



Nuevos avances en la valoración energética del maíz forrajero

Guillermo Galdúroz Oyarzun

El maíz forrajero se ha convertido en el alimento voluminoso más importante en todos aquellos países más avanzados en la ganadería productora de leche. En Navarra también se está imponiendo esta realidad.

Toda la investigación y el impulso que se viene dando a este forraje está sirviendo además como punta de lanza para una mejora de la alimentación forrajera de las vacas de leche que arrastra a otros tipos de forrajes como raigrás, alfalfas...

Los resultados de este proceso se están palpando con una mayor eficacia económica en el racionamiento de las vacas de leche, cada vez con mayor potencial genético, y en un aumento de la rentabilidad de las explotaciones de vacuno de leche.

Hoy, hablar de maíz forrajero es lo mismo que hablar de la digestibilidad del maíz forrajero. Los Centros de Investigación de Forrajes más punteros del mundo coinciden en esta línea de trabajo y están haciendo aportaciones novedosas muy importantes. Disponemos de métodos de laboratorio precisos y fiables en la predicción del valor energético del maíz forrajero que se están poniendo en práctica también en Navarra.

En este artículo :

- se define el concepto de calidad nutritiva del maíz forrajero que se maneja actualmente;
- se describe el análisis químico tradicional de valoración nutritiva del maíz forrajero constatando sus carencias y su insuficiencia hoy;
- se presentan los nuevos sistemas de predicción del valor energético del maíz forrajero y sus consecuencias prácticas en la alimentación de las vacas de leche.



¿ Qué se ent



Siló de maíz forrajero

★ *La calidad de un forraje en el racionamiento es igual a la multiplicación de su ingestibilidad (Kg de materia seca que come una vaca por día) por su valor nutritivo (valor energético...). El resultado de esa multiplicación nos dirá los litros de leche producidos con esos kilos de forraje.*

La calidad de un forraje como cultivo es igual a la multiplicación de su rendimiento en kg de materia seca por hectárea por su valor nutritivo. Esta ecuación nos dirá los litros de leche que conseguimos por cada hectárea.

La energía aportada a partir de los forrajes probablemente contribuye más a la variación en la producción de leche día a día que ningún otro nutriente. (Hinders, 1999).

Hablar hoy de calidad en maíz forrajero es hablar de digestibilidad ya que disponemos de medios precisos para determinarla.

¿Tiende hoy por calidad en el maíz forrajero ?



jas. (Demarquilly y Andrieu, 1996)

- Las condiciones de vegetación que ayudan a formar y llenar bien el grano sin perder digestibilidad en hojas y tallos son las que determinan el mejor valor energético del maíz. (Cabon, 1996)

El lugar y año de cultivo, el estado de maduración al cosechar y la variedad son los factores determinantes del valor energético. (Andrieu et al., 1993; Galduroz y Saez, 2000).

En Francia, Bélgica, Suiza y Holanda resulta obligatorio en el Catálogo de Inscripción de Variedades de maíz forrajero el aportar su valor energético junto a valores agronómicos como criterio de calidad.

- El ganadero tiene la opción de elegir aquellas variedades que se adapten a sus condiciones de cultivo y de racionamiento del ganado.

★ *La digestibilidad de las hojas y tallos influye más en el valor energético del maíz forrajero que su contenido en grano, si el forraje está maduro.*

- La digestibilidad, explicado de una forma básica, es el porcentaje del forraje ingerido por la vaca que se transforma en leche (el resto se pierde por las heces...).
- La digestibilidad nos interesa porque nos permite predecir el valor energético que es lo importante en el maíz forrajero.

La predicción del valor energético en los forrajes es mucho más difícil que la predicción del valor energético de los concentrados. Los forrajes siempre necesitan ser analizados para estimar su valor energético. (Hinders, 1999)

El valor energético depende del contenido y digestibilidad de los granos y del contenido y digestibilidad de las paredes de las hojas y tallos.

- Las variaciones de calidad del maíz forrajero son variaciones de su digestibilidad y por lo tanto de su valor energético.
- Las diferencias de digestibilidad, si el forraje está maduro, se deben en su mayor parte a diferencias en la digestibilidad de las paredes de los tallos y de las ho-





Deficiencias de los análisis químicos para valorar el valor energético del maíz forrajero

El análisis químico aporta información importante acerca del valor nutritivo (materia seca, cenizas, proteína, almidón, fibras...) pero no proporciona un dato que englobe e indique el valor energético.

- Sólo es posible estimarlo indirectamente con comparaciones con tablas de composición de alimentos que contienen determinaciones de digestibilidad en vivo.

El análisis químico es insuficiente para valorar energéticamente el maíz forrajero.

- Podemos tener muestras con valores químicos similares (en fibras, almidones...) pero con valores energéticos diversos. (Demarquilly y Andrieu, 1996)

No existe una relación lineal (algo que se ha considerado hasta hace poco) entre el contenido en grano (almidón) de un maíz forrajero y su valor energético. (Barriere et al., 1996)

- Podemos tener una muestra con un contenido en grano normal-bajo y un valor energético excelente debido a la buena digestibilidad de los tallos. (Barriere et al., 1996).

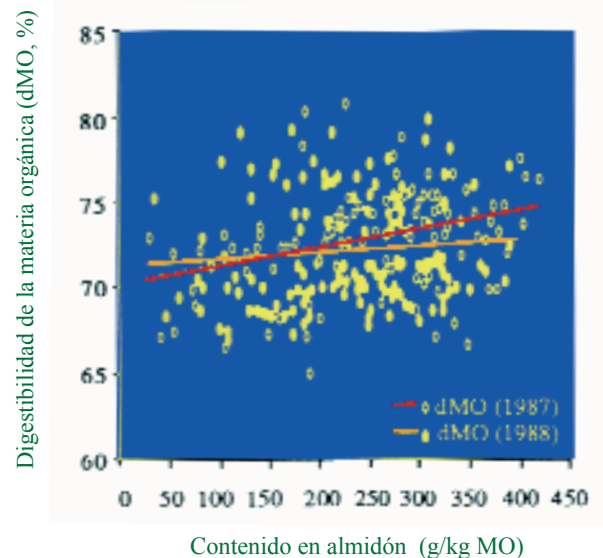
- Se observan que diferencias tan grandes en el contenido de almidón de muestras de maíz forrajero de un 11-40% sobre materia seca se corresponden con variaciones de su valor energético de 0,89-0,93 UFL por kg de materia seca solamente. (Barriere, 1998) (Ver el gráfico 1)

ANÁLISIS QUÍMICO CONVENCIONAL:

- Materia seca (gramos/kg. de materia fresca)
- Cenizas (gramos/kg. de materia seca)
- Proteína bruta (gramos/kg. de materia seca)
- Fibra bruta (gramos/kg de materia seca)
- Fibra ácido detergente (gramos/kg. de materia seca)
- Fibra neutro detergente (gramos/kg. de materia seca)
- Lignina ácido detergente (gramos/kg. de materia seca)
- Almidón y azúcares (gramos/kg. de materia seca)
- Grasa bruta (gramos/kg. de materia seca)

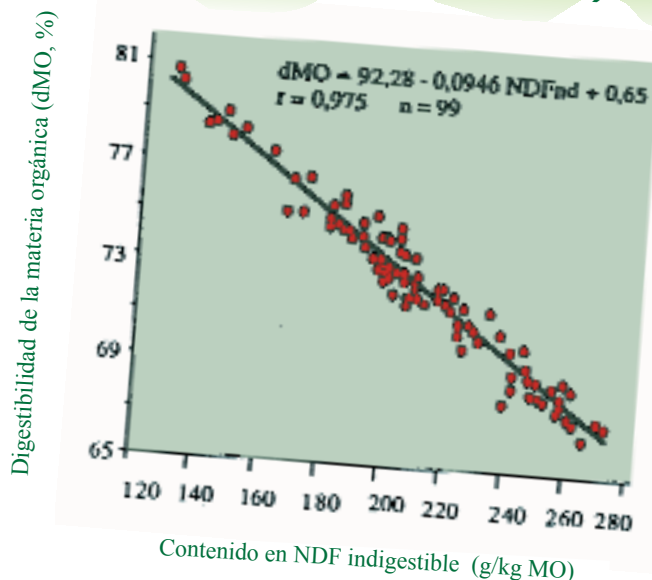
GRÁFICA I.- RELACIÓN ENTRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL MAÍZ PLANTA ENTERA EN VERDE Y SU CONTENIDO EN ALMIDÓN

(ANDRIEU ET AL., 1996).



Indicadores tradicionales en la predicción del valor nutritivo

GRAFICA 2.- RELACIÓN ENTRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL MAÍZ PLANTA ENTERA EN VERDE Y SU CONTENIDO EN PAREDES NO DIGESTIBLES (ANDRIEU ET AL. , 1993).



Si existe en cambio relación entre la digestibilidad de la planta entera y el contenido en paredes vegetales no digestibles (FND y digestibilidad de la FND. (Demarquilly y Andrieu, 1996) (Ver gráfico 2)

En los últimos años la selección de nuevas variedades de maíz forrajero se ha hecho buscando la producción de grano y la mejora de cualidades agronómicas.

- Esto ha conducido a un descenso simultáneo de la digestibilidad de las paredes de los tallos y hojas. (Migne et al., 1996).

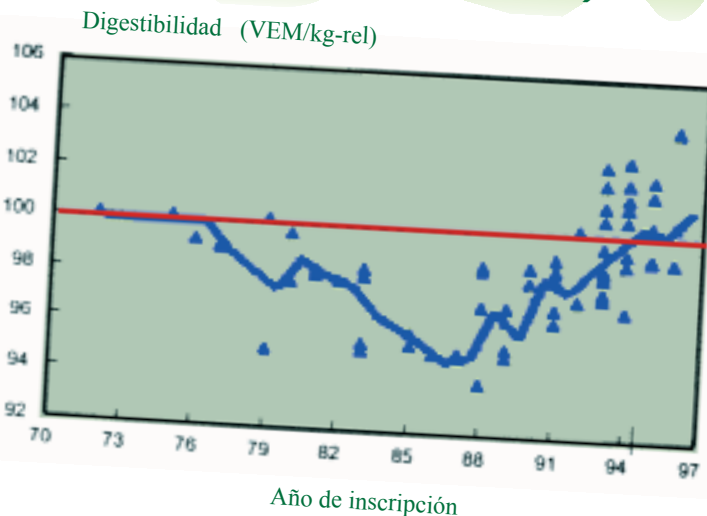
Como puede verse en el gráfico nº 3, se ha hecho una selección contraria al valor energético porque no había un sistema fiable y reconocido para determinarlo. El criterio VEM es comparable en los Países Bajos al criterio UFL (Unidades Forrajeras Leche) como medida de la energía del forraje. Se observa que las variedades inscritas en la segunda mitad de los años 70 eran claramente menos digestibles que las variedades de los años anteriores. Al introducirse la medida del carácter digestibilidad se ha hecho una criba inscribiéndose variedades que vuelven a recuperar el nivel existente a principios de los años 70 y con una tendencia ascendente.

No existe una relación directa entre los rendimientos en kg de un forraje de maíz y su sensibilidad a la caída, con la digestibilidad y el valor energético. (Demarquilly y Andrieu, 1996)

- Se pueden seleccionar variedades que tengan características óptimas en los tres apartados: producción, resistencia a la caída y digestibilidad.

★ *El análisis químico tradicional es insuficiente para valorar la calidad nutritiva de un maíz forrajero porque no nos dice nada de la digestibilidad de las hojas y tallos.*

GRAFICA 3.- NIVEL DE DIGESTIBILIDAD DE LOS HÍBRIDOS DE MAÍZ VERDE EN EL PRIMER AÑO DE INSCRIPCIÓN EN EL CATÁLOGO EN LOS PAISES BAJOS (KLAAS VAN DER WOUDE, 1996)





Nuevos sistemas de predicción del valor energético

La medida de la digestibilidad real de un forraje sólo es posible obtenerla sobre el animal in vivo.

- Esto sólo se puede hacer en condiciones experimentales.

Es necesario disponer de métodos de laboratorio de estimación de la digestibilidad de la materia orgánica y del valor energético que sean fiables, muy aproximados a sus valores reales.

- Los centros de investigación de forrajes a nivel mundial llevan muchos años trabajando en este tema y últimamente han obtenido resultados importantes.
- En Estados Unidos se está imponiendo la determinación de la FND digestible (Fibra Neutro Detergente Digestible) como parámetro clave en la predicción de la energía neta para la lactación en los forrajes. La mayoría de los laboratorios utilizan el modelo sumativo de Weiss et al. (1992) que incluye proteína bruta, grasa bruta, cenizas, lignina, carbohidratos no fibrosos y fibra neutro detergente.
- A partir de investigaciones desarrolladas por el INRA en Francia se han obtenido ecuaciones de predicción del valor energético del maíz forrajero precisas. Estas ecuaciones tienen buenas correlaciones con los valores energéticos obtenidos en animales in vivo y con las diferencias observadas en pruebas de campo en producciones de leche.

Hoy en día se admite que el modelo M4 propuesto por los investigadores franceses ANDRIEU y AUFRÈRE (1996) a partir de 254 muestras realizadas in vivo por el Club de Digestibilidad (INRA, AGPM, ITCF, Limagrain, Centre de Reserche de Gembloux y 15 sociedades de semillas) y el INRA en particular, es uno de los mejores indicadores para predecir las diferencias de digestibilidad y de valor energético entre diferentes maíces forrajeros.

- Este modelo tiene en cuenta la digestibilidad enzimática método AUFRÈRE asociada a la medida de la proteína bruta, de acuerdo a las siguientes ecuaciones :

$$\begin{aligned} \text{dMO} &= 28,50 + 0,0332\text{PB}^\circ + 0,5501\text{DCS} \\ \text{UFL}^\circ &= 11,38 + 0,1390\text{PB}^\circ + 1,0609\text{DCS} \\ \text{UFV}^\circ &= -9,12 + 0,1475\text{PB}^\circ + 1,1992\text{DCS} \end{aligned}$$

donde:

- **dMO** es la digestibilidad de la materia orgánica en %.
- **UFL^o** son unidades forrajeras leche por kilo de materia orgánica.
- **UFV^o** son unidades forrajeras carne por kg. de materia orgánica.
- **PB^o** es la proteína bruta en gramos por kg. de materia orgánica.
- **DCS** es la digestibilidad enzimática de la materia seca en % (método Aufrère).

En Francia, a partir de 1998 como respuesta a la demanda de los ganaderos, el Comité Técnico Permanente de la Selección (CTPS) para la inscripción de variedades de ensilaje ha adoptado el valor UFL/kg. de materia seca obtenido a partir de este método como un dato obligatorio para proceder a su inscripción.

★ *El modelo M4 de Andrieu y Aufrère (1996) desarrollado por el INRA es un sistema de predicción del valor energético del maíz forrajero preciso y fiable. El Instituto Lactológico de Lekunberri ha puesto a punto la técnica para la determinación de la digestibilidad enzimática método Aufrère a partir de muestras de maíz forrajero desecado.*





Consecuencias prácticas de la predicción fiable del valor energético

Se anotan algunas de las informaciones aportadas en el "Symposium on silage maize" desarrollado en Nantes-Francia en Septiembre de 1996 y en publicaciones francesas posteriores:

- En ensayos de campo realizados en Francia por el INRA se ha demostrado que las diferencias en valor energético se pueden cifrar en producciones de 3 litros más de leche por vaca y día con maíz forrajero de alta calidad respecto al de baja calidad (Brunschwig et al, 1996).
- Las diferencias de valor energético entre forrajes de maíz pueden suponer unas variaciones en los costes del litro de leche de 3 pesetas, en las raciones habituales (Brunschwig et al, 1996).
- Las condiciones del medio (lugar y año) tienen tanta importancia en el valor energético como la elección varietal (AGPM, 1999).
- Las mejores variedades se comportan como tales sea cual sea el lugar y las peores también (Caban, 1996).
- Unas malas condiciones de vegetación (sequía, hielos...) hacen descender el valor energético en 0,02-0,08 UFL/kg MS (AGPM, 1999).
- Una misma variedad en medios de cultivo extremos puede tener más o menos 0,10 UFL/kg MS (AGPM, 1999).
- En un mismo medio de cultivo diferentes variedades pueden tener más o menos 0,02-0,07 UFL/Kg.MS (AGPM, 1999).
- Es posible producir la misma leche por vaca y día con un gasto de 1-1,5 kg de pienso menos por vaca y día con maíces forrajeros con contenido normal en grano pero con buena digestibilidad de los tallos (AGPM, 1999).

También hay que tener en cuenta algunas conclusiones sobre diferentes experiencias internacionales aportadas en el "Animal Nutrition seminar proceedings" desarrollado dentro de la "World Dairy Expo 1999" celebrada en Madison-USA. Estas conclusiones son:

- Un aumento de una unidad de FND digestible se acompaña de 0,17 Kilos de aumento de ingestión de materia seca y de 0,25 Kilos de aumento de producción de leche al 4% de grasa (Oba y Allen, 1999).
- Se observa un incremento de 1,36 Kilos de ingestión de materia seca y de alrededor de 1,81 Kilos de producción de leche al 4%

de grasa al sustituir un forraje de bajo contenido en FND digestible por otro forraje con alto contenido en FND digestible (Oba y Allen, 1999).

- Con un ensilado de maíz se producían 2,72 Kilos más de leche por vaca y día que con otro, teniendo ambos un contenido similar en FND próximo al 44% sobre materia seca; pero en el primer caso con una FND digestible del 49,9% frente al 41% en el segundo (Allen, 1999).

★ *Conocer la digestibilidad del maíz forrajero nos permite elegir aquellas variedades que acentuando valores químicos similares, son capaces de producir 3 litros más de leche por vaca y día debido a su mayor valor energético.*



Conclusiones

- 1) Hoy en día conocer la digestibilidad y como consecuencia el valor energético del maíz forrajero es una información indispensable para hacer una correcta elección de las variedades a sembrar y para aplicar un racionamiento riguroso y preciso.
- 2) En la diversidad del valor energético del maíz forrajero resultan mucho más importantes las variaciones de la digestibilidad de las hojas y tallos de la planta que los contenidos en grano.
- 3) El contenido en almidón de un maíz forrajero nos dice poco. Su digestibilidad nos dice casi todo.
- 4) El análisis químico tradicional en laboratorio sólo nos informa parcialmente del valor nutritivo del maíz forrajero siendo esta información insuficiente.
- 5) El sistema de predicción del valor energético del maíz forrajero desarrollado por el INRA y denominado modelo M4 de Andrieu y Aufrère (1996) es un procedimiento operativo, preciso y fiable.
- 6) Conocer el valor energético nos permite mejorar las producciones de leche hasta en 3 litros por vaca y día o reducir el consumo de concentrados hasta en 1,5 Kilos por vaca y día.
- 7) La mejora genética va a tener un fuerte impulso dirigida por el conocimiento del valor energético.
- 8) Es indispensable, desde el punto de vista técnico, que en el Catálogo de Inscripción de Variedades de maíz en España se haga un apartado para las variedades con aptitud forrajera en donde se incluya el valor energético como criterio fundamental de inscripción, además de los otros criterios agronómicos habituales.

Bibliografía:

- AGPM-INFO. (1999) : Le maïs fourrage est avant tout une source d'énergie pour les bovins. N° 253.
- ALLEN.MS, OBA.M, STOCK.D, BECK.JF. (1997) : Effect of brown midrib 3 gene on forage quality and yield of corn hybrids. Dairy Sci, 80, Suppl 1.Michigan State University.
- ANDRIEU.J, AUFRERE.J. (1996) : Prevision a partir de differentes methodes (physique, chimique et biologique) de la digestibilite et de la valeur energetique de la plante de maïs a l'état frais. Recue des communications, Symposium on silage maïs, Nantes. INRA.
- ANDRIEU.J, DEMARQUILLY.C, DARDENNE.P, BARRIERE.Y, LILA.M, MAUPETIT.P, RIVIERE.F, FEMENIAS.N. (1993) : Composition and nutritive value of whole maïs plants fed fresh to sheep.1. Factors of variation. Ann. Zootech, 42. INRA.
- BARRIERE.Y. (1998) : Digestibilite du maïs : mettez de "l'energie" dans vos ensilages. Revue PLM n° 41. INRA.
- BARRIERE.Y, EMILE.JC, TRAINEAU.R. (1996) : Effects de la teneur en grain sur la valeur energetique et les productions laitieres. Recue des communications, Symposium on silage maïs, Nantes. INRA.
- BRUNSCHWIG.P, CARPENTIER.B, HAUREZ.P, PACCARD.P, AUGERARD.P, JOULIE.A, JULLIEN.JP. (1996) : Valorisation par les jeunes bovins et les vaches laitieres d'ensilages de maïs choisis pour leur digestibilite. Recue des communications, Symposium on silage maïs, Nantes. ITEB, AGPM, SEPROMA, Chambre d'Agriculture.
- CABON.G. (1996) : Diversite des evolutions de composition chimique du maïs dans les semaines precedant la recolte. Indicateurs du stade physiologique. Recue des communications, Symposium on silage maïs, Nantes. ITCF.
- DEMARQUILLY.C y ANDRIEU.J. (1996) : Quelques rappels sur les mesures effectuees pour connaitre la valeur nutritive des ensilages de maïs. Recue des communications, Symposium on silage maïs, Nantes. INRA.
- GALDÚROZ.G y SAEZ.JL. (2000) : El maïs forrajero en la alimentación de las vacas de leche, ¿ para que sirve?. Navarra Agraria n° 121. ITGG.
- HINDERS.R. (1999) : Estimating net energy of lactation in forages for dairy cattle. Animal nutrition seminar proceedings, World Dairy Expo, Madison. HNC.
- KLAAS VAN DER WOUDE.I. (1996) : La digestibilite, facteur determinant pour la sélection maïs ensilage. Recue des communications, Symposium on silage maïs, Nantes. PAGV-RIVRO.
- MIGNE.C, JAMOT.J, GRENET.E (1996) : Illustration de la degradation dans le rumen des parois cellulaires de deux maïs de digestibilite differentes. Observations microscopiques. Recue des communications, Symposium on silage maïs, Nantes. SRNH, INRA.
- OBA.M, y ALLEN.MS. (1999) : Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage : effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. Dairy Sci. Michigan State University.