

Valor nutricional del forraje de sorgos evaluados en el Bajío

Jaime Cruz Rodríguez-Gómez^{1,§}

Miguel Hernández-Martínez²

1 Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56264.

2 Campo Experimental Bajío-INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Celaya, Guanajuato, México. CP. 38110.

Autor para correspondencia: rodriguez.jaime@colpos.mx.

Resumen

El forraje de sorgo generalmente proporciona rendimientos similares al del maíz, su ensilado contiene menos almidón, proteínas similares y más fibra que el maíz, y cuenta con un requerimiento hídrico menor, lo que lo ha convertido en una alternativa ante el maíz forrajero. En el Laboratorio de Nutrición Animal del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduado, *Campus* Montecillo, en 2022 se llevó a cabo el análisis bromatológico de muestras de forrajes provenientes de cultivares de sorgo cultivados durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2021 en el Campo Experimental Bajío del INIFAP, con el objetivo de evaluar su valor nutricional. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó a través de una prueba de Tukey 5% para la comparación de medias entre cultivares, empleando el paquete estadístico RStudio 4.3.3. El cultivar Súper Sorgo 35 presentó los valores más altos para fibra detergente neutro (76.19%) y proteína total (13.52%). Los cultivares Silage king (95.6%), Silo Máster (20.05%), ET-V1 (56.87%) y RB Cañero (1.84%) presentaron los valores más altos para materia seca, cenizas, fibra detergente ácido y extracto etéreo, respectivamente. El forraje de sorgo presentó diferencias estadísticas significativas entre cultivares para todas las variables estudiadas, sobresaliendo Silage King y Súper Sorgo 35 con mayor porcentaje de materia seca y proteína, respectivamente, en comparación con el resto de los cultivares evaluados. El valor nutritivo del forraje de los sorgos evaluados fue sobresaliente, por lo que este cultivo es una alternativa para la alimentación animal.

Palabras clave:

Sorghum bicolor(L.) Moench, extracto etéreo, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro.



Introducción

En la producción de lechera la alimentación representa aproximadamente el 60% de los gastos totales de esta actividad, en este sentido, la producción de leche y carne depende en gran medida de la cantidad de forraje presente en la dieta animal. A nivel mundial la alimentación animal a base de forrajes se realiza con cultivos que producen bajo rendimiento, escaso valor nutricional y por ende, un impacto negativo en la producción pecuaria (Fardin, 2023).

El sorgo puede cultivarse como grano o forraje. Es un importante cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos en muchas partes del mundo debido a su adaptabilidad a diferentes ambientes (Sánchez *et al.* , 2002 ; Fonseca *et al.* , 2012 ; Amelework *et al.* , 2015). El sorgo es un cultivo forrajero ideal debido a su alto potencial de rendimiento, rápido crecimiento y rebrote, resistencia a la sequía, capacidad de crecer en ambientes cálidos y secos y supervivencia en condiciones de anegamiento (Meyer y Brosz, 1979).

Los sorgos etanoleros evaluados en esta investigación son de ciclo intermedio (135 a 140 días a madurez de grano), se adaptan a climas cálidos, semicálidos y templados, con fechas de siembra otoño-invierno y primavera-verano, densidad de siembra 15 kg ha⁻¹, 75 a 85 días a floración, presentan un rendimiento potencial de biomasa de 55 a 80 t ha⁻¹, concentran 16° brix y permite 2 a 3 cortes, dependiendo del riego, fecha de siembra y localidad. Los súper sorgos son híbridos que presentan una tasa de crecimiento aproximado de 6.4 cm por día, una altura al base de la panoja de 5.20 m a 81 dds, una producción de materia verde de 173 t ha⁻¹, concentran 14° brix. Pueden ser utilizados como biocombustible con base a su alto rendimiento de biomasa, como forraje para alimentar animales, cuya demanda crece cada día mundialmente.

Los sorgos forrajeros son híbridos de ciclo intermedio, producen una panoja grande semicompacta de grano blanco. Crecen de 2.5 a 3.1 m, presentan un ciclo vegetativo intermedio con 75 días promedio para corte, ahijamiento mediano-alto, resistentes al acame, poseen una adaptabilidad de hasta 2 000 msnm y una tolerancia alta a enfermedades foliares. Los cultivos forrajeros diferentes al sorgo generalmente toleran menos sequía, aunado a ello, existe un déficit enorme de forraje en diversos países y se prevé que el déficit de forrajes verde alcance entre el 40 y 60% y los forrajes secos el 20%, sobre todo en los países en desarrollo, por lo tanto, es imperativo la producción de cultivos que proporcionen forrajes de buena calidad y alto valor nutricional para satisfacer la demanda de piensos para la alimentación animal (Mutalik *et al.* , 2020).

En comparación con el maíz, el sorgo utiliza el agua de forma más eficiente, lo cual es importante en zonas donde el riego es limitado o hay mayor probabilidad de sequía. El costo de producción del sorgo forrajero es menor en comparación con el maíz, principalmente debido a los menores costos de semilla y riego (Bernard, 2015). Se reporta que las necesidades hídricas son entre un 30% y un 50% menores que las del maíz, lo cual es un factor importante en zonas que dependen del riego para producir un cultivo. El sorgo forrajero puede plantarse más tarde en la temporada de crecimiento que el maíz y aun así producir rendimientos similares. El sorgo forrajero tolera una menor fertilidad del suelo que el maíz (Borba *et al.* , 2012) y aun así produce rendimientos razonables y responde bien a la fertilización. El sistema radicular fibroso, profundo y adventicio del sorgo forrajero (crece hasta 140 cm de profundidad), le permite extraer y utilizar la humedad y los nutrientes del suelo de forma más eficiente.

Los principales criterios de selección para mejorar el valor nutricional del forraje son mayor digestibilidad *in vitro* de la materia seca y un menor contenido de lignina (Casler, 2001). La forma más precisa de determinar el valor nutricional del forraje es por medio de análisis bromatológico, que permitió separar la fracción fibrosa detergente neutra (FDN) y fracción fibrosa detergente ácida (FDA). La FDA corresponde a la celulosa lignificada, que es indigerible, por lo que se correlaciona negativamente con la digestibilidad. Un contenido de proteína inferior al 6% en la materia seca se considera deficiente (Singh *et al.* , 2018).

Por otra parte, en México, a nivel nacional, en el año 2023, la superficie sembrada de sorgo forrajero fue de 118 527 ha, de las cuales se cosecharon 96 329 ha, con una producción de 2 718 448 t y un rendimiento promedio de 28.22 t ha⁻¹ (SIAP, 2023). El estado de Coahuila es el principal

productor de sorgo forrajero, con una superficie sembrada de 24 403 ha y producción de 786 020 t ha⁻¹ (SIAP, 2023). La mayor parte de la producción se utiliza para la elaboración de piensos.

Fardin *et al.* (2023) al evaluar el valor nutricional y características agronómicas del sorgo forrajero bajo estrés por sequía, reportaron que el contenido de proteína cruda del forraje de sorgo fue afectado por diferentes niveles de riego, el contenido de proteína más alto se registró bajo el tratamiento de riego de estrés leve en 13.6%. El contenido de proteína cruda disminuyó a 6.9% con el tratamiento de estrés extremo y fue significativamente diferente en los genotipos evaluados. Granados-Niño *et al.* (2021) al evaluar el efecto de la altura de corte de sorgo a la cosecha sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilaje, encontraron que el rendimiento de MS se redujo a partir de cosechar a 40 cm sobre el suelo. La fibra 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 (ENL) del ensilaje aumentó a partir de cosechar a 20 cm. El pH óptimo del ensilaje se obtuvo cuando se cosechó a 30 cm.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el valor nutricional del forraje de cultivares de sorgos forrajeros, etanoleros y Súper Sorgos cultivados en el Bajío, México, para determinar su potencial en la alimentación animal.

Materiales y métodos

Ubicación del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Programa de Ganadería, del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo; no obstante, los materiales fueron evaluados con respecto a sus características agronómicas en el Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), durante el ciclo agrícola otoño-invierno de 2021.

Material vegetal

El material vegetal consistió en muestras de forraje de cultivares de sorgos forrajeros: Silo Máster, Silo Miel y Silage King (testigo), sorgos etanoleros: ET-V1, ET-V2, ET-V3, ET-V4, ET-V5 y RB-Cañero (testigo) y súper sorgos: SS-02, SS-09 y SS-35. Se muestrearon tres individuos por genotipo, las muestras se tomaron del estrato medio de las plantas a razón de tres hojas por plantas. En el laboratorio las muestras se secaron en una estufa a 45 °C y luego se molieron las hojas de cada genotipo y se conformó una muestra compuesta por genotipo.

Diseño experimental

En laboratorio se utilizó un diseño experimental completo al azar con tres repeticiones. En campo los materiales se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental consistió en cuatro surcos de 5 m de longitud y 0.76 m de ancho, la siembra se llevó a cabo a chorrillo a razón de dos gramos de semillas por metro lineal, la superficie total del ensayo fue de 1 700 m².

Fertilización

La fertilización se llevó a cabo utilizando la fórmula 180-40-00, de esta se aplicó a la siembra 90-40-00 y el resto del nitrógeno a los 35 dds con la fórmula 90-00-00, se utilizó como fuente comercial Urea y súper fosfato triple.

Variables evaluadas

El valor nutricional de los cultivares de sorgo se estimó mediante las variables materia seca (MS), cenizas (C), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) a través del método Van Soest (1972), proteína (PT) empleando el método Kjeldahl y extracto etéreo (EE) utilizando el método Goldfish.

Materia seca

Se emplearon muestras de 1 g, las cuales fueron vertidas en crisoles y secadas en una estufa a 110 °C por 24 h, posteriormente, se determinó el porcentaje de materia seca cuando las muestras alcanzaron la temperatura ambiente, mediante la siguiente ecuación:

$$\%MS = \frac{\text{pesodemuestraseca}}{\text{pesodemuestrahúmeda}} \times 100$$

Cenizas

Muestras de 1 g se vertieron en crisoles y se introdujeron en una mufla a 600 °C durante 12 h para su secado, transcurrido ese tiempo, se disminuyó la temperatura de la mufla paulatinamente hasta llegar a 100 °C, una vez alcanzada dicha temperatura, se extrajeron las muestras y se transfirieron a un desecador. Se determinó el porcentaje cenizas cuando las muestras estaban a temperatura ambiente, mediante la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{(\text{pesodelcrisol} + \text{muestra}) - (\text{pesodelcrisol} + \text{cenizas})}{\text{pesodelamuestra}} \times 100$$

Fibra detergente neutro

Se pesaron 0.4 g de muestras y se introdujeron en una estufa a 55 °C para su secado, posteriormente se vertieron en tubos de ensayo de 50 ml y se le añadieron 35 ml de solución detergente neutro a temperatura ambiente y 0.3 g de enzima alfa amilasa (1.4-alfa-D-glucan-glucano-hidrolasa); los tubos de ensayo se transfirieron a un digestor con temperatura de 100 °C, a partir del inicio de la ebullición de la solución se cronometró el tiempo hasta que transcurrió una hora, posteriormente se transfirió el contenido de los tubos a embudos de filtrado cubiertos con papel filtro Whatman # 541, previamente pesados y secados en una estufa a 110 °C, las muestras contenidas en los embudos de filtrado se lavaron con agua destilada a 100 °C, el proceso de lavado se repitió hasta que toda la solución estuviese filtrada. Se procedió de la misma manera con acetona, en una sola ocasión, el proceso de filtrado se realizó mediante succión con una bomba de vacío, posteriormente, se doblaron cuidadosamente los papeles filtro que contenían la muestras y se secaron en una estufa a 100 °C durante 8 h, luego, se transfirieron a un desecador, una vez que las muestras alcanzaron la temperatura ambiente se procedió a registrar su peso. Los rendimientos de la fibra detergente neutro-recuperada se expresaron como porcentaje de constituyentes de la pared celular (CPC). La determinación del porcentaje de fibra detergente neutro se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\%FDN = \frac{(\text{pesodepapel} + \text{muestra}) - (\text{pesodepapel})}{\text{pesodemuestra}} \times 100$$

Fibra detergente ácido

Se pesaron 0.4 g de muestras secadas en una estufa a 55 °C, posteriormente, se vertieron en tubos de ensayo de 50 ml, a estos se le añadieron 35 ml de la solución detergente ácido a temperatura ambiente, los tubos se transfirieron a un digestor con temperatura de 100 °C, a partir del inicio de la ebullición de la solución se cronometró el tiempo hasta que transcurrió 1 h. Posteriormente se transfirió el contenido de los tubos a embudos de filtrado cubiertos con papel filtro Whatman # 541, previamente pesados y secados en una estufa a 110 °C, las muestras contenidas en los embudos de filtrado se lavaron con agua destilada a 100 °C, el proceso de lavado se repitió hasta que toda la solución estuviese filtrada, se procedió de la misma manera con acetona, en una sola ocasión, el proceso de filtrado se realizó mediante succión con una bomba de vacío, posteriormente, se

doblaron cuidadosamente los papeles filtro que contenían la muestras y se secaron en una estufa a 100 °C durante 8 h, luego se transfirieron a un desecador. Una vez que las muestras alcanzaron la temperatura ambiente se procedió a registrar su peso. Los rendimientos de la fibra detergente ácido recuperada se expresaron como porcentaje de constituyentes de la pared celular (CPC). La determinación del porcentaje de fibra detergente ácido se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\%FDA = \frac{(\text{pesodepapel} + \text{muestra}) - (\text{pesodepapel})}{\text{pesodemuestra}} \times 100$$

Proteína

Se emplearon muestras con peso de 0.3 g secadas en una estufa a 55 °C, estas se vertieron en tubos de mineralización y se le adicionaron 0.5 g de la mezcla catalizadora 'K₂SO₄: CuSO₄: Se (10:1:0,1 en peso)' y 3 ml de H₂SO₄ concentrado. Se colocaron los tubos en un bloque de mineralización, previamente calentado a 100 °C, para la digestión de la materia orgánica, una vez terminada la digestión se retiraron del bloque y se dejaron reposar hasta alcanzar la temperatura ambiente. El contenido de los tubos se transfirió a un destilador, en el extremo del condensador del destilador se colocó un matraz Erlen Meyer de 50 ml con 6 ml de solución de ácido bórico al 4%. Se adicionaron 12 ml de NaOH y se procedió a destilar hasta obtener 20 ml del destilado, se enjuagó el extremo del condensador con la mínima cantidad de agua y se retiró el matraz. Se procedió a titular el destilado con la solución valorada de ácido clorhídrico al 0.1 N. Para determinar el porcentaje de proteína de las muestras se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{denitrógeno} = \frac{\text{mlHCLnormalidadHCL1.4}}{\text{gdemuestra}}$$

$$\% \text{deproteína total} = \% \text{denitrógeno} \times 6.25$$

Extracto etéreo

Se utilizaron vasos para grasa, los cuales fueron secados en una estufa a 110 °C durante 1 h, luego se transfirieron a un desecador, una vez que alcanzaron la temperatura ambiente se procedió a registrar su peso, procurando una precisión de 0.1 mg. Se emplearon muestras con un peso de 2 g, previamente secadas en una estufa a 100 °C, estas fueron colocadas dentro de un dedal limpio, el cual se taponó con algodón, este se colocó en una porta dedal y se fijó en los soportes metálicos del equipo Goldfish. Se añadieron 30 ml de éter etílico a los vasos para grasa y se fijaron al condensador usando un anillo con rosca, a fin de evitar fugas de éter.

Se abrió la llave del agua para enfriar los condensadores y se levantaron las parrillas calientes hasta que tocaran los vasos para grasa. Se giró la perilla de encendido de las parrillas, observando los vasos hasta que el éter empezó a hervir y a condensarse. El periodo de extracción fue de 8 h, a una velocidad de condensación de cuatro gotas de éter por segundo. Transcurrido este tiempo, se apagó totalmente el equipo y se dejó enfriar dejando abierta la llave del agua. Una vez que dejó de gotear éter de la muestra estas se retiraron junto con la porta dedal y en su lugar se colocan los tubos recolectores.

Se colocaron nuevamente en su sitio los vasos para grasa, se encendió el equipo y se subieron las parrillas hasta que tocaron los vasos. Una vez evaporado el éter de los vasos, se bajaron las parrillas para evitar que el calor pegara la grasa recolectada al fondo de los vasos. Los vasos para grasa se retiraron y colocaron dentro de una campana de extracción para dispersar el éter que aún quedaba en la muestra. Una vez que el éter se evaporó de los vasos, se colocaron en una estufa a 110 °C durante 30 min, transcurrido ese tiempo, se transfirieron a un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente y luego se pesaron. El porcentaje de extracto etéreo se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{deextractoetéreo} = \frac{\text{pesodevaso} + \text{grasa} - (\text{pesodevaso})}{\text{pesodemuestra}} \times 100$$

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza empleando el paquete estadístico (Rstudio, 2022). Además, se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para la comparación de medias entre tratamientos.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia estadística de los cuadrados medios de las variables estudiadas.

Variables	Fuentes de variación	CV (%)	R2
Tratamientos			
Materia seca	0.31**	0.09	0.97
Cenizas	10.62**	1.48	0.99
Fibra detergente neutro	22.75**	1.06	0.97
Fibra detergente ácido	22.3**	1.12	0.98
Proteína total	1.74**	4.75	0.83
Extracto etéreo	0.25**	5.18	0.78
Nivel de significancia $p < 0.01$.			

Comparación de medias

El cultivar Súper Sorgo 35 presentó los valores más elevados de FDN (76.19%) y PT (13.52%), en contraposición con los cultivares ET-V3 (67.35%), Súper Sorgo 02 (66.65%) y ET-V1 (65.45%) que presentaron los valores más bajos para FDN; no obstante, ET-V1 presentó el valor más alto en FDA (56.87%) y RB Cañero el valor más bajo (46.70%), de igual manera, ETV-3 presentó el valor más bajo para PT (10.18%) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias entre cultivares de sorgo.

Tratamientos	MS	C	FDN	FDA	PT	EE
ET-V1	94.19 c	18.48 b	65.45 d	56.87 a	10.86 b	1.61 b
ET-V2	94.56 b	19.09 b	70.75 c	55.46 b	11.93 b	1.66 b
ET-V3	94.65 b	17.2 c	67.35 d	53.47 b	10.18 c	1.65 b
ET-V4	94.8 b	14.17 d	72.82 b	49.67 b	10.96 b	1.64 b
ET-V5	94.71 b	13.23 e	75.08 b	52.46 b	11.54 b	1.6 b
Súper Sorgo 02	95.12 b	14.82 d	66.65 d	46.49 c	12.16 b	1.45 c
Súper Sorgo 09	94.85 b	14.61 d	70.73 c	47.79 b	12.52 b	1.45 c
Súper Sorgo 35	95.25 b	15.69 d	76.19 a	48.13 b	13.52 a	1.46 c
RB Cañero	94.92 b	14.2 d	73.46 b	46.7 c	11.53 b	1.84 a
Silo Máster	95.15 b	20.05 a	73.98 b	51.34 b	11.68 b	1.5 c
Silo Miel	95.4 b	18.34 b	70.48 c	51.95 b	12.29 b	1.53 b
Silage King	95.6 a	18.21 b	71.53 b	50.74 b	13 b	1.59 b

MS= materia seca; C= cenizas; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; PT= proteína total; EE= extracto etéreo. Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes Tukey ≤ 0.05 .

El consumo voluntario de forraje de los rumiantes es un parámetro que está relacionado con la FDN, esta debe oscilar entre el 55 y 60% para una apropiada digestibilidad, niveles por encima de estos valores influyen negativamente en el consumo voluntario e inferiores perjudican las condiciones

óptimas de la fermentación ruminal (Van Soest, 1994). Los valores de FDN obtenidos en este estudio fueron superiores al intervalo reportado en la literatura, lo que les confiere un bajo valor nutritivo en cuanto a este parámetro. La FDA indica la fracción menos digestible y está relacionada con la digestibilidad del potencial alimenticio y la calidad de la pared celular (Van Soest *et al.* , 1991 ; Vasconcelos *et al.* , 2005). Autores como Moraes *et al.* (2013) indican que valores superiores al 30% pueden comprometer la alimentación de los animales y el uso de la fuente forrajera.

La investigación de Ferreira *et al.* (2023) al estudiar la composición química y bromatológica del forraje genotipos de sorgos encontraron valores entre 25.22 y 37.91 para MS, 3.4 y 6.3 para PC; 45.77 y 60.41 para FDN y 21.26 y 30.53 para FDA. Los autores manifestaron que, aunque se observaron diferencias significativas entre los 11 genotipos, la composición químico-bromatológica de todos los cultivares evaluados evidencia su potencial para ser utilizados en la producción de ensilaje. Los resultados reportados en este estudio son inferiores a los encontrados en la presente investigación, por lo que su aporte nutricional se ve comprometido.

El nivel de proteína cruda en la dieta de los rumiantes no debe ser inferior al 7% ya que estos valores limitan la actividad de microorganismos en el rumen comprometiendo el crecimiento animal (Van Soest, 1994 ; Pinho *et al.* 2013). En la presente investigación el total de los materiales evaluados presentaron porcentajes superiores al 7%, lo que indica su buena calidad nutricional es este aspecto.

Para las variables MS, C y EE, los cultivares Silage King (95.6%), Silo Máster (20.05%) y RB Cañero (1.84%), respectivamente, presentaron los valores más elevados; ET-V1 y ET-V5 los valores más bajos para MS y C; Silo Máster (1.5%), Súper Sorgo 35 (1.46%), Súper Sorgo 02 y Súper Sorgo 09 ambos con valores de 1.45 presentaron los valores más bajos para EE.

Según Elferink *et al.* (2000) , la calidad del ensilaje está determinada en gran medida por el contenido de materia seca presente en el forraje que se utilice para la elaboración. Un alto contenido de humedad además de dificultar en el manejo del ensilaje conlleva a la pérdida de nutrientes digestibles reduciendo su valor nutricional (Pereira *et al.* , 2007). Si la humedad del forraje es alta, se propicia el establecimiento de bacterias indeseables durante el proceso de fermentación producto del aumento de la degradación de proteínas en el material ensilado (Elferink *et al.* , 2000).

Mejía *et al.* (2019) , al evaluar la producción y calidad nutricional del forraje del sorgo dulce cv. Corpoica JJT-18 en monocultivo e intercalado con maíz y frijol, reportaron valores de 16, 6.7, 58.5 y 36% de MS, PC, FDN y FDA, respectivamente, los autores indicaron que el forraje verde producido por el sorgo dulce presentó una calidad nutricional similar a la del maíz en el contenido de PC, FDN y FDA y superior en los sólidos solubles. Por el contrario, la degradabilidad *in situ* y el contenido de materia seca fueron superiores en el forraje verde de maíz. Los resultados obtenidos de materia seca en esta investigación difieren, siendo estos superiores a lo señalado por estos autores, lo que indica que los materiales evaluados poseen buenas características nutricionales en ciertos aspectos evaluados.

Para la obtención de un ensilaje de alta calidad, el contenido de materia seca de los forrajes debe oscilar entre 28 y 35%, si es mayor, la compactación y la remoción del oxígeno se complica y si es menor conduce a la pérdida de nutrientes y alta producción de ácido butírico (McDonald *et al.* , 1991 ; Skonieski *et al.* , 2010). El trabajo de Gois *et al.* (2022) estudiaron el perfil nutricional y fermentativo del sorgo forrajero Punta Negra irrigado con agua salina, reportaron a los cero días de irrigación valores de 35.94% de MS, 6.51% de PC, 1.85% de EE, 52.07% de FDN y 23.85% de FDA. Para las características químicas-bromatológicas de la planta de sorgo observaron un comportamiento lineal decreciente para los contenidos de materia seca y materia orgánica, mientras que se verificó un efecto lineal positivo para la proteína cruda conforme se incrementaron las fracciones lixiviadas.

Conclusiones

El forraje de sorgo presentó diferencias estadísticas significativas entre cultivares para todas las variables estudiadas, sobresaliendo Silage King y Súper Sorgo 35 con mayor porcentaje de materia seca y proteína, respectivamente, en comparación con el resto de los cultivares evaluados. El valor nutritivo del forraje de los sorgos evaluados fue sobresaliente en algunos aspectos evaluados, por lo que puede sugerirse para la alimentación animal.

Bibliografía

- 1 Amelework, B.; Shimelis, H.; Tongtoona, P.; Mark-Laing, M. and Mengistu, F. 2015. Genetic variation in lowland sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) landraces assessed by simple sequence repeats. *Plant Genet Resour.* 13(2):131-141.
- 2 Bernard, J. K. 2015. Forage sorghum for dairy cattle. <https://articles.extension.org/pages/71948/forage-sorghum-for-dairy-cattle>.
- 3 Borba, L. F. P.; Ferreira, M. D. A.; Guim, A. and Tabosa, J. N. 2012. Nutritive value of different silage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars. *Acta Sci Anim Sci.* 34(2):123-129.
- 4 Casler, M. D. 2001. Breeding forage crops for increased nutritional value. In *Advances in Agronomy.* 71:51-107 Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(01\)71012-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(01)71012-7).
- 5 Elferink, S. J.; Driehuis, F.; Gottschal, J. C. and Spoelstra, S. F. 2000. Silage fermentation processes and their manipulation. *FAO. Plant Production and Protection Papers.* 17-30 pp.
- 6 Fardin, F.; Sani, B.; Moaveni, P.; Afsharmanesh, G. and Mozafari, H. 2023. Nutritional value and agronomic traits of forage sorghum under drought stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.* 48:102624. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102624>.
- 7 Ferreira, F. D. J.; Bonfá, C. S.; Oliveira, D. E. P. D.; Magalhães, M. A.; Parrella, R. A. D. C. and Dallago, G. M. 2023. Chemical-bromatological composition of silages from biomass sorghum genotypes. *Pesquisa Agropecuária Tropical.* 53:e76362. <https://doi.org/10.1590/1983-40632023v5376362>.
- 8 Fonseca, L.; Mezzalana, J. C.; Bremm, C.; Filho, R. S. A.; Gonda, H. L. and Carvalho, P. C. F. 2012. Management targets for maximising the short-term herbage intake rate of cattle grazing in *Sorghum bicolor*. *Livest Sci.* 145(1-3):205-211.
- 9 Gois, G. C.; Silva-Matias, A. G.; Araújo, G. G. L. D.; Campos, F. S.; Simões, W. L.; Lista, F. N.; Machado Guimarães, M. J.; Silva, T. S.; Rodrigues-Magalhães, A. L. and Bevenuto-Silva, J. K. 2022. Nutritional and fermentative profile of forage sorghum irrigated with saline water. *Biological Rhythm Research.* 53(2):246-257. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1629088>.
- 10 Granados-Niño, J. A.; Reta-Sanchez, D. G.; Santana, O. I.; Reyes-González, A.; Ochoa-Martínez, E.; Díaz, F. y Sánchez-Duarte, J. I. 2021. Efecto de la altura de corte de sorgo a la cosecha sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilaje. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 12(3):958-968. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5724>.
- 11 McDonald, P.; Henderson, A. R. and Heron, S. J. E. 1991. The biochemistry of silage 2nd. Ed. Marlow. Chalcombe. 180-197 pp.
- 12 Mejía-Kerguelén, S.; Tapia-Coronado, J. J.; Atencio-Solano, L. M. y Cadena-Torres, J. 2019. Producción y calidad nutricional del forraje del sorgo dulce en monocultivo e intercalado con maíz y frijol. *Pastos y Forrajes.* 42(2):133-142.

- 13 Meyer, D. W. and Brosz, J. D. 1979. Evaluation of sweet sorghum in North Dakota. Final report on purchase order S-2975. Battelle, Columbus, OH. 5-9 pp.
- 14 Moraes, S. D. D.; Jobim, C. C.; Silva, M. S. D. and Marquardt, F. I. 2013. Production and chemical composition of hybrid sorghum and corn for silage. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 14(4):624-634.
- 15 Mutalik-Desai, S. G.; Vaidya, P. S. and Pardo, P. A. 2020. Commercial sector breeding of sorghum: current status and future prospects. *Sorghum in the 21st century: Food-fodder-feed-fuel for a rapidly changing world*. 333-354 pp.
- 16 Pereira, E. S.; Mizubuti, I. Y.; Pinheiro, S. M.; Villarroel, A. B. S. and Clementino, R. H. 2007. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays* , L). *Revista Caatinga*. 20(3):8-12.
- 17 Pinho, R. M. A.; Santos, E. M.; Rodrigues, J. A. S.; Macedo, C. H. O.; Campos, F. S.; Ramos, J. P. D. F. and Perazzo, A. F. 2013. Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 14(3):426-436.
- 18 Sánchez, A. C.; Subudhi, P. K.; Rosenow, D. T. and Nguyen, H. T. 2002. Mapping QTLs associated with drought resistance (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Plant. Mol. Biol.* 48:713-726.
- 19 SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- 20 Singh, S; Bhat, B. V.; Shukla, G. P.; Singh, K. K. and Gehrana, D. 2018. Variation in carbohydrate and protein fractions, energy, digestibility and mineral concentrations in stover of sorghum cultivars. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*. 6(1):42-52. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(6\)42-52](https://doi.org/10.17138/TGFT(6)42-52).
- 21 Skonieski, F. R.; Nornberg, J. L.; Azevedo, E. B.; David, D. B.; Kessler, J. D. and Menegaz, A. L. 2010. Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 32(1):27-32.
- 22 Van Soest, P. J. 1972. Forage fiber analyses (apparatus, reagentes, procedures and some applications). Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. *Agricultural Handbook* Nº. 379. 20 p.
- 23 Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Ed. Ithaca. Cornell University. 320-354 pp.
- 24 Van-Soest, P. J.; Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10):3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S00220302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S00220302(91)78551-2).
- 25 Vasconcelos, R. C. D.; Von-Pinho, R. G.; Rezende, A. V.; Pereira, M. N. y Brito, A. H. D. 2005. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. *Ciência e Agrotecnologia*. 29(6):1139-1145. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000600006>.



Valor nutricional del forraje de sorgos evaluados en el Bajío

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 1 June 2025
Date accepted: 1 August 2025
Publication date: 12 November 2025
Publication date: Oct-Nov 2025
Volume: 16
Issue: 7
Electronic Location Identifier: e3854
DOI: 10.29312/remexca.v16i7.3854

Categories

Subject: Artículos

Palabras clave:

Palabras clave:

[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]

extracto etéreo

fibra detergente ácido

fibra detergente neutro

Counts

Figures: 0

Tables: 2

Equations: 7

References: 25