

**CARACTERÍSTICAS COMPOSICIONALES DE ENSILAJES
DE PLANTA DE MAÍZ, COMPLETA Y SIN MAZORCA,
SIN Y CON NaOH, DE CINCO EDADES AL CORTE**

LEONARDO ARRIOLA IBARRA ¹
ARMANDO S. SHIMADA ²
LEONEL MARTÍNEZ ROJAS ³

El cultivo del maíz (*Zea mays*) es considerado en México como el más importante, tanto por su producción total como por su amplia distribución en las distintas zonas del país. Sin embargo, se tienen bajos rendimientos por hectárea (1.2 toneladas anuales de grano en promedio de 1970-1974), principalmente debido a que el 90% de la superficie cultivada es de temporal (DGEA, 1976).

Para el hombre se destina el grano maduro o tierno, mientras que para los animales se utilizan los residuos formados por los tallos y las hojas secas (rastrajo); también se emplea como alimento pecuario la planta completa conservada en forma de ensilaje.

El rastrajo es el esquilmo agrícola más abundante en México, con una producción anual estimada superior a los 16 millones de toneladas. Sin embargo, su valor alimenticio es pobre (Calderón *et al.*, 1975), utilizándosele más bien como ingrediente

de lastre, y en la mejor de las situaciones, de mantenimiento.

En el caso del ensilaje, este proceso de conservación se efectúa cuando el grano está en estado lechoso-masoso, lo que permite una fermentación láctica más adecuada. Sin embargo, el empleo del ensilaje tiene la desventaja de reducir la disponibilidad del maíz, ya sea en forma de grano o de mazorca (elote) para su consumo por el hombre, lo que es motivo de inquietud por parte de algunas personas.

Una posibilidad que se ha explorado es la de cosechar las mazorcas tan tarde como esto sea posible, buscando hacerlo cuando la planta todavía esté verde, y por lo tanto poco lignificada y con mayor valor nutritivo para los animales.

Con objeto de restituir parcialmente los nutrientes perdidos en el proceso de pizcado de las mazorcas, se ha explorado la técnica de adicionar NaOH al forraje, lo que al aumentar la digestibilidad del producto, restituye parcialmente su valor nutritivo (Berger *et al.*, 1979; Garza *et al.*, 1980; Urrutia, Martínez y Shimada, 1980), acercándolo al de la planta completa. Queda por resolver la edad ideal para efectuar la práctica del desmazorcado.

El estudio tuvo como objetivo el determinar los cambios composicionales de la planta completa y de la cañuela (planta sin mazorca) de maíz, ensilados a diferentes edades, con y sin hidróxido de sodio añadido.

El trabajo se realizó en el Centro Expe-

Recibido para su publicación el 19 de febrero de 1981.

¹ Parte de la información contenida en este manuscrito fue empleada como tesis de licenciatura del primer autor, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Coordinación Nacional de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Apdo. Postal 41-652, México 10, D.F.

³ Centro Experimental Pecuario del Estado de México, INIP-SARH, Apdo. Postal 32 Suc. "C", Toluca, Méx.

rimental Pecuario de Tulancingo, Hgo., INIP-SARH.

Se empleó un cultivo de maíz variedad H-125,⁴ sembrado a una densidad de 100,000 plantas/ha, en condiciones de temporal, con 147 días de edad al primer corte, efectuándose cortes subsecuentes a intervalos de siete días, de tal forma que al realizar el último, el maíz tenía 175 días.

El maíz destinado para cada corte fue dividido en dos lotes, uno para ser picado como planta completa y el otro que fue desmazorcado (llamándose entonces cañuela) previo al proceso de picado. La molienda de los forrajes se efectuó en una máquina de alta revolución tipo Chetumal.

Tanto el maíz completo como la cañuela fueron ensilados en dos formas, solos o con la adición de hidróxido de sodio (NaOH). Este último se agregó en forma de una solución saturada de tal modo que la concentración final de álcali en el forraje fue de 40 g/kg de materia seca.

Los forrajes se ensilaron en cubetas metálicas con capacidad de 20 lt, las cuales estaban recubiertas con pintura anticorrosiva y perforadas en el fondo para facilitar el drenaje. Cada tratamiento fue ensilado por duplicado.

Los silos permanecieron tapados por un período de 7 semanas, transcurridas las cuales se procedió a su muestreo con objeto de someter el material a análisis químico proximal (AOAC, 1975); de fracciones de fibra (Van Soest y Wine, 1967) y determinación de pH. Cada análisis se efectuó por duplicado.

Los datos se analizaron con base en un diseño completamente al azar con 2 repeticiones, en un arreglo factorial $2 \times 2 \times 5$ (dos forrajes; sin o con aditivo; cinco edades al corte), de acuerdo a los lineamientos establecidos por Snedecor y Cochran (1967).

Las características composicionales de los ensilajes de este estudio se muestran en los Cuadros 1 al 6; las significancias estadísticas observadas se resumen en el Cuadro 7.

⁴ Productora Nacional de Semillas, SARH.

pH (Cuadro 1). Se observó un efecto significativo ($P \leq 0.05$) del empleo de NaOH sobre el pH del ensilaje; asimismo este parámetro varió en forma irregular con respecto a la edad del forraje, fenómeno para el cual no se tiene explicación. De cualquier forma, todos los valores se encuentran dentro de los límites considerados como normales (McCullough, 1977).

Humedad (Cuadro 1). Los ensilajes de cañuela tuvieron mayor humedad en comparación a los de maíz completo ($P \leq 0.01$), lo que posiblemente indica que las mazorcas contienen menos agua que el resto de la planta (Cummins, 1970). Aunque la humedad de los ensilajes disminuyó en forma significativa ($P \leq 0.05$) con la edad del maíz, aun en el último período se conservó dentro del rango normal (Cummins, 1970). El hecho de adicionar el NaOH en forma acuosa, no alteró el contenido final de humedad de los ensilajes.

Proteína cruda (Cuadro 2). Se observó un efecto significativo ($P \leq 0.01$) en este parámetro, siendo el contenido de proteína mayor en los ensilajes de maíz completo, lo que indica que la mazorca contribuye también con este nutriente, fenómeno informado con anterioridad por Garza *et al.* (1980). Por otro lado, el contenido de proteína disminuyó en forma significativa ($P \leq 0.01$) al aumentar la edad del maíz.

Nitrógeno no proteico (Cuadro 2). El empleo de NaOH redujo el contenido de nitrógeno no proteico en los ensilajes ($P \leq 0.01$), lo que puede ser indicativo de una menor desaminación. Al aumentar la edad del maíz, se incrementó en Nnp en los silos en forma significativa ($P \leq 0.05$). Las interacciones aditivo \times período ($P \leq 0.01$) y forraje \times aditivo \times período ($P \leq 0.05$) fueron significativas.

Cenizas totales e insolubles (Cuadro 3). El contenido de cenizas totales fue estadísticamente mayor para los ensilajes de cañuela ($P \leq 0.01$); las cenizas insolubles fueron significativamente mayores para los ensilajes de planta completa ($P \leq 0.01$). Lo anterior parece indicar que las mazorcas contienen comparativamente menos minerales que el resto de la planta, pero que éstos

CUADRO 1

Características composicionales de ensilajes de planta completa y de cañuela de maíz, sin o con NaOH, de 5 edades al corte

pH						
Edad	Forraje aditivo	Planta completa		Cañuela		X
		Sin	Con	Sin	Con	
147 días		3.98	4.30	4.08	4.55	4.22
154 "		3.70	4.40	3.87	3.75	3.93
161 "		4.42	3.72	4.22	4.45	4.20
168 "		3.67	3.95	3.90	4.15	3.92
175 "		3.90	4.55	4.41	4.90	4.39
Sin NaOH		3.93		4.09		4.01
Con NaOH		4.14		4.56		4.25
X		4.04		4.23		

H U M E D A D , %						
147 días		75.00	76.50	80.01	78.50	77.50
154 "		75.50	76.25	78.00	78.25	77.00
161 "		74.75	77.50	79.25	81.50	78.25
168 "		74.50	72.75	81.50	77.75	76.63
175 "		71.25	68.50	76.75	74.50	72.75
Sin NaOH		74.20		79.10		76.65
Con NaOH		74.30		78.10		76.20
X		74.25		78.60		

sin embargo están principalmente en forma insoluble. La adición de NaOH aumentó en forma significativa ($P \leq 0.01$) el nivel de cenizas totales, aunque también causó una disminución de las cenizas insolubles ($P \leq 0.01$). El contenido de cenizas totales varió en forma irregular aunque significativa ($P \leq 0.05$) con la edad de la planta, no teniéndose explicación al respecto.

Fraciones de fibra (Cuadros 4-6). Los ensilajes de cañuela tuvieron un mayor contenido de paredes celulares (fibra detergente neutro; fibra detergente ácido; hemicelulosa; celulosa; lignina), que los ensilajes de planta completa ($P \leq 0.01$), lo que indica que las mazorcas contribuyen en forma importante con nutrientes de mayor solubilidad que las fracciones de fibra (Urrutia, Martínez y Shimada, 1980).

El empleo de NaOH permitió una reducción significativa en el contenido de fibra detergente neutro ($P \leq 0.01$) sin afectar las demás fracciones de fibra, fenómeno observado anteriormente por otros autores (Klopfenstein *et al.*, 1972) y que parece ser la causa directa de los aumentos en digestibilidad al emplear el álcali (Rexen y Thomsen, 1976).

La edad del maíz afectó en forma significativa el contenido de fibra detergente ácido y de celulosa, los cuales disminuyeron al envejecer la planta ($P \leq 0.01$). Este fenómeno fue más notorio en el caso de la cañuela, siendo la interacción forraje \times edad significativa para FDN, FDA (ambas $P \leq 0.01$) y celulosa ($P \leq 0.05$).

Los resultados analíticos aquí presentados son congruentes con los obtenidos en trabajos previos (Garza *et al.*, 1980; Urru-

tia, Martínez y Shimada, 1980) y arrojan mayores posibilidades de explicación a algunas de las observaciones de comportamiento informadas con anterioridad, como son las desproporciones en diferencias entre las ganancias de peso de un experimento a otro. Aparentemente la edad del maíz juega un papel primordial al respecto.

Amén de los aspectos agronómicos que deben considerarse para determinar la edad ideal para el desmazorcado del maíz en verde (*i.e.* llenado de la mazorca; peso y volumen del grano; viabilidad; secado al natural; etc.), la decisión debe tomar en cuenta el detrimento gradual que sufre el valor alimenticio de la cañuela, principalmente en los aspectos de contenido de proteína y de digestibilidad de las paredes celulares. El primero hará cada vez más

necesaria la suplementación, mientras que el segundo determinará que el nitrógeno suplementado deba ser proteico. El efecto benéfico del uso de NaOH será también más notorio a medida que aumenta la edad del forraje.

Finalmente serán los aspectos de tipo económico los que pesen más en las decisiones sobre la adopción de las prácticas sugeridas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda técnica prestada por el MVZ Jorge Urrutia Morales y la QFB Francisca Robledo Delgado, ambos del INIP-SARH, para la realización del presente estudio.

CUADRO 2

Características composicionales de ensilajes de planta completa y de cañuela de maíz, sin o con NaOH, de 5 edades al corte

PROTEINA CRUDA, % B.S.						
Edad	Forraje aditivo	Planta completa		Cañuela		X
		Sin	Con	Sin	Con	
147 días		7.59	7.69	7.11	7.13	7.38
154 "		8.28	8.18	7.22	6.70	7.60
161 "		7.14	8.12	6.61	6.66	7.13
168 "		6.93	6.93	6.69	6.99	6.89
175 "		7.37	6.60	6.50	5.62	6.52
Sin NaOH		7.46		6.82		7.14
Con NaOH		7.50		6.61		7.06
\bar{X}		7.48		6.72		
NITROGENO NO PROTEICO, % B.S.						
147 días		0.579	0.291	0.603	0.232	0.426
154 "		0.411	0.304	0.579	0.267	0.390
161 "		0.520	0.315	0.568	0.315	0.430
168 "		0.554	0.408	0.395	0.443	0.450
175 "		0.323	0.288	0.443	0.299	0.338
Sin NaOH		0.477		0.518		0.498
Con NaOH		0.321		0.311		0.316
\bar{X}		0.399		0.415		

CUADRO 3

Características composicionales de ensilajes de planta completa y de cañuela de maíz, sin o con NaOH, de 5 edades al corte

CENIZAS TOTALES, % B.S.						
Edad	Ferreaje aditivo	Planta completa		Cañuela		\bar{X}
		Sin	Con	Sin	Con	
147 días		7.21	11.79	9.23	14.49	10.68
154 "		7.37	11.90	11.74	13.80	11.20
161 "		7.47	12.19	9.69	12.86	10.55
168 "		6.22	8.40	9.49	11.08	8.80
175 "		6.07	10.80	12.13	13.13	10.53
Sin NaOH		6.86		10.45		8.66
Con NaOH		11.01		13.07		12.04
\bar{X}		8.94		11.76		
CENIZAS INSOLUBLES, % B.S.						
147 días		2.54	1.24	3.25	2.01	2.26
154 "		2.77	1.58	3.79	2.33	2.62
161 "		2.86	1.96	4.30	2.47	2.90
168 "		2.22	1.81	3.02	3.48	2.63
175 "		2.17	2.01	3.73	2.43	2.59
Sin NaOH		2.51		3.61		3.06
Con NaOH		1.72		2.54		2.13
\bar{X}		2.12		3.08		

CUADRO 4

Características composicionales de ensilajes de planta completa y de cañuela de maíz, sin o con NaOH, de 5 edades al corte

FIBRA DETERGENTE NEUTRO, % B.S.						
Edad	Forraje aditivo	Planta completa		Cañuela		\bar{X}
		Sin	Con	Sin	Con	
147 días		53.61	47.51	57.40	55.30	53.45
154 "		49.01	45.79	58.52	55.57	52.22
161 "		52.06	44.13	60.19	56.12	53.12
168 "		48.01	48.62	65.52	61.92	56.02
175 "		48.19	47.06	68.40	59.47	55.78
Sin NaOH		50.17		62.00		56.08
Con NaOH		46.62		57.68		52.15
\bar{X}		48.40		59.84		
CONTENIDO CELULAR, % B.S.						
147 días		46.07	52.48	42.06	44.69	46.33
154 "		50.99	53.70	41.56	44.43	47.67
161 "		45.43	55.86	39.80	43.80	46.22
168 "		51.99	51.37	34.47	38.89	44.18
175 "		51.81	52.94	31.60	40.82	44.29
Sin NaOH		49.25		37.89		43.57
Con NaOH		53.27		42.52		47.90
\bar{X}		52.26		40.21		

CUADRO 5

Características composicionales de ensilajes de planta completa y de cañuela de maíz, sin o con NaOH, de 5 edades al corte

FIBRA DETERGENTE ACIDO, % B.S.						
Edad	Ferreaje aditivo	Planta completa		Cañuela		X
		Sin	Con	Sin	Con	
147 días		34.32	32.68	38.69	39.79	36.37
154 "		30.43	31.06	40.06	40.53	35.52
161 "		35.15	32.11	40.92	40.00	37.05
168 "		29.18	30.28	41.18	40.57	35.30
175 "		26.92	29.98	41.65	40.75	34.83
Sin NaOH		31.20		40.50		35.85
Con NaOH		31.22		40.33		35.78
X		31.21		40.42		

HEMICELULOSA, % B.S.						
Edad	Ferreaje aditivo	Planta completa		Cañuela		X
		Sin	Con	Sin	Con	
147 días		19.28	14.73	19.27	23.13	19.10
154 "		14.83	18.46	16.16	21.26	17.68
161 "		18.70	15.03	18.82	17.08	17.41
168 "		15.51	16.91	18.34	21.68	18.11
175 "		15.58	12.02	24.34	18.72	17.67
Sin NaOH		16.78		19.38		18.08
Con NaOH		15.43		20.37		17.90
X		16.11		19.88		

CUADRO 6

Características composicionales de ensilajes de planta completa y de cañuela de maíz, sin o con NaOH, de 5 edades al corte

CELULOSA, % B.S.						
Edad	Ferrete aditivo	Planta completa		Cañuela		\bar{X}
		Sin	Con	Sin	Con	
147 días		27.47	25.06	30.52	31.93	28.75
154 "		22.88	23.65	29.29	31.35	26.79
161 "		26.08	23.88	30.35	30.38	27.67
168 "		22.28	22.65	31.45	30.43	26.70
175 "		21.55	22.18	29.82	31.23	26.20
Sin NaOH		24.05		30.28		27.17
Con NaOH		23.48		31.06		27.27
\bar{X}		23.77		30.67		
LIGNINA, % B.S.						
147 días		6.08	5.13	6.75	6.31	6.07
154 "		5.29	5.48	6.53	6.63	5.98
161 "		7.15	4.98	6.37	6.17	6.17
168 "		5.84	5.25	6.72	6.09	5.98
175 "		4.55	4.79	6.08	6.18	5.40
Sin NaOH		5.78		6.49		6.14
Con NaOH		5.12		6.27		5.70
\bar{X}		5.45		6.38		

CUADRO 7
Significancia estadística de los parámetros físico-químicos

	pH	Humedad	Proteína cruda	Nnp	Cenizas			CC	FAD	Hemice- lulosa	Celulosa	Lignina
					Totales	Insolubles	FDN					
Forraje	N.S.	**	**	N.S.	**	**	**	**	**	**	**	**
Aditivo	*	N.S.	N.S.	**	**	**	**	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Edad	*	*	**	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	**	N.S.
Forraje × Aditivo	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Forraje × Edad	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	*	**	N.S.	*	N.S.
Aditivo × Edad	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Forraje × Aditivo × Edad	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Cuad. med. error	0.09	8.50	0.20	22-5	1.85	0.71	7.93	8.06	2.20	7.77	0.09	0.29

N.S. No significativo ($P \geq 0.05$).
 * Significativo ($P \leq 0.05$).
 ** Altamente significativo ($P \leq 0.01$).

Summary

An experiment was conducted to determine the compositional changes of corn plant, whole and without cobs (stalk), ensiled alone or with NaOH (40 g/kg of forage, dry basis), at five ages (147, 154, 161, 168 and 175 days). The following parameters were measured: pH; moisture (MO); crude protein (CP); non-protein nitrogen (NPN); total ash (TA); acid insoluble ash (IA); neutral detergent fiber (NDF); cellular contents (CC); acid detergent fiber (ADF); hemicellulose (HE);

cellulose (CE); lignin (LI). Except for pH and NPN, there was a highly significant difference between forages on all parameters ($P \leq 0.01$). The NaOH significantly increased pH, CC ($P \leq 0.05$); TA ($P \leq 0.01$); and decreased the contents of NPN, IA and NDF ($P \leq 0.01$). Age had an effect on pH; MO; NPN; TA ($P \leq 0.05$); CP, ADF, CE ($P \leq 0.01$). A significant forage \times age interaction was observed on NDF; CC; CE ($P \leq 0.05$); NPN and ADF ($P \leq 0.01$). There was a significant forage \times additive \times age interaction for NPN ($P \leq 0.05$).

Literatura citada

- AOAC, 1975, Official Methods of Analysis, 12th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., E.U.A.
- BERGER, L.L., J.A. PATTERSON, T.J. KLOPFENSTEIN and R.A. BRITTON, 1979, Effect of harvest date and chemical treatment on the feeding value of stalklage, *J. Anim. Sci.*, 49:1312.
- CALDERÓN G., F., R. ROJAS, A.S. SHIMADA y C. PERAZA C., 1975, Alimentación de becerros con rastrojo de maíz tratado con álcali, *Veterinaria, México*, 6:175.
- CUMMINS, D.G., 1970, Quality and yield of corn plants and component parts when harvested for silage at different maturity stages, *Agron. J.*, 62:781.
- DGEA, 1976, Consumos aparentes 1970-1974, 1a. Ed., Dirección General de Economía Agrícola, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F.
- GARZA F., J.D., M. GUADALUPE BERNAL S., F. GONZÁLEZ-RUBIO y A.S. SHIMADA, 1980, Ensilajes de planta completa o de cañuela de maíz como fuentes de forraje para vaquillas Holstein, *Téc. Pec. Méx.*, 39:7.
- KLOPFENSTEIN, T.J., V.E. KRAUSE, M.J. JONES and W. WOODS, 1972, Chemical treatments of low quality roughages, *J. Anim. Sci.*, 35:418.
- MCCULLOUGH, M.E., 1977, Silage and silage fermentation, *Feedstuffs*, March 28, E.U.A.
- REXEN, F. and R.V. THOMSON, 1976, The effect on digestibility of a new technique for alkali treatment of straw, *Anim. Feed. Sci. Tech.*, 1:73.
- SNEDECOR, G.W. and E.G. COCHRAN, 1967, Statistical Methods, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, E.U.A.
- URRUTIA M., J., L. MARTÍNEZ R. y A.S. SHIMADA, 1980, Valor nutritivo de la planta de maíz para borregos en crecimiento, *Téc. Pec. Méx.*, 39:13.
- VAN SOEST, P.J. and R.H. WINE, 1967, Use of detergents in the analysis of fibrous feed. IV. The determination of plant cell-wall constituents, *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 50:50.