



Efecto de la altura de corte de sorgo a la cosecha sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilaje



Jorge A. Granados-Niño ^a

David G. Reta-Sánchez ^b

Omar I. Santana ^b

Arturo Reyes-González ^b

Esmeralda Ochoa-Martinez ^b

Fernando Díaz ^c

Juan I. Sánchez-Duarte ^{b*}

^a Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio - Tlahualilo Km. 32. Ej. Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México.

^b Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

^c Dairy Research Center, LLC, Brookings, SD. USA.

*Autor de correspondencia: sanchez.juan@inifap.com.mx

Resumen:

El objetivo fue identificar una altura de corte óptima a la cosecha del forraje de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) para mejorar la calidad nutritiva del ensilaje, sin reducir el rendimiento de materia seca (MS) del forraje. Se evaluó el efecto de la altura de corte a 10, 20, 30, 40, 50 y 60 cm, sobre el rendimiento de MS y el valor nutritivo del ensilaje. El forraje se cosechó cuando el grano alcanzó un estado lechoso-masoso. Las plantas se trituraron a un tamaño de partícula de 2 cm y el forraje se compactó a 261 kg de MS/m³ en mini-silos. El rendimiento de MS se redujo a partir de cosechar a 40 cm sobre el suelo. La fibra detergente neutro (FDN)

y lignina del ensilaje fueron superiores cuando se cosechó a 10 cm, pero la lignina se redujo 1.4 % cuando el corte fue mayor a 20 cm. La digestibilidad de la FDN y la concentración de nutrientes digestibles totales (NDT) aumentaron cuando se cosechó a 40 cm. El mayor contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) se obtuvo cuando se cosechó a 40 y 50 cm. La energía neta de lactancia (EN_L) del ensilaje aumentó a partir de cosechar a 20 cm. El pH óptimo del ensilaje se obtuvo cuando se cosechó a 30 cm. En conclusión, cosechar el forraje de sorgo entre 20 y 40 cm permite obtener un ensilaje con menor contenido de lignina y, por consiguiente, mayor digestibilidad y concentración energética sin afectar negativamente el rendimiento de MS del forraje.

Palabras clave: *Sorghum bicolor* (L.), Materia seca, Ensilaje, Altura de corte, Valor nutricional.

Recibido: 02/07/2020

Aceptado: 19/10/2020

El sorgo forrajero es una alternativa viable para producir ensilaje en granjas lecheras que se encuentran en regiones con ambientes áridos y semiáridos. Este cultivo ha demostrado crecer bien bajo condiciones limitadas de agua⁽¹⁾ y altas temperaturas⁽²⁾; además de que presenta moderada tolerancia a la salinidad del suelo⁽³⁾. Bajo estas condiciones, el sorgo tiene la ventaja de poder producir cantidades mayores de materia seca (MS) en comparación al maíz forrajero^(4,5). Sin embargo, el contenido de lignina en el forraje de variedades de sorgos convencionales (hasta 9.1 % de la MS), se asocia con ensilajes que tienen baja digestibilidad de la FDN (DFDN); por lo cual al ser utilizado en las dietas de las vacas lecheras limita el consumo de MS y la producción de leche^(6,7).

Una opción práctica para reducir la concentración de lignina y mejorar la digestibilidad de la fibra del ensilaje de diferentes forrajes es incrementar la altura de corte. Al respecto, se ha reportado que el aumento de la altura de corte de 15 a 45 cm en sorgo negro (*Sorghum almum*), reduce los contenidos de lignina de 7.7 a 6.4 %⁽⁸⁾. En maíz forrajero, se encontró que la lignina se redujo de 3.0 a 2.6 % mientras que la DFDN aumentó 2.3 % cuando se incrementó la altura de corte a la cosecha de 12 a 45 cm⁽⁹⁾. De igual manera, el incremento de altura de corte en maíz forrajero de 15 a 45 cm aumentó en 5.0 % la DFDN, lo cual se atribuyó a disminuir la proporción de tallos basales que contienen la parte más lignificada de la planta⁽¹⁰⁾.

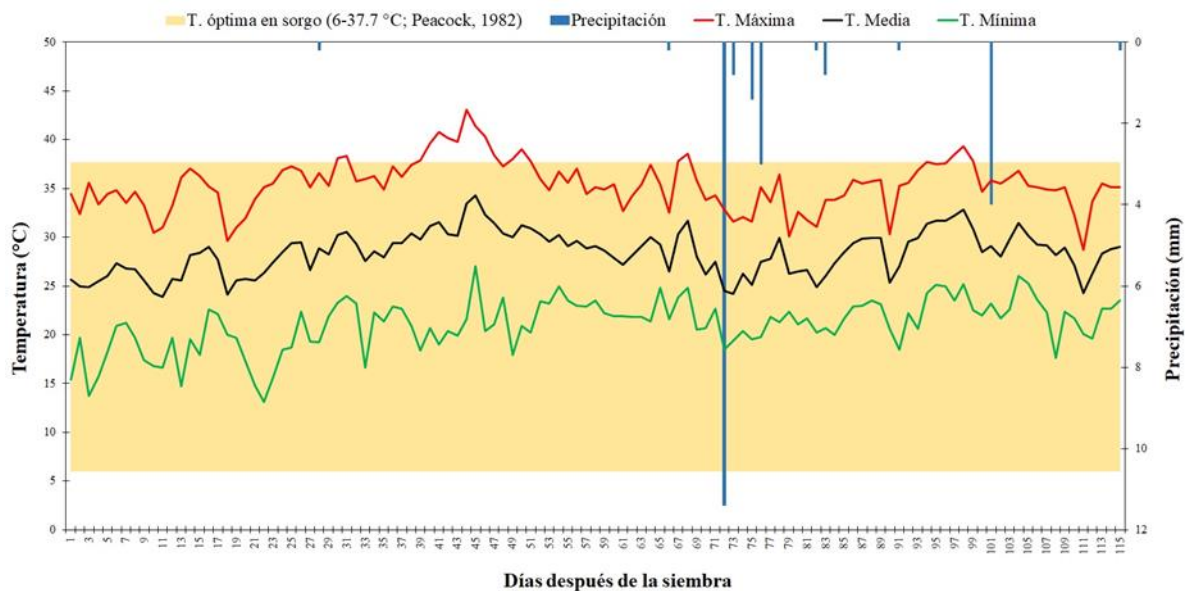
Cuando se aumenta la altura de corte del forraje, la composición nutritiva del ensilaje mejora; sin embargo, las pérdidas de rendimiento de MS pueden llegar a ser muy significativas si se

utilizan alturas de corte muy elevadas. Lo anterior hace que dicha estrategia de cosecha no sea aceptada por los productores. Las pérdidas de rendimiento en MS del forraje de sorgo pueden ser entre 10 y 20 % al aumentar la altura de corte por encima de los 20 cm^(11,12) y de 3 a 16 % al aumentar la altura de corte a más de 40 cm en maíz forrajero^(10,13). Por lo tanto, es necesario identificar la mejor altura de corte en sorgo forrajero, que permita tener un balance óptimo entre la composición nutritiva del ensilaje y el rendimiento de MS por hectárea a la cosecha. El objetivo del presente trabajo fue identificar la altura de corte óptima en sorgo forrajero, para mejorar la calidad nutritiva del ensilaje sin afectar el rendimiento de MS.

El experimento se estableció durante el ciclo de producción de primavera del 2018 en el Ejido Venecia, ubicado en el Municipio de Gómez Palacio, Durango. El sitio experimental se ubica en 25°46'56" N y 103°21'02" O a una altitud de 1,100 m sobre el nivel del mar. El suelo tiene una textura arcillosa, con una densidad aparente de 1.07 g cm⁻³, un contenido de materia orgánica de 1.5 % y pH de 8.3.

La precipitación y las temperaturas del aire durante el desarrollo del cultivo se muestran en la Figura 1. La precipitación acumulada durante el ciclo fue de 22.4 mm. Las temperaturas máximas variaron de 28.7 a 43.1 °C y las mínimas de 13.1 a 27 °C. Las temperaturas más elevadas que sobrepasaron el rango óptimo de crecimiento en sorgo (6-37.7°C)⁽³⁾ se presentaron entre los 41 y 52 días después de la siembra (DDS).

Figura 1: Temperatura máxima, mínima y media y precipitación registrada durante el periodo experimental (18 de abril al 10 de agosto del 2018)



Se evaluó el efecto de seis alturas de corte (10, 20, 30, 40, 50 y 60 cm desde la superficie del suelo) sobre el rendimiento de forraje, la composición nutritiva y el rendimiento de nutrientes del ensilaje de sorgo forrajero. La preparación del terreno consistió en un barbecho, rastreo doble y nivelación con escrepa. La siembra se realizó en suelo húmedo el 18 de abril del 2018 con una sembradora de precisión Gaspardo (modelo SPLC-4F) utilizando una densidad de siembra de 12 kg ha⁻¹ de semilla de la variedad Silo Miel (Agricenter Zevilla, Torreón, Coahuila). Se sembraron 4 surcos por tratamiento de 0.8 m de longitud a una distancia de 0.75 m utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se tuvo una densidad promedio de 195,000 plantas ha⁻¹. Se fertilizó con 134 kg ha⁻¹ de N y 43 kg ha⁻¹ de P₂O₅. El total del fósforo se aplicó en la siembra, mientras que el N se fraccionó, aplicando el 40 % de la dosis total en la siembra y el 60 % antes del primer riego de auxilio; 48 DDS. A la siembra también se aplicaron 8 kg ha⁻¹ de K y 10 kg ha⁻¹ de S y, antes del primer riego de auxilio, se aplicaron 18 kg ha⁻¹ de Ca y 12 kg ha⁻¹ de Mg. Se utilizaron Yara Mila Star® y Yara Bela Nitromag® como fuentes de fertilizante (Yara, Guadalajara, Jalisco). Se aplicaron cuatro riegos incluyendo un riego de pre-siembra y tres riegos de auxilio a los 48, 65 y 85 DDS. Se utilizó un sistema de riego superficial con agua rodada. A los 25 y 46 DDS se realizaron aplicaciones de etil clorpirifos (Lorsban 480 EM®, BASF Inc., Alemania) a razón de 0.75 L ha⁻¹ para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Posteriormente, a los 50 y 83 DDS se realizaron aplicaciones para el control de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) utilizando Imidacloprid + Betacyfluthrin (Muralla Max®, Bayer, México) y de Sulfoxaflor (Toretto Isoclast® Active, Corteva Agrosiences, Guadalajara) a razón de 0.25 ml ha⁻¹ y 100 ml ha⁻¹, respectivamente. El control de maleza se realizó de manera manual.

La cosecha del cultivo se realizó el 10 de agosto del 2018 a los 105 DDS cuando el grano alcanzó la etapa de lechoso-masoso, acumulando 2,118 horas-calor. Se utilizaron los dos surcos centrales como parcela útil, eliminando 1 m de cada extremo para excluir el efecto de orilla. En total se cosecharon seis metros de longitud para cada uno de los tratamientos (9.12 m²). Cada parcela útil, se cosechó considerando las diferentes alturas de corte de cada tratamiento (10, 20, 30, 40, 50 y 60 cm) tomando como base la superficie del suelo. El forraje fresco, de cada parcela útil, se pesó para estimar el rendimiento de forraje verde. Del total de plantas cortadas por parcela, se seleccionaron 15 plantas al azar y se molieron a un tamaño de partícula teórica de 2 cm utilizando un molino Modelo JF5. Del forraje fresco molido de cada parcela se tomaron tres muestras al azar de 500 g cada una y se secaron a 60 °C hasta peso constante en una estufa de aire forzado para determinar el contenido de MS. El rendimiento de MS se determinó multiplicando el rendimiento de forraje en base verde por hectárea por el contenido de MS del forraje antes de ensilar.

Para elaborar los mini-silos, se utilizaron las primeras tres repeticiones del forraje fresco picado de cada tratamiento. Se usaron jarras de vidrio con tapa hermética de 1 L de capacidad en donde el forraje fresco picado se compactó a una densidad de 261 kg de MS m⁻³⁽¹⁴⁾ en

cada mini-silo considerando el contenido de MS a la cosecha de cada tratamiento. La estimación del contenido de MS para determinar la densidad en los mini-silos se realizó con el horno de microondas y se estimó un porcentaje de MS promedio de 29.67 ± 0.42 %. La compactación del forraje en cada mini-silo se realizó manualmente con un ablandador de carne macho (Metaltex 779-012). Todos los mini-silos se almacenaron en el laboratorio a temperatura ambiente durante 90 días.

Al abrir los mini-silos se desecharon los primeros 5 cm. Posteriormente, en cada mini-silo se tomó una muestra de 20 g de ensilaje fresco a los que se le añadió 200 ml de agua destilada-desionizada y se mezcló por 30 seg en una licuadora de alta velocidad. La muestra diluida se filtró a través de tres capas de gasa de quiería y el pH se midió en el líquido con un potenciómetro portátil (OHAUS Modelo ST2100, Parsippany, NJ, USA)⁽¹⁵⁾. Del remanente del ensilaje fresco se tomaron 400 g y se enviaron a un laboratorio privado comercial (GAQSA, Querétaro, México) para ser analizadas utilizando espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR; Mod. 951, Foss Electric, Hillerod, Dinamarca). Cada muestra de ensilaje fresco fue homogenizada y secada en un horno de flujo de aire a 66.7 °C hasta peso constante. Posteriormente, las muestras se trituraron en una licuadora, y consecutivamente, en un molino utilizando una malla de 1 mm. En estas muestras se analizaron los contenidos de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina, digestibilidad *in vitro* de la FDN a las 30 h (DFDN-30h), NDT, CNF, EN_L y cenizas. La determinación de los valores nutricionales se basó en las ecuaciones de predicción y bases de datos generadas por la “Cumberland Valley Analytical Services (CVAS)”. La calibración del equipo considero el siguiente procedimiento: selección de la muestra al azar, toma de los espectros de la muestra, selección de los espectros que representan las muestra, análisis de laboratorio de la muestra seleccionada usando la metodología de referencia, confrontación de los resultados de la metodología de referencia con sus respectivos espectros, validación interna con las muestras y realización del análisis por la metodología de referencia y validación de la ecuación de calibración con los resultados de referencia de las muestras de validación interna. Una vez que la ecuación de calibración con los resultados de referencia de la validación interna fue satisfactoria, esta fue utilizada para el análisis de todas las muestras.

Los rendimientos de FDN, DFDN-30h, NDT y EN_L fueron estimados considerando el contenido de estos nutrientes en el ensilaje y el rendimiento de forraje seco por hectárea de cada tratamiento.

El análisis de la información se efectuó con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC. USA). Los resultados se analizaron por ANOVA utilizando un diseño de bloques al azar, con seis tratamientos, de cuatro y tres repeticiones para las variables de rendimiento de forraje y calidad del ensilaje, respectivamente. Cuando se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), se aplicó la prueba de la diferencia mínima

significativa protegida de Fisher para comparar las medias entre tratamientos al mismo nivel de significancia.

La altura de planta después de aplicar los tratamientos y los rendimientos de forraje se muestran en el Cuadro 1. Como se esperaba, la altura de planta a la cosecha fue superior cuando se utilizó una altura de corte de 10 cm e inferior cuando el forraje se cosechó a 60 cm. Los resultados de rendimiento indicaron que las producciones de forraje fresco y MS pueden reducirse a partir de una altura de corte de 40 y 50 cm, respectivamente, desde la superficie del suelo. Estas reducciones pueden llegar a ser considerables hasta un 12 % cuando la altura de corte alcanza los 60 cm respecto a alturas de corte entre 10 y 40 cm. Al respecto, otros trabajos han reportado que el rendimiento de MS se reduce a medida que aumenta la altura de corte, y que las pérdidas en rendimiento pueden oscilar entre un 10 a 20 % cuando la altura de corte es mayor a 20 cm en sorgo forrajero^(11,12).

Cuadro 1: Altura de planta y rendimientos de forraje fresco y MS de sorgo forrajero, en respuesta a la altura de cosecha

Concepto	Altura de corte (cm)						DMS
	10	20	30	40	50	60	
Altura de planta, m	3.4 ^a	3.3 ^{ab}	3.3 ^{ab}	3.3 ^{ab}	3.3 ^{ab}	3.2 ^b	0.2
Rendimiento de forraje fresco, t ha ⁻¹	63.6 ^a	62.8 ^a	61.9 ^a	60.2 ^{ab}	58.2 ^{ab}	54.5 ^b	5.8
Rendimiento de MS, t ha ⁻¹	18.7 ^a	18.5 ^a	18.1 ^a	17.8 ^a	17.3 ^{ab}	16.1 ^b	1.6

^{ab} Medias con diferente superíndice entre hileras son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

El valor nutritivo del ensilaje de sorgo se alteró conforme la altura de corte se incrementó (Cuadro 2). El contenido de FDN se redujo de 74.1 a 66.9 % al aumentar la altura de corte de 10 a 20 cm, respectivamente, pero no se observó reducción significativa a partir de los 20 cm y hasta la altura de corte de 60 cm. El contenido de lignina se redujo de 8.1 a 6.4 % cuando la altura de corte se elevó de 10 a 30 cm, pero no hubo cambios significativos a partir de los 30 cm y hasta la altura de corte de 60 cm.

Cuadro 2: Contenido y rendimiento de nutrientes del ensilaje de sorgo a diferentes alturas de cosecha

Variable	Altura de corte (cm)						DMS
	10	20	30	40	50	60	
Nutrientes (% de la MS)							
MS (% del ensilaje)	29.4	29.5	29.3	29.5	29.7	29.6	0.6
PC	6.4	6.5	6.1	7.2	6.3	6.4	1.4
FDN	74.1 ^a	66.9 ^b	66.2 ^b	64.0 ^b	63.0 ^b	62.9 ^b	5.6
FDA	52.1 ^a	49.3 ^{ab}	47.8 ^{ab}	44.8 ^b	43.6 ^b	43.3 ^b	6.0
Lignina	8.1 ^a	7.7 ^a	6.4 ^b	6.9 ^b	6.4 ^b	6.5 ^b	0.8
DFDN-30 h (% FDN)	27.4 ^d	29.3 ^{cd}	30.2 ^c	34.2 ^b	35.6 ^b	38.6 ^a	2.1
CNF	4.5 ^c	9.1 ^{bc}	11.9 ^{abc}	15.9 ^{ab}	18.4 ^a	18.2 ^a	8.0
NDT	45.9 ^b	49.4 ^{ab}	49.8 ^{ab}	52.5 ^a	53.3 ^a	52.7 ^a	5.1
EN _L (Mcal kg ⁻¹ MS)	1.0 ^b	1.1 ^{ab}	1.1 ^{ab}	1.2 ^a	1.2 ^a	1.2 ^a	0.1
Cenizas	13.7 ^a	12.5 ^{ab}	12.4 ^{ab}	11.5 ^b	11.1 ^b	10.9 ^b	1.8
Rendimiento de nutrientes (t ha⁻¹)							
FDN	13.9 ^a	12.4 ^{ab}	11.9 ^b	11.4 ^{bc}	10.9 ^{bc}	10.2 ^c	1.5
DFDN-30 h	3.8	3.6	3.6	3.9	3.9	3.9	0.7
NDT	8.6	9.1	9.1	9.3	9.1	8.5	1.1
EN _L (Mcal ha ⁻¹)	18,659	20,094	19,808	20,548	20,371	18,684	2,448

MS= materia seca, PC= proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido, DFDN-30h= digestibilidad *in vitro* de la FDN a las 30 horas, CNF= carbohidratos no fibrosos, NDT= nutrientes digestibles totales, EN_L= energía neta de lactancia.

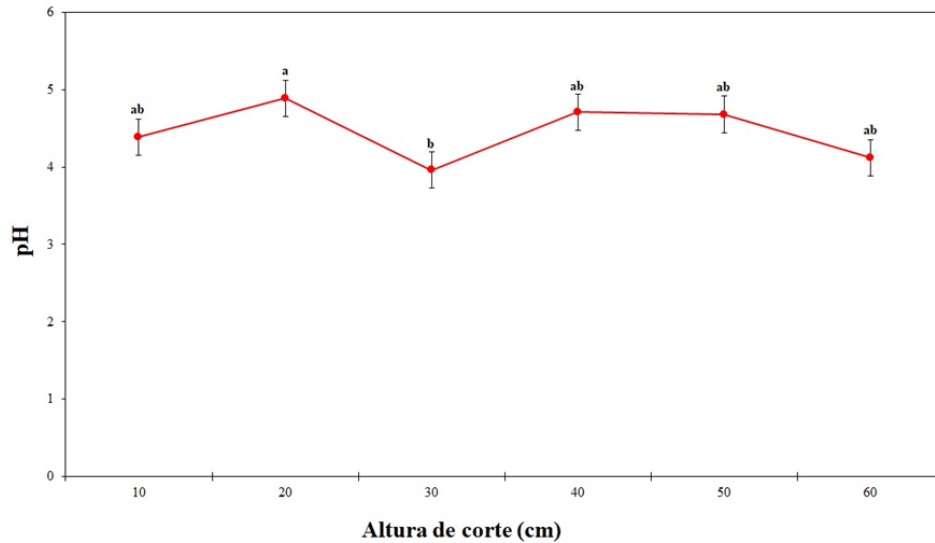
^{abcd} Medias con diferente superíndice entre hileras son significativamente diferentes ($P<0.05$).

Como resultado de los cambios observados en los contenidos de FDN y lignina, la DFDN y la concentración de NDT del ensilaje, pueden aumentar a partir de que el forraje se cosechó a alturas de corte de 40 y 20 cm, respectivamente. De igual manera, el contenido de CNF del ensilaje de sorgo aumentó a medida que la altura de corte se incrementó, en donde los tratamientos de altura de corte de 50 y 60 cm fueron los que presentaron la mayor concentración de carbohidratos. Lo anterior, probablemente asociado a la menor lignificación de la fibra y su mayor digestibilidad, lo que a su vez influyó el incremento en la concentración de EN_L del ensilaje a partir de la altura de corte de 40 cm^(6,7).

La reducción del contenido de lignina que se observó en el presente estudio, impactó positivamente al mejorar la digestibilidad de la fibra y la disponibilidad de energía en el ensilaje, lo cual ha sido una estrategia para mejorar la digestibilidad de forrajes fibrosos⁽¹⁶⁾. En un estudio donde aumentaron la altura de corte de 15 a 45 cm en el forraje de maíz criollo, sorgo negro y pasto King grass no se modificaron las concentraciones de lignina y FDN en el maíz y en el pasto; sin embargo, la mayor altura de corte redujo la concentración de FDN en 4.2 % y lignina en 1.3 % en el forraje de sorgo⁽⁸⁾. En otro estudio similar, el aumento de la altura de corte de 12 a 45 cm en maíz forrajero a la cosecha redujo el contenido de lignina en 0.5 %, lo que contribuyó al aumento de la digestibilidad de la fibra en 2.4 % en el ensilaje de maíz⁽⁹⁾. Se ha reportado que por cada unidad porcentual que se incrementa la DFDN en el forraje, aumenta el consumo de MS y producción de leche en las vacas en 0.17 y 0.25 kg d⁻¹, respectivamente⁽¹⁷⁾.

Respecto a la producción de nutrientes, se encontró que el rendimiento de FDN, disminuyó a medida que se incrementó la altura de corte del forraje a la cosecha (Cuadro 2). Lo anterior debido a la disminución en la concentración de la FDN del ensilaje y el aumento de rendimiento de MS del forraje a medida que se eleva la altura de corte del forraje. Sin embargo, la altura de corte no afectó los rendimientos de DFDN, NDT y EN_L.

El pH del ensilaje de sorgo, en respuesta a la altura de corte del forraje a la cosecha se presenta en la Figura 2. Cortar el forraje de sorgo a una altura de 30 cm de la base del suelo podría favorecer una mejor fermentación del ensilaje, ya que se observó un pH más bajo (3.9). En contraste, el ensilaje de forraje de sorgo cortado a una altura de 20 cm registra el valor más alto (4.8). En relación a las demás alturas de corte; 10, 40, 50 y 60 cm no fueron estadísticamente diferentes, y cortar a 10 cm podría propiciar un pH en el ensilaje similar que cosechar el forraje a 30 cm. El pH final del ensilaje puede ser afectado por muchos factores, pero está mayormente relacionado a la concentración de carbohidratos en el forraje⁽¹³⁾. En el presente estudio, la concentración de CNF en el ensilaje comienza a aumentar a partir de que el forraje se cortó a 30 cm (Cuadro 2), lo cual coincide con el pH reducido del ensilaje en este tratamiento. Sin embargo, es importante analizar otros compuestos orgánicos y productos finales de la fermentación que ayuden a confirmar este efecto en investigaciones futuras. En maíz forrajero, el aumento de la altura de corte del forraje de 12 a 45 cm no modificó el pH del ensilaje, pero aumentó la concentración de CNF como el almidón⁽⁹⁾.

Figura 2: pH del ensilaje de sorgo en respuesta a la altura de corte en el forraje de sorgo a la cosecha

Medias con diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

En conclusión, al cortar el forraje de sorgo entre 20 y 40 cm de la superficie del suelo se obtuvo un ensilaje con menor contenido de lignina, mayor digestibilidad de la fibra y buen contenido de energía, sin comprometer el rendimiento de MS por hectárea. Además, cosechar el forraje a 30 cm de la base del suelo propicia una buena fermentación del ensilaje. Por lo tanto, incrementar la altura de corte del forraje de sorgo hasta 40 cm sobre la base del suelo mejora la calidad nutritiva del ensilaje sin reducir significativamente el rendimiento de MS.

Literatura citada:

1. Jahanzad E, Jorat M, Moghadam H, Sadeghpour A, Chaichi MR, Dashtaki M. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agric Water Managen* 2013;117:62-69. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.11.001>.
2. Peacock JM. Response and tolerance of sorghum to temperature stress. *Sorghum in the Eighties. Proc Int Symp Sorghum, Patancheru, India 1982*;1981:143-159.
3. Saberi AR, Siti AH, Halim RA, Zharah AR. Morphological responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. *African J Biotechnol* 2011;10:9647-9656. DOI: 10.5897/AJB11.778.
4. Singh BR, Singh DP. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crop Res* 1995;42:57-67. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(95\)00025-L](https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00025-L).

5. Pedersen JF. Annual forages: New approaches for C-4 forages. In: Janick J. editor. Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA 1996;246-251.
6. Grant RJ, Haddad SG, Moore KJ, Pedersen JF. Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. J Dairy Sci 1995;78:1970-1980. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76823-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76823-0).
7. Miron J, Zuckerman E, Adin G, Solomon R, Shoshani E, Nikbachat M, *et al.* Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. Anim Feed Sci Technol 2007;139:23-39. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.01.011>.
8. Elizondo-Salazar JA. Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. Agron Mesoam 2017;28(2):329-340. doi 10.15517/ma.v28i2.23418.
9. Neylon JM, Kung Jr L. Effect of cutting height and maturity on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. J Dairy Sci 2003;86:2163-2169. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73806-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73806-5).
10. Gonzalez FC, Peña RA, Núñez HG, Jiménez GCA. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. Rev Fitotec Mex 2005;28(4):393-397.
11. Creel RJ, Fribourg HA. Interaction between forage sorghum cultivars and defoliation managements. Agronomy J 1981;73(3):463-469. <https://doi.org/10.2134/agronj1981.00021962007300030018x>
12. Iptas S, Brohi AR. Effect of nitrogen rate and stubble height on dry matter yield, crude protein content and crude protein yield of a sorghum-sudangrass hybrid [*Sorghum bicolor* (L) Moench × *Sorghum sudanese* (Piper) Stapf.] in the three cutting systems. J Agron & Crop Sci 2003;189:227-232. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2003.00001.x>.
13. Kung Jr L, Moulder BM, Mulrone CM, Teller RS, Schmidt RJ. The effect of silage cutting height on the nutritive value of a normal corn silage hybrid compared with brown midrib corn silage fed to lactating cow. J Dairy Sci 2008;91:1451-1457. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0236>.
14. Sucu E, Kalkan H, Canbolat O, Filya I. Effects of ensiling density on nutritive value of maiz and sorghum silage. Rev Bras Zoo 2016;45(10):596-603. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016001000003>.

15. Contreras-Govea FE, Albrecht KA, Muck RE. Spring yield and silage characteristics of kura clover, winter wheat, and mixtures. *Agron J* 2006;98:781-787. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0248>.
16. Adesogan AT, Arriola KG, Jiang Y, Oyebade A, Paula EM, Pech-Cervantes AA, *et al.* Symposium review: Technologies for improving fiber utilization. *J Dairy Sci* 2019;102:5726-15334. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15334>.
17. Oba M, Allen MS. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci* 1999;82:589-596. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75271-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9).