

## Uso de la digestibilidad del FDN en la Formulación de Raciones

Por Patrick Hoffman<sup>1</sup>, David Combs<sup>2</sup>, y Francisco E. Contreras-Govea<sup>3</sup> (Traductor)

### Introducción

Este artículo de Enfoque en Forrajes tratará de discutir el tema sobre la digestibilidad del FDN (Fibra Detergente Neutra)(DFDN) en forrajes y raciones de mezcla total (TMRs). La utilidad de DFDN en programas de nutrición para ganado lechero también será discutida

### ¿Cómo se mide la DFDN?

La DFDN de los forrajes es expresada como un porcentaje del total de FDN (DFDN, % de FDN), y puede ser medido o estimado en una de tres maneras.

Primero, muestras de forrajes pueden ser colocadas en pequeñas bolsas de dacron y colocadas dentro del rumen de una vaca que tenga una fístula ruminal, por un periodo específico de tiempo (normalmente 48 horas). La cantidad de FDN antes de la incubación es comparada con la cantidad de FDN remanente después de la incubación y la DFDN se calcula. Este es llamado un método in situ. El método in situ es un método viable de estimar DFDN de los forrajes y es frecuentemente usado en investigación y otros programas de evaluación de forrajes. Este no es un método rutinariamente usado por laboratorios comerciales de evaluación de forrajes debido a la necesidad de vacas canuladas, el tiempo que se lleva conducir la prueba y el costo del procedimiento.

Otra aproximación es estimar DFDN es basado en el contenido de lignina de los forrajes. Esta es la aproximación que la NRC, 2001 (Consejo Nacional de Investigación, por sus siglas en Inglés), Requerimientos Nutricionales del Ganado Lechero, usa para predecir DFDN. La lignificación dentro de las especies de plantas esta negativamente asociado con la digestibilidad del FDN y la lignina puede ser directamente medida por un procedimiento de laboratorio que no requiere líquido ruminal. Debe sin embargo ser notado que la determinación en el laboratorio de la lignina es un procedimiento arduo y susceptible de considerable errores de laboratorio. La relación entre lignina y digestibilidad del FDN también varía entre especies de forraje y es también afectada por la madurez del forraje

y las condiciones ambientales bajo las cuales el forraje creció. Recientemente investigadores de California (Robinson, et al., 2004) evaluaron el modelo de lignina de la NRC, 2001 para estimar DFDN y encontraron poca relación entre DFDN estimada por lignina y el contenido in vitro de DFDN de los alimentos. Además, Robinson et al, 2004 encontraron una mejor relación entre DFDN medido in vitro (similar a como se comparo usando lignina para estimar DFDN) y la digestibilidad in vivo en ovejas. Otros investigadores (Jung et al. 1997) también han encontrado poca relación entre lignina detergente ácida (LDA) y DFDN in vivo en ovejas, esto para pastos C4 como ensilado de maíz.

Un tercer método para estimar DFDN es un procedimiento in vitro. Una solución buffer y líquido ruminal es adicionado a una muestra de forraje, y la mezcla se deja fermentar por varias horas. La digestibilidad del FDN es entonces medida como la diferencia entre la cantidad de FDN en el forraje antes y después de la fermentación in vitro. Actualmente determinaciones in vitro de 30 o 48 horas esta teniendo un papel importante para estimar la digestibilidad del FDN de los forrajes y predicciones de energía de las dietas en comparación con usar la lignina como marcador de la DFDN. Algunos laboratorios han reducido el tiempo de incubación de 48 a 30 o 24 hr. La razón es que entre mas corto es el tiempo de incubación, mejor se describe el potencial digestivo del FDN en las vacas altas productoras de leche. La reducción del tiempo de incubación del ensayo in vitro de DFDN a 30 o 24 hr es de alguna manera lógico porque el alimento no es retenido en el rumen en una vaca alta productora por 48 hr. La recomendación del valor de DFDN de 48 hr por el NRC, 2001, es de facilitar el calculo del contenido de TDN (nutrientes digestibles totales) de los forrajes a un consumo de mantenimiento (el cual es TDN). Mientras puede ser argumentado que 30 hr de los valores de DFDN in vitro puede mejor representar DFDN in vivo para mantenimiento, el pragmático aspecto con DFDN a este momento es para los laboratorios sobre como reportar las digestibilidades de FDN de los forrajes que tengan una escala y referencia común para que la industria lechera pueda entender su significado. Debe ser entendido que un valor in vitro de DFDN a 48 hr para un forraje puede no predecir la digestibilidad absoluta del FDN en una vaca alta productora, pero por el contrario los valores de digestibilidad de FDN de dos forrajes pueden ser comparados. Así, un valor de DFDN para un forraje que difiere significativamente de un valor promedio de DFDN

<sup>1</sup>UW-Extension Dairy Specialist, Marshfield Ag. Res. Ctr.

<sup>2</sup>Dairy Scientist, University of Wisconsin-Madison

<sup>3</sup>Research Associate, University of Wisconsin-Madison

de un forraje específico puede ser usado para investigar problemas en una dieta. Puesto que la NRC, 2001 aconseja el uso del procedimiento in vitro de 48 hr para estimar la digestibilidad del FDN y calcular el contenido de TDN de los forrajes a un consumo de mantenimiento, es lógico identificar con una referencia de DFDN de 48 hr, pero valores in vitro de DFDN a 30 hr pueden ser usados en la medida que el usuario este bien versado en el sistema y las predicciones de energía que este produce.

El cuadro 1 enlista valores de DFDN (% de FDN) in vitro a 30 y 48 h para forrajes, subproductos, y raciones de mezcla total (TMRs). Estos valores pueden ser usados como referencia que ayuden en la interpretación de valores de DFDN recibidos del laboratorio sobre forrajes individuales, subproductos o TMRs.

### ¿Cuál es la utilidad de la digestibilidad del FDN?

---

Hay dos razones principales de porque los forrajes y las raciones de mezcla total son evaluadas para DFDN. Primero, DFDN es usado en ecuaciones sumativas para estimar el contenido de energía de los forrajes. El contenido de DFDN de un forraje puede tener un gran impacto en el valor energético de la dieta. Mientras el contenido de DFDN de alfalfa y ensilado de maíz aumenta (otros nutrientes, por ejemplo PC, FDN, ceniza, grasa, etc., son constantes) el contenido de TDN del forraje aumenta (Figura 1). Un aumento en el contenido de TDN del forraje resulta en un aumento del contenido de energía de la dieta y potencialmente de producción de leche. Segundo, en una revisión de una investigación reciente Oba y Allen, (1997) determinaron que 1 unidad de aumento en el contenido de DFDN en la dieta, resulta en un 0.177 kg/día de incremento en el consumo de materia seca (Figura 2). Por tanto, cambiando DFDN en la base del forraje de las dietas resulta en un mecanismo doble por el cual el consumo de energía se incrementa. Simplemente, vacas lecheras en lactación consumirán mas forraje el cual es de mas alto contenido energético cuando los forrajes son altos en DFDN.

Recientemente nosotros (Hoffman and Bauman, 2003) evaluamos estos conceptos en un experimento con vacas lecheras (Cuadro 2). Vacas en temprana – media lactancia fueron alimentadas con dietas conteniendo trébol rojo combinado con ensilado de maíz o ensilado de maíz de BMR. La estrategia de alimentación resulto en dietas con forrajes base que variaron en el contenido de DFDN ( aproximadamente 45.0, 50.0 y 55.0 % de FDN). Como es descrito por Oba y Allen, (1997), observamos que las vacas comieron mas materia seca (MS) y produjeron mas leche cuando se alimentaron con forrajes que tenían una mas alta digestibilidad del FDN. De particular interés es las vacas que mostraron un marcado aumento en el consumo de

FDN (Cuadro 2) lo cual es lógico puesto que al mejorar el DFDN la FDN es digerida mas rápido en el rumen, lo cual por tanto permite que las vacas consuman mas materia seca (o FDN).

### ¿Están las raciones balanceadas para DFDN?

---

En la mayoría de los casos las raciones no son directamente balanceadas para DFDN. La mejor manera de reconocer DFDN es de que esta es una medida del coeficiente de digestión para FDN. Nosotros normalmente balanceamos dietas para el total de FDN pero no para la digestibilidad del FDN. Esto es similar a la manera que balanceamos dietas para PC o grasa, pero no para el coeficiente de digestión de PC o grasa. El reto es que FDN aumenta una proporción mas larga de la dieta de las vacas que proteína o grasa, y digestibilidad del FDN es más variable que digestibilidad de proteína y grasas. Idealmente, deberíamos balancear dietas para energía total (NEL o TDN), ajustando la contribución de la energía de fibra, grasa, proteína, y carbohidratos no fibrosos por su respectivo coeficiente de digestibilidad, pero no tenemos métodos rutinarios de laboratorio que nos permitan hacer eso. Nos importa acerca del DFDN porque conforme el coeficiente de digestión del FDN cambia, así también la contribución de energía proveniente del cambio de FDN. Una segunda razón de que no balanceamos raciones basadas en el DFDN es porque es normalmente lento y costoso obtener valores de DFDN de todos los alimentos de la dieta. Los valores de DFDN para todos los forrajes, granos y suplementos proteicos, etc tendrían que ser evaluados para DFDN. Esta es la causa que los laboratorios de evaluación de TMRs para DFDN han llegado a ser muy populares. El DFDN de la ración, la cual incluye todos los alimentos, puede ser evaluada una vez para DFDN proporcionando excelente aproximación para en caso de problemas de DFDN de la dieta. Un valor de DFDN debería ser considerado mas que una herramienta de predicción de energía/resolución de problemas de la ración como una comparación de una ración para balanceo de nutrientes.

### ¿Cómo es el DFDN usado como herramienta para resolver problemas de las raciones?

---

Primero, bajo DFDN en forrajes es la principal preocupación en dietas de vacas lecheras altas productoras. Otras clases de ganado lechero como vacas secas y vaquillas pueden utilizar forrajes que pueden ser más bajos en DFDN. Similarmente, otros rumiantes como ganado de carne y borregos no tienen alta demanda de energía y forrajes con bajo DFDN puede funcionar bien dentro de sus sistemas de manejo. Puesto que vacas lecheras altas productoras están frecuentemente en un balance negativo de energía, forrajes y dietas bajas en DFDN que tienen el potencial de limitar el consumo de alimento o energía son de preocupación.

Después de que los forrajes han sido evaluados para DFDN fíjese en los valores y compare sus valores de DFDN con valores típicos de DFDN para esas especies de forraje (Cuadro 1). Recuerde estar seguro y comparar valores de in vitro DFDN que fueron generados del mismo tiempo de incubación (30, 48 hr etc.). Por ejemplo, ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz fueron evaluados para DFDN a 48 h y los resultados fueron 40.0 y 50.0% de FDN respectivamente. Ambos valores son relativamente bajos (Cuadro 1) dentro de sus respectivas especies de forraje. Estos valores podrían sugerir que el consumo de materia seca, producción de leche o condición corporal de vacas lecheras altas productoras puede no ser el deseado. Puesto que el proceso analítico de determinar DFDN no es perfecto, los resultados de la prueba del forraje deben ser comparados con las observaciones del animal. Si la prueba del forraje y observaciones del animal concuerdan y sugieren que el DFDN del forraje es bajo, los productores de leche y nutricionistas pueden considerar realizar pruebas de DFDN del TMR, si el TMR es alimentado para mas adelante confirmar el estado del DFDN de la dieta.

### Que podemos hacer si los forrajes o dietas están bajos en DFDN?

Cuando los forrajes que componen la dieta para vacas altas productoras están bajos en DFDN, la energía de la dieta es usualmente la primera limitación. En la mayoría de las situaciones suplementando mas grano o grasa para mejorar la densidad energética de una dieta para vacas a inicio de lactación no es posible porque la máxima cantidad de grano o grasa puede ya estar incluida en la dieta. Si no, algún grano adicional o grasa pueden ser adheridos para mejorar el estado de energía.

En la mayoría de las situaciones hay dos estrategias de manejo preferidas para mejorar una dieta para vacas lecheras en la cual el forraje base tiene bajo DFDN. Primero, si es posible el forraje con bajo DFDN puede ser reemplazado con forrajes que son mas altos en DFDN. Esta estrategia de manejo es solo efectiva si forrajes realmente mas altos en DFDN están disponibles y accesibles en el inventario de forrajes. En muchas situaciones el inventario de forrajes no es bastante flexible para implementar esta estrategia. Cuando el inventario de forrajes no puede ser cambiado, la cantidad de forraje con bajo DFDN puede ser disminuida del alimento y remplazada con subproductos que son altos en DFDN. Esto es frecuentemente una estrategia de manejo muy efectiva. Subproductos que son altos en FDN y DFDN tales como cascarilla de soya, pulpa de remolacha y en algunas situaciones pulpa de cítrico pudieran ser considerados por el potencial de remplazar algunos de los mas bajos FDN digeribles en la ración

con una fuente de FDN que es mas digerida rápidamente y completamente (Cuadro 1).

Debe recordarse que no todos los subproductos son altos en DFDN (Cuadro 1). Por ejemplo, subproductos alimenticios tales como semilla de algodón o trigo no tienen un alto potencial de DFDN. Cuando forrajes bajos en DFDN son reemplazados con subproductos altos en DFDN, el tiempo de respuesta de las vacas en consumo de materia seca o producción de leche debe ser relativamente corto 5-10 días si un cambio verdadero fue hecho en el estado energético de la dieta. Por lo tanto, estrategias de suplementacion deben ser probadas y evaluadas en un periodo corto antes de hacer cambios a largo plazo en la adquisición de alimentos e inventarios.

### Puede el DFDN en los forrajes ser muy alto?

Poco es conocido o entendido si el DFDN en los forrajes o dietas puede ser muy alto. Es posible que el DFDN puede ser predicho muy alto con relación a la energía verdadera disponible para mantenimiento cuando mediciones in vitro a 48 h son usadas. Esto seria especialmente cierto para pastos de madurez temprana. Si los forrajes base tienen extremadamente alto DFDN, los forrajes deberían ser alimentados bajo las guías normales de la ración. Las dietas deberían ser revisadas por tamaño de partícula y los animales revisados por cualquier respuesta indeseable tal como baja prueba de grasa, ganancia excesiva de peso, o menor consumo del predicho. Si tal respuesta del animal es notada, puede ser posible reducir la proporción de grano e incrementar la proporción de forraje en la dieta.

### Referencias

**Hoffman, P. C., and L. M. Bauman.** 2003. Strategies to improve milk yield of lactating dairy cows fed red clover silage. *Prof. Anim. Sci.* 19:178-187.

**National Research Council.** 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. *Natl. Acad. Sci.*, Washington DC.

**Oba, M and M. Allen.** 1997. Evaluation and the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage. Effects on dry matter intake and milk yield in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:589.

**Robinson, P.H., D.I. Givens, and G. Getachew.** 2004. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate values of feeds at maintenance energy intake from equations utilizing chemical assays and in vitro determinations. *Anim. Sci. Feed. Tech.* 114:75-90.

© University of Wisconsin Board of Regents, 2007



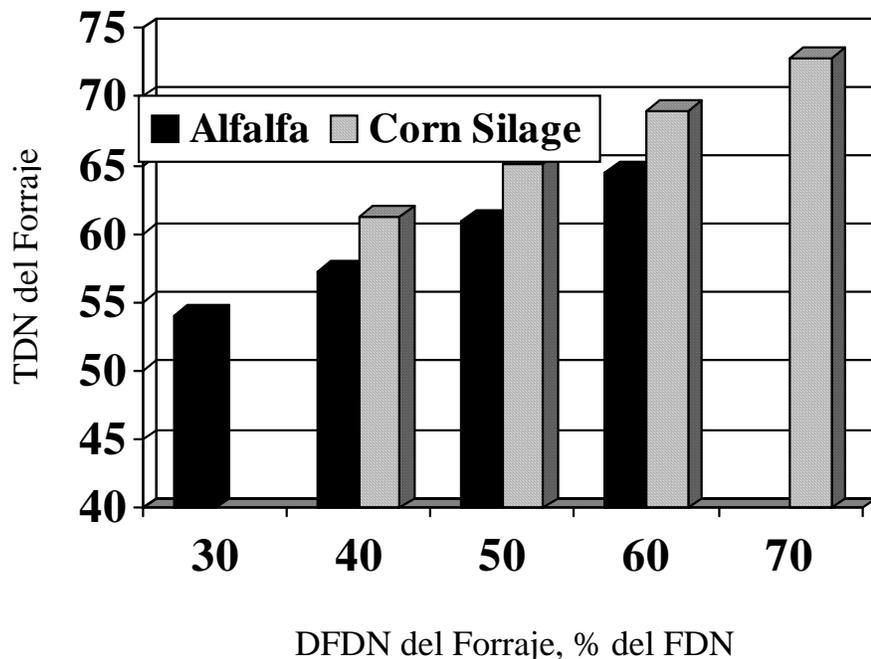
**Cuadro 1.** Valores típicos de digestibilidad del FDN para forrajes, raciones de mezcla total y subproductos alimenticios.

Alimento	Digestibilidad in vitro del FDN, % del FDN <sup>1,2</sup>					
	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
	Digestibilidad del FDN a 48h			Digestibilidad del FDN a 30 h		
Heno de alfalfa	55.4	49.8	44.2	53.5	46.2	38.9
Ensilaje de alfalfa	58.2	48.1	38.0	55.9	51.3	46.7
Heno de pasto	64.8	54.2	43.6	na	na	na
Ensilaje de pasto	62.9	53.7	44.5	na	na	na
Heno de leguminosa / pasto	59.4	48.0	36.6	na	na	na
Ensilaje de leguminosa / pasto	59.5	54.3	49.1	na	na	na
Ensilaje de ryegrass	na	63.1	na	na	55.6	na
Ensilaje de trébol rojo	50.3	47.1	43.9	na	na	na
Ensilaje de sorgo/sudan	na	57.2	na	na	49.2	na
Rastrojo	na	32.5	na	30.5	26.6	22.7
Ensilaje de maíz	63.8	58.9	54.0	52.3	48.0	43.7
Ensilaje de maíz bmr	72.8	68.6	64.4	na	na	na
Ensilaje de cereales	66.8	56.4	46.0		47.9	
TMR, altas productoras	63.0	57.1	51.2	na	na	na
TMR, Pre-parto	63.5	54.6	45.7	na	na	na
TMR, Post-parto	61.4	55.9	50.4	na	na	na
TMR, vacas secas	64.9	59.4	53.9	na	na	na
TMR, vaquillas	61.5	54.4	47.3	na	na	na
Gluten de maiz	na	na	na	na	79.8	na
Grano de destilería	na	na	na	81.2	76.2	71.2
Grano de cervecería	na	na	na	na	49.9	na
Pasta de trigo	na	na	na	53.0	51.2	49.4
Pulpa de remolacha	na	na	na	89.6	83.6	77.6
Pulpa de cítrico	na	na	na	na	85.0	na
Cascarilla de soya	na	92.1	na	na	91.6	na
Semilla de algodón	na	na	na	61.9	53.3	44.7
Harina de soya	na	na	na	90.8	87.3	83.8
Cebada	na	na	na	na	52.0	na
Maíz	na	85.0	na	na	na	na
Hojuelas de maíz	na	na	na	81.5	73.6	65.7

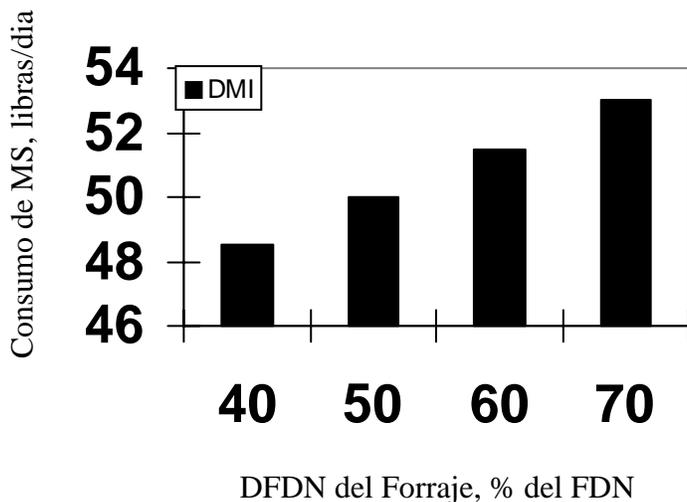
<sup>1</sup> Adaptado de la base de datos del Laboratorio de análisis de forrajes y suelo de Marshfield y Peter Robinson, Universidad de California-Davis.

<sup>2</sup> Valores altos de DFDN representan el promedio mas la desviación estándar. Valores bajos de DFDN representan el promedio menos una desviación estándar. Alimentos sin valores altos y bajos no tienen suficientes muestras para calcular una desviación estándar.

**Figura 1.** La relación entre el contenido de DFDN y TDN en alfalfa y ensilaje de maíz.



**Figura 2.** La relación entre el contenido de DFDN del forraje y el consumo de materia seca en vacas lecheras. Oba and Allen, 1997.



**Cuadro 2.** Consumo de materia seca, consumo de FDN y producción de leche de vacas en lactancia temprana-media alimentadas con raciones conteniendo diferentes niveles de DFDN (Hoffman and Bauman, 2003).

	DFDN de la ración, % de FDN		
	45.0 %	50.0%	55.0%
Consumo de MS, kg/día	20.5	22.1	23.3
Consumo de FDN, kg/día	8.5	8.6	9.8
Producción de leche, kg/día	32.0	33.3	33.5