

Michael Hutjens



## Panel: OPTIMIZANDO la producción y CALIDAD DE LECHE con ensilaje de maíz

---

Michael Hutjens

Ph.D en Ciencia Lechera y  
Ciencia de la Nutrición -  
Universidad de Wisconsin,  
Estados Unidos.

M.Sc. en Ciencia Lechera -  
Universidad de Wisconsin,  
Estados Unidos.

Médico Veterinario y  
Nutricionista - Universidad  
de Wisconsin, Estados  
Unidos.

Docente de Nutrición y  
Alimentación, Universidad de  
Wisconsin, Estados Unidos.

hutjensm@illinois.edu  
Estados Unidos

---

**E**l ensilaje de maíz continúa reemplazando las leguminosas y las gramíneas forrajeras para la alimentación de vacas lecheras en los Estados Unidos (Satter, 2000). En Illinois, el ensilaje de maíz puede aportar el 66% de la materia seca del forraje por día o 10 kilogramos de materia seca por vaca por día. Algunas razones para incrementar el aporte de ensilaje en las raciones son su bajo costo, el incremento en la producción de materia seca producida por hectárea, y su utilización como fuente de almidones, cuando los precios del maíz en grano se aproximan a los 36 centavos de dólar por kilogramo de materia seca, (8,50 dólares por bushel – medida de masa específica para algunos cereales- lo que equivale a 25,40 kilogramos de maíz).

## Contenido nutricional del ensilaje de maíz

El ensilaje de maíz es un forraje que complementa los sistemas en pastoreo. En la **Tabla 1**, ubicada en la siguiente página, se resume el contenido nutricional del ensilaje (National Research Council, 2001; comunicación personal Hutjens, 2012). Una discusión más profunda de los nutrientes se realiza a continuación.

Los carbohidratos son el mayor componente nutricional en las raciones para las vacas lecheras (más del 30% de fibra detergente neutro (FDN) y 40% de carbohidratos no fibrosos (CNF). El contenido de almidón es un factor importante cuando se escogen los híbridos de maíz. En Illinois, el contenido de almidón para un ensilaje de alta calidad es de más del 30% y con niveles de materia seca que alcanzan entre el 34 y el 38% de almidón (picado entre 2 y 3 centímetros). Para un ensilaje de maíz, la planta se debe cosechar con un contenido entre 33 y 38% de materia seca, lo que permite a la planta producir óptimos niveles de almidón (típicamente dos o tres líneas de leche). El cosechar antes de tiempo la planta, le reducirá el contenido de almidón por no estar lo suficientemente madura. El contenido de materia seca debe ser el óptimo para la fermentación y según el tipo de empaquetado y almacenado que se utilice se tendrá el resultado de la cosecha.

Nutriente	Etapa de madurez del ensilaje de maíz		
	Inmaduro	Normal	Maduro
Materia seca (%)	menor a 25	32 a 38	Mayor a 40
Nutrientes totales digestibles (%)	65,6	68,8	65,4
Energía neta (Mcal/kg)	1,48	1,57	1,46
Proteína cruda (%)	9,7	8,8	8,5
Estracto etéreo (%)	2,5	3,3	3,2
Fibra detergente neutro FDN (%)	54,1	45,0	44,5
Fibra detergente ácido FDA (%)	34,1	28,1	27,5
Lignina (%)	3,5	2,6	3,1
Almidón	15-20*	25-35*	35-40*
Proteína no degradable en rumen (% de proteína cruda) fracción C	18,5	18,5	23,6
Proteína degradable en rumen (% proteína cruda) fracción B	23,7	30,2	27,6
Proteína soluble (% proteína cruda) fracción A	57,8	51,3	48,8
Cenizas	4,8	4,4	4,0
Calcio (%)	0,29	0,28	0,26
Fósforo (%)	0,24	0,26	0,25
Potasio (%)	1,30	1,20	1,10

**Tabla 1.** Composición nutricional del ensilaje de maíz en diferentes etapas de madurez (National Research Council, 2001; comunicación personal Hutjens, 2012\*).

- ▶ Almacenamiento en bolsa plástica: 32 al 35% de materia seca.
- ▶ Almacenamiento en búnker o pila: 30 al 35% de materia seca.
- ▶ Almacenamiento vertical del silo: 35 al 38% de materia seca.
- ▶ Almacenamiento vertical limitando el oxígeno: 35% al 40% de materia seca.

Los niveles de almidón del maíz complementan los pastos forrajeros, al proveer al rumen de carbohidratos fermentables, necesarios para estimular el crecimiento de los microorganismos que capturan altos niveles de proteína degradable (PDR) y de proteína cruda (Akins et al., 2012).

El nivel de fibra se relaciona con el contenido de almidón. Si el nivel de almidón se incre-

menta, el nivel de fibra se reduce.

Un ensilaje de calidad en Illinois puede contener menos del 28% de fibra detergente ácido (FDA) y menos del 45% de fibra detergente neutro (FDN) con base en la materia seca (Hutjens, 2008).

El reducir los niveles de FDN favorece el mayor consumo con mayor contenido de energía. La lignina se incrementa con la madurez de la planta. Un buen ensilaje de maíz debe tener menos del 4% de lignina.

El ensilaje de maíz de nervadura central café es un híbrido con bajo contenido de lignina (menos del 2%) que se está volviendo bastante popular en los Estados Unidos, ya que incrementa el

consumo de materia seca y mantiene una alta producción lechera. La fibra del ensilaje de maíz es un complemento de los forrajes en pastoreo, al proveer de fibra adicional que reduce la velocidad de pasaje y mejora el ambiente en el rumen (Hutjens, 2008). La digestibilidad de la fibra es importante para incrementar el contenido de energía y el consumo de alimento.

La digestibilidad de la FDN es el porcentaje de la FND que es degradada en el rumen. Se puede medir utilizando el fluido del rumen de vacas donadoras en un laboratorio. Muestras del ensilaje de maíz son mezcladas con fluido del rumen permitiendo luego una fermentación por 24, 30 ó 48 horas y, más tarde, se puede medir la digestibilidad de la FDN.

- ▶ 24 horas de fermentación pueden utilizarse con el ensilaje de maíz, como patrón de fermentación rápida y de contenido disponible de almidón.
- ▶ 30 horas de fermentación representan el tiempo normal de permanencia del alimento en la totalidad del tracto digestivo (es la prueba preferida).
- ▶ 48 horas de fermentación representan el máximo nivel de digestión de la FDN (algunos restos de FDN

pueden aparecer en las heces). Esta prueba es utilizada por algunos laboratorios y compañías de alimentos como valores de digestibilidad de la FDN por ser repetible y con una pequeña desviación estándar.

Un ensilaje de alta calidad en Illinois debe tener un valor de más de 55% de digestibilidad de FDN con 30 horas de fermentación, mientras que la variedad de ensilaje de maíz con nervadura café central puede tener más del 65% de digestibilidad de la FDN (con 30 horas de fermentación). La diferencia entre 30 y 48 horas puede ser de 3 a 5 puntos porcentuales.

La digestibilidad de la FDN complementa los pastos y provee de energía disponible en el rumen para el crecimiento microbiano y la captura de proteína ruminal disponible (PRD), de esta manera incrementa el potencial de consumo de materia seca (Oba & Allen, 2011).

La FDN efectiva es la proporción de fibra que puede estimular la rumia y masticación del bolo, mantener una tasa de pasaje lenta y conservar una capa de forraje flotante en el rumen. La FDN efectiva del rumen puede modificarse incrementando el tamaño teórico de picado (TTP) y la manera de procesar el ensilaje en el campo. El uso de núcleos de procesamiento (también llamados plantas de procesamiento) permite tener ensilajes con 18 milímetros de TTP.

En la cosecha de 2011, una nueva tecnología llamada "trilladora" fue desarrollada con un diseño diferente de rodillos que permite un corte a 24 milímetros; como esta unidad destroza el tallo permite una compactación homogénea para el almacenamiento (Shaver, 2012).

La medición de la fibra efectiva se puede hacer en finca mediante la caja de separación de Penn State (unidad comercial que separa las partículas de forraje en función de la apertura de cada una de las cajas). Varios métodos son descritos para el procesamiento de la fibra efectiva en la **Tabla 2**.

La medición de fibra efectiva, utilizando la caja Penn State, incluye el porcentaje de maíz que se encuentre mezclado como alimento o base húmeda en las dos primeras cajas. Por ejemplo, si la caja superior tiene 15% de ensilaje de maíz húmedo y la segunda caja tiene 50% de ensilaje de maíz húmedo también, la fibra efectiva será del 65% comparada con el heno de fibra larga que es de 90 al 92%. En el henolaje la

fibra efectiva puede variar desde el 40% al 80% dependiendo del largo del corte de los trozos, la materia seca contenida y los sistemas de almacenamiento.

Si la fibra efectiva de los sistemas en pastoreo es muy corta puede presentarse la acidosis, lo cual es preocupante debido a su baja digestibilidad. La fibra efectiva en el ensilaje de maíz complementa la baja fibra efectiva en los pastos de alta calidad (Hutjens, 2008).

Los niveles de proteína son moderadamente bajos en el ensilaje de maíz, lo que depende de la madurez de la planta (**Tabla 1**). La proteína del ensilaje de maíz es alta en el porcentaje de proteína degradable en rumen (PDR), pero el nivel (gramos por kilogramo de materia seca) es bajo debido a que el ensilaje de maíz tiene bajo contenido de proteína cruda es baja. La proteína que contiene el ensilaje de maíz complementa los pastos forrajeros por su alta proteína ruminal disponible (PRD) y energía fermentable en rumen.

	Caja Superior	2ª Caja	3ª caja	Bandeja Inferior
	----- % (Como alimento o base húmeda) -----			
Convencional a 9 mm TTP	<5	50-60	30-40	5-10
Procesado a 18 mm TTP	8-15	50-60	20-25	<5
Tirillas at 24 mm TTP	30-35	30-45	20-25	<5

**Tabla 2.**

Guía para la caja de partículas Penn State en varios cortes del ensilaje de maíz (Hutjens, 2008; Shaver, 2012).

El nivel de minerales en el ensilaje de maíz debe estar balanceado con los minerales aportados por el pasto. El ensilaje de maíz puede ser bajo en calcio, lo que debe ser considerado.

El nivel de potasio también es bajo al compararlo con los pastos. Una pastura de leguminosas de alta calidad puede llegar a balancear el calcio y los niveles de potasio (Hutjens, 2008).

Las recomendaciones sobre los nutrientes incluidos en las raciones de varios grupos de vacas lecheras con diferente producción se describen en la **Tabla 3**. Balancear las raciones con ayuda de un programa sistematizado es importante cuando se alimenta con ensilaje de maíz en un sistema en pastoreo, para llenar los requerimientos nutricionales. Dicho programa, con un modelo diseñado para el rumen, es recomendable utilizarlo para calcular los niveles de la proteína metabolizable (PM) y de balance energético, que se hace teniendo en cuenta el consumo de materia seca (Hutjens, 2008).

## Aspectos para el manejo del ensilaje de maíz

**Primer factor de manejo.** Se recomienda inocular el ensilaje para mejorar la recuperación de la materia seca (incrementa

	Vaca seca		Recién parida	Vaca en lactancia		
	Temprana	próxima a parir	0 a 21 días	Temprana 22 a 80 días	Intermedia 80 a 200 días	Tardía más de 200 días
Consumo materia Seca (lb)	30	22	Más de 35	53	48	44
Proteína cruda %	12	Vacas 12 – 13 Novillas 14 – 15	19	18	16	14
Proteína metabolizable (%)	6,0	8,0	13,8	11,6	10,2	9,2
*Proteína ruminal disponible: % de proteína cruda (MS)	70 (8,4)	60 (10)	60 (11,4)	62 (11,2)	64 (10,2)	68 (9,5)
Proteína no degradable del rumen: % de proteína cruda (MS)	30 (3,6)	40 ( 5)	40 (7,6)	38 (6,8)	36 (5,8)	32 (4,5)
SIP: % de proteína cruda (MS)	35 (4,2)	30 (4,5)	30 (5,7)	31 (5,60)	32 (5,10)	34 (4,8)
Nutrientes totales digestibles %	60	67	75	77	75	67
Energía neta de lactancia - NE <sub>L</sub> (Mcal/lb)	0,63	0,69	0,78	0,80	0,78	0,69
Extracto etéreo %	2	3	4	5,0	5	3
Fibra detergente ácido%	30	24	21	19	21	24
Fibra detergente neutro %	40	35	30	28	30	32
* Carbohidratos no fibrosos CNF %	30	34	35	38	36	34
*relación de CNF a PDR (% de MS) =3,5:1						
Minerales mayores % de materia seca						
Calcio (Ca)	0,60	0,7 (*1,0)	0,9	0,80	0,70	0,60
Fósforo (P)	0,26	0,30	0,40	0,38	0,36	0,32
Magnesio(Mg)	0,16	0,4	0,33	0,30	0,25	0,20
Potasio (K)	0,65	0,65	1,10	1,00	0,90	0,90
Sodio (Na)	0,10	0,05	0,33	0,30	0,20	0,20
Cloro (Cl)	0,15	0,15 (*0,8)	0,28	0,25	0,25	0,25
Azufre (S)	0,16	0,2 (*0,4)	0,25	0,25	0,22	0,22
*cuando se usan sales aniónicas: minerales/ sales aniónicas (%)						
Vitaminas en UI por día						
Vitamina A	100,000	100,000	100,000	100,000	50,000	50,000
Vitamina D	25,000	30,000	30,000	30,000	20,000	20,000
Vitamina E	1,000	2,000	2,000	1,000	600	400
a. Trazas de minerales: hierro (50 ppm), cobalto (0,1 ppm), cobre (15 ppm), manganeso (60 ppm), zinc (60 ppm), yodo (0,6 ppm) y selenio (0,3 ppm).						
b. relación de minerales en ración total: zinc a cobre 4:1, hierro a cobre 40:1, potasio a magnesio 4.5:1, cobre a molibdeno 6:1, potasio a sodio 3:1, nitrógeno a azufre 11:1						
MS: Materia seca						

**Tabla 3.** Recomendación nutricional en Illinois para vacas lecheras en diferentes etapas de lactancia y gestación.

en un 3,5% la preservación de la materia seca) y aumenta la digestibilidad (1,8%). El inóculo maximiza la tasa de fermentación y le posibilita alcanzar rápidamente un pH estable, preservando los nutrientes y la materia seca. La relación costo beneficio es de 1:5 o mayor (invertir 2 dólares de inóculo por tonelada de ensilaje de maíz

puede resultar en más de 10 dólares de conservación de nutrientes y materia seca que llevarán a un incremento en la producción de leche). Los niveles recomendados para inocular las bacterias son de 100.000 unidades formadoras de colonia (UFC) por gramo de ensilaje húmedo, con la combinación de los siguientes tipos de

bacterias: *Lactobacillus plantarium*, *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus cereviseai*, *Pediococcus pentacoccus*, *Streptococcus faecium* y otras bacteria investigadas (Hutjens, 2008).

**Segundo factor de manejo.** Agregar un *buffer* a la ración para el rumen incrementará el consumo de materia seca y la producción de leche, cuando el nivel de materia seca en el ensilaje de maíz está por los 8 kilogramos o la fibra efectiva es baja. El bicarbonato de sodio y el sesquicarbonato de sodio son opciones económicas para agregar un 0,75% de la materia seca de la dieta (150 a 225 gramos por día).

**Tercer factor de manejo.** El cubrir los búnker o pilas de ensilaje, con una película que sirva de barrera al oxígeno, reduce la pérdida de materia seca y preserva los nutrientes. La materia seca se redujo en un 5%, el molde superior rebajó en 8 centímetros, el pH del ensilaje disminuyó en 0,4 puntos y los niveles de ácido láctico se incrementaron en 4,1%. La tasa de transmisión de oxígeno se redujo 1.811 unidades con la utilización de plástico convencional, comparado con una reducción de 30 unidades con película de barrera de oxígeno y cubierta plástica (sistema de dos pasos). También se utilizó una barrera que combinó en una sola pieza película y plástico juntos para cubrir el ensilaje de maíz, con una transmisión de oxígeno de 10 unidades.

**Cuarto factor de manejo.** El empaque del maíz necesita reducir la pérdida de fermentación, la penetración de oxígeno y la estabilidad de la pared de las bolsas, búnker o pilas. El propósito al ensilar maíz es obtener más de 15 libras (7 kilogramos) de materia seca por pie cúbico.

Los búnker y el apilamiento son sistemas que tienen alta densidad de materia seca, comparados con el ensilaje en bolsa, con niveles altos como 20 libras (9 kilogramos) de materia seca por pie cúbico (Hutjens, 2008).

**Quinto factor de manejo.** El tiempo de almacenamiento produce una alta digestibilidad, si el ensilaje de maíz puede permanecer almacenado por tres meses o más. La digestibilidad del almidón se incrementa, lo que conlleva altos valores de energía disponible en el rumen y reduce la proteína ligada (bajo contenido de prolamina) con el almidón (Akins et al., 2012).

**Sexto factor de manejo.** La tasa de remoción del ensilaje puede variar dependiendo del ambiente y de la temperatura óptima de las condiciones de fermentación. Es recomendable remover 6 pulgadas diarias de la superficie de la bolsa, búnker o pila es recomendable (Hutjens, 2008). El medir el ancho y la altura del almacenamiento o depósito

del ensilaje permitirá tener una tasa de remoción óptima que se deberá basar en el número de animales y el consumo de ensilaje de maíz. En un clima cálido, es recomendable incrementar la remoción a 12 pulgadas diarias de forraje. Una remoción uniforme se puede realizar con cortadores o rastrillos que evitan dañar la superficie del ensilaje.

## Riesgos de la acidosis ruminal

La acidosis ruminal subaguda (ARS) puede ser un problema con pastos de buena calidad y ensilajes de maíz con altos niveles de almidón, junto con baja fibra funcional, lo que puede conducir a pH ruminales inferiores a 6,0 (5,1 es considerado bajo). Monitorear los niveles de fibra funcional puede reducir el riesgo de ARS, así como los *buffer* ruminales y los productos de la levadura pueden estabilizar el pH y el ambiente ruminal. La monenzina también reduce el ácido láctico, el cual reduce el pH ruminal.

Los signos de ARS en la finca pueden incluir la disminución de la función ruminal, reflejada en un 60% menos de masticación del bolo, la materia fecal suelta, la ingesta a voluntad de bicarbonato de sodio, la disminución de la grasa contenida en la leche,

el consumo de tierra o cama del establo, el apetito variable o los desórdenes podales (Hutjens, 2008).

Para reducir el riesgo de ARS se debe alimentar con reacciones parcialmente mezcladas (RPM). Para el mantenimiento de la producción de leche (más de 60 libras o 30 kilogramos, se debe dar la mitad de la ración en materia seca de pasto de buena calidad, y la otra mitad en RPM, dos veces al día antes del ordeño; esto mejorará la producción de leche y reducirá el riesgo de ARS. Los ingredientes de la RPM pueden incluir ensilaje de maíz, heno o henolaje, granos de cereal, suplementos proteicos, urea y minerales. En la **Tabla 3** se muestra el potencial de consumo de materia seca y el balance de nutrientes.

## Referencias

Akins, M., Ferrareto, L., Fredin, S., Hoffman, P. & Shaver, R.D. (2012). *Balancing carbohydrate sources for dairy cows during a period of high corn prices*. Ponencia presentada en Four State Dairy Nutrition and Management Conf. Proc.

Hutjens, Michael F. (2008). *Feeding guide*. (3a ed.) Atkinson: Hoards and Son Company. 80.

National Research Council (2001). *Nutritional requirements of dairy cattle*. (7a rev. Ed.) National Academy of Science. Washington D.C.

Oba, M. & Allen, M. (2011). *The impact of improving NDF digestibility of corn silage on dairy cow performance*. Ponencia presentada en Ruminant Nutr. Conf. Proc. Florida.

Satter, L.D. (2000). Corn silage as companion forage: pros and cons. Western Canadian Dairy Conf. Proc. *Advances in Dairy Technology*, 12, 369-381.

Shaver, R.D. (2012) *Results of UW—Madison Corn Shredlage Feeding Trial*. Ponencia presentada en Four State Dairy Nutrition and Management Conf. Proc.