

## Comportamiento y calidad del forraje de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench, *Poaceae*) en Jalisco

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, MIRAMONTES-SÁNCHEZ, Estefanía, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel

Universidad de Guadalajara. Carr. Guadalajara-Nogales km 15.5, Nextipac, Zapopan, Jalisco

Recibido 11 de Abril, 2017; Aceptado 16 de Junio, 2017

### Resumen

El sorgo forrajero se siembra en 375,000 ha anuales en México. Jalisco tiene 350,000 cabezas de bovinos que requieren forraje. El sorgo es para ensilaje, verde o henificado. Es opción si hay humedad insuficiente para el maíz. El objetivo fue identificar la calidad forrajera de híbridos de sorgo del CUCBA. En junio de 2015 se sembraron en Zapopan, Jalisco, en temporal, diez híbridos forrajeros experimentales y cuatro testigos comerciales, dos repeticiones, diseño completamente aleatorio. Las variables: materia seca, fibras detergente neutro y ácido, lignina, proteína cruda, digestibilidad, rendimiento verde, altura, acame y días a floración. Los experimentales sobresalientes A102xRG311, A102xR3011 y A101xR3011 presentaron digestibilidad (63-69%), materia seca (64-79%), fibra detergente neutro (49%), rendimiento verde (44-48 t/ha) y tolerancia al acame, valores comparables o mejores al mejor testigo Dale. Con los experimentales selectos se obtuvo mejora en más fibra detergente neutro y menor fibra detergente ácido, más proteína en dos de los tres híbridos, menor tamaño de planta y más tolerancia al acame. El rendimiento verde de los híbridos puede aumentarse con mayor densidad de siembra, porque son tolerantes al acame. La digestibilidad del material experimental estuvo al nivel de los testigos.

### Materia seca, digestibilidad, rendimiento verde

### Abstract

Forage sorghum is planted in México in 375,000 ha annually. In Jalisco, there are about 350,000 bovine as well as other ruminants. Sorghum is used as silage, green chopped or hay. The aim of this work was to determine forage quality in sorghum forage hybrids obtained at CUCBA. Planting of ten experimental hybrids and four varieties as controls was done in July 15, 2015, in rainfed conditions. Experimental design was completely random with two replications. Variables were dry matter content, neutral and acid detergent fibers, lignine, crude protein, dry matter digestibility, green yield, plant height and lodging. Samples were cut 38 days after blooming and analyzed at the Animal Nutrition Lab. Outstanding experimental hybrids A102xRG311, A102xR3011 and A101xR3011 showed dry matter digestibility (63-69%), dry matter content (64-79%), neutral detergent fiber (49%), green yield (44-48 t/ha) and lodging tolerance, similar or above to the check Dale's figures. These hybrids provided better neutral detergent fiber, less acid detergent fiber, a higher level of protein, shorter stems and better lodging tolerance, than the varieties used as controls. Improved forage yields in hybrids can be achieved by a higher planting rate, as they are lodging tolerant. Dry matter digestibility in the hybrids remained at a similar level than the controls.

### Dry matter, digestibility, green yield

**Citación:** JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, MIRAMONTES-SÁNCHEZ, Estefanía, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel. Comportamiento y calidad del forraje de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench, *Poaceae*) en Jalisco. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-2:48-58

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ajc\_swlabr@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

El sorgo forrajero, que incluye los híbridos de *Sorghum bicolor*, el pasto Sudán *Sorghum sudanense* y los híbridos de *S. sudanense* x *S. bicolor*, se siembra en 230 000 ha de temporal y en 145 000 ha de riego. Chihuahua, Sinaloa y Nuevo León predominantemente de temporal; Coahuila y Sonora en forma predominante bajo riego, siembran el 70% (Améndola *et al.*, 2005). En Jalisco la superficie es menor debido a que existen buenas condiciones pluviométricas para cultivar maíz forrajero ([http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios\\_promercado/GRANOS.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf), consultado en enero 2017).

El sorgo es alimento para bovinos y otros rumiantes en forma de ensilaje o picado verde. Jalisco tiene 350,000 cabezas de ganado bovino y otros rumiantes que requieren volúmenes de forraje para su alimentación. Este cultivo puede producir forraje en tierras con humedad restringida, donde el maíz encuentra limitaciones para su producción. La ganadería demanda forraje de buena calidad para producción de leche o carne. El aumento en costos de producción y la necesidad de forrajes en cantidades suficientes para el ganado puede representar una limitación en la actividad pecuaria. Los ganaderos requieren una fuente de energía y fibra a un costo razonable y en volúmenes adecuados a su explotación. En los lugares donde se requiere un uso eficiente del agua, o donde es costoso producir otros forrajes, una opción viable puede ser el sorgo forrajero, cuya semilla es más económica, requiere menos humedad que otros cultivos, y por ser una planta C4 tiene una importante capacidad para acumular biomasa.

## Justificación

Obtener material genético de sorgo disponible para empresas de semilla nacionales y asociaciones de productores organizados, para reducir costo de producción.

## Problema

Costo de la simiente en dólares, costos de producción que limitan la utilidad del ganadero, necesidad de forraje de mejor calidad.

## Hipótesis

Los híbridos forrajeros de sorgo tienen mayor capacidad de producción y calidad que las variedades en uso presente.

## Objetivos

### Objetivo general

Documentar características agronómicas y forrajeras de material genético de sorgo del Programa de Mejoramiento del CUCBA para el occidente de México.

### Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento y caracteres agronómicos de los sorgos para forraje.
- Determinar la calidad del forraje de los sorgos híbridos en comparación a variedades testigo, para alimentación de rumiantes.

## Marco teórico

**Contenido y digestibilidad de la materia seca.** La materia seca es el total de compuestos que la planta acumula en función de su metabolismo específico. Incluye carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, etc. La determinación de la materia seca se realiza en los forrajes que tienen un contenido de agua muy variable.

Algunas plantas contienen grandes cantidades de aceites esenciales, terpenos y otras sustancias volátiles que pueden perderse durante la desecación (Pond y Church, 2003). Las técnicas *in vitro* para digestibilidad requieren el sustrato o forraje, la saliva artificial o una solución buffer de minerales y el inoculo ruminal. La técnica propuesta por Tilley y Terry (1963) involucra una incubación con líquido ruminal durante 48 horas para digerir la fibra y una segunda etapa de digestión con toxina ácida para reproducir la degradación de las proteínas del alimento, por bacterias y por enzimas digestivas del abomaso de los rumiantes.

**Carbohidratos estructurales.** Los carbohidratos son compuestos químicos neutros que contienen carbono, oxígeno y nitrógeno. Los carbohidratos representan entre el 50 y 80 % de la materia seca del forraje y los granos. Son la principal fuente de energía en un forraje. Los polisacáridos estructurales son la celulosa y hemicelulosa, que pueden asociarse con la lignina. Estas son las fibras de la pared celular que aportan fuerza a la estructura de la planta. La celulosa es el carbohidrato más abundante en la naturaleza. La población microbiana del rumen tiene las enzimas necesarias para extraer glucosa de la celulosa y de la hemicelulosa. La disminución de lignina en la biomasa lignocelulósica de los vegetales, puede incrementar la digestibilidad del forraje para el ganado rumiante. En sorgo y otros pastos C4, los mutantes de nervadura café muestran una reducida concentración de lignina (Sattler *et al.*, 2014), lo que los hace de gran utilidad en la alimentación animal.

## Materiales y Métodos

**Materiales genéticos.** Los híbridos de sorgo se formaron en el verano 2014, por medio de androesterilidad génico-citoplásmica en las líneas hembra cruzadas con machos forrajeros restauradores de la fertilidad masculina.

En 2015 se evaluaron 10 genotipos de sorgo forrajero. Se incluyeron cuatro variedades forrajeras como testigos.

HEMBRA	MACHO	TESTIGOS
A103	R3011	Theiss
A101	R901	Topper
A101	R3011	Dale
A101	R904	Tx2989
A021	R3011	
A021	RG311	
A102	R902	
A102	R901	
A102	R3011	
A102	RG311	

**Tabla 1** Híbridos de sorgo evaluados y variedades testigo.

**Métodos.** Se obtuvieron muestras de 5 plantas completas en la etapa de grano lechoso-masoso. El material vegetal se cortó a un tamaño aproximado de 2.5 x 2.5 cm, se colocó en bolsa de plástico cerrada hermética y las muestras se llevaron al Laboratorio de Calidad de Alimentos del Departamento de Producción Animal, para determinar la calidad del forraje. Las variables agronómicas analizadas fueron rendimiento verde (RVE), altura de planta (ALT), tolerancia al acame (ACA) y días a floración (DF). Las variables de calidad consideradas fueron contenido de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA), lignina (LIG), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIV).

Para el análisis de calidad del forraje se siguieron las metodologías anotadas en la tabla 2.

Variable	Método	Referencia
Materia seca	Secado y diferencia de peso	Hernández <i>et al.</i> (2008)
Proteína cruda	Kjeldahl	Hernández <i>et al.</i> (2008)
Fibra detergente neutro	Fracción de fibra	Van Soest y Wine (1968, 1991)
Fibra detergente ácido	Fracción de fibra	Van Soest y Wine (1968, 1991)
Lignina detergente neutro	Fracción de fibra	Van Soest y Wine (1968, 1991)
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	Digestión de forrajes	Tilley y Terry (1963)

**Tabla 2** Métodos para determinar calidad de forraje

**Diseño experimental.** La información de campo y de laboratorio se procesó de acuerdo con el diseño Completamente Aleatorio, con dos repeticiones (Steel y Torrie, 1960). Se utilizó el análisis de varianza, que detecta diferencias significativas entre tratamientos, asigna diferencias a otras fuentes de error como los sujetos, los grupos, los períodos y causas aleatorias, las cuales son el error experimental. La prueba de rango múltiple de Tukey (Steel y Torrie, 1960) se usa para hacer un número elevado de comparaciones. El valor para realizar las comparaciones, se nombra Diferencia Mínima Significativa de Tukey.

**Desarrollo del experimento.** En el Campo Experimental del CUCBA, en el municipio de Zapopan, Jalisco (20°25'30'' a 20°57'00'' N, 103°19'30'' a 103°39'20'' W, 1,548 metros sobre el nivel del mar), se sembraron en junio de 2015, en condiciones de temporal, 14 genotipos de sorgo en parcelas de dos surcos de cuatro metros de largo.

El cultivo se manejó en forma similar a las siembras comerciales. La densidad de población aproximada fue de 210,000 plantas ha<sup>-1</sup>, la fertilización fue 100-50-00. Durante el desarrollo del sorgo se obtuvieron los datos agronómicos. Entre 35 y 38 días después de la floración, en la etapa fenológica del grano en estado lechoso-masoso, se cortaron las plantas en dos m<sup>2</sup>, al eliminar las orillas en ambos extremos de cada parcela, en esta forma se obtuvo el rendimiento verde. Enseguida se obtuvieron muestras de cinco plantas de cada genotipo. Las plantas completas se cortaron a un tamaño aproximado de 2.5x2.5 cm, el material se homogeneizó, una muestra de un kilogramo se colocó en bolsas de plástico que se cerraron herméticas, y se llevaron al Laboratorio de Nutrición Animal del CUCBA para efectuar los análisis. Para obtener el líquido ruminal necesario en la determinación de digestibilidad *in vitro*, una parte de la cosecha de sorgo se utilizó en forma posterior para alimentar por un mes un macho de raza Pelibuey, más suplementos nutricionales, para adecuar la flora del rumen a la digestión del forraje de sorgo.

## Resultados

**Análisis de variables agronómicas.** La tabla 3 muestra los cuadrados medios y la significancia estadística para las variables agronómicas observadas. Se identificó significancia estadística  $p \leq 0.05$  en las cuatro variables estudiadas.

Fuente de variación	Rend. verde ton ha <sup>-1</sup>	Altura de planta cm	Tolerancia a acame	Días a flor
Genotipos	230.89*	483.95*	4.18*	9.41*

significativo  $p \leq 0.05$ .

**Tabla 3** Cuadrados medios de variables agronómicas en 14 genotipos de sorgo forrajero

**Análisis de variables de calidad de forraje.** La tabla 4 contiene los cuadrados medios y la significancia de las estimaciones de calidad de forraje. Se encontró significancia estadística a la probabilidad  $p \leq 0.05$  en todos los caracteres considerados.

Fuente de variación	DIV %	MS %	FDN %	FDA %	LIG %	PC %
Genotipos	42.2*	10.8*	59.4*	40.0*	8.4*	8.8*

\* significativo  $p \leq 0.05$ .

DIV=digestibilidad in vitro de la materia seca; MS=materia seca; FDN=fibra detergente neutro; FDA=fibra detergente ácido; LIG=lignina; PC=proteína cruda.

**Tabla 4** Cuadrados medios de variables de calidad de forraje en 14 genotipos de sorgo

**Valores observados en los caracteres agronómicos.** En la tabla 5 se anotan los datos que corresponden a los caracteres agronómicos de los sorgos evaluados.

Entre los híbridos sobresalientes, A102xR901 obtuvo una producción verde de 69.2 ton ha<sup>-1</sup>, que en forma estadística fue más elevada que el resto de los sorgos. A102xRG311, A102xR3011 y A101xR3011 presentaron rendimiento verde (43.7 a 48.0 ton ha<sup>-1</sup>) comparable estadísticamente al mejor testigo Dale (46.4 ton ha<sup>-1</sup>), aunque produjeron menos que Topper (58.7 ton ha<sup>-1</sup>).

Genealogía	Rend. verde ton ha <sup>-1</sup>	Altura planta cm	Tolerancia a acame 1-10	Días a flor
Dale	46.4 g	210 bc	9.5 a	83 ab
Topper	58.7 bcd	216 bc	6.5 c	83 ab
(A021 x R3011)	54.2 de	207 bc	7.5 b	84 ab
(A102 x RG311)	43.7 g	196 c	9.0 ab	82 b
(A102 x R901)	69.2 a	208 bc	9.5 a	81 b
Tx2989	59.2 bc	219 abc	5.0 c	83 ab
Theiss	51.4 ef	212 bc	7.0 cb	78 c
(A021 x RG311)	52.0 e	194 c	9.0 ab	82 b
(A102 x R3011)	43.5 g	206 bc	8.5 ab	82 b
(A101 x R904)	48.0 fg	247 a	7.5 b	84 ab
(A102 x R902)	24.0 h	226 ab	6.5 c	81 b
(A101 x R3011)	48.0 fg	212 bc	7.0 cb	78 c
(A101 x R901)	69.2 a	204 bc	9.5 a	83 ab
(A103 x R3011)	52.6 e	184 d	9.5 a	88 a

Tukey 0.05 4.7 28.2 2.3 5.6

x̄ experimento 49.2 209.2 7.7 82.6

**Tabla 5** Valores observados en variables agronómicas de 14 genotipos de sorgo forrajero

La altura de planta de los experimentales sobresalientes, se encontró entre 196 y 212 cm, cercana a los testigos Dale y Topper (210 y 216 en forma respectiva).

Estos tamaños de planta no representaron problema de acame (calificación entre 7 y 9), excepto en el testigo Topper, que tuvo más plantas caídas (calificación 6.5). La madurez fue similar entre todos los sorgos evaluados (83 a 88 días a floración), excepto en A101xR311 y el testigo Theiss (78 días a floración).

**Valores observados en los caracteres de calidad de forraje.** La tabla 6 contiene las observaciones sobre calidad de los 14 sorgos estudiados. Se observa que los híbridos experimentales A102xRG311, A102xR901, A102xR3011 y A101xR3011 obtuvieron los mejores valores. La digestibilidad de los cuatro experimentales mencionados (63 a 68.8%) fue, en forma estadística, igual a la de los testigos (67.7 a 75.2%). El contenido de materia seca de los mejores materiales experimentales varió de 63.5 a 69.6%, mientras los dos mejores testigos Dale y Topper, presentaron 65.7 y 66.5%; en este carácter, A101xR3011 fue superior (69.6%) a todos los sorgos evaluados, en contraste, A102xR901 fue el experimental con menos materia seca. La proporción de fibra detergente neutro de los híbridos (entre 49.1 y 56.3%) resultó mayor comparada con 37.4 y 36.8% de los testigos indicados. En fibra detergente ácido, los mejores experimentales se encontraron en el rango 31.0 a 38.9%, que fue inferior a la de las variedades testigo (35.5 a 47.2%). El contenido de lignina también se observó menor en los híbridos destacados (4.1 a 7.8%), que en las variedades referencia (7.6 a 9.6%), excepto A101xR3011 que tuvo 10.3%. Los valores de proteína cruda en los experimentales de mejor comportamiento (5.2 a 7.8%), fue comparable con la de los testigos (5.7 a 6.6%). El mayor contenido proteico se encontró en el híbrido A101xR3011 (11.0%), superior a todo el material evaluado, y A102xR901 (4.1%) obtuvo el valor más bajo.

Genealogía	DIV %	MS %	FDN %	FDA %	LIG %	PC %
Dale	75.2 a	65.7 bcde	37.4 d	35.5 bcd	7.6 b	5.7 d
Topper	73.8 ab	66.5 bcde	46.8 bc	47.2 a	9.6 ab	6.6 c
(A021 x R3011)	71.2 ab	67.1 bc	44.2 bc	33.9 bc	9.0 ab	4.9 d
(A102 x RG311)	68.8 abc	63.5 g	48.3 bc	33.7 bcd	7.8 b	7.5 c
(A102 x R901)	68.4 abc	59.6 h	51.3 ab	38.5 bcd	9.2 ab	4.1 e
Tx2989	68.0 abc	65.6 def	47.2 bc	27.7 e	13.1 a	10.4 ab
Theiss	67.7 abc	65.0 f	47.2 bc	34.5 bcd	7.8 b	4.8 d
(A021 x RG311)	66.9 abc	65.1 ef	51.6 ab	33.8 bcd	8.0 ab	5.7 d
(A102 x R3011)	65.9 abc	67.0 bcd	49.1 bc	31.0 bcd	4.1 c	5.2 d
(A101 x R904)	64.8 abc	65.1 ef	52.9 ab	38.5 bc	8.8 ab	4.5 d
(A102 x R902)	63.2 abc	67.2 b	50.2 ab	36.3 bcd	7.6 b	5.6 d
(A101 x R3011)	63.0 abc	69.6 a	56.3 a	38.9 b	10.3 ab	11 a
(A101 x R901)	62.8 abc	63.3 g	36.5 d	36.5 b	7.7 b	6.1 cd
(A103 x R3011)	57.9 c	65.0 f	49.4 ab	38.8 a	9.5 ab	4.8 d

Tukey 0.05 4.5 1.4 6.9 5.5  
5.1 1.7

$\bar{x}$  experimento 65.7 65.1 48.7 35.2  
8.6 6.2

DIV = Digestibilidad *in vitro* de MS; MS = Materia seca; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; LIG = Lignina; PC = Proteína cruda.

**Tabla 6** Valores observados en variables de calidad de 14 genotipos de sorgo forrajero.

**Comportamiento de híbridos experimentales sobresalientes.** Esta sección solo comprende el comportamiento de los tres materiales experimentales de mayor interés y los testigos (tabla 7).

## Discusión

**Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.** La literatura consigna digestibilidad *in vitro* en sorgos normales de 49.3 a 66.8% (Vargas Rodríguez, 2005); 58.4% (Portillo *et al.*, 2014); 59% (Hernández Espinal *et al.*, 2010); 60.8% (Kumari *et al.*, 2015); y 75.5%

(<http://amarillo.tamu.edu>, consultado en enero 2017). Los resultados del presente trabajo indican que los híbridos experimentales destacados (63 a 69%) son comparables o mejores en digestibilidad a los sorgos para forraje evaluados por otros autores. En los sorgos de esta investigación, no se encontró una asociación definida en las regresiones entre DIV y FDN ( $b=-0.45602$  ns) ni en DIV y FDA ( $b=0.14521$  ns). También se observó que los híbridos A021xR3011, A102xR3011, A102xRG311 y A102xR901 con los valores más altos de digestibilidad, tuvieron cantidades variables de materia seca (de 59.6 a 69.6%), lo cual coincide con lo encontrado por Wiersma *et al.* (1993), Núñez (1999) y Laurer *et al.* (2001) en maíz, quienes señalan que, en los genotipos de alto rendimiento, no siempre existe asociación completa entre materia seca y calidad o valor energético del forraje.

**Materia seca.** Se considera que el contenido de materia seca son todos los compuestos que la planta acumula de acuerdo con su genética y su metabolismo (Pond y Church, 2003). En la medida que haya más materia seca, se espera que existan más nutrientes disponibles para el ganado. En la presente investigación (Cuadro 4.3), todos los híbridos experimentales de sorgo mostraron una capacidad similar a los testigos en acumulación de materia seca (63.5 a 69.6%). Sin embargo, solo A102xR901 tuvo alto rendimiento de forraje verde (Tabla 4.3).

En México, varios autores informan sobre rendimiento verde de sorgos forrajeros, que varía desde 26 ton ha<sup>-1</sup> (Hernández Espinal *et al.*, 2011) en Sinaloa en temporal de 500 mm, hasta 80 ton ha<sup>-1</sup> (Núñez Hernández *et al.*, 2006), en La Laguna, Coahuila, en condiciones de riego. El trabajo que aquí se discute se realizó en Zapopan, Jalisco, con una precipitación aproximada de 800 mm, por lo que el rendimiento verde se encuentra intermedio al de los citados autores. En la India, Kumari *et al.* (2015) informan sobre producciones de materia verde de 80 ton ha<sup>-1</sup>.

El contenido de materia seca varía con la edad la planta al corte y con la naturaleza del tallo de la planta. Los sorgos con tallo seco, a diferencia de los de tallo jugoso, por lo general elevan la cantidad de la materia seca en un tiempo más corto cuando maduran (Zago, 1991). En el presente estudio la madurez de la planta se midió como días floración, carácter que presentó diversidad entre los híbridos y las variedades testigo (Cuadro 4.3), en un rango de 78 a 88 días de diferencia. En un ciclo vegetativo de aproximadamente 120 días, diez días de diferencia en maduración pueden originar diferente acumulación de material verde en la planta, lo cual podría explicar por qué algunos sorgos con diferente rendimiento verde tienen valores similares de materia seca.

**Fibra detergente neutro.** Portillo *et al.* (2014), al evaluar sorgos forrajeros normales, encontraron variación en FDN de 57.2 a 58.6 %. Vargas Rodríguez (2005) encontró valores de FDN entre 71.3 y 76.1% en sorgos forrajeros. En comparaciones de sorgos nevadura café con normales, existen niveles de FDN de 45.9 y 49.1%, en forma respectiva (<http://amarillo.tamu.edu>, consultado en enero 2017).

El rango de FDN encontrado en el trabajo que aquí se discute, fue de 36.5 a 56.3%, aunque los experimentales sobresalientes presentaron valores superiores a 48%, lo cual coincide con parte de la información de los investigadores citados.

La estimación de FDN es una técnica que hace posible la separación de las partes de la materia seca solubles y accesibles para el animal, de las que no son totalmente aprovechables (Tejada, 1985), pero FDN debe estar en balance con otros componentes nutricionales, como la proporción de grano en la panoja. En maíz forrajero, si existe más del 54% de su materia seca en la mazorca y la fibra detergente neutro es inferior a 50%, se logran buenos valores energéticos para el rumiante (Fonseca et al., 2000; Núñez *et al.*, 2003). En forma posterior, se haría necesario verificar la proporción de grano en los sorgos evaluados, para determinar hasta qué punto influye en la calidad del forraje y el contenido de FDN.

Fibra detergente ácido. El valor más alto en este carácter lo obtuvo el testigo Topper (47.2%). Los híbridos A102xR3011 (31%) y A102xRG311 (33.7%) obtuvieron la menor fibra detergente ácido. Junto con otras estimaciones de calidad, estos materiales experimentales resultaron de interés, ya que A102xR3011 posee además una alta DIV (71.2%), su contenido de MS (67.1%) es estadísticamente igual a los testigos y su FDN (56.3%) es superior a las variedades referencia. En el caso de A102xRG311, su DIV (68.8%) es similar a la de los testigos, en MS (63.5%) obtuvo un valor moderado, su nivel de FDN (48.3%) resultó igual a los mejores testigos. Portillo *et al.* (2014) informaron valores de FDA de 32.6% en sorgos nevadura café y 34.2% en sorgos normales. Otros investigadores encontraron FDA de 27.6% en sorgos nevadura café y 29.9% en sorgos normales (<http://amarillo.tamu.edu>, consultado en enero 2017).

Los valores encontrados en esta investigación en los materiales destacados (31 a 38.9%), son un poco más elevados a lo que consigna la literatura. El contenido de FDA aumenta cuando la humedad del suelo se restringe (Núñez *et al.*, 1999). Los sorgos de este trabajo, cosechados cerca del final de la temporada lluviosa, tuvieron menos humedad en el suelo, lo que puede explicar el alza en este carácter. La FDA se considera una estimación del contenido de celulosa más lignina; la diferencia entre FDA y LIG, es la proporción de celulosa que está presente en las fibras de la planta de sorgo. Un alto contenido de FDA es un indicador de la celulosa disponible para el rumiante, siempre que LIG muestre valores moderados. En esta investigación se encontró que los sorgos experimentales tienen valores altos de FDA y al mismo tiempo un contenido de LIG (4.1 a 9.2%) inferior a los testigos, por lo que puede esperarse una adecuada disponibilidad de celulosa para el ganado.

Lignina. Cuando la planta llega a su madurez, aumenta el contenido de fibra en el forraje debido a la presencia de lignina. Los niveles bajos de LIG y altos de FDA, dan lugar a los mejores valores de energía, que proviene de la digestibilidad, porque la energía es inversamente proporcional a la cantidad de fibra no digerible en el forraje (Núñez *et al.*, 1999). Entre los cuatro híbridos destacados, A102xR901 y A102xR3011 mostraron baja FDA (33.7 y 31.0% en forma respectiva) y baja LIG (7.8 y 4.1% en forma aludida); la literatura consigna valores de lignina en sorgos de nevadura café de 3.6 a 6.1%, y entre 4.4 y 7.8 en sorgos normales (Portillo *et al.*, 2014; <http://amarillo.tamu.edu>, consultado enero 2017); por lo tanto, estos dos experimentales se encuentran dentro del rango apropiado de LIG. En contraste, A102xR901 y A101xR3011 tuvieron valores moderados de FDA (38.5 y 38.9%) y altos en LIG (9.2 y 10.3%). No obstante, no se observó patrón definido entre DIV, FDA y LIG.



La regresión entre DIV y FDA fue  $b=0.1421$  n.s. y DIV con LIG fue  $b=0.00374$  n.s. En la alimentación del ganado se considera a la lignina como una fibra indigerible, por lo que se busca que esté en proporción baja. Desde el punto de vista estructural, la lignina proporciona soporte y rigidez al tallo para que la planta permanezca erecta, ya que el acame o vuelco es una limitación importante en la cosecha del sorgo. Se requiere un balance entre un bajo contenido de lignina para facilitar la digestibilidad de la materia seca y un nivel adecuado para evitar la caída de la planta. El genotipo con menor LIG fue A102xR3011 (4.1%), seguido por el experimental A102xRG311 (7.8%) y Theiss (7.8%). Al considerar LIG y DIV, ambos híbridos mencionados muestran similitud en digestibilidad (71.2 y 63% en forma respectiva) en contraste con los testigos, y a pesar de su baja lignina, ambos híbridos experimentales y la variedad testigo Dale muestran tolerancia a la caída de la planta, pero no el testigo Topper.

Proteína cruda. El sorgo es un cultivo que se considera tiene un bajo contenido de proteína, en comparación con las leguminosas o incluso otras gramíneas como el pasto ballico o ryegrass, que pueden tener el doble de proteína que el sorgo. Las evaluaciones del nivel de proteína en sorgos normales muestran valores de 4.7% (Dahlberg *et al.*, 2011); 5.1% (Portillo *et al.*, 2014); 5.2% (Montes *et al.*, 2005); 8.5% (<http://amarillo.tamu.edu>, consultado enero 2017); 9.5% (Hernández Espinal *et al.*, 2011); 9.5% (Kumari *et al.*, 2015); 11.5 a 14.8% (Vargas Rodríguez, 2005). En el presente estudio el rango de proteína fue de 4.1 a 11%, lo cual es comparativo con los resultados de los investigadores antes citados. Entre los híbridos experimentales relevantes, A101xR3011 fue el material con el nivel de proteína más alto (11%) del ensayo.

## Conclusiones

Con los híbridos se obtuvo mejora en fibra detergente neutro y menor fibra detergente ácido.

Se elevó la proteína en dos de los tres mejores híbridos.

Se redujo el tamaño de planta y se mejoró la tolerancia al acame en el material sobresaliente.

El rendimiento verde de los híbridos aumentará con una mayor densidad de siembra, ya que presentan buena tolerancia al acame.

La digestibilidad de los híbridos experimentales se mantuvo al nivel de los testigos.

## Referencias

- Améndola Massioti, R., E. Castillo Gallegos y P. A. Martínez Hernández. 2005. Pasturas y cultivos forrajeros. [http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/spanishtrad/mexico\\_sp/Mexico2\\_sp.html](http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/spanishtrad/mexico_sp/Mexico2_sp.html).
- Barrière, Y., C. Guillet, D. Goffner, and M. Pichon. 2003 Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. *Anim. Res.* 52: 193–228.
- Boerjan, W., J. Ralph, and M. Baucher. 2003 Lignin biosynthesis. *Annu. Rev. Plant Biol.* 54: 519–546.
- Dahlberg, 2011. Mencionado en [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212013000100012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212013000100012&script=sci_arttext), consultado en enero 2017.

Fonseca, A.J.M., A.R.J. Cabrita, A.M. Lage and E. Gomes. 2000. Evaluation of Chemical composition and particle size of maize silages produced in north west of Portugal. *Anim. Feed Sci. Tech.* 83: 173-183.

Hernández Espinal, L.A., T. Moreno Gallegos, A. Loaiza Meza, J.E. Reyes Jiménez. 2010. Sinaloense-202, nueva variedad de sorgo para el estado de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(5) pp. 733-737, INIFAP, México.

Hernández Espinal, L.A., T. Moreno Gallegos, J. E. Reyes Jiménez, A. Loaiza Meza. 2011. Costeño-201 nueva variedad de sorgo de temporal de doble propósito para Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5), INIFAP, México.

Hernández Góborra, J., C. Jiménez Plascencia, M. Galindo Torres y A. Rodríguez Estrada. 2008. Manual de prácticas de bromatología. Departamento de producción animal. CUCBA, UDG. 42 p.

<http://amarillo.tamu.edu>, (consultado enero 2017).

[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios\\_promercado/GRANOS.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf), consultado en enero 2017.

Kumari, P., S. Arya, S.K. Pahuja and U.N. Joshi. 2015. MS Lines Evaluation for Fodder and Quality Traits and their Utilization in Hybrid Development Program and their Evaluation. *International Journal of Basic and Applied Biology*. Vol 2, Num 4, pp. 253-257.

Laurer, J., J.G. Coors and R. Shaver. 2001. Corn silage brown midrib, waxy high oil and others. *In: Proceedings of the 31th State California alfalfa and forage symposium*. Modesto CA. Cooperative Extension Service, University of California.

Montes-García, N., H. Williams-Alanís, T. Moreno-Gallegos, Ma. E. Cisneros-López y V. Pecina-Quintero. 2005. RB-Paloma, variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. *Rev. Fitotec. Mex.* 35 (2) Chapingo, México.

Núñez H., G., F.E. Contreras G., C.R. Faz y S.R. Herrera 2003. Componentes tecnológicos para la producción de ensilajes de maíz y sorgo. SAGAR INIFAP. Centro Regional Norte Centro Campo Experimental La laguna. Torreón, Coahuila, Méx. 52 pp.

Núñez Hernández, G., S. Zapata Mata, R. Faz Contreras, A. Peña Ramos, F. González Castañeda, J.G. Martínez Rodríguez. 2006. Producción, calidad nutricional de forraje y producción de leche con sorgo de nervadura café. Vol. 6, N°. 3, pp. 415-422.

Pond, W.G. y D.C. Church. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, Editorial Limusa, S.A de C.V. 205p.

Portillo, O. R., R. Clara-Valencia, J. Ramírez, R. Estebez, M. Hernández, A. Morán, R. Obando, N. Gutiérrez, R. Tinoco-Mora, N. De Gracia, D. Herrera, L. Tedeschi, and W. L. Rooney. 2014. Registration of 'CI0947bmr' Sorghum. *Journal of Plant Registrations* Vol. 8 No. 3 p. 257-261.

Quinby, J. Roy and Keith F. Schertz. 1970. Sorghum genetics, breeding and hybrid seed production. *In: Sorghum production and utilization*. W. M. Ross (ed.). The Avi pub. Co. p. 77.

Sattler, Scott E., Ana Saballos, Zhanguo Xin, Deanna L. Funnell-Harris, Wilfred Vermerris, and Jeffrey F. Pedersen. 2014. Characterization of Novel Sorghum brown midrib Mutants from an EMS-Mutagenized Population. *Genes, genoms and genetics*. 4: 2115-2124.

Tejada de Hernández, I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A. C. Km. 15.5 Carr. México-Toluca, Palo Alto, D. F. p. 276.

Tillery, J.M.A. and R.A. Tierry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassld. Soc. 18: 119-128.

Van Soest, P. J. and R. H. Wine, 1968. Chemical Analysis. J. Assoc. of Chem. Anals 51:780.

Van Soest, P. J. and R. H. Wine, 1968. Chemical Analysis. J. Assoc. of Chem. Anals 51:780.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharids in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Vargas Rodríguez, C.F. 2005. Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum sp*). Agronomía mesoamericana 16(2): 215-223.

Vogel, K. P., and H. J. G. Jung, 2001 Genetic modification of herbaceous plants for feed and fuel. Crit. Rev. Plant Sci. 20: 15-49.

Wiersma, D. W., P.R. Carter, K.A. Albretch, and J.G. Coors. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. J. Prod, Agric. 6: 94-99.

Zago, A. 2007. Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes. p. 58.