

DETERMINACION DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE DE SOYA (*Glycine max* L. Merr), PREVIAMENTE CONSERVADO MEDIANTE ENSILAJE Y HENIFICACION

M. del Pilar Olave B.*
Nelson Castellar P.**

COMPENDIO

Con miras a la implementación de un paquete tecnológico para la doble producción de soya se realizaron 2 experimentos: ensilaje y henificación del forraje de las variedades Soyica P-32 y "Forrajera" de Proacol. El ensilaje se realizó en bolsas de plástico grueso y se le adicionaron 3 dosis de ácido fórmico, 3 dosis de formaldehído y las combinaciones resultantes (16 tratamientos que se replicaron 3 veces). La henificación se hizo en fardos, con pesos entre 5 y 10 kg. Aunque se demostró la posibilidad de emplear la henificación y el ensilaje del forraje de soya para su conservación, no se encontraron diferencias entre los aditivos estudiados.

ABSTRACT

To look up the implementation of a technologic package for the soya's double production we did two experiments: silage and hay of the forrage of the varieties Soyica P-32 and Proacol's "Forrajera". Silage was did in heavy plastic bags and added 3 doses of formic acid, 3 doses of formaldehyde and the final combinations of both additives (16 treatments that was applied 3 times). Hay was did in bales that weighted between 5-10 kg. Although it demonstrated the possibility to use the hay and silage of soja's forrage for conservation, no differences was found between additives studied on the silage.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

** Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

1. INTRODUCCION

La planta de soya (*Glycine max* L. Merr) se puede emplear como cultivo de "doble propósito" (productora de forraje y grano) ya que se recupera después del corte al inicio de la formación de vainas (38 días después de la germinación), obteniendo gran volumen de forraje verde, y retoñando luego la planta para producir grano (Victoria, Cruz y Castellar, 11). Potencialmente se puede utilizar el forraje de la soya en nutrición animal, ya que es la planta que posee la proteína más rica, completa y de excelente calidad, además es abundante en hierro, fósforo y otros minerales esenciales (ICA, 7).

Las leguminosas se pueden ensilar y henificar si se marchitan previamente y se utilizan aditivos adecuados para controlar la fermentación, ya que poseen bajo contenido de azúcares y elevado en proteínas (New Zeland Farmer, 8). Antes de ensilar el forraje es mejor marchitarlo para obtener un producto final de mejor calidad (Checa, 2; Hardy, Dominguez y Gutierrez, 6; Soest, 10; Wilkinson, 13). Los aditivos empleados en los ensilajes se pueden dividir en tres grupos: los estimulantes de las fermentaciones adecuadas, los cuales enriquecen la masa con carbohidratos y promueven la fermentación láctica (mieles, harinas, etc.); los que inhiben parcial o totalmente la actividad microbiana (ácidos y bactericidas) y los que mejoran el valor nutritivo del producto final (úrea y otras fuentes de nitrógeno no proteico). El uso de formaldehído disminuye la fermentación ocurrida en los ensilajes, merma las pérdidas de materia seca, proporciona baja razón de proteólisis y hace que se deteriore más lentamente el ensilaje, después de abierto y puesto en contacto con el ambiente (Hardy, Dominguez y Gutierrez, 6). El ácido fórmico produce ensilados con alto contenido de ácido láctico, buena digestibilidad y bajo contenido de ácido butírico (Boin, 1).

La henificación consiste en la desecación del forraje con el sol y el aire, en el menor tiempo posible, hasta lograr un nivel de materia seca de 80-85 o/o, de esta forma el material se puede almacenar sin que se produzcan fermentaciones ni desarrollo de microorganismos (Hardy, Dominguez y Gutierrez, 6).

De acuerdo con las consideraciones anteriores, los objetivos de la investigación fueron determinar el valor nutritivo del forraje de soya de grano fresco, ensilado y henificado y establecer el nivel de ácido fórmico, de formaldehído o de su combinación que conservaba mejor la calidad del ensilaje; comprobar si la henificación era un medio adecuado de conservación en las condiciones del Valle del Cauca.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se emplearon dos variedades de soya: Soyica P-32 (porte alto, buena producción de ramas y tipo de crecimiento tardío, período vegetativo más amplio, posee gran capacidad de recuperación después del corte a los 38 días) y la soya "forrajera" (variedad de soya común de la compañía Proacol, que se caracteriza por su abundante producción de follaje).

Para el ensilaje se utilizó sólo la variedad forrajera, se adicionaron 3 niveles de ácido fórmico del 98 o/o (0.010, 0.012 y 0.014 1/4 kg de forraje) 3 niveles de formaldehído del 40 o/o (0.036 -0.038 -0.040 1/4 kg), las nueve combinaciones resultantes y un control o testigo. Los tratamientos se repitieron 3 veces.

Se ensiló el forraje en bolsas plásticas gruesas o micro-silos (60 por 40 cm, capacidad aproximada de 4 kg). Los aditivos se rociaron con atomizador, a cada micro-silo se le extrajo el aire mediante bomba de vacío y se colocó dentro de una bolsa de polietileno delgado de color negro. El experimento se diseñó completamente al azar (C. A. A.), de acuerdo con el modelo factorial $3 \times 3 + 3 + 3 + 1 = 16$.

La henificación se realizó con las dos variedades de soya. Se cosechó el forraje, se extendió en el campo, durante 14 horas de sol (7 horas/día), se agregó sal común para acelerar el proceso de deshidratación. Cuando el nivel de humedad estaba entre 24-26 o/o, se realizaron 6 fardos (3 de cada variedad) con pesos entre 5 y 10 kg., se amarraron y se almacenaron durante 2 meses.

Los análisis de composición química y digestibilidad in vitro del forraje, antes y después de conservar, fueron pared celular (F. D. N), fibra detergente ácida (F. D. A.), contenido celular y hemicelulosa (Soest, 10); proteína cruda, digestibilidad in vitro, pH, materia seca y lignina.

Gran parte de los análisis de varianza para los ensilajes se realizaron por medio de un computador. Los resultados del ensayo sobre henificación se analizaron por medio de pruebas t.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Producción de forraje.

Como la ausencia de lluvias demoró el período de formación de vainas, el corte del forraje se realizó a los 46 días después de la germinación, no a los 38 días como se había previsto, aproximadamente a 1/3 de altura del

suelo (Victoria, Cruz y Castellar, 11).

La variedad P-32 tuvo un promedio de materia seca de 2.39 g/planta y un rendimiento estimado de 788 kg/ha; la "forrajera" presentó un promedio de 2.99 g/planta y un rendimiento aproximado de 995 kg/ha.

3.2. Composición química y digestibilidad del ensilaje de soya.

3.2.1. Pared celular.

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos con aditivos; el efecto del ácido fórmico en la pared celular de los ensilajes se manifestó en la Diferencia Mínima Significativa (DMS), la cual registró diferencia entre la dosis 1 de ácido fórmico y la dosis 0 ó testigo (Cuadros 1 y 2).

En ensilajes de caña y pasto elefante no se han encontrado tendencias definidas entre tratamientos con respecto a la pared celular, lo cual concuerda con este trabajo en los casos donde se aplicó la mezcla ácido fórmico x formaldehído, resultado explicable puesto que la fermentación se realiza sobre los carbohidratos solubles y no sobre los estructurales.

El contenido de la pared celular de los ensilajes disminuyó respecto al de la pared celular del forraje de soya antes de ensilar, lo cual se atribuye a la acción enzimática durante la fermentación que vuelve aprovechables para los microorganismos algunos constituyentes insolubles.

3.2.2. Contenido celular.

Esta variable tuvo el mismo comportamiento de la pared celular, ya que no se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza total; también el efecto del ácido fórmico se manifestó en la prueba DMS (Cuadro 3). En ensilajes de alfalfa ocurre gran retención de azúcares, lo que puede incluir en su mayor contenido celular (Gordon et al, 5).

Al no encontrar tendencias definidas entre tratamientos con respecto a la pared celular de los ensilajes, tampoco se encuentran tendencias definidas en el contenido celular, por estar tan relacionadas estas dos variables.

3.2.3. Fibra detergente ácida.

No se evidenciaron diferencias significativas en el análisis de varianza total. La prueba DMS registró efectos en algunos tratamientos con formaldehído (Cuadro 4).

Cuadro 1

Contenido nutricional y digestibilidad del forraje fresco, del heno y del ensilaje de soya. (Base seca)

Variable	Forraje fresco		Ensilaje	Heno	
	P-32	Forrajera	Forrajera	P-32	Forrajera
Pared celular	62.37	69.21	59.45	57.73	55.72
Cont. celular	37.63	30.79	40.53	42.26	44.28
Fibra detergente ácida	54.80	61.45	53.23	54.45	54.02
Hemicelulosa	7.57	7.76	6.21	3.28	1.69
Prot. cruda	18.59	18.33	17.92	15.21	15.84
Digestibilidad in vitro	50.84	51.32	39.36	44.45	49.64
Materia seca	20.67	17.35	18.45	85.33	84.33
pH	5.73	5.95	5.00	5.59	5.91

Cuadro 2

Diferencia mínima significativa (DMS) para el ácido fórmico en la variable pared celular del ensilaje

Dosis de ácido fórmico	Promedios de ácido fórmico de mayor a menor	\bar{X} -57.12	\bar{X} -58.14	\bar{X} -60.78
1	61.78	4.66*	3.64	1.00
3	60.78	3.66	2.64	
2	58.14	1.02		
0	57.12			

DMS. para el ácido fórmico = 3.78 o/o.

* Diferencia encontrada

Cuadro 3

Diferencia mínima significativa (DMS) para el ácido fórmico en la variable contenido celular del ensilaje

Dosis de ácido fórmico	Promedios de ácido fórmico de mayor a menor	\bar{X} - 38.21	\bar{X} - 39.20	\bar{X} - 41.85
0	42.86	4.65 *	3.66	1.01
2	41.85	3.64	2.65	
3	39.20	0.99		
1	38.21			

DMS para el ácido fórmico = 3.78

* Diferencia encontrada

Cuadro 4

Diferencia mínima significativa (DMS) para el formaldehído en la variable fibra detergente ácida del ensilaje

Dosis de formaldehído	Promedios de formaldehído de mayor a menor	X - 51.58	X - 52.13	X - 53.09
0	56.13	4.55 *	4.00	3.04
3	53.09	1.51	0.96	
2	52.13	0.55		
1	51.58			

DMS para el formaldehído = 3.47 o/o

* Diferencia encontrada

El contenido de FDA en los ensilajes fue menor que en el forraje fresco, posiblemente porque los aditivos diluyen la proporción del material ensilado (Farías y Gomide, 4).

3.2.4. Hemicelulosa.

En el análisis de varianza total no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos; pero en los tratamientos con formaldehído la prueba DMS halló diferencia entre la dosis 0 ó testigo y la dosis 3 (Cuadro 5).

Los testigos registraron los porcentajes más bajos de hemicelulosa, pero los tratamientos no manifestaron una secuencia definida en el efecto sobre el porcentaje de hemicelulosa de los ensilajes. En la mayoría de los tratamientos con aditivos disminuyó el contenido de hemicelulosa de los ensilajes, comparados con el forraje fresco, posiblemente por su desdoblamiento durante el proceso de fermentación.

3.2.5. Proteína cruda.

El análisis de varianza total mostró diferencias significativas entre algunos tratamientos; la prueba de Tukey determinó diferencias altamente significativas entre las tres dosis de formaldehído y los testigos. Se presentaron diferencias significativas entre la segunda dosis y la primera dosis de ácido fórmico; en los demás tratamientos no se encontraron diferencias (Cuadro 6).

El uso de formaldehído disminuye la fermentación produciendo baja razón de proteólisis (Hardy et al, 6), lo cual es válido en este trabajo donde los tratamientos con formaldehído registraron los mayores porcentajes de proteína, lo mismo que la mayoría de los tratados con la mezcla AF x F.

Al comparar el porcentaje de proteína del ensilaje con el del forraje fresco, se notó ligera disminución cuando se adicionó ácido fórmico y en los testigos; mientras que al adicionar formaldehído y la mezcla AF x F se incrementó en la mayoría de los casos.

El descenso en la proteína se origina por la desaminación de los aminoácidos por parte de los clostridios, que hacen aparecer amoníaco cuando el pH de los ensilajes no está entre 3.8 y 4.2.

3.2.6. Digestibilidad in vitro

El análisis de varianza total no mostró diferencias significativas en la digestibilidad in vitro; el ácido fórmico mostró algún efecto en la digestibili-

Cuadro 5

Diferencia mínima significativa (DMS) para el formaldehído, en la variable hemi-celulosa del ensilaje

Dosis de formaldehído	Promedios de formaldehído de mayor a menor	X - 4.98	X - 5.48	X - 6.86
3	7.54	2.56 *	2.06	0.68
1	6.86	1.88	1.38	
2	5.48	0.50		
0	4.98			

DMS para el formaldehído = 2.56 o/o.

* Diferencia encontrada

Cuadro 6

Prueba de Tukey para proteína cruda del ensilaje

Dosis	Promedios de ácido fórmico de mayor a menor	X - 16.27	X - 17.72	X - 18.17
2	19.51	3.24	1.79	1.34
3	18.17	1.90	0.45	
0	17.72	1.45		
1	16.27			

Dosis	Promedios de formaldehído de mayor a menor	X - 15.10	X - 17.98	X - 18.54
3	20.05	4.95 *	2.07	1.51
1	18.54	3.44 *	0.56	
2	17.98	2.88 *		
0	15.10			

Diferencia 1 = 2.04

Diferencia 2 = 2.46

Diferencia 3 = 2.71

* Diferencias encontradas por la prueba de Tukey.

dad (Cuadro 7).

La digestibilidad de los ensilajes fue menor que la del forraje fresco, tal vez porque la digestibilidad de la materia orgánica de un ensilaje se puede reducir cuando hay sobrecalentamiento o por pérdidas muy altas por lixiviación (Wernly, 12). El hecho de haber ensilado el material sin marchitar, también trae como consecuencia digestibilidades bajas (Gordon et al, 5).

3.2.7. Materia seca.

No se encontraron diferencias significativas en el análisis de varianza total, pero la descomposición de este análisis registra diferencias significativas en algunos tratamientos con formaldehído. La prueba de Tukey (Cuadro 8) mostró diferencias significativas entre la dosis 2 de formaldehído y el testigo. No se manifestó una tendencia definida en los porcentajes de materia seca con respecto a los aditivos.

En la mayoría de los casos el contenido de materia seca fue mayor en los ensilajes que en el forraje fresco. El aumento aunque fue escaso se atribuyó a los aditivos. Además, la salida de efluentes de los ensilajes durante el proceso de fermentación aumenta el contenido de materia seca; en los tratamientos con ácido fórmico sólo disminuyeron estos contenidos, posiblemente por fermentación proteolítica y desarrollo de aminas y ácido butírico (Soest, 10). Gordon et al (5) señalan que las pérdidas de materia seca son mayores cuando el forraje se ha ensilado sin marchitar.

3.2.8. pH

En el análisis de varianza total no se encontraron diferencias significativas. El efecto del ácido fórmico en el pH del ensilaje se manifestó en la prueba D M S., al mostrar algunas diferencias entre el testigo y la dosis 3 de ácido fórmico; entre el testigo y la dosis 2 y entre el testigo y la dosis 1 de AF. Según la prueba DMS el promedio de pH de los testigos fue mayor que el de los tratamientos con la dosis 1 de AF y, éste fue mayor que el de la dosis 2, el cual a su vez tuvo mayor promedio que la dosis 3 de AF (Cuadro 9), lo cual es lógico puesto que el ácido fórmico tiende a reducir el pH de los ensilajes.

El pH de los ensilajes es menor que el del forraje fresco por el efecto de los aditivos (Thomas, 9).

3.3. Composición química y digestibilidad del heno de soya.

3.3.1. Pared celular.

Cuadro 7

Diferencia mínima significativa (DMS) para el ácido fórmico en la variable digestibilidad in vitro del ensilaje

Dosis de ácido fórmico	Promedios de ácido fórmico de mayor a menor	\bar{X} -36.84	\bar{X} -38.71	\bar{X} -39.26
0	42.64	5.80*	3.93	3.38
2	39.26	2.42	0.55	
1	38.71	1.87		
3	36.84			

DMS para el ácido fórmico = 4.82 o/o

Cuadro 8

Prueba de Tukey para el formaldehído en la materia seca del ensilaje

Dosis de formaldehído	Promedios de formaldehído de mayor a menor	X-15.78	X-18.32	X-19.50
2	20.18	4.40*	1.86	0.68
3	19.50	3.72*	1.18	
1	18.32	2.54		
0	15.78			

Diferencia 1 = 3.02

Diferencia 2 = 3.64

Diferencia 3 = 4.02

* Diferencias encontradas.

Cuadro 9

Diferencia mínima significativa (DMS) para el ácido fórmico, en la variable pH del ensilaje

Dosis de ácido fórmico	Promedios de ácido fórmico de mayor a menor	X-4.77	X-4.90	X-4.92
0	5.42	0.65*	0.52*	0.58*
1	4.92	0.15	0.02	
2	4.90	8.13		
3	4.77			

D. M. S. para el ácido fórmico = 0.48

* Diferencia encontrada

Según la prueba de t no hubo diferencias significativas entre las medias de pared celular de las dos variedades de soya.

Los porcentajes de pared celular del forraje fresco fueron mayores que los del heno, ya que al dejar el forraje marchitar en el campo necesariamente ocurren pérdidas físicas de materia seca, las cuales repercuten en el contenido de pared celular de un forraje (Cherry, 3).

3.3.1. Contenido celular.

La prueba t no mostró diferencias entre las medias del contenido celular de las dos variedades de soya. El heno presentó mayores porcentajes de contenido celular que el forraje fresco de ambas variedades, resultados contrarios a los informados por la literatura, ya que en todo proceso de conservación de forrajes hay pérdidas de nutrientes.

3.3.3. Fibra detergente ácida.

La prueba t mostró que las medias de las dos variedades de soya no fueron significativamente diferentes. En el forraje fresco se manifestaron mayores porcentajes de fibra cruda que en el heno, lo cual no coincide con trabajos realizados con heno de alfalfa, en los cuales el contenido de fibra cruda aumenta en 9.1 comparado con el forraje fresco.

3.3.4. Hemicelulosa.

La prueba t no mostró diferencias significativas entre las medias de hemicelulosa del heno de las dos variedades de soya. El forraje fresco tuvo mayores contenidos de hemicelulosa que el heno. En el contenido de hemicelulosa influye el contenido de pared celular, puesto que la primera se encuentra en la segunda. En este trabajo se presentaron menores porcentajes de pared celular en los henos que en el forraje fresco, por lo tanto también hubo menores porcentajes de hemicelulosa en los primeros.

3.3.5. Proteína cruda.

La prueba t no mostró diferencias significativas entre las medias de proteína cruda del heno de las dos variedades de soya. El forraje fresco tuvo mayor porcentaje de proteína que los henos. Las pérdidas se deben en parte a que las leguminosas se vuelven muy frágiles por la deshidratación y en el manipuleo se pierde gran cantidad de hojas, las cuales poseen mayor contenido de proteína (Hardy et al, 6).

3.3.6. Digestibilidad in vitro.

Según la prueba t no hubo diferencias significativas entre las medias de digestibilidad de la variedad P-32 y la variedad "forrajera". Las digestibilidades del forraje fresco y de los henos fueron bajas, debido a la presencia en las leguminosas de sustancias inhibitoras de la digestibilidad de la materia seca, tales como taninos, terpenos, aceites esenciales, esteroides, latex y caucho, cutinas y suberinas, minerales (Soest, 10).

Por otra parte, como la cosecha del forraje se retrasó por escasez de lluvias, no es extraño que el contenido de lignina en este momento hubiera sido obstáculo para la digestibilidad de la materia seca. El contenido de lignina promedio para la variedad P-32 fue 18.90 o/o y para la "forrajera" de 16.76 o/o.

3.3.7. Materia seca.

La prueba t no evidenció diferencias significativas entre las medias del porcentaje de materia seca de las dos variedades. La mayor parte de la humedad presente en el forraje se eliminó en el campo, quedando aproximadamente un 25 o/o, el heno terminó de secarse después de haber sido guardado bajo techo y su contenido de humedad alcanzó el 14-15 o/o. Se espera que un heno de buena calidad tenga 10 o/o de humedad, lo que es difícil de conseguir cuando la humedad relativa es alta.

3.3.8. pH

Las diferencias entre las medias de pH de las dos variedades de soya no fueron significativamente diferentes. El pH del forraje fresco fue mayor que el del heno. Fue mínima la disminución del pH debido a las posibles pérdidas invisibles (respiración y fermentación) y enmohecimiento, ya que generalmente el pH no varía antes y después de henificar.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. En nuestro medio es factible la henificación y el ensilaje del forraje de soya, como posibles alternativas para su almacenamiento, dentro de un esquema para la "doble producción" de la soya.
- 4.2. Para el forraje de la soya, el balance entre el rendimiento y la calidad del cultivo, se puede lograr en la etapa de prefloración de la planta y no a los 38 días después de la germinación, o al principio de la formación de vainas, como se había previsto.

- 4.3. Debido a que no hubo diferencia entre la calidad nutritiva de los ensilajes, no se puede afirmar cuál de los dos aditivos o sus interacciones fueron las mejores para preservar el forraje ensilado.
- 4.4. El valor nutritivo de los ensilajes y los henos fue inferior al valor nutritivo del forraje fresco.

5. BIBLIOGRAFIA

1. BOIN, C. Elephant (napier) grass silage production; effect of additives on chemical composition, nutritive value and animal performance. Cornell, University Michigan, 1978.
2. CHECA E, JESUS. Ensilaje de pastos. Agricultura Tropical (Colombia) v. 26, n. 5. p. 243-251. Mayo 1970.
3. CHERRY, M. Conservación de forrajes. León, Academia, 1970. p. 99-119.
4. FARIAS, I.; GOMIDE, J. A. Efeito do emurchicimento e da adicao de raspá de mandioca sobre as caracteriscas da silagem de capim elefante (**Pennisetum purpureum** Schum) cortado com diferentes teores de materia seca. Experimentiae (Brasil). v. 16, n. 7. p. 131-149. 1973.
5. GORDON, C. H.; DERBYSHIRE, J. C.; WISEMAN, H. G.; KANE, E. A.; MELIN, C. G. Preservation and feeding value of alfalfa stored as hay, haylage, and direct-cut silage. Journal of Dairy Science (EE UU). v. 44, p. 1299-1310. 1961.
6. HARDY, C.; DOMINGUEZ, G.; GUTIERREZ, A. Conservación de pastos y forrajes. En: Los pastos en Cuba. La Habana, Instituto de Ciencia Animal, 1979. p. 420-445.
7. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Curso de producción de soya. 2a. ed. Palmira, ICA, 1980. 503 p.
8. NEW ZEALAND FARMER. Manual para la conservación del forraje. Montevideo, Hemisferio Sur, 1978. 100 p.
9. THOMAS, J. W. Preservatives for conserved forage crops. Journal of Animal Science (EE UU) v. 47, n. 3. p. 721-735. 1978.
10. SOEST, P. J. VAN. Nutritional Ecology of the Ruminant, Corvallis, O & Books, 1982. 345 p.
11. VICTORIA R, R.; CRUZ G, H. DE LA; CASTELLAR P., N. Efecto de la poda en el comportamiento de dos variedades de soya, **Glycine max** L. Merr. Acta Agronómica (Colombia) v. 35, n. 3. p. 59-69.

12. WERNLI K, C. El valor nutritivo de los forrajes ensilados. I. Consumo voluntario. Agricultura Técnica (Chile) v. 35, n. 1. p. 47-58. 1975.
13. WILKINSON, J. M. Valor alimenticio de las forrajeras ensiladas de clima tropical y templado. I. El proceso de ensilado e influencia en su valor alimenticio. Revista Mundial de Zootecnia (Italia) v. 45, p. 36-41 . Enero-Marzo 1983.