabolizable protein: a meta-analysis. *animal*, 10(12), 1975-1985.

Ferret, A., Calsamiglia, S., Bach, A., Devant, M., Fernández, C., & García-Rebollar, P. (2008). Necesidades nutricionales para rumiantes de cebo normas FEDNA. http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/-NORMAS_RUMIANTES_2008.pdf.(Accessed January 2015.)

Nozière, P., Vernet, J., Raulhac, F., Chapoutot, P., Lapierre, H., Sauvant, D., & Ortigues-Marty, I. (2016). Evaluation of the INRA Systali digestive model through measured net portal appearance of nutrients in ruminants. *Energy and protein metabolism and nutrition*, 133.

Van Laar, H., J. P. Bikker, J. Dijkstra, J. Martín-Tereso, Doorenbos J.(2007). Effect of TMR differing in rapidly fermentable carbohydrate content by formulation of compound feed on dry matter intake, milk yield, milk composition and rumen pH in Holstein Friesian dairy cows. in *International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. Canberra, Australia.

Van Laar, H., Bikker, J. P., Dijkstra, J., Martin-Tereso, J., Doorenbos, J. (2014). Effect of TMR differing in rapidly fermentable carbohydrate content on dry matter intake, milk yield, milk composition and rumen pH in Holstein Friesian dairy cows. In *Proceedings of the 30th Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production* (Vol. 30, p. 82).



New nutritional models in dairy ruminants

Summary

Several ruminant rationing systems (often country-specific) have been developed around the world, focusing on the supply of energy (ME, NEL, UFL, VEM) and intestinal digestible protein (MP, nXP, PDI, DVE/DIP). The NOVALAC Dairy model is unique in that it fully integrates the prediction of its energy and protein values ((N-END, N-PM , N-BPD) with the fermentation and digestion modules of the model, rather than having disconnected nutritional systems.

Additionally, the NOVALAC Dairy model supplies nutritional parameters for the control of rumen fermentation, rumen health and nutrient driven parameters, such as glucogenic energy (N-GLU), ketogenic nutrients (N-CET), acidogenety load (ACID INDEX) and fibrosity of diet (RUMIA INDEX).

As a result, with the support of the NOVALAC Dairy model, cows can be fed with greater precision and with a better focus on rumen stability and the general health of the animal.

Key words: nutrition, efficiency, fermentability, dairy

NOVALAC
GESTIÓN LECHERA NANTA

A large, light gray silhouette of a cow is positioned in the lower right quadrant of the page. It is facing left and has a white mouse cursor arrow pointing towards the bottom right corner of the page.

www.nutricionsostenible.com