

EFFECTO DE TRES NIVELES DE CARBOHIDRATOS SOBRE LA CALIDAD DEL ENSILADO

THREE CARBOHYDRATE LEVELS EFFECT ON SILAGE QUALITY

J. Jaimes Jaimes¹, José Ramón Hernández Salgado¹, Miriam Vargas Alva¹.

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

RESUMEN. Se evaluó el efecto de tres niveles de carbohidratos sobre la calidad del ensilado. El estudio se realizó en la Unidad de Producción "18 de Julio" de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en el municipio de Tlahualilo, Durango, México, localizada entre 103° 36' 11" LO y 25° 53' 32" LN a 1117 msnm. Tres mezclas de alimento con 41.3%, 34.6% y 28.0% de carbohidratos fueron ensiladas por un periodo de 21 días. Se observó una diferencia significativa ($P < .01$) en el pH del ensilado, favorable para la mezcla de 41.3% reduciendo el pH de 4.8 a 4.1 a los 3 días de iniciado el ensilaje mientras que las mezclas 34.6% y 28% lo realizan en 6 y 15 días respectivamente, demostrando que a mayor cantidad de carbohidratos en la mezcla existe una disminución rápida del pH del ensilado. Las temperaturas promedio fueron 23.87, 23.86 y 23.12 °C para las mezclas con 41.3%, 34.6% y 28.0% respectivamente con una variación significativa ($P < .01$) para la mezcla de 28%. La mezcla con 41.3% de carbohidratos presentó mejor calidad con respecto a las de 34.6% y 28.0%, debido a esto posiblemente al cambio en el pH ocurrido en menor tiempo.

Palabras claves: ensilado, carbohidratos, pH, temperatura, calidad.

SUMMARY. The effect of three carbohydrate levels on silage quality were evaluated. Research was carried out on the Production Unit "18 de Julio" of the Universidad Autónoma Chapingo, located in the municipality of Tlahualilo, Durango, México. Three feed mixtures with 41.3, 34.6 and 28.0 percent carbohydrates were ensiled for 21 days. A favorable significant difference ($P < .01$) in the ensiled pH was observed in the 41.3% mixture, lowering the pH as you increase from 4.8 to 4.1 three days after being ensiled, while the 34.6% and 28% mixtures did it in 6 and 15 days respectively, demonstrating that the amount of carbohydrates in the mixtures, the fastest the pH decreases in the silage. Average temperatures in the silo were 23.87, 23.86 and 23.12 °C for the 41.3%, 34.6% and 28.0% mixtures respectively, with a significant variation ($P < .01$) for the 28.0% mixture. The 41.3% carbohydrate mixture presented a better quality with respect to the 34.6% and 28.0%, due to the pH modification in a shorter time.

Keys words: silage, carbohydrates, pH, temperature, quality.

INTRODUCCIÓN

En México, existen una variedad amplia de condiciones ambientales y casi todas las formas climáticas tipificadas en el mundo. En relación con la precipitación, el régimen de lluvias en la mayoría de los casos se concentra en verano y otoño, aunado a esto, en las zonas áridas la temperatura de los meses fríos limita el crecimiento vegetal, lo que trae como resultado, menor producción de forraje. El efecto final del ambiente sobre las plantas forrajeras se traduce en un comportamiento estacional

de la disponibilidad de forraje; lo que ocasiona que en algunas épocas haya excedentes y en otras escasez (Jiménez, 2001).

El ensilaje es una técnica empleada para conservar forrajes producidos durante la época de lluvias, para su distribución al ganado que se mantiene parcialmente con cortes diarios de forraje fresco en los sistemas de pastoreo, en la temporada escasa o cuando no hay producción de forraje. Probablemente sea esta la única tecnología que pueda satisfacer la alta demanda de

nutrientes requeridos en las pequeñas explotaciones lecheras de zonas semiáridas del trópico (Dube, 1995).

Los forrajes son transformados en leche y carne por el ganado. Dichos forrajes son cosechados y preservados para alimentar al ganado. Usualmente en forma de ensilado y heno. Esencialmente, el método óptimo para la cría de ganado es el pastoreo debido a que no compete por el alimento con el hombre y es económico. En las últimas dos décadas se observa la utilización de grandes cantidades de concentrado en la alimentación del ganado en sistemas intensivos. En años recientes, el desarrollo de métodos de producción eficientes reducen los costos en la industria de carne y leche. Lo anterior conlleva a una tendencia en el crecimiento en la producción de forraje y ensilados (Ohmomo *et al.*, 2001).

El éxito del proceso fermentativo que ocurre en los ensilajes depende, principalmente, de la cantidad de bacterias ácido lácticas y de la concentración adecuada de carbohidratos solubles en el forraje que genera el ácido láctico, de esta manera, el pH se mantiene bajo y el ensilaje se preserva mejor (Jaster, 1995).

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad nutricional del ensilado en una mezcla de alimento con tres niveles de carbohidratos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental

El estudio se realizó en la Unidad de Producción "18 de Julio", ubicado en el municipio de Tlahualilo, Durango, correspondiendo a las coordenadas geográficas 103° 36' 11" de longitud oeste en el meridiano de Greenwich y entre los 25° 53' 32" de latitud norte. La altura media es de 1117 msnm. Las características climáticas del área incluyen clima cálido-seco BW, con una marcada oscilación térmica y con precipitación y temperatura media anuales de 217.1 mm y 22.3 °C, respectivamente. El mes más cálido es junio con temperaturas superiores a los 40 °C y el mes más frío es enero con temperaturas mínimas de 0 °C.

Preparación del silo

Se utilizaron tubos de PVC de 25 cm de diámetro por 70 cm de altura como silos. En total se utilizaron 15 silos de este tipo cinco para cada mezcla, con el objetivo de analizar calidad del ensilado. También se utilizaron tres tinacos de plástico con capacidad de 200 litros, uno para cada mezcla con el objetivo de tomar mediciones de pH y temperatura.

Preparación de las mezclas a ensilar

Tres mezclas de alimento fueron preparadas con diferente porcentaje de maíz, sorgo y cascarilla de soya,

Cuadro 1. Dieta 1 con 45% MS, 41.3% Carbohidratos, 14% PC y 36.4% FDN.

Ingrediente	% de MS	% en la Ración
Maíz	88	8.20
Sorgo	88	8.20
Maíz ensilado	24	36.89
Semilla de algodón	91	2.87
Alfalfa verde	21	29.51
Soya	90	2.05
Cascarilla de soya	89	12.30

Cuadro 2. Dieta 2 con 45.1% MS, 34.6% Carbohidratos, 14.3% PC y 42.5 FDN.

Ingrediente	% de MS	% en la Ración
Maíz	88	5.12
Sorgo	88	5.12
Maíz ensilado	24	36.89
Semilla de algodón	91	2.87
Alfalfa verde	21	29.51
Soya	90	2.05
Cascarilla de soya	89	18.44

con la finalidad de tener un nivel de carbohidratos distinto para cada mezcla, como se muestra en los Cuadros 1 al 3. Estas fueron preparadas en un carro mezclador con un tiempo de mezclado de media hora.

Preparación del ensilado

Se llenaron cinco silos y un tinaco por mezcla, primero se colocó un plástico en la parte baja del silo para evitar la entrada de aire al recipiente, la mezcla se colocó en capas de mezcla de aproximadamente 15 cm y se presionó para excluir el aire. Al final del llenado se colocó un plástico para sellar el silo.

Toma de datos

La recolección de datos se llevó a cabo en un período de 21 días asumiendo que el proceso de ensilado se completa en este rango de tiempo. El Cuadro 4 muestra las fechas de toma de datos. A cada unidad experimental (un silo) se le tomó la temperatura en cinco sitios diferentes al azar así como también se extrajeron cinco muestras representativas de ensilado, de cada muestra se pesaron 10 gramos de ensilado, para colocar en un vaso de plástico 50 ml de agua destilada y la muestra, posteriormente se agitó la mezcla y se dejó reposar por 15 minutos, para posteriormente medir el pH con un

potenciómetro. En total se colectaron 5 datos de temperatura y pH por mezcla en cada día de medición. Se emplearon 15 unidades experimentales extras 5 repeticiones por cada mezcla las cuales se utilizaron a los 21 días para evaluar calidad del ensilado, las muestras se enviaron al laboratorio comercial ubicado en la ciudad de Gómez Palacio, Durango.

Análisis estadístico.

Las variables que se midieron fueron pH y temperatura de los ensilados al inicio del experimento y posteriormente cada 3 días hasta el día 21 de transcurrido el proceso de ensilaje. Las variables relacionadas con la calidad del ensilado fueron: proteína cruda, fibra detergente neutro, cenizas totales, nutrientes digestibles totales, energía neta de lactación, energía neta de mantenimiento y energía neta de ganancia, estas fueron cuantificadas en un laboratorio comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH del ensilado

Se observó disminución del pH en las tres mezclas empleadas en este estudio, aspecto que refleja un

Cuadro 3. Dieta 3 con 45.2% MS, 28.0% Carbohidratos, 14.7% PC y 48.5 FND.

Ingrediente	% de MS	% en la Ración
Maíz	88	2.05
Sorgo	88	2.05
Maíz ensilado	24	36.89
Semilla de algodón	91	2.87
Alfalfa verde	21	29.51
Soya	90	2.05
Cascarilla de soya	89	24.59

Cuadro 4. Fechas de toma de datos del experimento.

Fecha de Medición	Días transcurridos después de ensilar
18 de febrero del 2006	0
21 de Febrero del 2006	3
24 de Febrero del 2006	6
27 de Febrero del 2006	9
2 de Marzo del 2006	12
5 de Marzo del 2006	15
8 de Marzo del 2006	18
11 de Marzo del 2006	21

proceso de ensilado adecuado, como lo menciona Weinberg y Muck (1996) así como Merry *et al.*, (1997), que en el proceso de ensilaje se incrementan la generación de ácido láctico y en pequeñas proporciones el acético repercutiendo en la disminución del pH para eliminar bacterias de putrefacción y lograr la conservación del alimento ensilado. La adición de diferentes concentraciones de carbohidratos a las mezclas de alimento que se ensilaron por un periodo de 21 días provocó una diferencia significativa ($P < .01$) en el pH del ensilado, mostrándose la mezcla con mayor cantidad de carbohidratos con un pH menor como se observa en el Cuadro 5.

Pezo (1981) y Muck (1988), mencionan que a medida que aumenta la cantidad de carbohidratos en el alimento

que se somete a un proceso de ensilaje el pH tiende a ser menor, lo cual influye en la fase de estabilidad fermentativa de las mezclas empleadas la estabilización ocurre cuando se obtiene un pH menor a 4.2 en el ensilaje. En el presente estudio solo se logró para las mezclas de 41.2% y 34.6% de carbohidratos solubles, mientras que la mezcla 28 % de carbohidratos ligeramente se muestra arriba de 4.2 de pH, aspecto que coincide con lo mencionado por Jaster (1995) el proceso de ensilaje depende del nivel de carbohidratos solubles así como de la cantidad de bacterias ácido lácticas presentes en el forraje. Considerando que la mezcla con más bajo contenido de carbohidratos no logra disminuir el pH en el proceso de ensilaje como lo considera Pezo (1981), el pH logrado de 4.28, es más factible situarla en la fase de estabilización en el proceso de ensilaje.

Cuadro 5. Medias de cuadrados mínimos de pH y error estándar de las diferentes mezclas de alimento con su respectivo nivel de carbohidratos.

Carbohidratos en Mezcla de alimento	N	pH \pm EE *
Mezcla 41.3%	40	4.168 \pm 0.00754 ^a
Mezcla 34.6%	40	4.187 \pm 0.00754 ^{ab}
Mezcla 28.0%	40	4.283 \pm 0.00754 ^b

* Efectos medios con distinta letra son diferente ($P < .01$)

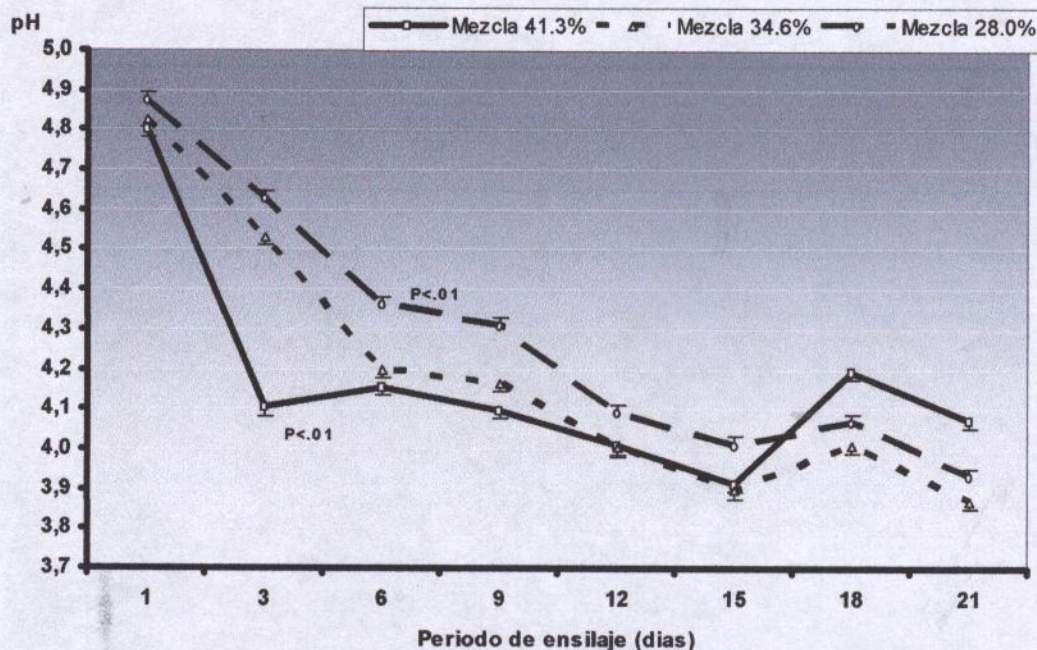


Figura 1. Medias de cuadrados mínimos de pH y error estándar en mezclas de alimento con diferentes niveles de carbohidratos en un periodo de ensilaje de 21 días.

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos de Temperatura de ensilado y error estándar (EE.) de las diferentes dietas por su respectivo nivel de carbohidratos.

Carbohidratos en Mezcla de alimento	N	Temperatura promedio °C ± EE*
Mezcla 41.3%	40	23.870 ± 0.11742 ^a
Mezcla 34.6%	40	23.867 ± 0.11742 ^a
Mezcla 28.0%	40	23.122 ± 0.11742 ^b

* Efectos medios con distinta letra son diferente (P<.01)

Sin embargo, existió un efecto significativo (P<.01) al considerar la medición de pH en el periodo del proceso de ensilaje, donde refleja que de acuerdo al nivel de carbohidratos de las mezclas la disminución de pH se realiza a una determinada velocidad. Así se observa en la Figura 1, que la mezcla con 41.3% de carbohidratos mostró una reducción de pH a 4.1 a los 3 días de iniciado el ensilaje mientras que la mezcla 34.6 % de carbohidratos realiza la misma disminución que la anterior mezcla en 6 días, y la mezcla 28% el pH disminuye al mismo nivel hasta el día 15, mostrando un efecto que a mayor cantidad de carbohidratos en la mezcla existe una disminución rápida del pH del ensilado, comportamiento que concuerda con lo manifestado por Schroeder, (2004a).

Una visualización del comportamiento de la temperatura en el proceso de ensilaje de las tres mezclas de alimento en estudio es cuando se analiza la interacción mezcla en los periodos del proceso de ensilaje dado que existió efecto significativo (P<.01) al considerar ambos factores, como se muestra en la Figura 2.

Al inicio del proceso la mezcla de alimento con 41.3 % de carbohidratos aumenta la temperatura hasta alcanzar un máximo al día 3 de iniciado el ensilaje, posteriormente disminuye hasta el día 9 a una temperatura de 21.4 °C, en contraste las mezclas que contienen 34.6 y 28 % de carbohidratos, los incrementos de temperatura son menos pronunciados y alcanzan un máximo hasta el día 6 del ensilaje, esta diferencia esta marcada por la

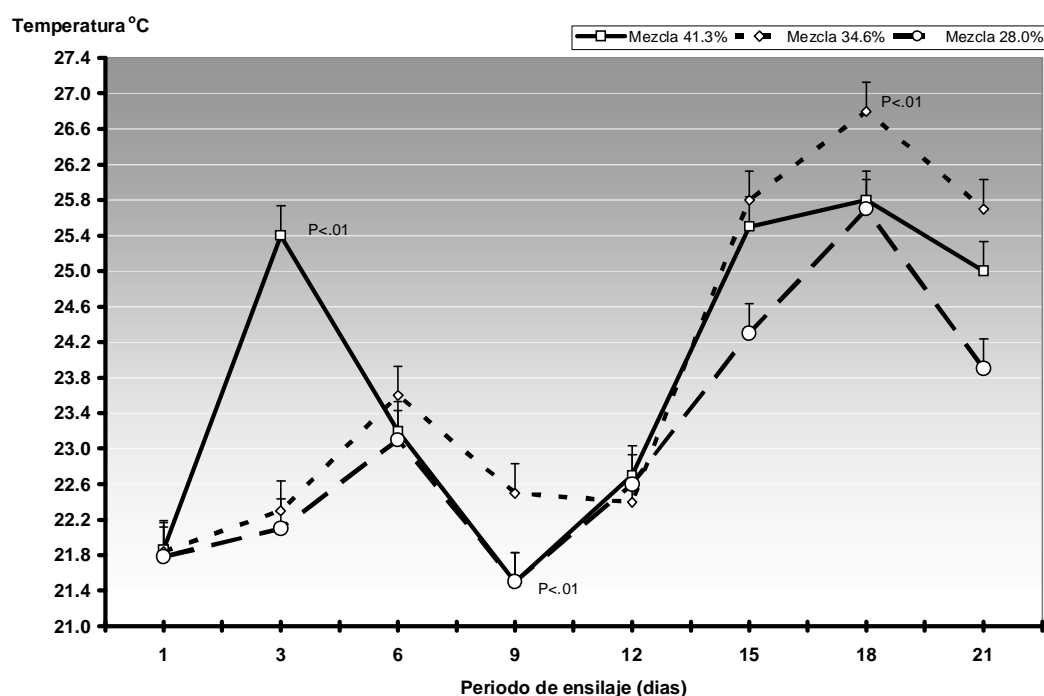


Figura 2. Medias de cuadrados mínimos de temperatura y error estándar en mezclas de alimento con diferentes niveles de carbohidratos en un periodo de ensilaje de 21 días.

cantidad de carbohidratos en las mezclas. La mezcla de alimento con la mayor cantidad de carbohidratos en el presente estudio mostró el comportamiento descrito probablemente debido a que durante la primera fase del proceso de ensilaje (aerobia) existen mas actividad de bacterias aeróbicas que disponen de oxígeno y material de combustión como son los carbohidratos ocasionando que se produzca mas calor y logrando mas rápido las condiciones de anaerobiosis para llegar en corto tiempo a la fase estable del ensilaje. Las otras mezclas no contenían la cantidad de carbohidratos para acelerar el proceso de ensilaje en la fase aeróbica del mismo.

El incremento del pH y temperatura en los últimos periodos, considerando que se realizan dentro de las cinco fases del proceso de ensilaje y todavía no se presenta la fase seis que es la deterioración indeseable por bacterias aerobias de acuerdo a Shoereder (2004a), probablemente sea debido al ingreso de oxígeno al silo y por lo tanto se inicie una fase de fermentación por bacterias no lácticas, las cuales van a hacer que se eleve el pH y la temperatura, esto de acuerdo con Honig y Woolford (1980).

El comportamiento del aumento de pH y temperatura es explicado a la forma de obtención de muestras en los diferentes periodos, que al ser obtenidas las muestras el silo se destapa y podría ingresar una cantidad de oxígeno que hace un ambiente agradable para que las

bacterias aerobias empiecen la fase de deterioro, el cual no deterioro fuertemente el ensilado de las mezclas evaluadas.

Calidad del ensilado.

La calidad nutritiva de las dietas fue comparada mediante el análisis de nutrientes para observar el grado de deterioro nutricional en las diferentes mezclas al ser ensiladas con respecto al inicio del ensilado (Cuadro 7).

En el Cuadro 7, se observa que las dietas en el proceso de ensilado fueron conservadas ya que existe leve disminución de sus componentes nutricionales. Sin embargo la mezcla con 41.3% de carbohidratos presento menor perdida de nutrientes con respecto a las de 34.6% y 28.0% esto posiblemente a causa del cambio en el pH desde 4.80 a 4.10 en un periodo de tres días mientras que en las otras dos mezclas esto sucedió a los seis y quince días es decir la dieta con mayor cantidad de carbohidratos disminuyo su pH en menor tiempo. Por otro lado no se elevo la temperatura durante la fase aeróbica por arriba de 26 °C de acuerdo con Pitt (1990), a temperaturas mayores a 26-32 °C pueden causar perdidas significantes de nutrientes.

La disminución de pH en un menor tiempo en la mezcla con 41.3% de carbohidratos posiblemente es a causa de la cantidad de substrato que tuvieron disponible las

Cuadro 7. Comparación de los contenidos nutricionales de dietas con diferente nivel de carbohidratos fermentables en proceso de ensilado.

Nutriente	N	Nivel de carbohidratos fermentables en la dieta					
		Antes de ensilar			Al final del ensilado		
		41.3%	34.6%	28.0%	41.3%	34.6%	28.0%
PC %	5	14.00	14.32	14.67	13.60	13.52	13.16
Enm	5	1.74	1.67	1.61	1.666	1.596	1.512
Enl	5	1.63	1.57	1.52	1.548	1.502	1.45
Eng	5	1.12	1.06	1.01	1.056	0.992	0.916
NDT %	5	72.70	70.40	68.14	69.8	67.0	64.6
FDA	5	24.3	29.09	33.92	28.54	33.72	39.16
CENIZAS	5	4.40	4.77	5.14	7.20	6.96	7.14

PC % Proteína cruda
 Enm Energía neta para mantenimiento
 Enl Energía neta para lactación
 Eng Energía neta para ganancia
 NDT % Nutrientes digestibles totales
 FDA Fibra detergente Neutro

bacterias benéficas para disminuir el pH, por tanto el ensilado llega a su fase estable en un corto tiempo y esto a su vez contribuyó a una menor pérdida de nutrientes de la mezcla ensilada lo cual concuerda con Shoemaker (2004a), la fase aerobia es indeseable ya que las bacterias aerobias consumen carbohidratos solubles que estos por otra vía pueden ser disponibles para las bacterias benéficas de ácido láctico. Otro cambio químico importante que ocurre durante el inicio de esta fase es el desdoblamiento de las proteínas de la planta. Las proteínas primero son reducidas a aminoácidos y posteriormente a amoníaco y aminas. Más del 50% de la proteína total de las plantas puede ser desdoblada durante este proceso. El grado de proteína desdoblada (proteólisis) depende de la tasa de reducción de pH en el ensilaje. El ambiente ácido del ensilaje reduce la actividad de enzimas que desdoblan las proteínas, esto concuerda con lo mencionado por McDonald *et al.*, (1991), la inhibición de crecimiento de bacterias indeseables en el ensilado es asociada con una tasa de producción de ácido láctico. La cual depende de una población inicial de bacterias ácido lácticas y la disponibilidad de sustrato en el ensilado.

CONCLUSIONES

El análisis estadístico de los resultados encontrados en las mediciones de pH, mostraron que existen diferencias significativas entre mezclas de alimento, por lo cual la calidad nutricional de una mezcla completa de alimento al ser sometida a un proceso de ensilaje es conservada al incrementar la concentración de carbohidratos en la misma.

Al incrementar el contenido de carbohidratos en dietas al ser ensiladas favorece que la fase aerobia sea más corta acelerando la disminución de pH, por tanto reduciendo la pérdida de nutrientes y conservando mayor calidad en el ensilado.

El nivel de carbohidratos de 28% a 41.3% provocó un proceso de ensilado normal debido a que el pH disminuyó por debajo de 4.2 y la temperatura no aumentó por arriba de 26 °C.

Al ensilar dietas con un nivel de 41.3% de carbohidratos se logra un ensilado de mejor calidad a los 3 días en comparación con dietas de 34.6% y 28.0% que esto ocurre a los seis y quince días respectivamente además de menor calidad.

Evitar el deterioro de un ensilado es importante, no sólo por las pérdidas productivas y económicas que representa, sino también por las serias implicaciones que puede tener tanto en la salud animal como humana.

LITERATURA CITADA

- Bolsen, K. K. 1997. Issues of Top Spoilage Losses in Horizontal Silos. Pages 137-150 in Proc. Natl. Silage Prod. Conf., Hershey, PA. NRAES-99. Northeast Reg. Agric. Ext. Serv., Ithaca, NY.
- Cai, Y.; Benno, Y., Ogawa, M. y Kuma, S. 1999. Effect of Applying Lactic Acid Bacteria Isolated from Forage Crops on Fermentation Characteristics and Aerobic Deterioration of Silage. *J. Dairy Sci.* 82:520-526
- Dube, D.M.J. 1995. The role of high quality dry season forage from mixed crop silage in the small holder dairy sector of Zimbabwe: a Dairy Development Programme perspective. In: Proc. Workshop on Forage conservation for dry season feeding of livestock in Sub-Saharan Africa. Rockefeller Foundation. University of Zimbabwe, Harare, August 1995.
- Holzer, M.; Mayrhuber, E.; Danner, H.; Madzingaidzo, L. y Braun, R. 1999. Effect of *Lactobacillus* sp. and *Enterococcus* sp. on Silaging and Aerobic Stability. The XII International Silage Conference. Uppsala, Sweden. pp 270-271
- Honig, H. y Woolford, M K. 1980. Changes in silage on exposure to air. p. 76-87, in: C. Thomas (Ed) Forage Conservation in the 80s. BGS Occasional Symposium, No.11. Hurley, UK: British Grassland Society.
- Jiménez, M. A. 2001. Conservación de Forraje. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.
- Jaster, E. 1995. Legume and grass silage preservation. In: Post-harvest physiology and preservation of forages. Ed. by K. Moore, M. Peterson, D. Kral; M. Viney. Wisconsin, USA, CSSA Special Publication 22, p. 91-115.
- Lindgren S.; Petterson, K.; Jonsson, A.; Lingvall, P. y Kaspersson, A. 1988. Silage inoculation, selected strains, temperature, wilting and practical application. *Swed. J. agric. Res.* 15:9-18
- Ohmomo, S.; Tanaka, O.; Kitamoto, K. H. y Cai, Y. 2001. Silage and Microbial Performance, Old Story but New Problems. <http://ss.jircas.affrc.go.jp/engpage/jarq/36-2/36-02-01.pdf> Recuperado el 11 de febrero de 2006.
- McDonald, P.; Henderson, A.R. y Heron, S.J.E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications.
- Merry, R.J., Lowes, K.F. y Winters, A. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. p. 17-27, In: Jambor et al., 1997, q.v.
- Muck, R. 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.* 71(11): 2992-3002.
- Pezo, D. 1981. Ensilajes de forrajes tropicales. In: *Producción y Utilización de Forrajes en el Trópico*. Compendio. Turrialba, C. R., CATIE. p. 141-154.
- Pitt, R. E. 1990. Silage and hay preservation. North Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension (NRAES-5), 152 Riley- Robb Hall, Ithaca, New York 14853.

- Schroeder, J. W. (2004a). Silage Fermentation and Preservation. North Dakota State University. Recuperado el 29 de enero de 2006, de <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/dairy/as1254w.htm>
- Schroeder, J. W. (2004b). Corn Silage Management. North Dakota State University. <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/range/as1253.pdf> Recuperado el 29 de enero de 2006.
- Schlatter, L. K. y Smith, K. 1999. Effects of Mold Growth on Nutrient Availability in Animal Feeds. Pages 139-144 in Four-State Applied Nutrition and Management Conference. MWPS-4SD5. Iowa State University-Extension, University of Illinois-Extension, University of Minnesota-Extension, University of Wisconsin-Extension.
- Weinberg, Z.G. y Muck, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiol. Rev., 19: 53-68.
- Woolford, M. K. 1990. The detrimental effects of air on silage. J. Appl. Bact. 68:101-116