

Efecto de la melaza, ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre el pH y temperatura en microsilos de *Leucaena leucocephala*¹

Effect of molasses, formic acid and fermentation time on pH and temperature of microsilos of *Leucaena leucocephala*

M. Betancourt², M. Martínez de Acurero², T. Clavero³, R. Razz³, S. Pietrosevoli³ y O. Araujo-Febres³

Resumen

Con el objeto de evaluar el efecto de la melaza, ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre el pH y la temperatura de microsilos de *Leucaena leucocephala*, se realizó un ensayo en el Municipio San Francisco del estado Zulia, Venezuela, zona clasificada como Bosque Muy Seco Tropical. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial (3x3x8), con dos repeticiones, tres niveles de melaza (0; 2,5 y 5%), 3 niveles de ácido fórmico (0; 0,25 y 0,5%) y 8 tiempos de fermentación (10, 21, 27, 34, 41, 48, 55 y 62 días). El pH y la temperatura fueron afectados significativamente ($P < 0,05$) por las interacciones melaza x tiempo de fermentación, ácido x tiempo de fermentación y melaza x ácido. Los menores valores de pH (4,3; 4,4 y 4,36) se encontraron con 5% melaza x 27 días; 0,5% ácido fórmico x 27 días y 2,5% melaza x 0,25% ácido fórmico, respectivamente. Mientras que las menores temperaturas (26,27; 26,22 y 28,2 °C) se obtuvieron con 0% melaza x 21 días; 0,5% ácido x 21 días y 2,5% melaza x 0,5% ácido fórmico. La adición de melaza y ácido fórmico fue positiva en todos los tratamientos. Los valores de temperatura observados en los microsilos estuvieron dentro del rango óptimo (20-30°C). De acuerdo a los resultados de este estudio se concluye que el proceso de conservación transcurrió de manera eficiente como lo demuestran los bajos valores de pH y temperatura alcanzados en los microsilos de *L. leucocephala* los cuales están dentro de rangos considerados como óptimos.

Palabras clave: *Leucaena leucocephala*, ensilaje, melaza, ácido fórmico, tiempo de fermentación, pH, temperatura.

Recibido el 13-12-2001 • Aceptado el 28-7-2003

1 Trabajo cofinanciado por el CONDES - LUZ bajo el Proyecto N° 804 -1000

2 INIA - Zulia

3 Postgrado de Producción Animal. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela.

Abstract

A trial was conducted in very dry tropical forest located in San Francisco county in Zulia state, Venezuela in order to evaluate the effect of molasses, formic acid and fermentation time on the pH and temperature of microsilos of *Leucaena leucocephala*. A factorial arrangement (3x3x 8) with two replications was used, three levels of molasses (0; 2.5 and 5%), three levels of formic acid (0; 0.25 and 0.5%) and eight fermentation times (10, 21, 27, 34, 41, 48, 55 and 62 days). There were significant differences ($P < 0.05$) for the interaction molasses x fermentation time, acid x fermentation time and acid x molasses on pH and temperature. The lowest values of pH (4.3; 4.4 and 4.36) were observed with 5% molasses and 27 days; 0.5% formic acid x 27 days and 2.5% molasses x 0.25% formic acid, respectively. The lowest values of temperature (26.27; 26.22 and 28.2°C) were obtained with 0% molasses 21 days ; 0.5% acid x 21 days and 2.5% molasses x 0.5% formic acid. Addition of molasses and formic acid were positive in all treatments. The temperature values obtained in the microsilos were within the optimum range (20-30°C). In all treatments, pH values were consistent between 27 and 41 days. The results indicate that the methods employed were efficient conservation processes as demonstrate by the low values of pH and temperature reached in the microsilos of the *L. leucocephala* which are considered to be within optimum ranges.

Key words: *Leucaena leucocephala*, silage, molasses, formic acid, fermentation time, pH, temperature.

Introducción

En gran parte de Venezuela, y específicamente en el Estado Zulia, existe desuniformidad en la distribución de las lluvias, lo cual trae como consecuencia una suplencia irregular de forraje durante el año, observándose períodos donde se presenta abundancia de forrajes y otros donde se presenta deficiencia (8). En este sentido, una de las alternativas para aprovechar el forraje disponible en las épocas de mayor producción de biomasa, para ser utilizado en la época de escasez, lo constituye el ensilaje.

El ensilaje es el producto final que se obtiene cuando se conserva un alimento mediante un proceso

anaeróbico en estado húmedo, en el que intervienen factores enzimáticos y microbiológicos (14). En el caso de los forrajes es necesario minimizar las pérdidas que siempre lleva implícita la conservación mediante el uso de aditivos como la melaza la cual contribuye a mantener el nivel proteico de la masa ensilada, al favorecer la eficiencia bacteriana en la utilización del nitrógeno (11) y el ácido fórmico que incrementa la calidad de los ensilajes debido a su acción protectora sobre las proteínas del forraje inicial y también contribuye a disminuir el pH (12).

El presente estudio fue realizado para determinar el efecto de la melaza,

ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre el pH y temperatura de microsilos elaborados con *Leucaena leucocephala*,

indicadores estos fundamentales para evaluar la calidad de los ensilajes.

Materiales y métodos

Para la elaboración de los microsilos se utilizó material fino (hojas y tallos jóvenes de 5 mm de diámetro) de *Leucaena leucocephala* ecotipo CIAT 7984, con seis semanas de rebrote, cosechado en la granja "Ana María Campos", propiedad de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia, ubicada en el Municipio San Francisco, del Estado Zulia, zona clasificada como Bosque muy seco tropical, con temperatura promedio anual de 29°C, humedad relativa alrededor del 75%, precipitación entre 400 y 500 mm/año y 30 msnm. El pH del suelo es de 5 a 5,6 y la vegetación es predominantemente xerófito (4).

Se evaluaron tres niveles de ácido fórmico (0; 0,25 y 0,50%), tres niveles de melaza (0; 2,5 y 5%) y ocho tiempos de fermentación (10, 21, 27, 34, 41, 48, 55 y 62 días). El follaje fue repicado en trozos de 2cm (15). El material picado, se dividió en porciones y se mezcló con ácido fórmico y melaza, de acuerdo a los tratamientos correspondientes. Luego de mezclar el forraje y los aditivos se procedió a elaborar los microsilos en bolsas de polietileno negras de 1 kg, cada una de las cuales se compactó manualmente, para extraerles el aire, se les hizo un nudo

tipo torniquete y seguidamente se colocó dentro de otra bolsa de polietileno negra con su respectiva identificación. A los 10, 21, 27, 34, 41, 48, 55 y 62 días de su elaboración se procedió a romper la fermentación de la masa ensilada. Las variables evaluadas fueron pH y temperatura.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar evaluando 3 niveles de melaza, 3 niveles de ácido fórmico y 8 tiempos de fermentación, con arreglo de tratamientos factorial (3x3x8), con 2 repeticiones por tratamiento, 3 submuestras dentro de repetición.

Los datos fueron analizados utilizando el procedimiento de Modelos Lineales Generales (GLM) del paquete Statistical Analysis System (16) y las comparaciones de medias a través del método LSMEANS.

La determinación de pH y temperatura (3) se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía (Universidad del Zulia. La temperatura se registró directamente a través de la lectura de un termómetro introducido en los microsilos. El pH se midió con un potenciómetro de electrodos de vidrio en una solución preparada con 10 g de muestra y 90 ml de agua destilada, agitada por 5 minutos.

Resultados y discusión

pH

Los valores de pH fueron afectados significativamente ($P < 0,05$)

por las interacciones melaza x tiempo de fermentación, ácido x tiempo de fermentación y melaza x ácido. En el

cuadro 1 se observa que el menor valor de pH (4,3) fue obtenido con la combinación 5% melaza y 27 días de fermentación, mientras que el mayor valor (5,2), se obtuvo con 0% melaza y 55 días de fermentación. Con el nivel 5% de melaza se observa que el pH del ensilaje de *Leucaena leucocephala* varió poco y tuvo un descenso de 4,5 a los 21 días, hasta un valor de 4,3 a los 27 días. A partir de ese momento se

incrementó, estabilizándose alrededor de 4.5 a los 41 días.

Respuesta que puede deberse a que cuando se aplica melaza, esta tiene la capacidad de inducir ensilajes de bajo pH (1; 2).

En el cuadro 2 se observa que el menor valor de pH fue encontrado con la combinación 0,5% ácido fórmico y 27 días de fermentación, lo cual puede deberse a que el ácido induce valores

Cuadro 1. Efecto de la combinación de diferentes niveles de melaza x tiempo de fermentación sobre el pH del ensilaje de *Leucaena leucocephala*

Niveles de melaza (%)	Tiempo de fermentación (días)	pH
0	10	5,17 ± 0,038 ^a
0	21	5,11 ± 0,038 ^b
0	27	4,83 ± 0,038 ^{ef}
0	34	4,97 ± 0,038 ^d
0	41	4,86 ± 0,038 ^e
0	48	5,10 ± 0,038 ^c
0	55	5,20 ± 0,038 ^a
0	62	5,03 ± 0,038 ^{cd}
2,5	10	4,59 ± 0,038 ^{hij}
2,5	21	4,67 ± 0,038 ^{ghi}
2,5	27	4,42 ± 0,038 ^{klm}
2,5	34	4,74 ± 0,038 ^{kg}
2,5	41	4,40 ± 0,038 ^{lmn}
2,5	48	4,69 ± 0,038 ^{gh}
2,5	55	4,49 ± 0,038 ^{klm}
2,5	62	4,57 ± 0,038 ^{ij}
5	10	4,39 ± 0,038 ^{lmn}
5	21	4,49 ± 0,038 ^{jkl}
5	27	4,30 ± 0,038 ⁿ
5	34	4,53 ± 0,038 ^j
5	41	4,34 ± 0,038 ^{mn}
5	48	4,56 ± 0,038 ^j
5	55	4,58 ± 0,038 ^{hij}
5	62	4,57 ± 0,038 ^{ij}

Medias con letras diferentes en columnas presentan diferencias significativas (P<0,05)

Cuadro 2. Efecto de la combinación de diferentes niveles de ácido fórmico x tiempo de fermentación sobre el pH del ensilaje de *Leucaena leucocephala*

Niveles de ácido (%)	Tiempo de fermentación (días)	pH
0	10	4,80 ± 0,038 ^{abcd}
0	21	4,85 ± 0,038 ^{ab}
0	27	4,67 ± 0,038 ^{efghi}
0	34	4,83 ± 0,038 ^{abc}
0	41	4,57 ± 0,038 ^{ijkl}
0	48	4,86 ± 0,038 ^{ab}
0	55	4,86 ± 0,038 ^a
0	62	4,78 ± 0,038 ^{abcd}
0,25	10	4,72 ± 0,038 ^{def}
0,25	21	4,75 ± 0,038 ^{bde}
0,25	27	4,47 ± 0,038 ^{lm}
0,25	34	4,67 ± 0,038 ^{efghi}
0,25	41	4,49 ± 0,038 ^{klm}
0,25	48	4,70 ± 0,038 ^{defg}
0,25	55	4,59 ± 0,038 ^{hijk}
0,25	62	4,60 ± 0,038 ^{ghij}
0,5	10	4,64 ± 0,038 ^{kg hij}
0,5	21	4,67 ± 0,038 ^{efgh}
0,5	27	4,40 ± 0,038 ^m
0,5	34	4,74 ± 0,038 ^{cdef}
0,5	41	4,54 ± 0,038 ^{jk}
0,5	48	4,78 ± 0,038 ^{abcd}
0,5	55	4,83 ± 0,038 ^{abc}
0,5	62	4,74 ± 0,038 ^{cdef}

Medias con letras diferentes en columnas presentan diferencias significativas (P<0,05)

bajos de pH.

En cuanto a la dinámica de fermentación se observa que la estabilización del silo se logra alrededor de los 34 y 41 días de fermentación, edades en las que todos los tratamientos tienden a estabilizar el pH.

En el cuadro 3 se observa que el menor valor de pH se encontró con la combinación 2,5% melaza x 0,25%

ácido fórmico, lo cual puede deberse a que la adición de ambos aditivos favoreció la acidificación de la masa ensilada, debido al mayor desarrollo de bacterias ácido lácticas (9) que inducen valores bajos de pH que inhiben la formación de ácido butírico y se incrementa la acción de la flora láctica (5).

Temperatura

La temperatura del ensilaje fue afectada significativamente (P<0,05)

Cuadro 3. Efecto de la combinación de diferentes niveles de melaza x ácido fórmico sobre el pH del ensilaje de *Leucaena leucocephala*

Niveles de melaza (%)	Niveles de fórmico (%)		
	0	0,25	0,5
0	5,16 ± 0,02 ^a	5,10 ± 0,02 ^a	4,85 ± 0,02 ^b
2,5	4,74 ± 0,02 ^c	4,36 ± 0,02 ^g	4,62 ± 0,02 ^d
5,0	4,45 ± 0,02 ^f	4,42 ± 0,02 ^f	4,53 ± 0,02 ^e

Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas (P<0,05)

por las interacciones melaza x ácido fórmico, melaza x tiempo de fermentación y ácido fórmico x tiempo de fermentación. En los tres casos los valores de temperatura obtenidos están dentro del rango considerado como óptimo (20-30°C) para garantizar una anaerobiosis rápida y la estabilización de la masa ensilada (7).

En el cuadro 4 se observa que la mayor temperatura de fermentación (28,6°C) se obtuvo con la combinación 5% melaza x 0,25% ácido fórmico, mientras que la menor temperatura (28,2°C) se presentó con la combinación 2,5% melaza x 0,5% ácido fórmico. Este

comportamiento puede deberse a que con el nivel más alto de melaza se incrementan los compuestos fermentables que permiten una proliferación de los microorganismos lo cual trae como consecuencia incrementos en la temperatura de fermentación (15).

Con el tratamiento 2,5% melaza y 62 días de fermentación se obtuvo el mayor valor de temperatura (31,94°C) mientras que el menor valor (26,27°C) se observó con 0% y 21 días de fermentación (cuadro 5). Respuesta que puede deberse a que a los 21 días el pH alcanzó un valor de 4,3 que

Cuadro 4. Efecto de la combinación de diferentes niveles de melaza x ácido fórmico sobre la temperatura del ensilaje de *Leucaena leucocephala*

Niveles de melaza (%)	Niveles de fórmico (%)		
	0	0,25	0,5
0	28,33 ± 0,08 ^{cd}	28,50 ± 0,08 ^{abc}	28,58 ± 0,08 ^a
2,5	28,56 ± 0,08 ^{ab}	28,52 ± 0,08 ^{abc}	28,20 ± 0,08 ^d
5,0	28,45 ± 0,08 ^{abc}	28,60 ± 0,08 ^a	28,35 ± 0,08 ^{bcd}

Medias con letras diferentes presentan diferencias significativas (P<0,05)

Cuadro 5. Efecto de la combinación de diferentes niveles de melaza x tiempo de fermentación sobre la temperatura (°C) del ensilaje de *Leucaena leucocephala*

Niveles de melaza (%)	Tiempo de fermentación (días)	Temperatura (°C)
0	10	29,33 ± 0,123 ^c
0	21	26,27 ± 0,123 ^l
0	27	26,77 ± 0,123 ^k
0	34	28,33 ± 0,123 ^{fgh}
0	41	28,44 ± 0,123 ^{fgh}
0	48	28,22 ± 0,123 ^h
0	55	28,66 ± 0,123 ^{def}
0	62	31,72 ± 0,123 ^a
2,5	21	26,66 ± 0,123 ^k
2,5	10	27,16 ± 0,123 ^j
2,5	27	27,77 ± 0,123 ⁱ
2,5	34	28,16 ± 0,123 ^h
2,5	41	28,27 ± 0,123 ^{gh}
2,5	48	28,50 ± 0,123 ^{efgh}
2,5	55	28,94 ± 0,123 ^d
2,5	62	31,94 ± 0,123 ^a
5	10	26,50 ± 0,123 ^{kl}
5	21	26,50 ± 0,123 ^{kl}
5	27	28,44 ± 0,123 ^{fgh}
5	34	28,61 ± 0,123 ^{defg}
5	41	28,83 ± 0,123 ^{de}
5	48	28,61 ± 0,123 ^{defg}
5	55	28,94 ± 0,123 ^d
5	62	31,33 ± 0,123 ^b

Medias con letras diferentes en columnas y filas presentan diferencias significativas ($P < 0,05$).

garantizó la estabilización de la masa ensilada, inhibiendo la actividad de los microorganismos (10).

Con relación al efecto de la interacción ácido fórmico x tiempo de fermentación sobre la temperatura (cuadro 6) se observa que la combinación con la que se obtuvo la menor temperatura (26,22°C) fue 0,5% ácido fórmico x 21 días, lo que indica

que este nivel de ácido favoreció un mejor control de la temperatura, debido a que permite una disminución del pH hasta valores que provocan una rápida supresión de la respiración de la planta, inhibición total de las bacterias coliformes y ejerce una efectiva restricción de las bacterias clostrídicas (12; 13; 14).

Cuadro 6. Efecto de la combinación de diferentes niveles de ácido fórmico x tiempo de fermentación sobre la temperatura (°C) del ensilaje de *Leucaena leucocephala*

Niveles de ácido (%)	Tiempo de fermentación (días)	Temperatura (°C)
0	10	28,00 ± 0,123 ^{ghi}
0	21	26,55 ± 0,123 ^{kl}
0	27	27,38 ± 0,123 ^j
0	34	28,16 ± 0,123 ^{fgh}
0	41	28,55 ± 0,123 ^{cde}
0	48	28,27 ± 0,123 ^{efgh}
0	55	28,83 ± 0,123 ^{cd}
0	62	31,83 ± 0,123 ^a
0,25	10	28,16 ± 0,123 ^{fgh}
0,25	21	26,66 ± 0,123 ^k
0,25	27	27,66 ± 0,123 ^{ij}
0,25	34	28,33 ± 0,123 ^{efg}
0,25	41	28,61 ± 0,123 ^{cde}
0,25	48	28,55 ± 0,123 ^{cde}
0,25	55	28,88 ± 0,123 ^c
0,25	62	31,44 ± 0,123 ^b
0,5	10	26,83 ± 0,123 ^k
0,5	21	26,22 ± 0,123 ^l
0,5	27	27,94 ± 0,123 ^{hi}
0,5	34	28,61 ± 0,123 ^{cde}
0,5	41	28,38 ± 0,123 ^{ef}
0,5	48	28,50 ± 0,123 ^{def}
0,5	55	28,83 ± 0,123 ^{cd}
0,5	62	31,72 ± 0,123 ^{ab}

Medias con letras diferentes en columnas y filas presentan diferencias significativas (P<0,05)

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se concluye que el proceso de conservación transcurrió de manera eficiente como lo demuestran los bajos valores de pH y temperatura alcanzados en los microsilos de *L. leucocephala*.

La combinación de melaza x ácido fórmico favoreció la disminución

del pH en los microsilos de *L. leucocephala*, obteniéndose valores alrededor del rango considerado como óptimo (4,2) para lograr la estabilidad fermentativa, con la combinación 2,5% melaza x 0,25% ácido fórmico. En cuanto al tiempo de fermentación, todos los tratamientos tienden a estabilizar el pH (4,5) entre los 27 y 41 días.

Los valores de temperatura registrados para los microsilos evaluados en todos los tratamientos, están dentro del rango considerado como óptimo (20-30 °C) para garantizar la anaerobiosis rápida y la

estabilización de la masa ensilada. En cuanto a la dinámica de fermentación la menor temperatura se obtiene a los 21 días, con 5% de melaza y 0,5% de ácido fórmico.

Literatura citada

1. Aguilera, G. R. 1975. Dinámica de la fermentación de ensilaje de hierbas tropicales. 1. Elefante Candelaria (*P. Purpureum*) sin aditivos. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 9(2): 235-243
2. Aguilera, G. R, G. LLamas y A. Shimida. 1992. Valor nutritivo del ensilaje de pasto Elefante enano (*Pennisetum purpureum*, Schum cv Taiwan), adicionado con un inhibidor y dos estimulantes de la fermentación. Técnica Pecuaria en México. 30(3): 196-207
3. A.O.A.C. 1965. Oficial methods of análisis. 10 th. Ed. Associated of Oficial Agricultural Chemist. Washington, D.C.
4. Coplanarh. (Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos) 1975. Atlas Inventario Nacional de Tierras. Región Lago de Maracaibo. Caracas, Venezuela.
5. Esperance, M., F. Ojeda y O. Cáceres. 1981. Marco fermentativo, valor nutritivo y producción de leche con hierba pangola ensilada con ácido fórmico o miel. Pastos y Forrajes. 4: 237.
6. Esperance, M. 1982. Estudios para mejorar la utilización del ensilaje en vacas lecheras, Tesis Dr. Ciencias Matanzas, Cuba, Centro Universitario de Matanzas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", 147 p.
7. Esperance, M. y M. Ramírez. 1985. Utilización de aditivos en la conservación de forrajes en forma de ensilaje I. Aditivos biológicos. Pastos y Forrajes 14: 185
8. Gonzalez, W. 1990. Alimentación Animal. Editorial América, C.A. Venezuela. 439 p.
9. Luis, L. y M. Ramírez. 1989. Efecto de la adición de azúcares sobre la flora microbiana de ensilaje de *Chloris gayana* cv Callide. Pastos y Forrajes 12(3): 279-283.
10. Luis, L., M. Esperance y M. Ramírez. 1990. Utilización de aditivos en la Conservación de forrajes en forma de ensilaje. I. Aditivos biológicos. Pastos y Forrajes 14: 185
11. Marambio, J. y N. Retamal. 1976. Uso de aditivos en ensilajes. 1. Utilización de melaza y ácido fórmico en pradera cosechada en dos estados de madurez. Agro Sur. 4: 76
12. Ojeda, F. y O. Cáceres. 1984. Efecto de los aditivos químicos sobre el Consumo y la digestibilidad de los ensilajes de King grass. Pastos y Forrajes. 7: 409.
13. Ojeda, F., M. Esperance y D. Díaz. 1990. Mezclas de gramíneas y leguminosas para mejorar el valor nutritivo de los ensilajes tropicales. 1. Utilización de dolichos (*Lablab purpureus*) Pastos y Forrajes. 13: 189
14. Ojeda, F., O. Cáceres y M. Esperance. 1991. Conservación de Forrajes. Editorial Pueblo y Educación. 80 p
15. Ojeda, F. 1994. Evaluación de la interacción conservante - miel final sobre la calidad fermentativa de los ensilajes de la guinea cv. Likoni. Pastos y Forrajes, 17: 267
16. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). 1985. User's Guide Raleigh, North Carolina, USA. pp. 215-220.