

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Componentes Del Rendimiento y Valor Nutricional Del Ensilaje De
Dos Cultivares De Sorgo Forrajero**

Por:

Leopoldo Pérez Rojas

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener El Título De:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México,
Febrero, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Componentes Del Rendimiento y Valor Nutricional Del Ensilaje
De Dos Cultivares De Sorgo Forrajero

Por:

Leopoldo Pérez Rojas

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Asesor Principal



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor



QFB. María Carmen Julia García
Coasesor



Dr. Josué Israel García López
Coasesor



Dr. José Duñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México,

Febrero 2022

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, febrero, 2022.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "Componentes del rendimiento y valor nutricional del ensilaje dos cultivares de sorgo forrajero" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación del mismo, ni a un nuevo envío.

Leopoldo Pérez Rojas

Nombre



Firma

RESUMEN

El sorgo es un cultivo importante por sus diferentes usos a nivel mundial, por lo que existe un gran número de variedades que presentan características de rendimiento y calidad nutritiva diferentes. El propósito de este estudio fue comparar los componentes del rendimiento y su aportación al rendimiento total, y el valor nutricional del ensilaje de dos genotipos de sorgo gigante cosechado a los 133 Días Después de la Siembra (DDS), cultivado en condiciones de temporal. Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se midieron las variables productivas de Rendimiento de Forraje (RF), Composición Morfológica (CM), Relación Hoja:Tallo (R:H/T), Altura de la Planta (AP), Luz Interceptada (LI), y Área foliar (AF) y variables bromatológicas del ensilaje como; Proteína Cruda (PC), Cenizas (CE), Fibra Cruda (FC), y Estrato Etéreo (EE). El RF y CM no presentaron diferencias estadísticamente entre genotipos ($P > 0.05$), no así entre componentes ($p < 0.05$). El promedio en el RF fue de 3,392 kg MS ha⁻¹. El tallo en ambos genotipos y en el promedio, supero a la hoja, material muerto e inflorescencia con valores de 2,189 y 2,576 kg MS ha⁻¹, para los genotipos SG19 y SG45, respectivamente. Así mismo, en aportación al rendimiento en %, el valor mayor promedio la hizo el tallo con un 69 %, seguido por la hoja, la inflorescencia y material muerto con 15, 14 y 3 %, respectivamente. A excepción del AF y FC ($p < 0.05$), en la R:H/T, AP, LI, PC, CE y EE, no obtuvimos diferencia significativa ($p > 0.05$), el promedio fue de 0.21, 144 cm, 66, 4.19, 7.2 y 1.8 %, respectivamente. El SG19 fue mayor al SG45 en AF y FC con 200 cm² planta⁻¹ y 42 %, respectivamente. El SG45 obtuvo valores AF de 156 cm² planta⁻¹ y FC de 35 %, valores menores al PG19 ($p < 0.05$). En conclusión, el rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos no fueron afectados por el genotipo, y en el análisis bromatológico solo en la fibra cruda el SG19 fue superior al SG45. El tallo fue el que más aporte hizo al rendimiento total.

Palabras claves: Sorgo (*Sorghum Vulgare* L.), comportamiento productivo, producción de forraje, composición morfológica, análisis bromatológico, y ensilaje.

Summary

Sorghum is an important crop for its different uses worldwide, so there is a large number of varieties that have different yield characteristics and nutritional quality. The purpose of this study was to compare the yield components and their contribution to the total yield, and the nutritional value of the silage of two giant sorghum genotypes harvested at Days After Planting (DDS), grown under weather conditions. A completely randomized block experimental design with three replications was used. The productive variables of Forage Yield (RF), Morphological Composition (CM), Leaf:Stem Ratio (R:H/T), Plant Height (AP), Intercepted Light (LI), and Leaf Area (AF) were measured.) and bromatological variables of silage such as; Crude Protein (PC), Ash (CE), Crude Fiber (FC), and Ethereal Stratum (EE). The RF and CM did not present statistical differences between genotypes ($P>0.05$), but not between components ($p<0.05$). The average in the RF was $3,392 \text{ kg DM ha}^{-1}$. The stem in both genotypes and in the average, exceeded the leaf, dead material and inflorescence with values of 2,189 and $2,576 \text{ kg DM ha}^{-1}$, for the SG19 and SG45 genotypes, respectively. Likewise, in contribution to the yield in %, the highest average value was made by the stem with 69 %, followed by the leaf, the inflorescence and dead material with 15, 14 and 3 %, respectively. Except for the AF and FC ($p<0.05$), in the R:H/T, AP, LI, PC, CE and EE, we did not obtain a significant difference ($p>0.05$), the average was 0.21, 144 cm, 66, 4.19, 7.2 and 1.8 %, respectively. SG19 was higher than SG45 in AF and FC with $200 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$ and 42 %, respectively. SG45 obtained AF values of $156 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$ and CF of 35 %, values lower than PG19 ($p<0.05$). In conclusion, the forage yield and its morphological components were not affected by the genotype, and in the bromatological analysis, only in crude fiber, SG19 was superior to SG45. The stem was the one that made the most contribution to the total yield.

Keywords: Sorghum (*Sorghum Vulgare* L.), productive behavior, forage production, morphological composition, bromatological analysis and silage.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres **Rubén Pérez Arroyo e Isaura Guadalupe Rojas** por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A MI ALMA TERRA MATER; por ser mi segundo hogar, que me brindo un techo y me dio refugio para salir adelante y por todos los bellos momentos que pase a tu lado, gracias UAAAN.

Al Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez; por brindarme su confianza y sabiduría, por ser un gran ejemplo para seguir, por dedicarme el tiempo necesario para lograr y sacar adelante este trabajo de investigación, agradecido por su paciencia, apoyo y dedicación.

A todos mis maestros por formarme académicamente llenarme de conocimiento y fuertes responsabilidades para estar preparado por lo que está por venir en mi camino.

A todos mis amigos por todo ese apoyo mutuo que nos brindamos para poder salir adelante como compañeros universitarios, por esas desveladas haciendo tareas, les deseo lo mejor en sus caminos que están por venir.

DEDICATORIA

Mis padres

Rubén Pérez Arroyo e Isaura Guadalupe Rojas por darme la oportunidad de realizar mis estudios, por todo su apoyo incondicional, emocional y económico, a quienes la ilusión de su vida ha sido convertirnos en personas profesionales a mí y mis hermanos gracias por todo ese apoyo que me han dado de la infancia hasta hoy que soy un profesionalista gracias a ustedes y porque siempre han trabajado para darnos lo mejor a mis hermanos y a mí. A través de esto quiero decirles que los quiero muchísimo, gracias por ser los mejores padres del mundo y por quitarles el pan de la boca con tal de que nada nos faltara nada, los amo papá y mamá.

A mis abuelos

Quienes confiaron en mí y día con día esperaban todo de mi quienes sin excepción alguna me han brindaron todo su amor, a mi abuelita **Rebeca Arroyo** que en paz descanse que estuvo por toda mi formación académica y quien día a día me inspiraba a terminal una profesión, a mi abuelita **Socorro Rodríguez** le agradezco por todos esos consejos que me ayudaron a encarrilarme y salir adelante y no voltear atrás.

A todos mis familiares

A todos mis tíos, tías que confiaron en mí y me daban ese ánimo de salir adelante a mi tía **Estela Pérez** quien me brindo su apoyo en muchas ocasiones le agradezco de todo corazón.

A mis hermanos

Miguel A, Sebastián y Rubén quienes me brindaron su apoyo moral quienes en momentos de tristezas me hacían sonreír independientemente de cuanto era lo que me hacían enojar por todos esos momentos de felicidad y de aprendizajes laborales.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 HIPÓTESIS.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes e importancia del sorgo forrajero.....	3
2.2 Descripción taxonómica y morfológica del sorgo	4
2.3 Clasificación de los sorgos.....	6
2.4 Requerimientos edafoclimáticos	7
2.4.1 Suelo	7
2.4.2 Temperatura	7
2.4.3 Humedad	7
2.5 Manejo y establecimiento del cultivo.....	8
2.5.1 Densidad de la siembra	8
2.5.2 Fertilización	8
2.5.3 Plagas.....	8
2.5.4 Enfermedades	9
2.6 Utilización de los forrajes como ensilado	9
2.6.1 Historia del ensilaje.....	9
2.6.2 Proceso del ensilado	10
2.6.3 Etapas del ensilaje.....	11

2.6.4 Tipos de silos.....	12
2.7 Henificado.....	14
2.8 Calidad de los forrajes	14
2.8.1 Digestibilidad	15
2.8.2 Determinación de materia seca parcial.....	16
2.8.3 Materia seca total	16
2.8.4 Cenizas.....	17
2.8.5 Proteína cruda	17
2.8.4 Extracto etéreo o grasa	18
2.8.5 Fibra cruda	18
2.8.6 Fibra acida.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Ubicación geográfica del área de estudio	20
3.2 Diseño experimental	21
3.3 Variables productivas evaluadas	21
3.3.1 Rendimiento de forraje	21
3.3.2 Composición morfológica	21
3.3.3 Relación hoja:tallo	22
3.3.4 Altura de la planta.....	22
3.3.5 Porcentaje de luz interceptada	22
3.3.5 Área foliar	23
3.4 Análisis bromatológico del ensilaje	23
3.4.1 Materia seca total (MST) y % de humedad.....	24
3.4.2 Cenizas.....	24

3.4.3 Proteína cruda	24
3.4.4 Extracto etéreo (EE) o grasa	25
3.4.5 Fibra cruda y acida	26
3.5 Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 Rendimiento de forraje y composición morfológica.....	28
4.2 Relación hoja:talló, altura de planta, área foliar e intercepción luminosa.....	30
4.3 Composición química del ensilaje	31
V. CONCLUSIONES.....	33
VI. LITERATURA CITADA	34
VII. ANEXOS	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del Sorgo (<i>Sorghum Vulgare L.</i>).....	4
Cuadro 2. Rendimiento total (kg MS ha ⁻¹) y su composición morfológica (kg MS ha ⁻¹) de dos genotipos de sorgo gigante (<i>Sorghum vulgare L.</i>), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.	29
Cuadro 3. Aportación al rendimiento (%) de los componentes morfológicos de dos genotipos de sorgo gigante (<i>Sorghum vulgare L.</i>), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.....	29
Cuadro 4. Relación hoja:tallo, altura de planta, área foliar y intercepción luminosa de dos genotipos de sorgo gigante (<i>Sorghum vulgare L.</i>), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.	31
Cuadro 5. Composición química (%) del ensilaje de dos genotipos de sorgo gigante (<i>Sorghum vulgare L.</i>), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medias quincenales de la temperatura máxima (T _{máx} , °C), mínima (T _{min} , °C) y precipitación acumulada (PP, mm) durante el periodo de estudio del 14 de marzo al 25 de julio del 2020, en sorgo gigante, en Saltillo, Coahuila, México.	20
--	----

ANEXOS

- Cuadro 2.** Rendimiento total y composición morfológica (kg MS ha⁻¹) de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.40
- Cuadro 3.** Aportación al rendimiento (%) de los componentes morfológicos de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.41
- Cuadro 4.** Relación hoja:tallo, altura de planta, área foliar e interceptación luminosa de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.42
- Cuadro 5.** Composición química (%) del ensilaje de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.42

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo es un cultivo que se considera un cereal importante por sus diferentes usos a nivel mundial, por lo que existe un gran número de variedades que a cada una de ellas se le pueden dar distintas aplicaciones por lo que presentan características de rendimiento y calidad nutritiva diferentes, debido a que fueron formadas genéticamente para diferentes usos en la sociedad. Las características más comunes es la resistencia a condiciones adversas de temperaturas y falta de humedad; éstas son frecuentemente las formas más importantes de supervivencia, considerando que tienen una gran gama de aprovechamientos, fuente de alimento en humanos y animales en el desarrollo de la industria pecuaria (sorgo grano, ensilado). En cuanto a la producción de forraje ésta es una de las actividades primarias más importantes en México y en el mundo porque constituye la fuente primaria para la producción de alimentos altos en proteínas (huevo, leche y carne) (Gutiérrez, 2003). Para los sistemas de alimentación de especies de interés zootécnico implica, entre otras cosas, mantener los suministros de alimentos durante todo el año, por la disponibilidad del recurso forrajero en lo que se compromete durante los periodos de baja y alta precipitación, es en esta situación, cuando adquiere importancia la investigación inducida a tecnologías que permitan la conservación de los forrajes, para suplir durante los periodos más demandados de alimento, en cuanto la práctica del ensilaje se convierte en una técnica que permite optimizar el uso de los recursos forrajeros producidos (Herrera, 2010). En la región norte y centro del estado de Coahuila una de las actividades más importantes en el sector agropecuario es la ganadería; la producción forrajera depende de la precipitación pluvial y esta varía de acuerdo con la época del año, por lo que va disminuyendo la disponibilidad de forraje durante la época de invierno y principios de primavera, esto ocasionando pérdidas en la ganadería regional. Se obtuvo una alternativa para disminuir la problemática es la siembra bajo riego de especies forrajeras como lo es el sorgo forrajero y el sorgo x sorgo sudan; ya que estos tienen la característica de poder usarse bajo pastoreo, en verde, en henificado o ensilado. Además, estos forrajes tienen una alta capacidad de rebrote; característica que permite realizar hasta tres cortes por ciclo (INIFAP, 2005).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Comparación de los componentes del rendimiento y su aportación al rendimiento total y el valor nutricional del ensilaje de dos genotipos de sorgo gigante, cultivados en condiciones de temporal.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento y componentes del rendimiento, su aportación en porcentaje y en kg MS ha⁻¹.
- Establecer la relación hoja:tallo, altura de la planta, porcentaje de luz interceptada, y área foliar de dos genotipos de sorgo, cosechados a los 133 días después de la siembra, establecidos en condiciones de temporal.
- Determinar la calidad nutricional del ensilaje de dos genotipos de sorgo, establecidos en condiciones de temporal.

1.2 HIPÓTESIS

- La hoja es el componente que más aporta al rendimiento de forraje, seguido por el tallo, material muerto e inflorescencia.
- La relación hoja:tallo es mayor en genotipos de sorgo de menor altura.
- Al menos uno de los genotipos tendrá mejor calidad nutricional y rendimiento total y por componente morfológico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes e importancia del sorgo forrajero

Existen distintas teorías con respecto al origen del sorgo. Los informes muestran que el sorgo existió en la india en el siglo I d. c. Sin embargo, el sorgo quizá se originario de África Central (Etiopía o Sudán), ya que es allí donde se encuentra la mayor diversidad. Esta disminuye hacia el norte de África y Asia. En cuanto a ciertas evidencias se menciona que surgió en forma independiente tanto en África como en la india. En Europa el sorgo llegó como cultivo doméstico en el año 60 d. c. pero nunca se extendió mucho en este continente. Se comenta que no se sabe cuándo se introdujo la planta por primera vez en América (Gutiérrez, 2003).

El sorgo ocupa el quinto rango entre los cereales, aunque muy lejos de los tres primeros que son el trigo, el arroz y el maíz. Se reporta que la superficie cultivada en el año de 1998 fue de 45,6 millones de hectáreas (6.3% de la superficie cerealera), ubicadas en zonas tropicales, su lugar de origen, y también en zonas templadas, la producción mundial fue de 62 millones de toneladas, aunque representa sólo el 3.6% de la producción total de cereales. En 1997 se sembró en 302,738 ha (FAO, 1998). En África se ubica en segunda posición, después del maíz, con una producción de 16 millones de toneladas (Chanterreau *et al.*, 1997). En América Central, es el tercer cultivo en importancia después del maíz y el frijol (Intsormil, 1999).

El sorgo comenzó a adquirir importancia el aproximadamente en el año de 1958, en la zona norte de Tamaulipas (Río Bravo), al desplazarse el cultivo del algodón en aquella región y es uno de los cultivos que día con día va adquiriendo cada vez más importancia y se ha visto que puede ser un completo o puede sustituir al maíz en la mayoría de los usos que éste tiene, como forraje y grano para la alimentación de animales, humana y en el uso industrial. Al introducirse el sorgo en México, también se introduce tecnología, originando con esto que en la actualidad el mercado de semillas certificadas dependa casi en su totalidad de compañías extranjeras. En

México, de la totalidad de la semilla que se utiliza para la siembra, el 90-95% es importada por compañías extranjeras y el 5-10% restante, es producida por dependencias gobierno como INIFAP, fundación PRODUCE, etc (Gutiérrez, 2003).

La producción mundial se concentra en ocho países que aportan el 70% de la producción, los que serían; Estados Unidos, que participa con el 16% del total, Nigeria y México, que participan con alrededor de 10%, Sudán e India con una participación cercana a 9 % del total mundial y Etiopia, Argentina y China con una participación menor (SAGARPA, 2016).

2.2 Descripción taxonómica y morfológica del sorgo

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del Sorgo (*Sorghum Vulgare L.*).

Reino	Plantae
División	Trachaeophyta
Subdivisión	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledoneae
Orden	Graminales
Familia	Graminea
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Antropogoneae
Genero	<i>Sorghum</i>
Especie	<i>Vulgare</i>

Fuente: (Gutierrez, 2003).

En general, el sorgo forrajero (*Sorghum Vulgare L.*), es una planta anual de 1-3 metros de alto, tallo robusto, muy folioso hoja de hasta 7 cm de anchura, relativamente largas, liguladas. Su panícula generalmente muy densa, de hasta 50 cm. Espiguillas unifloras, agrupadas por parejas, una masculina y pedicelada, la otra femenina y sésil, con espiguillas de 3 pulgadas (Aizpuru *et al.*, 1999).

Raíces: Sus raíces son adventicias, fibrosas y desarrollan numerosas raicillas laterales. La profusa ramificación y amplia distribución del sistema radicular es una razón por la que los sorgos son tan resistentes a la sequía. La planta crece lentamente hasta que el sistema radicular está bien establecido. En la madurez las raíces alimentan un área que es aproximadamente la mitad de la del maíz (Estrada, 1974).

Tallo: El sorgo desarrolla un tallo erecto y sólido y adquiere alturas desde los 40 cm hasta más de los 3 metros. En cada nudo se encuentra una yema lateral. En algunas variedades se desarrollan de una a tres yemas en los nudos inferiores y este ahijamiento o amacollamiento no se considera indeseable, pero el desarrollo de las yemas superiores da como resultado las ramas laterales que maduran tardíamente, por lo que esas dificultan su cosecha (Estrada, 1974). Al observar la longitud entre nudos, se puede determinar la altura de la planta, y las variedades doble enanas y las altas con igual ciclo vegetativo, pueden tener igual número de hojas: la única diferencia sería en la longitud y no el número de los entrenudos (Estrada, 1974).

Hoja: La disposición de las hojas es de manera alterna, las vainas florales son largas y en las variedades enanas se encuentran superpuestas, todas las variedades varían en el tamaño de sus hojas, pero todas esas son algo más pequeñas que las de maíz. Las hojas del sorgo se doblan durante periodos de sequía, características que reduce la transpiración, y contribuye a tan peculiar resistencia de la especie a la sequía (Karper, 1994).

Inflorescencia: Se menciona que la inflorescencia es una panícula de racimo o panoja con un raquis central completamente oculto por la densidad de sus ramas o puede estar totalmente expuesto, cuando está inmadura es forzada hacia arriba dentro de la vaina más alta (buche), después que la última hoja (bandera) se expande a su paso. La panícula o panoja es corta o larga, suelta y abierta, y compacta o semicompacta, puede tener de 4 a 25 cm de largo, 2 a 20 cm de ancho y contener de 400 a 8,000 granos, según el tipo de panoja (Compton, 1990).

Semilla: Es una cariósida de forma oval que presenta diferentes colores: negro, café rojizo, púrpura brillante y amarillento, con finas líneas marcadas en su superficie. Tiene una longitud de 3 mm. La mayoría de las semillas se desprenden y caen al suelo al secarse la planta en la madurez, ciertos genotipos en algunas semillas contienen una considerable cantidad de taninos, en lo que las variedades forrajeras normalmente producen semillas de color café (Karper, 1947).

2.3 Clasificación de los sorgos

El sorgo se clasifica por sus distintos usos:

- **Sorgo granífero:** Es destinado a la producción de grano, altura de la planta entre 90 y 150 cm, pueden usarse en la industria y en la alimentación humana y animal.

- **Sorgos graníferos de doble propósito:** Son de producción de grano de biomasa de tallo y como silo de planta entera. En ensilaje la calidad es casi igual a la del maíz, altura de la planta es 2.5 metros.

- **Sorgos sileros:** Producen gran cantidad de biomasa y poseen buena digestibilidad. En estos casos, la producción de grano no es determinante. Son de ciclo largo y de gran altura.

- **Sorgos tipo sudan grass:** Son utilizados para pastoreo directo, son más altos que los graníferos, con hojas largas y tallos finos. Su principal característica es su capacidad de rebrote y su elevada producción de macollos.

- **Sorgos fotosensitivos:** Son sensibles a la longitud del día y a la exposición de luz, normalmente no florecen o lo hacen tardíamente, por lo cual permanecen en estado vegetativo y alcanzan gran altura. Su uso principal es para pastoreo directo.

- **Sorgos de tallos secos:** Se utilizan para quemar directamente y en la generación de energía eléctrica o de calor para calderas.

- **Sorgos para bioetanol:** Son genotipos con mínimo macollaje, fotosensitivos o con mínima producción de granos, alto contenido de lignina en tallos y muy dulces (Sánchez, 1994).

2.4 Requerimientos edafoclimáticos

2.4.1 Suelo

El sorgo puede cultivarse en una diversidad de suelos, pero será mejor en los terrenos ligeros, profundos y ricos en nutrientes los de aluvión son buenos. Los suelos arcillosos, aunque pueden proporcionar buenos rendimientos, se menciona que los sorgos para forraje no necesitan un tipo de suelo especial para su desarrollo, se adaptan a muchas clases de suelos; prosperan muy bien lo que son suelos limosos fértiles, aunque se pueden obtener buenos rendimientos, en suelos que varían de arcillosos pesados a arenosos livianos. El sorgo tolera condiciones de salinidad y alcalinidad del suelo, suelos alcalinos, pero crecen muy bien en suelos de bajo pH (Rieman, 2014).

2.4.2 Temperatura

La temperatura del sorgo se adapta bien a temperaturas que oscilan entre los 20 y 40 grados centígrados. Temperaturas fuera de este rango provocan la aceleración de la antesis aborto de flores (Rieman, 2014).

2.4.3 Humedad

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas. Tiene la capacidad para tolerar la sequía, alcalinidad y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas hace de los sorgos un grupo valioso en zonas de escasa humedad o de poca precipitación, es propio el sorgo de cultivares en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellas que tengan una distribución de 400 a 600 mm de precipitación media anual (Gutiérrez, 2003).

2.5 Manejo y establecimiento del cultivo

2.5.1 Densidad de la siembra

En cuanto a la densidad de la siembra en sorgo forrajero, es recomendable de 10 a 20 kg de semillas por hectárea, pero esto es variable en las diferentes regiones agrícolas (Villarreal, 2001). No obstante, la mayoría de los productores utilizan siembras con alta densidad de hasta 45 kg SPV ha⁻¹, esto para disminuir el grosor del tallo del sorgo forrajero y elevar la producción (INIA, 2005). Se obtiene diferencia en cuanto la siembra en surcos a 92 cm de separación, se siembra de 8.0 a 11.5 kg/ha. Cuando se siembra al boleado o en hileras, se recomienda de 22 a 28 kg/ha (Robles, 1985).

2.5.2 Fertilización

El sorgo es un cultivo que tolera mejor que otros las deficiencias hídricas y se adapta a una amplia gama de condiciones de suelo, presentando así mismo una buena respuesta a la fertilización (Juanazo, 1998). La disponibilidad de nutrientes para el cultivo depende de distintos factores, entre los que se incluyen tipos de suelo, rotaciones, cultivo antecesor, sistemas de labranza y condiciones ambientales. Por lo que incluye la dotación de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y según la zona de que se trate, de Potasio (K). Los elementos menores están en la generalidad de los casos presentes en cantidades suficientes para el cultivo del sorgo, pero de tener algún indicio previo de alguna carencia en la zona, es conveniente tenerlos en cuenta en el análisis (González, 2000).

2.5.3 Plagas

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*): Es un lepidóptero que ataca a numerosas plantas. A veces se confunden los ataques de *Heliothis* con los de *gardama*; pero como los medios de lucha de esta última son los mismos que para el *Heliothis*.

Gusano soldado (*Spodoptera exigua*): La palomilla de este insecto pone sus huevos en las hojas en grupos, son de color blanco amarillento y cubiertos de pelusa. Las larvas recién salidas raspan la superficie de las hojas, luego se alimentan de los márgenes de las hojas, avanzando hacia el centro de ésta dejando solamente la nervadura central.

Arañuela o araña roja (*Tetranychus sp*): La araña roja es un pequeño ácaro, apenas visible a simple vista, que produce grandes daños en numerosas plantas. Viven en el envés de las hojas.

Mosquita de la panoja (*Contarinia sorghicola*): Ataca durante la floración, causando pérdidas cercanas al 100 % si no se controla oportunamente. Esta mosca pone los huevos en las flores y sus larvas se alimentan del grano en formación, impidiendo su desarrollo y causando la pérdida de éste (Ibar 2008).

2.5.4 Enfermedades

- Roya del sorgo (*Puccinia sorghi*)
- Mancha zonada de la hoja (*Gloeocercospora sorghi*)
- Carbón (*Sporisorium reilianum*)
- Mancha gris de la hoja (*Cercospora sorghi*)
- Antracnosis y/o pudrición roja (*Colletotrichum graminicola*)

(Fuente: Enciclopedia Agricultura y Ganadería, 2006).

2.6 Utilización de los forrajes como ensilado

2.6.1 Historia del ensilaje

Este proceso tiene sus orígenes en la antigüedad. En el antiguo testamento (Isaías, 30:24) se menciona este sistema de conservación de forraje con el cual los pueblos 4 conservaban forraje y granos en pozos. En los años 1500, Colón descubrió que los indios almacenaban sus granos en hoyos o fosos (Sánchez, 2004).

Ya en la era moderna, el ensilado ya se presentaba en la ganadería debido a las ventajas y beneficios que este aporta. Una de las ventajas es el hecho de que se conservan en silos más de 100 millones de toneladas, actualmente hay en uso más de un millón de silos como mínimo (Dolores, 2006). En el trópico se interesó mucho en el ensilaje por muchas razones, en lo que a medida que los países progresan, los agricultores presentan nuevas aspiraciones y el productor ya no acepta que la cosecha diaria de forraje, aún en mal tiempo sea la única opción para alimentar a sus animales. Muchos buscan alternativas que les permitan disponer de alimentos económicos, que puedan ser almacenados y utilizados con facilidad y la práctica del ensilaje les ofrece tal oportunidad (ICTA, 2013). Las ventajas que ofrece el ensilaje es que permite conservar forraje en un estado físico parecido al que tenía en el momento de la recolección. Su composición química está modificada por las fermentaciones que sufre. El proceso se logra al conseguir un ambiente anaeróbico donde exista alguna actividad de microorganismos que conduzca a la degradación o pérdida del forraje almacenado (Jaurena, 2008).

2.6.2 Proceso del ensilado

El proceso del ensilado regula principalmente por la interacción de tres factores que son: las bacterias que hay en el material verde, el aire que se queda atrapado o que penetra en la masa almacenada y la composición del material vegetal colocado en el silo. Estos factores están relacionados entre sí, por lo que es difícil separar la importancia entre ellos de la que tienen los demás y por lo que no se puede predecir cuál será el resultado final del proceso del ensilado (Huges, 1972).

Las fermentaciones y las multiplicaciones de las bacterias tienen el efecto de aumentar la temperatura de la masa ensilaje y formar ácidos. Por lo tanto, la elevación de la temperatura traería como consecuencia final descomponer o pudrir el forraje, levadura y mohos, si la formación continua de ácidos no diera pronto una acidez tal que detuviera completamente la actividad de estos organismos (la acidez final oscila

entre 2 y 2.5 % o mucho más cuando el p.H. es inferior a 4); en este momento desciende y la masa se estabiliza en un estado determinado (Havar-Duclos, 1969).

En los ensilados cuando tenemos ausencia del aire debido al apisonamiento estimula el desarrollo de los bacilos lácticos. Proliferan mejor entre los 20 y los 45°C por lo que resiste una acidez más elevada que otros microorganismos. Los bacilos butíricos se desarrollan bien a 30-40°, pero no resisten un pH inferior a 4.2, cuando el óptimo para el bacilo láctico es un pH situado entre 3.6 y 4.2. En resumen, si las condiciones son favorables a la fermentación láctica, el grado de acidez evitara las fermentaciones pútridas debidas a la fermentación butírica (Havar-Duclos, 1969).

2.6.3 Etapas del ensilaje

Cosecha del forraje: La cosecha en general es aproximadamente a los 30 días después de la floración, cuando el grano de sorgo alcanza su madurez fisiológica y se forma una capa negra en el hilio, que corta el movimiento de productos asimilados y agua del resto de la planta al grano. En este estado, el grano tiene un contenido de humedad de cerca de 30 a 35 % y continuara perdiendo humedad por los 25 días siguientes, hasta alcanzar alrededor de 15 %, un nivel que se considera adecuado para la cosecha. Si es para almacenaje de larga duración, la humedad del grano no se debe pasar del 12 % (Pérez, 2000). Por su parte, Castillo *et al.* (2009) menciona que la cosecha del ensilado de sorgo debe de ser un porcentaje de humedad del 65 a 70 %, al momento del corte una de las importancias del porque el sorgo debe presentar una madurez suave que es la etapa en que el forraje presenta las mejores cualidades nutritivas y de digestibilidad. El tamaño de la partícula que debe obtenerse durante el picado del forraje debe de ser entre 0.7 - 2.5 cm, para poder garantizar la compactación ideal, que permita la eliminación de todo el aire de la masa forrajera. Por esta razón, es necesario disponer de una picadora de forraje alimentada por rodillos, y controlar periódicamente el filo de las cuchillas, garantizando de esta manera la uniformidad del corte (Martínez, 2003).

Compactación: La compactación es una de las actividades más importantes que se puede tomar en cuenta, por lo que no podemos dejar pasar ningún día para ser compactado se tiene que hacer en el momento, utilizando un tractor el cual provee mayor peso por unidad de superficie que cualquier otro vehículo, utilizando un índice de compacto de 400 a 500 kg/hora por tonelada se recomienda para poder obtener una mejor estabilidad aeróbica (Dardón *et al.*, 2011).

Protección del silo: En caso de que tengamos un sellado inadecuado predispone al ensilado a altas pérdidas por respiración de la planta, grandes pérdidas de material en la superficie y deterioro aeróbico. Se estima que en un silo no cubierto contra uno cubierto se tienen pérdidas de hasta 90% en las primeras 10 pulgadas de profundidad contra 20% de merma en los silos cubiertos, 40% de pérdida en 20 pulgadas de profundidad contra 10 % de merma en los silos cubiertos y 20% de pérdida a 30 pulgadas de profundidad contra 15% de merma en los silos cubiertos (Castillo *et al.*, 2009).

Las ventajas que se pueden obtener son que el producto final ha realizado un proceso de conservación adecuado, por lo que presenta mínimas diferencias con el forraje verde. Este proceso tiene bastante independencia de los factores climáticos, lo que significa para el productor mayores posibilidades de hacer reservas forrajeras en zonas problemáticas, al igual que permite balancear la composición de la ración frente a pastoreos deficitarios, permitiendo conservar forrajes que serían difíciles de henificar, tales como el maíz o el sorgo, sin tener riesgos de incendio (Reiber *et al.*, 2006).

2.6.4 Tipos de silos

Aéreos o de torre: Son los menos comunes, porque presentan un alto costo de construcción, son fabricados de distintos materiales como ladrillo, cemento armado, cloques de cemento, piedra, laminas metálicas, etc. Con relación a otros silos, presenta una mejor compactación del forraje, menores pérdidas superficiales del ensilaje, pero producen mayores pérdidas por jugos exprimidos. Estos silos además

de costosos requieren maquinaria complicada para llenarlos y vaciarlos (Jiménez *et al.*, 2012).

Subterráneos o de trinchera: La construcción es más barata que la de los silos de torre. Se cargan y descargan fácilmente usando otro tipo de maquinaria. Se obtiene menor pérdida por jugos exprimidos, pero por la mayor superficie expuesta a condiciones ambientales, pueden aumentar las pérdidas. Se debe de tener una buena experiencia para llenarlo y lograr una buena expulsión del aire, la cual depende de la distribución del forraje, de la compactación y del tapado o sellado (López *et al.*, 2009).

Horizontal (tipo bunker): Son los que más se utilizan, ya que tienen una facilidad de construcción al igual que también existen los silos bunker tradicionales con paredes y piso de concreto, que minimizan las pérdidas durante la fermentación, pero incrementan los costos. Aunque pueden presentar altas pérdidas (Chávez, 2007).

Horizontal de montón: Se encuentran hechos directamente sobre la tierra, no poseen paredes, el forraje se acumula en forma circular o trapezoidal; el piso puede ser la misma tierra, estar cementado o cubierto por un plástico. En la medida que el forraje se va acumulando se compacta mediante pisoteo o se utiliza un pisón, un rodillo u otro equipo. Una vez finalizado el proceso se cubre con plástico y se colocan materiales pesados encima para que el silo no sea descubierto (Schoonhoven *et al.*, 2005).

De vacío (de bolsas): Este tipo de ensilado es uno de los más accesibles, consiste en colocar el material que se va a ensilar dentro de bolsas de plástico calibre 4 - 6 y capacidad de 30 - 40 Kg, después de extraer mediante una adecuada compactación la mayor cantidad posible de aire, se deben cerrar herméticamente. Este proceso se puede mejorar utilizando una aspiradora de uso doméstico; al extraer el aire, el forraje se comprime y se evitan las fermentaciones indeseables. Con este sistema se facilita el manejo del material, especialmente lo relacionado con el llenado,

apisonamiento y sellado; no requiere maquinaria complicada ni costosa, y es uno de los más recomendables para el ganadero pequeño (González, 2012).

2.7 Henificado

Es un alimento que se obtiene desecando los forrajes verdes, dejándoles un contenido de humedad del 15% o menos. En cuanto proporciona una parte considerable de la energía y de otros alimentos nutritivos esenciales para el ganado, es muy requerido cuando no se dispone de pastos. Los nutrientes del heno suelen ser menos que los que consumen los animales con otros alimentos, excepto los pastos. Cuando las condiciones para crear el heno no son favorables, los costos son muy elevados, con contenido nutritivo menor que los del ensilaje (Gutiérrez, 2003).

2.8 Calidad de los forrajes

La calidad de los forrajes se relaciona con la palatabilidad de estos. La palatabilidad se define como “el placer o gustocidad del alimento o la comida”. Difícilmente es reconocible la causa de rechazo que puede ser por gustocidad o por otras reacciones fisiológicas. El concepto de palatabilidad, también puede ser referido al consumo a libre acceso de alimento sobre algunas fracciones de la dieta, por lo que ofrecer cantidad suficiente de alimento de tal forma que el animal lo pueda seleccionar puede ser recomendado. La selección de un forraje presume diferenciaciones morfológicas y nutritivas en las plantas, generalmente un animal hambriento es muy poco selectivo (Plata *et al.*, 2009).

Las características organolépticas (color, olor, textura, temperatura y humedad) de los forrajes, nos permiten tener una primera idea sobre la calidad de los forrajes que siempre se debe complementar con los análisis fisicoquímicos. Dentro de los análisis químicos, junto con las valoraciones organolépticas del forraje permiten determinar su calidad, para los forrajes henificados existen parámetros mínimos para analizar o determinar su calidad en los cuales se mide su contenido de materia seca

(MS), proteína bruta (PB), fibra ácida detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y cenizas, en los ensilados se medirá también el pH y para el ensilado de cereales se debe determinar el contenido de almidón (León, 2014). También, existen características fisicoquímicas que determinan la calidad nutricional de un ensilaje. Son importantes como características físicas; el color, el cual debe ser amarillo parduzco y nunca presentar color negro; el olor que debe ser agradable; y el aspecto del cual se debe destacar la ausencia de hongos (Apráez, 2012). Las fallas durante el tapado del silo, o la ausencia de materiales pesados para evitar que el plástico con el que se tapó el silo se levante, hacen que la capa superficial de la masa forrajera presente una fermentación indeseable y/o putrefacción del material (fermentación butírica), ocasionada por la presencia de aire y agua, razón por la cual la capa adquiere un color negro y olor desagradable, lo que no va a ser consumido por los animales (Elizalde *et al.*, 2005).

Un análisis bromatológico consiste en la evaluación química de la materia que compone a los nutrientes, dentro del mercado globalizado es importante conocer la composición química de los alimentos ya que de ello radica el precio del mismo puesto que los productores pagan de acuerdo con la cantidad de proteína cruda, grasa, minerales, entre otros componentes. Principalmente dentro de los análisis bromatológicos se determinó materia seca (MS), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN), grasa cruda (GC), proteína cruda (PC) y cenizas (LAVET, 2015).

2.8.1 Digestibilidad

La digestión de alimentos (voluminosos o concentrados) puede ser definida como la degradación de macromoléculas a compuestos simples. En la digestión de estos alimentos participan fenómenos de naturaleza química y física. Los procesos físicos comprenden la movilidad del tracto gastrointestinal, mezcla del contenido, masticación, deglución y rumiación. En cuanto los químicos, incluyen las secreciones enzimáticas y glandulares del animal y la actividad de las enzimas bacterianas (Dolores, 2006).

2.8.2 Determinación de materia seca parcial

Cada alimento contiene cantidades de agua que varían de un 10-90%, variando de igual forma su concentración de nutrientes, por lo que es necesario tener el conocimiento de las proporciones que contiene el alimento para poder realizar un buen manejo de conservación. La técnica se basa principalmente en la evaporación del agua que contiene el material, eliminándola mediante una estufa con una temperatura de 50 a 55 °C durante 24 hrs, no obstante, el material aun después del proceso sigue conteniendo pequeñas cantidades de agua que proviene de la humedad ambiental. La determinación del contenido de humedad se calcula mediante la siguiente formula (Acero, 2007).

$$\% \text{ de msp} = \frac{\textit{peso de la muestra seca}}{\textit{peso de la muestra total}} \times 100$$

2.8.3 Materia seca total

La estimación de la materia seca, expresada en porcentaje, es de suma importancia para establecer las cantidades de nutrientes que los animales consumirán, ya que los cálculos de raciones se deben hacer con base en materia seca, de igual forma la comparación entre nutrientes ofrecida y requerimientos de los animales. La materia seca total se obtiene mediante la evaporación total de la humedad mediante una estufa a una temperatura que varía entre 100-105 °C. Este método determina el agua contenida en los alimentos, una vez obtenido el material seco se debe pesar y hacer los cálculos necesarios mediante la siguiente formula (Stritzler, 2004).

$$\% \text{ de mst} = \frac{\textit{Peso del crisol con muestra seca} - \textit{peso de crisol}}{\textit{peso de la muestra humeda}} \times 100$$

2.8.4 Cenizas

Las cenizas al ser un residuo inorgánico son obtenidas mediante la incineración de la materia orgánica mediante el método establecido por la AOAC, 2000. Se procesa una muestra colocada en un crisol par después incinerarla a 550°C en un horno eléctrico, hasta obtener una ceniza blanca sin la presencia de partículas carbonosas, para después ser enfriado y pesado realizando los cálculos correspondientes.

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{peso de crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

2.8.5 Proteína cruda

Se denomina proteína cruda, porque no solo se determinan proteínas, sino que también compuestos nitrogenados que no son estrictamente proteínas. Las proteínas son compuestos nitrogenados que están integrados por cadenas de aminoácidos que son necesarios para realizar las funciones fisiológicas del animal, el cual se fundamente en el método Kjendal, utilizando un aparato de digestión y destilación, en donde la materia se descompone en medio sulfúrico, en presencia de un agente reductor catalizador (selenio) y llevando al digestor Kjeldhal durante 4-5 min hasta un cambio de color. Después de este proceso se enfría y agregan 50 ml de ácido bórico y 5-6 gotas de indicador mixto se lleva a la destilación Kjeldhal esperando a obtener 300 mil de solución destilada, se debe hacer una titulación con ácido sulfúrico (H₂SO₄) en un blanco, para determinar y comparar con las pruebas de las muestras, una vez determinada se realizan los siguientes cálculos (AOAC, 2000).

$$\% \text{ de nitrogeno} = \frac{(\text{ml de acido})(N) - (\text{ml de blanco})(N) * 0.014}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ de proteina} = \% \text{ de Nitrogeno} \times 100$$

2.8.4 Extracto etéreo o grasa

Es otro de los componentes químicos que representan la grasa y que algunas veces se le denomina extracto etéreo. La grasa cruda está formada principalmente por lípidos y por otras sustancias que no lo son, pero que son solubles en ciertos solventes de las grasas. En la determinación de grasa, de acuerdo con el método establecido por la AOAC, 2000 mediante el extractor tipo soxleth, se coloca en un papel filtro 4 g de muestra en un matraz previamente secado y pesado, agregando 250 ml de hexano, colocando en el sifón soxlethpo 16 hrs, recuperando la muestra tratada, se procede a secar y pesar realizando los siguientes cálculos para la obtención de resultados.

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{Peso del matraz con muestra} - \text{Peso del matraz solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

2.8.5 Fibra cruda

Químicamente, la fibra cruda corresponde a la lignina y a la celulosa, es decir, a los glúcidos insolubles en el agua que resisten a la acción hidrolítica de los ácidos y álcalis, con esto se trata de imitar la digestión acida del estómago y la digestión alcalina del intestino. La determinación de fibra cruda por el método establecido por (AOAC, 2000), el cual indica que colocando en una muestra a determinar en un vaso Berzelius 100 ml de ácido sulfúrico, colocando en el digestor Labconco, esperando a punto de ebullición, filtrando la muestra, para después hervirla en un vaso junto con hidróxido de sodio hasta hervir, filtrando la muestra y llevada a secar se realizaran los cálculos siguientes para determinar el contenido de fibra cruda.

$$\% \text{ de Fibra} = \frac{\text{Peso del crisol estufa} - \text{Peso del crisol mufla}}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

2.8.6 Fibra acida

Se muele la muestra con un molino de martillos y se pasó en la malla de 1 mm, se tomó una submuestra y se seca durante 12-13 h en un horno a 105 °C. Posteriormente, se enfría la muestra en desecador. Se toma un gramo de la muestra seca colocada en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Se adicionó el detergente ácido y el antiespumante, para llevar a ebullición por 3 min y calentar, por 2 h. Se filtró el contenido del matraz, se enjuagó con agua destilada caliente, se filtra nuevamente. Posteriormente, se enjuagó con acetona, se dejó secar y se coloca el crisol a 105 °C durante 12 h. Se enfría en un desecador la muestra e inmediatamente se determinó el peso (Mesa *et al.*, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo del 14 de marzo al 25 de julio del 2020, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, en el área experimental conocida como “El Bajío”. Las coordenadas del sitio son 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. El clima es clasificado como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2019). El suelo del lugar se clasifica con textura migajón arcilla arenoso con una densidad aparente de 1.25 g/cm³, materia orgánica del 3.026 %, carbono orgánico de 1.755 % y nitrógeno total de 4.45 % (Laboratorio de suelos de la UAAAN-Saltillo).

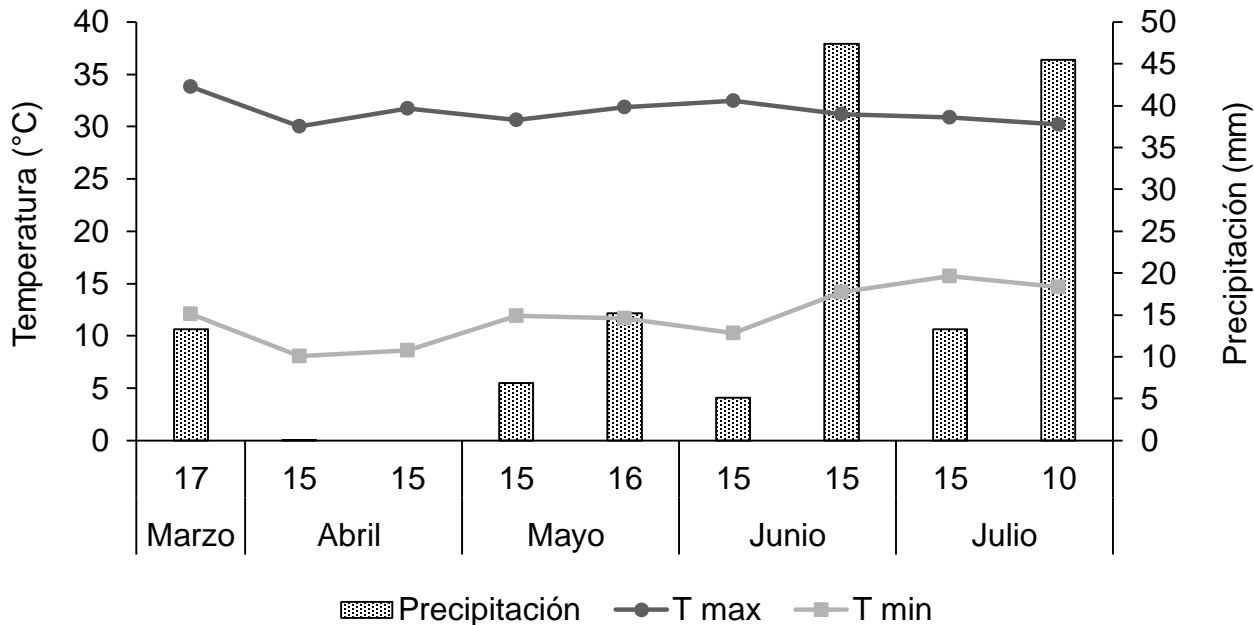


Figura 1. Medias quincenales de la temperatura máxima (T_{máx}, °C), mínima (T_{min}, °C) y precipitación acumulada (mm) durante el periodo de estudio, del 14 de marzo al 25 de julio del 2020, en sorgo gigante, en Saltillo, Coahuila, México.

3.2 Diseño experimental

Se utilizó una parcela de 500 m² (9 x 50 m), en la cual se establecieron tres genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare L.*); SG19, SG45 y una línea experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, departamento de fitomejoramiento (LES1). Para este estudio solo se consideraron los dos primeros materiales. La densidad de siembra utilizada fue de 48,000 plantas ha⁻¹. La unidad experimental estuvo formada por 5 surcos de 16.6 m para cada genotipo, con 3 repeticiones. Las condiciones del estudio fueron en situación de temporal, únicamente se aplicaron dos riegos de auxilio a capacidad de campo con riego por goteo con cintilla calibre 6000, al momento de la siembra y a los 15 DDS.

3.3 Variables productivas evaluadas

3.3.1 Rendimiento de forraje

Para determinar rendimiento de forraje se cortaron 5 plantas de cada genotipo, por cada repetición, las cuales fueron secadas en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca parcial, y su estimación en kg MS ha⁻¹, con el dato de densidad de plantas por hectárea.

3.3.2 Composición morfológica

La muestra utilizada para determinar rendimiento de forraje fueron separadas en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia y cada componente se secó en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca parcial por componente, y se estimó su aportación al rendimiento total en porcentaje (%) y en kg MS ha⁻¹, mediante las siguientes formulas:

$$\text{CM (\%)} = \left[\frac{\text{Peso total del componente}}{\text{Peso total de la CM}} \right] \times [100]$$

$$\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} = \left[\frac{\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} \text{ componente}^{-1}}{\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}} \right] \times [100]$$

3.3.3 Relación hoja:tallo

Los datos originados a partir de la composición morfológica de hoja y tallo, fueron utilizados para estimar la relación hoja:tallo mediante la siguiente formula:

$$R: H/T$$

Dónde:

R = Relación del peso de la hoja respecto al del tallo.

H = Peso de la hoja (kg MS ha⁻¹).

T = Peso del componente tallo (kg MS ha⁻¹)

3.3.4 Altura de la planta

Antes del corte se determinó la altura de 12 plantas, seleccionadas al azar por repetición, con el uso de una regla de madera graduada a 100 cm, con 1 mm de precisión, donde 0 cm se colocó a ras de suelo y a partir de ahí se tomó la altura hasta el componente morfológico más alto de la planta. Cuando la planta excedió el metro, se midió desde el suelo hasta el metro y se invirtió desde la parte superior de la planta y se le sumo el metro de la parte inferior.

3.3.5 Porcentaje de luz interceptada

La determinación del porcentaje de luz interceptada por el dosel de la pradera se llevó a cabo mediante el método de barra light, tomando tres lecturas por repetición, entre las 11:30 am y 12:30 pm, horario en el cual los rayos del sol inciden perpendicularmente sobre la superficie de la pradera.

a) Barra light:

Con la barra light o sensor de quantum de 70 cm de longitud, modelo PS-100, Apogee, Inst, Utah, USA, se tomaron lecturas sobre el dosel de la planta y bajo el dosel de esta, nivelando la barra con una burbuja de agua. Las lecturas sobre las plantas representaron el 100 % de la luz recibida y las lecturas bajo el dosel de estas, la luz que no interceptó la planta (luz no aprovechada). La determinación del porcentaje de luz interceptada se calculó mediante la siguiente formula.

$$\% \text{ LI} = (\text{LT} - \text{LR}) * 100/\text{LR}$$

Dónde:

% LI = Porcentaje de luz interceptada

LR = Cantidad de luz recibida ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$)

LT = Cantidad de luz transmitida ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$)

3.3.5 Área foliar

Se registró la longitud (L) y el ancho máximo (A) de la lámina de cada hoja verde presente en cada uno de los genotipos, y con estos datos se calculó el área foliar por hoja (AF) mediante el modelo propuesto por Montgomery (1911): $AF = 0.75 * L * A$.

3.4 Análisis bromatológico del ensilaje

Se utilizaron, cinco plantas por repetición, con 133 días después de la siembra, las cuales fueron cortadas a un tamaño de partícula de 2 cm con machete y ensiladas en botellas de plástico de capacidad de un litro, totalmente selladas y mantenidas en condiciones anaeróbicas, durante 60 días. Posteriormente, se sometieron a un secado en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y fueron molidas en un molino tipo Thomas-Wiley. El análisis bromatológico se realizó en el laboratorio de ciencias

básicas donde se determinó la materia seca total (MS), humedad (H), cenizas (CE), proteína cruda (PC), grasa (G), fibra cruda (FC) y fibra acida (FA).

3.4.1 Materia seca total (MST) y % de humedad

La materia seca total se obtuvo mediante la evaporación total de la humedad en una estufa, a una temperatura que varió entre 100-105 °C. Este método determina el agua contenida en los alimentos, y una vez obtenido el material seco se pesa y se obtiene la MST y el porcentaje de humedad, mediante la siguiente fórmula:

3.4.2 Cenizas

Se pre incinero en un mechero contenida en un crisol, hasta que la muestra se quemó, posteriormente se colocó en una mufla durante 2-3 horas, posteriormente se trasladó a desecador para enfriar la muestra durante 15 minutos y se obtuvo su peso. Para obtener el porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente formula:

3.4.3 Proteína cruda

Para realizar la digestión se pesó una muestra de alimento soca (estufa) de 1g. Pesada la muestra se coloca en un matraz kjeldahl y se añadió una cuchara de mezcla catalítica (sulfato de Potasio + Sulfato de Cobre), en seguida se añadió 25 ml de H₂SO₄ concentrado (98%) por las paredes del matraz introducir unas perlas de vidrio al matraz kjeldahl y colocar éste en el aparato digestor kjeldahl para poner a ebullición, la temperatura no debe ser mayor de 300°C, porque se perdería nitrógeno. La digestión se terminó cuando el líquido fue claro, se apagaron las parrillas, dejar enfriar y antes de la solidificación de la sal se agregar 250 ml de agua destilada. Si se solidificó el material disolver la sal totalmente. Para la destilación se prepararon los matraces Erlenmeyer de 500 ml y añadir 50 ml de H₃BO₃ al 48, se añadió colorante mixto (10 gotas), se colocaron los matraces bajo los condensadores, introduciendo los tubos dentro de los mismos para recibir el destilado y coleccionar 250 o 300 ml de volumen. A

los matraces de Kjeldahl digeridos y con agua se añadió 110 ml de NaOH al 45% y unos gránulos de zinc (catalizador), se conectó el destilador rápidamente, ya una vez ajustado el tapón del condensador, se mezcló el contenido del balón rotándolo suavemente se prendieron las parrillas y se destiló el volumen suficiente. Se tituló el amonio recogido con H_2SO_4 , estandarizado (0.1M) o HCl (0.1N), hasta que desapareció el color verde. Se tuvo cuidado en el punto de equivalencia que consiste en un equilibrio entre la parte ácida y la parte básica, por e110 en la titulación se debe tomar en cuenta el primer cambio de color, y tomar el dato para poder hacer los siguientes cálculos:

3.4.4 Extracto etéreo (EE) o grasa

Para determinar extracto etéreo se puso a secar la muestra a 80°C durante la noche. Los matraces para extracción se colocaron con perlas de vidrio en la estufa a 100°C durante toda la noche, al día siguiente se colocó en un desecador, se dejó enfriar por 30 minutos y se pesó, se volvió a introducir en la estufa para checar el peso, las muestras se sacaron y se dejaron enfriar en un desecador, este proceso se repitió hasta obtener el peso constante del matraz. Se pesó 4 gramos de muestra y lo colocamos en un dedal limpio e identificado y taparlo con algodón. El dedal se colocó con la muestra en el sifón y fijarlo bajo el condensador del aparato de extracción (refrigerante). Al matraz de extracción se le agregó 200 ml de solvente (Hexano o Éter de Petróleo), y colocarlo bajo el sifón y sobre la manta de Calentamiento asegurándose que haya quedado bien fijo, abrimos la llave del agua que enfría los refrigerantes y prender las mantas de calentamiento, la extracción se dejó sola y solo realizaron observaciones periódicas. La extracción fue de 16 horas (tiempo suficiente para evitar errores en los resultados), con goteo de 2-3 gotas por segundo. Cuando se completó la extracción se retiró el dedal del sifón y lo guardamos para realizar fibra cruda; se recuperó el solvente antes de que se evapore a sequedad, se retiraron los matraces y se terminó de evaporar a temperatura del laboratorio, se colocaron los matraces en la estufa a 80°C por toda la noche. Al día siguiente se sacaron de la estufa y se colocaron

en el desecador y se dejó enfriar durante 30 minutos, se pesaron ya fríos y sacamos los resultados con la siguiente formula:

3.4.5 Fibra cruda y acida

Se pesaron 2 g de muestra desengrasada y se colocaron en un vaso de Berzelius. Después se agregaron 100 ml de ácido sulfúrico 0.255 N y se abrió la llave del digestor Labconco, y se colocó el vaso en una parrilla. A partir del punto de ebullición de la muestra, se tomó el tiempo de 30 minutos y se inició un calentamiento con agua destilada, el filtro se colocó sobre el embudo, una vez pasados los 30 minutos se filtró la muestra y se lavó con agua caliente. Con la ayuda de una espátula se vació la muestra en un vaso tipo bohemia, y se agregaron 100 ml de hidróxido de sodio 0.313 N. A partir del punto de ebullición se tomó el tiempo de 30 minutos. Posteriormente se retiró la muestra, se filtró y lavo con agua caliente. En un crisol, sacado previamente en una estufa, se colocó la muestra y se dejó 12 horas en una estufa de secado dr200. Pasadas las 12 horas se sacó el crisol de la estufa y se pesó. Finalmente se colocó el crisol en la mufla durante 2 horas, y se enfrió en el desecador durante 10 minutos y se pesó.

Digestión acida: Para determinar fibra acida se pesó 2 g de muestra seca y extraída con Eter de Petróleo o Hexano, se colocarla en un matraz Erlenmeyer con 600 ml, si la muestra contiene menos del 1% de grasa, la extracción se puede omitir, se añadió a próximamente 1 g de asbesto, en 200 ml de solución sulfúrica hirviendo y unas gotas de solución antiespumante, además perlas de vidrio. Se puso a hervir la solución por 30 minutos (tomar el tiempo desde que empieza a ebulir). Se filtró el contenido del matraz a través de la tela de lino y lavar con agua caliente (desmineralizada o destilada) hasta que se quitó el ácido.

3.5 Análisis estadístico

Para determinar el efecto del genotipo en las variables evaluadas, se llevó a cabo un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completamente al azar, con

tres repeticiones, con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.3 (SAS Institute, 2011) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j

μ = Media general de la población estudiada

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

β_i = Efecto del i -ésimo bloque

ε_{ij} = Error estándar de la media

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje y composición morfológica

En el Cuadro 2, se presentan las variables productivas de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados a los 133 días de después de la siembra. No se presentaron diferencias estadísticas entre genotipos, en el rendimiento total ni entre componentes morfológicos ($P>0.05$). Sin embargo, el SG45 superó al SG19 en un 8% con 294 kg MS ha⁻¹. El promedio en el rendimiento de forraje fue de 3392 kg MS ha⁻¹. No obstante, entre componentes dentro de cada genotipo se presentaron diferencias ($p<0.05$). El tallo en ambos genotipos y en el promedio, supero a la hoja, material muerto e inflorescencia con valores de 2189 y 2576 kg MS ha⁻¹, para los genotipos SG19 y SG45, respectivamente. En promedio el tallo aportó al rendimiento total 2382 kg MS ha⁻¹, seguido por la hoja (470 kg MS ha⁻¹), inflorescencia (448 kg SM ha⁻¹) y material muerto (90 kg MS ha⁻¹). Al respecto Cruz, (2005), menciona que el rendimiento de los cultivares está en función de las condiciones de clima y suelo, las cuales pueden ser desfavorables. De igual manera las mayores posibilidades de incremento en los rendimientos al utilizar el genotipo CNIA 90520x90502 alcanzan producciones de 3,780 kg MS ha⁻¹, teniendo como testigo la variedad Tortillero Precoz con producciones de 3,379.8 kg ha⁻¹. Por su parte Amador y Boschini (2000), reportan en sorgo negro forrajero, una producción máxima de materia seca a los 108 DDS con 10,450 kg MS ha⁻¹, mientras que a una edad semejante a la de este estudio (133 vs 136 DDS), reportan 7,381 kg Ms ha⁻¹. Así mismo, Vargas (2005) reporta rendimientos promedio de 4,652 kg MS ha⁻¹, al evaluar 15 genotipos de sorgo en Tres Ríos, Cartago, Costa Rica, con el mayor rendimiento en el genotipo CIAT638 con 6,143 kg MS ha⁻¹.

En el Cuadro 3, se muestran los cambios en la composición morfológica representada en porcentaje de aportación al rendimiento total de forraje, de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.). No se presentaron diferencia entre genotipos ($p>0.05$). La mayor aportación promedio la hizo el tallo con 69 %, seguido

por la hoja con 15 %, la inflorescencia con 14 % y el menor estadísticamente el material muerto con 3 % ($p < 0.05$). Los resultados que obtuvimos fueron mayores, comparados con Amador *et al.*, 2000, quienes reportaron que a los 136 días obtienen un porciento del tallo de 65.88, en cuanto a la hoja el 9.19 %, en la inflorescencia tienen un 11.28%, estos fue lo que el obtuvo con el sorgo negro forrajero (*Sorghum Almun*).

Cuadro 2. Rendimiento total (kg MS ha⁻¹) y su composición morfológica (kg MS ha⁻¹) de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	RMS	Pr > F
SG19	2189 ^{Aa}	532 ^{Ba}	85 ^{Ba}	437 ^{Ba}	3245 ^a	0.0020
SG45	2576 ^{Aa}	408 ^{Ba}	95 ^{Ba}	458 ^{Ba}	3539 ^a	0.0023
\bar{x}	2382 ^A	470 ^B	90 ^B	448 ^B	3392	0.0019
Pr > F	0.0157	0.7418	0.5738	0.1619	0.02	

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$). MM = Material muerto.

Cuadro 3. Aportación al rendimiento (%) de los componentes morfológicos de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipos	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	Pr > F
SG19	66 ^{Aa}	17 ^{Ba}	3 ^{Ca}	13 ^{BCa}	<.0001
SG45	71 ^{Aa}	12 ^{Ba}	3 ^{Ca}	14 ^{Ba}	<.0001
\bar{x}	69 ^A	15 ^B	3 ^C	14 ^B	<.0001
Pr > F	0.1	0.4	0.6	0.09	

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente ($p > 0.05$). MM = Materia muerta

4.2 Relación hoja:tallo, altura de planta, área foliar e intercepción luminosa

En el Cuadro 4, se presenta la relación hoja:tallo, altura de planta, intercepción luminosa y número de nudos de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, en Saltillo, Coahuila, México, en condiciones de temporal. A excepción del área foliar, en el resto de las variables no se registraron diferencias significativas ($P>0.05$). La mayor área foliar se presentó en el genotipo SG19 con un valor de $200 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$, respecto al SG45 con $156 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$, lo que corresponde a la mayor cantidad de hoja en el SG19 vs SG45 con 532 vs 408 kg MS ha^{-1} , respectivamente (Cuadro 2). El promedio de la relación hoja:tallo fue de 0.21, lo que significa una mayor cantidad de tallo producido frente a la hoja (Cuadro 2). No obstante, el que una especie forrajera contenga mayor cantidad de tallo tiene la ventaja de una mayor disponibilidad de azúcares para su aprovechamiento como ensilado (Webster, 1991). No obstante, se debe tener claro que a mayor producción de hoja representa mayor calidad de forraje, lo que nos permite obtener mejores resultados en la producción animal (Perulactea, 2014).

La altura promedio registrada fue de 144 cm por planta, esta fue similar a la media reportada por Bolaños *et al.* (2012) quienes evaluaron seis variedades de sorgo en Lusignan, Francia, donde el mayor valor lo registró la variedad Big Kahuna con 202.5 cm. El promedio en la intercepción luminosa fue de 66 %, este fue inferior al porcentaje recomendado para una cosecha óptima, donde la planta tenga óptimas características morfológicas. Mattera *et al.* (2013), menciona que, la intercepción del dosel es influenciada por el espaciamiento entre plantas durante su desarrollo. Da Silva *et al.* (2008) y Da Silva y Hernández (2010) consignan que cuando un cultivo forrajero intercepta el 95% de la radiación incidente sobre ellas es el momento óptimo para su cosecha.

Cuadro 4. Relación hoja:tallo, altura de planta, área foliar y intercepción luminosa de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	R:H/T	Altura (cm)	Área Foliar (cm ² planta ⁻¹)	Luz Intercepta (%)
SG19	0.26 ^a	155 ^a	200 ^a	62 ^a
SG45	0.17 ^a	134 ^a	156 ^b	70 ^a
\bar{x}	0.21	144	178	66
Pr> F	0.35	0.7	0.06	0.54

Filas con la misma letra minúsculas no indican diferencia ($p>0.05$).

4.3 Composición química del ensilaje

En el Cuadro 5, se muestran los valores del estudio bromatológico de la materia seca de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), SG19 Y SG45, cosechados 133 DDS, en saltillo, Coahuila, en condiciones de temporal. No se presentaron diferencias estadísticamente entre genotipos ($p>0.05$), a excepción del % de fibra ($p<0.05$). El porcentaje mayor de fibra cruda se registró en el genotipo SG19 con 42 %, respecto al genotipo SG45 con valor de 35 % ($p<0.05$). No obstante, estos valores son superiores a los encontrados por Tuna y Bressani (1992) en diez materiales criollos evaluadas en el ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola): los valores reportados por estos autores, fueron entre 2.82 y 3.03. El promedio de proteína cruda fue de 4.19 %, el genotipo SG19 supero con solo 0.3 unidades al SG45. De acuerdo con Amador y Boschini (2000), el porcentaje de proteína disminuye a medida que la edad de la planta avanza, con valores de 25.97 % a los 38 DDS a 7.70 % a los 136 DDS. Las cenizas y estrato etéreo o grasa, registraron en promedio de ambos genotipos de 7.2 y 1.8 %, respectivamente, lo cual es inferior y similar a lo reportado por Vargas (2005) al evaluar 15 genotipos de sorgo. Los valores más bajos reportados en el anterior trabajo fueron de 10.3 % en cenizas para el material CIAT496, mientras

que para el estrato etéreo reporta un promedio de 1.75 %, con extremos de 2.57 % (CIAT643-1) y 1.12 % (CIAT591).

Cuadro 5. Composición química (%) del ensilaje de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	Proteína Cruda	Cenizas	Fibra Cruda	Estrato Etéreo
SG19	4.3 ^a	7.3 ^a	42 ^a	2.01 ^a
SG45	4.0 ^a	7.1 ^a	35 ^b	1.68 ^a
\bar{x}	4.19	7.2	38	1.8
Pr > F	0.68	0.41	0.009	0.344

Filas con la misma letra minúsculas no indican diferencia ($p > 0.05$).

V. CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos y su aportación a este no fue afectado por el genotipo, cuando se cosecho a los 133 días después de la siembra, en condiciones de temporal. El componente que más apporto al rendimiento fue el tallo con un 71 %, seguido por la hoja con 12 %, la inflorescencia con 14 % y el material muerto con 3 %. Los genotipos solo fueron diferentes en el porcentaje de fibra cruda y área foliar, siendo mayor el SG19, mientras que, en proteína, cenizas y extracto etéreo, ambos genotipos fueron similares con promedios de 4.19, 7.2, y 1.8 %, respectivamente.

VI. LITERATURA CITADA

- Acero, M. M. 2007.** Manual de prácticas de bromatología. Universidad Autónoma de Aguascalientes, 33-34 p.
- Amador, A.; Boschini, C. 2000.** Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 11(2): 79-84. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711212>
- AOAC. 2000.** Official Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.
- Bolaños Aguilar, E. D., Emile, J. C., & Audebert, G. 2012.** Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(3), 441-449.
- Castillo, M., Rojas, A. y Wingchig, R. 2009.** Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en Asocio con Vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*. p. 133-146. www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm
- Cattani M, Guzzo N, Montovani R, Bailoni L. 2017.** Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 8(15): 1-8. doi: [10.1186/s40104-017-0146-8](https://doi.org/10.1186/s40104-017-0146-8)
- Chantereau J., Trouche G., Luce C 1997.** Le Sorgho. in: L'amélioration des plantes tropicales. CIRAD-ORSTOM. 632 p.
- Chávez García, Edwin Alejandro 2007.** Efecto de la inclusión de 5 niveles de gallinaza sobre la elaboración de ensilajes de Maíz (*Zea mays*). Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. 36 p.
- Compton, LP 1990.** *Agronomía del Sorgo*. San Andrés. CENTA. El Salvador. 97-104 p.

- Cruz, B. O., T. 2005.** Rendimiento de tres cultivares de sorgo [(*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] en el pacífico sur de Nicaragua. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 45 p. repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/.
- Da Silva, S. C., do Nascimento Júnior, D., y Euclides, V. B. P. 2008.** Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo. Suprema. 115 p.
- Da Silva, S. C., y Hernández G, A. 2010.** Manejo de pastoreo en praderas tropicales. Forrajes y su impacto en el Trópico. Primera edición. México. Universidad Autónoma de Chiapas. 43-62 p.
- Dardón Orellana, V. C., & Durán Contreras, M. E. 2011.** Cuantificación espectrofotométrica de taninos y análisis bromatológico proximal de cuatro diferentes mezclas de forrajes a base de gramíneas y leguminosas. Doctoral Dissertation, Universidad de El Salvador. 174 p.
- Dolores, D., 2006.** Gluconeogénesis y ruta de las pentosas fosfato. Bioquímica-1º de Medicina. Departamento de Biología Molecular.
- Enciclopedia Practica de la Agricultura y la Ganadería. 2006.** Sorgo (*sorghum* spp). Familia Gramíneae o Poaceae. Océano/Centrum. Barcelona, España. p. 324-329.
- Estrada, M.A 1974.** Evaluación de nuevos sorgos híbridos Experimentales para granos del INIA., Nacional de Investigación Agrícola (INIA) en el Mpio. de Zapopan. Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México. 47 p.
- FAO, 1995.** Annuaire production: 1994. Rome, Italie, FAO, 243 p.
- González, B. 2012.** Conservación de forrajes y consideraciones técnico económicas. Revista de la Facultad de Agronomía, 11(2):190-205. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25982>

- González, R. 2000.** Prueba de rendimiento de híbridos y variedades de sorgo granífero con bajo contenido de taninos. IV Curso sobre Producción de Sorgo del 04 al 08 de diciembre. Asoportuguesa. Araure. Estado Portuguesa. pp. I-XI
- Gutierrez., T.,J.,M. 2003.** El cultivo de sorgo (*Sorghum Vulgare Spp.*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.75 p.
- Herrera, 2010.** Conservación del forraje de *Lupinus rotundiflorus* ME Jones *Lupinus exaltatus* Zucc. Mediante ensilaje. Asociación interciencia Venezuela. 9 p.
- Huges.,Heat.,Metcalf 1972.** Forrajes, Segunda Edición 3a. Impresión Editorial Continental, S.A. México. D.F.
- Huar-duclos., B 1969.** Las plantas forrajeras tropicales primera Edición. La. Impresión. Editorial bluma. Barcelona España.
- Ibar, L. 2008.** El sorgo: cultivo y aprovechamiento. 2da edición. Editorial AEDOS. 161 p.
- ICTA- INTSORMIL 2013.** Investigación para el desarrollo agrícola. cta.gov.gt/publicaciones/Memoriasicta/memoria%20final%202012.pdf
- INIA-Campo Agrícola Experimental Anáhuac (CAEANA). 2005.** Guía para cultivar Sorgo Forrajero en el norte de nuevo león Cd. Anáhuac, Nuevo león. México.
- Jaurena, G. 2008.** Contribución de la inoculación bacteriana a la fermentación de silajes de planta entera de maíz y sorgo. Revista Argentina de Producción Animal. 28(1) 21-29.
- Jiménez Arango, F., & Moreno Moreno, J. 2012.** El ensilaje: una alternativa para la conservación de forrajes. 142 p.
- Juanazo, C. 1998.** Respuesta a diferentes niveles de fertilización de N-P-K cantón Playas CEDEGE. 2 p.

- Karper., R., E 1947.** Sorghum Its Production. Utilization and Breeding. Econ. Botany J: 1(4):355-371. <https://www.jstor.org/stable/4251866>
- Lavet, 2015.** Los análisis bromatológicos: LAVET <http://www.lavet.com.mx/analizando-alimentos-analisis-bromatologicos/>
- Leon, A. C. 2014.** Parámetros para evaluar la calidad de los distintos forrajes en la granja. Agropal: <https://www.agronewscastillayleon.com/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-losdistintos-forrajes-en-la-granja-agropal>
- Martínez, A. M. 2003.** Uso de aditivos como mejoradores del ensilaje de maíz. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México.
- Mattera, J., Romero, L. A., Cuatrín, A. L., Cornaglia, P. S., & Grimoldi, A. A. 2013.** Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. European Journal of Agronomy, (45):87-95. DOI:10.1016/j.eja.2012.10.008
- Webster, J. (1992).** The Biochemistry of Silage (Second Edition). By P. McDonald, A. R. Henderson and S. J. E. Heron. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications, (1991), pp. 340, £49.50, ISBN 0-948617-225. Experimental Agriculture, 28(1), 125-125. doi:10.1017/S0014479700023115
- Mesa A. y Fierro S. 2008.** Curso Posgrado Alimentos en Ruminates. Consultado el 17 de Junio de 2016. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~nutanimal/Fierro.%20Messa.SUBTRIGO.pdf>.
- Mesa, J. 2004.** Comparación de la morfología y la producción del sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*) con dos cultivares de sorgo blanco en El Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. 14 p.

- Montgomery, E. C. 1911.** Correlation studies in corn. In: Nebraska Agric. Exp. Stn. Annu. Rep. Lincoln, NE. pp. 108-159.
- Pérez, A. J. 2000.** Cultivos I; Cereales- leguminosas-oleaginosas. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá-Colombia. Unad. p. 398-413.
- Perulactea. 2014.** Parámetros para Evaluar la Calidad de Los Forrajes. Obtenido de Perulactea: Consulta 05 de diciembre del 2021. <http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-forrajes/>
- Plata, F. X., Ebergeny, S., Resendiz, J. L., Villarreal, O., Bárcena, R., Viccon, J. A., & Mendoza, G. D. 2009.** Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). Archivos de medicina veterinaria, 41(2):123-129. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2009000200005>
- Reiber, C., Cruz, H., Peters, M., Franco, L. H., Lascano, C. E., Ávila Vargas, P. & Lentés, P. 2006.** El ensilaje, alternativa para conservar forrajes. http://ciat-library.ciar.org/forrajes_tropicales/pdf/Brochures/007%20Ensilaje-conservar-forrajes-2006.pdf.
- Rieman, A. 2014.** Memoria del distrito de riego 04 “Don Martin” Coahuila y Nuevo León. Comisión Nacional de irrigación. México.
- Robles S.R. 1985.** Producción de granos y forrajes, cuarta Ed.; Editorial LIMUSA. México. 592 p.
- SAGARPA. 2016.** (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). <http://www.sagarpa.gob.mx/>.

- Sánchez, L. 2004.** Nuevas estrategias para conservación de forrajes en el trópico. Primera Reunión de la Red Temática de Recursos Forrajeros. CORPOICA, Tibaitatá. Memorias. Mosquera.
- Sánchez, MA., 1994.** Cultivo del Sorgo Granífero (En línea) Consultado 27 de ene. 2012. Disponible en www.monografias.com/trabajos/sorgo/sorgo.
- Schoonhoven. A. D., Holmann, F. J., Argel, P. J., Pérez, E., Ordoñez, J. C., & Chaves, J. 2005.** Costos y beneficios de suministrar heno y ensilaje durante la época seca en Honduras y Costa Rica. CIAT Documento de trabajo. 52 p.
- Stritzler, N. G. 2004.** Guía de trabajos prácticos. Revista Argentina de producción animal, 129 p.
- Tuna, E., & Bressani, R. 1992.** Composición química de once variedades de sorgo (*Sorghum vulgare*) antes y después del reventado del grano. Archivos Latinoamericanos De Nutrición, 42(3):291-291. <https://www.alanrevista.org/ediciones/1992/3/art-9/>
- USDA-NRCS. 2007.** Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Iberica. Universidad Pública de Navarra.
- Van Soest, P.J. 1990.** Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. II. A Rapid Method for the Determination of Fiber and Lignin, Journal of Association of Official Analytical Chemists. 73(4):491–497, <https://doi.org/10.1093/jaoac/73.4.491>
- Vargas-Rodríguez, C. F. 2005.** Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp.). Agronomía Mesoamericana. 16(2): 215-223. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43716211>
- Villarreal, C.E. 2001.** Observación de 22 sorgos Forrajeros para Ensilaje en la región Norte de Tamaulipas. Agricultura técnica de México. S.A.G. III. México.

VII. ANEXOS

Cuadro 2. Rendimiento total y composición morfológica (kg MS ha⁻¹) de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	RMS	\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
SG19	2189 ^{Aa}	532 ^{Ba}	85 ^{Ba}	437 ^{Ba}	3245 ^a	8113 ^a	0.002	3218	9098
SG45	2576 ^{Aa}	4082 ^{Ba}	95 ^{Ba}	458 ^{Ba}	3539 ^a	8847 ^a	0.002	3998	11301
\bar{x}	2382 ^A	470 ^B	90 ^B	448 ^B	3392	8480	0.001	3524	9960
Pr > F	0.01	0.74	0.5	0.16	0.02	0.02			
EEM	1172	1755	750	547	0.067	444			
DMS	4118	6167	2636	1924	0.2369	1562			

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$). MM = Materia murta, EEM = error estándar de media, DMS = mínima diferencia significativa, RMS = rendimiento de materia seca.

Cuadro 3. Aportación al rendimiento (%) de los componentes morfológicos de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipos	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
SG19	66 ^{Aa}	17 ^{Ba}	3 ^{Ca}	13 ^{BCa}	25	<.0001	4	11
SG45	71 ^{Aa}	12 ^{Ba}	3 ^{Ca}	14 ^{Ba}	25	<.0001	3	9
\bar{x}	69 ^A	15 ^B	3 ^C	14 ^B	25	<.0001	3	8
Pr > F	0.1	0.4	0.6	0.09				
DMS	7	14	8	2				

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente ($p > 0.05$). MM = Materia muerta, EEM = error estándar de media, DMS = mínima diferencia significativa, RMS = rendimiento de materia seca.

Cuadro 4. Relación hoja:tallo, altura de planta, área foliar e intercepción luminosa de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	R:H/T	Altura (cm)	Área Foliar (cm ²)	Intercepción Luminosa (%)
SG19	0.26 ^a	155 ^a	200 ^a	62 ^a
SG45	0.17 ^a	134 ^a	156 ^b	70 ^a
̄	0.21	144	178	66
Pr > F	0.35	0.7	0.06	0.54
EEM	0.06	30	11	10
DMS	0.23	107	40	37

Filas con la misma letra minúsculas no indican diferencia ($p>0.05$).

Cuadro 5. Composición química (%) del ensilaje de dos genotipos de sorgo gigante (*Sorghum vulgare* L.), cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	Proteína Cruda	Cenizas	Fibra Cruda	Estrato Etéreo
SG19	4.3 ^a	7.3 ^a	42 ^a	2.0123 ^a
SG45	4.0 ^a	7.1 ^a	35 ^b	1.6890 ^a
̄	4.19	7.2	38	1.8506
Pr > F	0.6	0.41	0.009	0.3440
EEM	1.0	0.38	0.537	0.162896
DMS	3.6	1.34	1.889	0.5723

Filas con la misma letra minúsculas no indican diferencia ($p>0.05$).