

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VARIEDADES DE SORGO
FORRAJERO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] EN EL SURESTE DE
COAHUILA MÉXICO**

TESIS

Que presenta FRANCISCO GABRIEL MUÑOZ LÓPEZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila, México

Julio 2024

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE VARIEDADES DE SORGO
FORRAJERO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] EN EL SURESTE DE COAHUILA
MÉXICO**

TESIS

Elaborada por FRANCISCO GABRIEL MUÑOZ LÓPEZ como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Director de tesis



Dr. Miguel Mellado Bosque

Asesor



Dr. Antonio Encina Domínguez

Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda

Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Antonio Flores Naveda
subdirector de Postgrado

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Torreón, Coahuila, Julio 2024.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado “comportamiento productivo de materiales de sorgo [*Sorghum bicolor (L.) Moench*] para estimar rendimiento de forraje en el sureste de Coahuila México” 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 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 de este, ni a un nuevo envío.

Francisco Gabriel Muñoz López

Nombre

Firma

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la maravillosa oportunidad de vivir esta experiencia, por darme fortaleza, sabiduría, por el conocimiento que me permitió adquirir, por cuidarme y guiarme en este tiempo.

Al pueblo de México que por parte del CONAHCYT se me brindó el apoyo económico durante este tiempo.

A la UAAAN por abrirme sus puertas, por ser una noble institución que apoya a sus alumnos.

A mis asesores, Dr. Perpetuo Álvarez, Dr. Miguel Mellado, Dr. Juan Encina, y Dr. Antonio Flores, por darme la guía y herramientas para poder formarme y culminar esta etapa académica en mi vida.

A la familia Pinales Urbina, Hilario Pinales López, Elizabeth Urbina Martínez y Kimberly Pinales Urbina por haberme abierto las puertas de su casa dándome alojamiento al inicio de mi maestría y por todo el apoyo que me brindaron, con cariño, que Dios los bendiga.

A mi primo Evany Eduardo Pinales Muñoz por haberme extendido su mano de apoyo, por esos momentos de alegría que convivimos y que hizo de este proceso algo inolvidable, gracias primo.

A mi compadre Víctor Gabriel Alvarado Caudillo por esa hermandad de 15 años, por sus consejos y ánimos que me dio para salir adelante.

A amigo el Ing. Josué Emanuel Montoya Rubalcaba quien me brindó su apoyo moral, dándome ánimos para ser mucho mejor persona de lo que día a día soy.

A mi amiga Azucena Esmeralda Hernández Cisneros, por esos 10 años de amistad, por sus buenos deseos y esos momentos que estuvo conmigo cuando más lo necesite.

A María José Méndez López, por todo su cariño, comprensión y por todo ese apoyo emocional que me brindo en los momentos donde no creí poder, de corazón, que dios te bendiga.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño a mi madre Mariana López López, por su amor incondicional, por siempre mostrarme su apoyo en todas las decisiones que tome.

A mi padre Juan Gabriel Muñoz Basurto, por haberme guiado por el buen camino ofreciéndome su mano firme y franca para hacerme un hombre de bien.

A mi hermana Evelyn Muñoz López, por su cariño, admiración y por cumplirme la dicha de ser tío.

A mis abuelas María del Rosario Basurto Magallanes y Josefina López Zúñiga, por todo su amor incondicional, apoyo moral y por haberme cuidado en ciertas etapas de su vida.

A mi tía libertad Valverde López, por todo su cariño que siempre me ha demostrado desde que nací, la quiero mucha tía.

A mi tío Samuel Guillen Esparza, por todo su apoyo que le brindo a mi familia en momentos difíciles de salud y por siempre comprenderme, lo aprecio mucho tío.

Dedico este trabajo a todas aquellas personas en general que me apoyaron de alguna u otra manera, amigos, primos, personas externas, con todo mi cariño.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen del sorgo e importancia	3
2.2 Clasificación taxonómica del sorgo	4
2.3 Producción de sorgo a nivel mundial	4
2.3.1 Producción de sorgo para grano	5
2.3.2 Producción de sorgo para forraje	7
2.4 Morfología del sorgo	8
2.4.1 Sistema radicular	8
2.4.2 Tallo	9
2.4.3 Hojas	9
2.4.4 Inflorescencia	9
2.5 Fenología del sorgo	9
2.5.1 Fases vegetativas	10
2.5.2 V-0 Emergencia	10
2.5.3 V-1 Tercer hoja ligulada	10
2.5.4 V-2 Quinta hoja ligulada	11
2.5.5 V-3 Octava hoja ligulada	11
2.5.6 V-4 Hoja bandera visible	12
2.6 Reproductivas	13
2.6.1 R-5 Estado de embuche	13
2.6.2 R-6 Floración	13
2.6.3 R-7 Grano lechoso masoso	14
2.6.4 R-8 Grano duro	14
2.6.5 R-9 Madurez fisiológica	15
2.7 Clasificación del sorgo	16
2.7.1 Sorgo granifero	16
2.7.2 Sorgo doble propósito	16
2.7.3 Sorgo para ensilaje	17
2.7.4 Sorgos tipo sudan grass	17
2.8 Principales plagas del sorgo forrajero	18

2.8.1	Gallina ciega, oruga, (<i>Phyllophaga sp</i>)	18
2.8.2	Gusano cortador (<i>Agrotis ípsilon</i>).....	18
2.8.3	Gusano de alambre (<i>Eqpitragus salli champion</i>)	18
2.8.4	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	18
2.8.5	Gusano Soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)	19
2.8.6	Pulgón amarillo (<i>Melanaphis Sacchari</i>).....	20
2.9	Principales enfermedades del sorgo forrajero.....	20
2.9.1	Roya (<i>Puccinea purpurea</i>)	20
2.9.2	Mancha gris (<i>Cercospora sorghi</i>)	21
2.9.3	Mancha en cadena (<i>Cercospora fusimaculans</i>).....	21
2.9.4	Mildiu (<i>Peronosclerospora sorghi</i>).....	22
2.9.5	Ergot (<i>Claviceps africana</i>).....	22
2.10	Manejo del cultivo	23
2.10.1	Período de siembra	23
2.10.2	Preparación de suelo.....	23
2.10.3	Subsuelo	24
2.10.4	Arado.....	24
2.10.5	Arado de discos.....	24
2.10.6	Arado de reja o vertedera	24
2.10.7	Rastra.....	25
2.10.8	Densidad de siembra.....	25
2.10.9	Fertilización	25
2.10.10	Riego	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1	Descripción del área de estudio	28
3.2	Establecimiento y diseño experimental	28
3.3	Variables evaluadas.....	30
3.3.1	Rendimiento de materia seca	30
3.3.2	Composición morfológica.....	31
3.3.3	Área foliar.....	31
3.3.4	Altura de la planta	31
3.3.5	Relación: hoja/tallo (R: H/T)	31
3.3.6	Elongación y senescencia foliar	32
3.3.7	Número de tallos	32
3.3.8	Radiación interceptada	32

3.3.9	Diámetro de tallos	33
3.3.10	Número de hojas por planta	33
3.3.11	Número de nudos	33
3.3.12	Número de panojas	33
3.4	Análisis estadístico.....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1	Interacción y medias de los factores de estudio.....	34
4.2	Rendimiento de materia seca.....	37
4.3	Composición morfológica	38
4.4	Área foliar.....	41
4.5	Relación: hoja/tallo.....	42
4.6	Alturas	43
4.7	Elongación y senescencia de la hoja	44
4.8	Número de tallos	47
4.9	Diámetro de tallo	48
4.10	Número de hojas	49
4.11	Número de nudos	50
4.12	Número de panojas	51
4.13	Radiación interceptada	52
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	REFERENCIAS.....	55

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)... 4	4
Cuadro 2. Etapas fenológicas consideradas en el sorgo forrajero..... 16	16
Cuadro 3. Cuadrados medios de la evaluación sobre la producción en sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 34	34
Cuadro 4. Comparación de medias de los factores evaluados de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 36	36
Cuadro 5. Comparación de medias de Rendimiento de materia seca (Ton MS ha ⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 37	37
Cuadro 6. Cuadrados medios de la aportación de los componentes morfológicos (CM) al rendimiento de cuatro materiales de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 39	39
Cuadro 7. Comparación de medias de los factores evaluados en componentes morfológicos (CM) de cuatro materiales de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México..... 40	40
Cuadro 8. Comparación de medias de área foliar (cm ²) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 42	42
Cuadro 9. Comparación de medias de la relación: hoja/tallo (R: H/T) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México 43	43
Cuadro 10. Comparación de medias de alturas (m) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 44	44
Cuadro 11. Comparación de medias de número de tallos (tallos planta ⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 47	47
Cuadro 12. Comparación de medias de diámetro de tallo individual (mm) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 49	49
Cuadro 13. Comparación de medias de número de hojas (hojas planta ⁻¹) en cuatro materiales de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 50	50
Cuadro 14. Comparación de medias de número de nudos (nudos tallo ⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México 51	51
Cuadro 15. Comparación de medias de número de panojas (panojas planta ⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México. 52	52
Cuadro 16. Comparación de medias de radiación interceptada (%) en cuatro variedades de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] al Sureste de Coahuila, México. 53	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de sorgo a nivel mundial. Fuente: PAM, 2024.	5
Figura 2. Evolución mensual de la producción de sorgo grano 2021-2023. Fuente: SIAP, 2023.....	6
Figura 3. Etapa fenológica V-0 emergencia del sorgo forrajero.	10
Figura 4. Etapa fenológica V-1 tercer hoja ligulada del sorgo forrajero.....	11
Figura 6. Etapa fenológica V-3 octava hoja ligulada del sorgo forrajero.	12
Figura 9. Etapa fenológica R-6 floración del sorgo forrajero.	14
Figura 10. Etapa fenológica R-7 grano lechoso masoso del sorgo forrajero....	14
Figura 11. Etapa fenológica R-8 grano duro del sorgo forrajero.	15
Figura 13. Temperaturas máximas y mínimas, promedios y precipitación acumulada semanalmente durante el periodo de estudio (02 de junio al 15 de octubre del 2023).	28
Figura 14. Esquema del establecimiento experimental.....	30
Figura 15. Elongación y senescencia foliar (cm) de cuatro materiales de sorgo forrajero [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench, a diferentes días de la siembra al Sureste de Coahuila México. LES = línea experimental de sorgo	46

RESUMEN

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE MATERIALES DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] EN EL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO

FRANCISCO GABRIEL MUÑOZ LOPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Director de tesis:

Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

El propósito de este trabajo fue determinar el desempeño de cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], LES06, LES05, Súper sorgo (SS) y silo miel (SM) a diferentes edades de planta en primavera-verano. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones, evaluándose las siguientes variables: Rendimiento de materia seca (RMS), composición morfológica (CM), área foliar (AF), altura de la planta (AP), relación: hoja-tallo (R:H/T), número de hojas (NH), número de nudos (NN), número de tallos (NT), diámetro de tallos (DT), elongación y senescencia foliar. Mediante un análisis factorial y una prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$). En todas las variedades se registró el mayor rendimiento a los 90 DDS, el SS con 105.3 ton MS ha⁻¹, SM con 82.6 ton MS ha⁻¹ y LES06 con 68 ton MS ha⁻¹, la R: H/T óptima fue a los 90 DDS con 1.0 para LES05, y las alturas más elevadas fueron 302 y 281 cm, respectivamente. En conclusión, la variedad con mayor rendimiento de materia seca fue SS siendo recomendable cortar a los 90 días después de la siembra.

Palabras clave: *Forraje, Producción, Fenología, Crecimiento*

ABSTRACT**PRODUCTIVE BEHAVIOR OF SORGHUM [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]
VARIETIES IN NORTHEASTERN MEXICO****FRANCISCO GABRIEL MUÑOZ LOPEZ****THESIS****Presented as a partial requirement to obtain the degree of:****MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE****AUTONOMUS AGRARIAN UNIVERSITY ANTONIO NARRO****Thesis adviser:****Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez**

The purpose of this work was to determine the performance of four varieties of forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], LES06, LES05, Super sorghum (SS) and honey silo (SM) at different plant ages in spring-summer. A completely random block design was used, with three repeats, evaluating the following variables: dry matter yield (RMS), morphological composition (CM), leaf area (AF), plant height (AP), leaf-stem ratio (R:H/T), number of leaves (NH), number of nodes (NN), number of stems (NT), diameter of stems (DT), elongation and foliar senescence. Using a factor analysis and a Tukey mean test ($p < 0.05$). In all varieties the highest yield was recorded at 90 DDS, the SS with 105.3 ton MS ha⁻¹, SM with 82.6 ton MS ha⁻¹ and LES06 with 68 ton MS ha⁻¹, the optimal R: H/T was at 90 DDS with 1.0 for LES05, and the highest heights were 302 and 281 cm, respectively. In conclusion, the variety with the highest yield of dry matter was SS being advisable to cut 90 days after planting.

Key words: Forage, Production, Phenology, Growth.

I. INTRODUCCIÓN

El sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] es un cultivo que se utiliza como forraje. En México en 2021 se sembraron 186,757 has de sorgo forrajero con un promedio de 22 ton ha⁻¹ (SIAP, 2022), esto debido a su elevada tolerancia a sequía (Castro *et al.*, 2000). Se adapta mejor que el maíz, debido a que genera mayor producción de materia seca (MS). Una planta de sorgo consume de 80 a 100 ml de agua menos que el maíz (Ajeigbe *et al.*, 2018). Puede mantener un desarrollo vegetativo adecuado en condiciones de sequía, temperaturas elevadas y se adapta a condiciones de zonas áridas y semiáridas por tener alta tolerancia a la salinidad del suelo (Martínez *et al.*, 2020). Por esta razón, investigar su conducta productiva es fundamental para comprender los procesos fisiológicos que determinan la producción de materia seca y optimizar las estrategias de manejo (Pérez *et al.*, 2019). En consecuencia, se ha convertido en un asunto interesante, adquirir nuevas opciones para producir forrajes más económicos, donde su rendimiento sea más favorable, con menos consumo de agua y que su desarrollo sea adaptable a las condiciones climáticas de la región norte de México, donde las zonas áridas y semi áridas son consideradas como terrenos inadecuados para el buen desarrollo del sector agropecuario, debido a la baja calidad y escases del agua, la alta evaporación, y suelos de baja calidad que limitan una buena producción. Por lo anterior, para el desarrollo de este proyecto se establecieron los siguientes objetivos.

1.1 Objetivo general

- Comparar el rendimiento de forraje de dos líneas experimentales de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], *versus* dos variedades comerciales en el ciclo primavera verano.

1.2 Objetivos específicos

- ✓ Evaluar el rendimiento de materia seca, composición morfológica y área foliar de cuatro variedades de sorgo a diferentes días después de la siembra.
- ✓ Estimar la relación: hoja/tallo, altura de la planta, número de hojas y número de nudos de cuatro materiales de sorgo.
- ✓ Determinar número de tallos, diámetro de tallos, así como la elongación y senescencia de la hoja en cuatro variedades de sorgo forrajero.

1.3 Hipótesis

- ✓ Al menos una línea experimental de sorgo será similar o superará a una o a las dos variedades de sorgo comercial.
- ✓ A los 90 días después de la siembra se expresará el mejor rendimiento y mayor número de hojas.
- ✓ El tallo presentará el mayor rendimiento de materia seca en los diferentes días después de la siembra, seguido por la panoja, hoja y material muerto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e importancia del sorgo

El lugar de origen del sorgo es África, aunque en su inicio se ubicaba en la India, en el siglo XVII se trasladó a América. Los primeros sorgos mostraban un buen desarrollo, eran muy elevados, y debido a esto volcaban, eran muy difíciles de cultivar y su madurez fisiológica era muy tardía. Durante los años se ha logrado mejorar este cultivo, siendo más resistente a plagas y enfermedades, mejorando también su producción, consolidando al sorgo como un cultivo esencial y de gran importancia a nivel internacional, se ha convertido en un cultivo esencial y de gran importancia a nivel internacional, puede sustituir al maíz en la mayoría de sus actividades, tanto en consumo humano como en la alimentación animal, siendo el sorgo considerado un cultivo esencial y de gran adaptabilidad y excelentes rendimientos (Miguez, 2022).

Internacionalmente *Sorghum bicolor* (L) Moench es el quinto cereal más utilizado después del trigo, maíz, arroz y cebada, posee muchos beneficios demostrando que es un cultivo de importancia económica, por su bajo costo de producción, resistencia a sequías y a temperaturas elevadas gracias a su resistencia (Rodríguez *et al.*, 2015). En México, se considera un alimento importante para ganado (Rebollar *et al.*, 2016). Vargas (2005) menciona que este cultivo tiene gran capacidad de rebrote tras cortes sucesivos, prolongando de su vida productiva por cinco o seis años bajo manejo y fertilización adecuados, también sobre sale por sus rendimientos de MS ha⁻¹ mostrando alta palatabilidad, mayor tiempo de uso y es ideal para como ensilaje.

2.2 Clasificación taxonómica del sorgo

López *et al.* (2019) mencionan que el sorgo pertenece a la familia de *Poaceae*, en especies, *Sorghum vulgare* y *andropogun Aorghum sudanensis*.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench).

Clasificación científica	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Monocotyledonae</i>
Subclase	<i>Lilidae</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Subfamilia	<i>Panicoideae</i>
Genero	<i>Sorghum</i>
Especie	<i>bicolor</i>

Fuente: López *et al.* (2019).

2.3 Producción de sorgo a nivel mundial

Estados Unidos, reportó una producción mundial de sorgo para 2024 de 61 millones de ton, siendo en 2023 55 millones de ton, los 61 millones de ton para 2024 aumento de 6.15 millones de ton (PAM, 2024). Pérez *et al.* (2010) argumenta que es un alimento para consumo humano, cuya harina, contribuye a la fabricación de pasteles, pan, hotcakes y palomitas de sorgo. También como alimento para ganado porcino, bovino, aves de corral y de combate. Es un cultivo importante utilizado a nivel mundial (Zhao *et al.*, 2010).

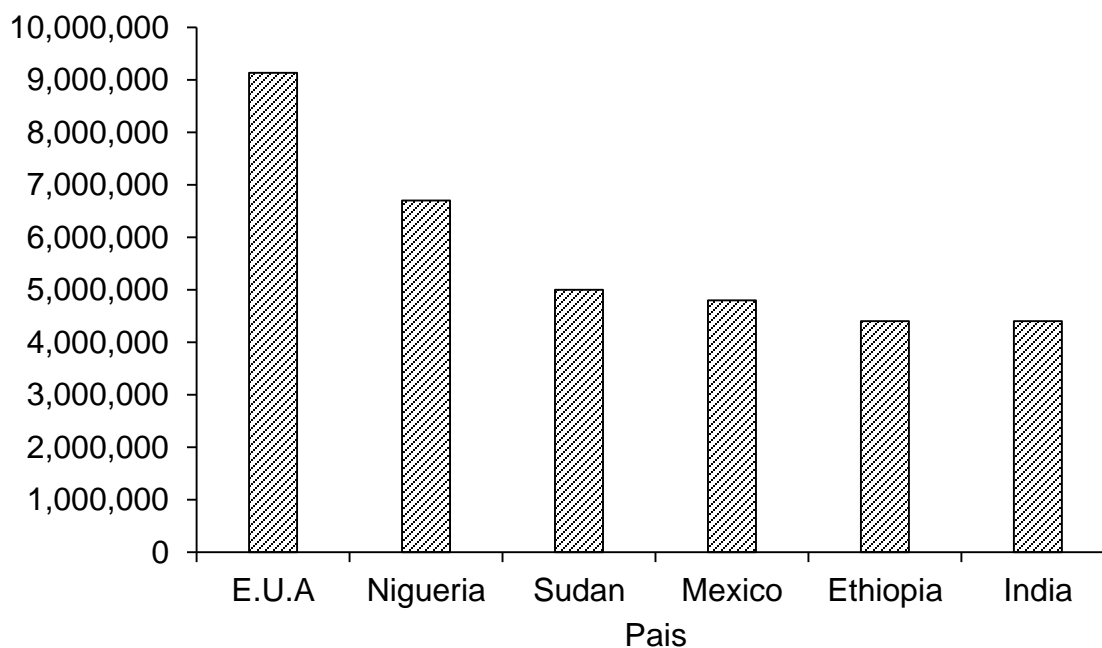


Figura 1. Principales países productores de sorgo a nivel mundial. Fuente: PAM, 2024.

2.3.1 Producción de sorgo para grano

La producción de grano es una de las actividades más importantes dentro del sector agropecuario (Molina *et al.*, 2012), siendo uno de los insumos importantes en la elaboración de alimentos balanceados para la nutrición animal (Financiera Rural, 2011). Dado que en México 8 de cada 10 toneladas de grano son cosechadas en los estados de Tamaulipas, Guanajuato, y Sinaloa, en el ciclo de primavera-verano (PV) 2019 la producción de sorgo para grano disminuyó 5.6 %, en cuanto a la producción del ciclo PV 2020 al ciclo PV 2021 se cosechó un 96 % de la superficie sembrada, siendo Guanajuato, Sinaloa y Tamaulipas los estados que aportaron un 57.6 % siendo la producción de 2,312,000 ton, cabe mencionar que las condiciones climáticas afectaron a la producción de grano a inicios de febrero en 2021 por bajas temperaturas afectando al principal estado productor, Tamaulipas, con 402,000 h teniendo una pérdida de 929,000 ton (SIAP, 2021).

En el ciclo otoño-invierno 2023 fueron cosechadas 897,363 hectáreas, siendo 2 millones 740 mil toneladas. El estado de Tamaulipas produjo 2 millones 104 ton, Nayarit 248,909 ton, Sinaloa 97,661 ton, Campeche 93,743 ton, San Luis Potosí 61,117 ton, y el resto de las entidades 60,473 ton. En primavera verano 2023 las hectáreas para siembra fueron 565, 332, en las que se obtuvieron 2 millones 415 toneladas, en julio 2023 fueron sembradas 343,234 hectáreas. En el estado de Guanajuato fueron establecidas 139,937 ha, Michoacán 63,785, Morelos 30,281, Sinaloa 26,251, Jalisco 22,508. Siendo el resto de las entidades con 23,076. En esa fecha fueron obtenidas 123,729 ton únicamente de Sinaloa (SIAP, 2023).

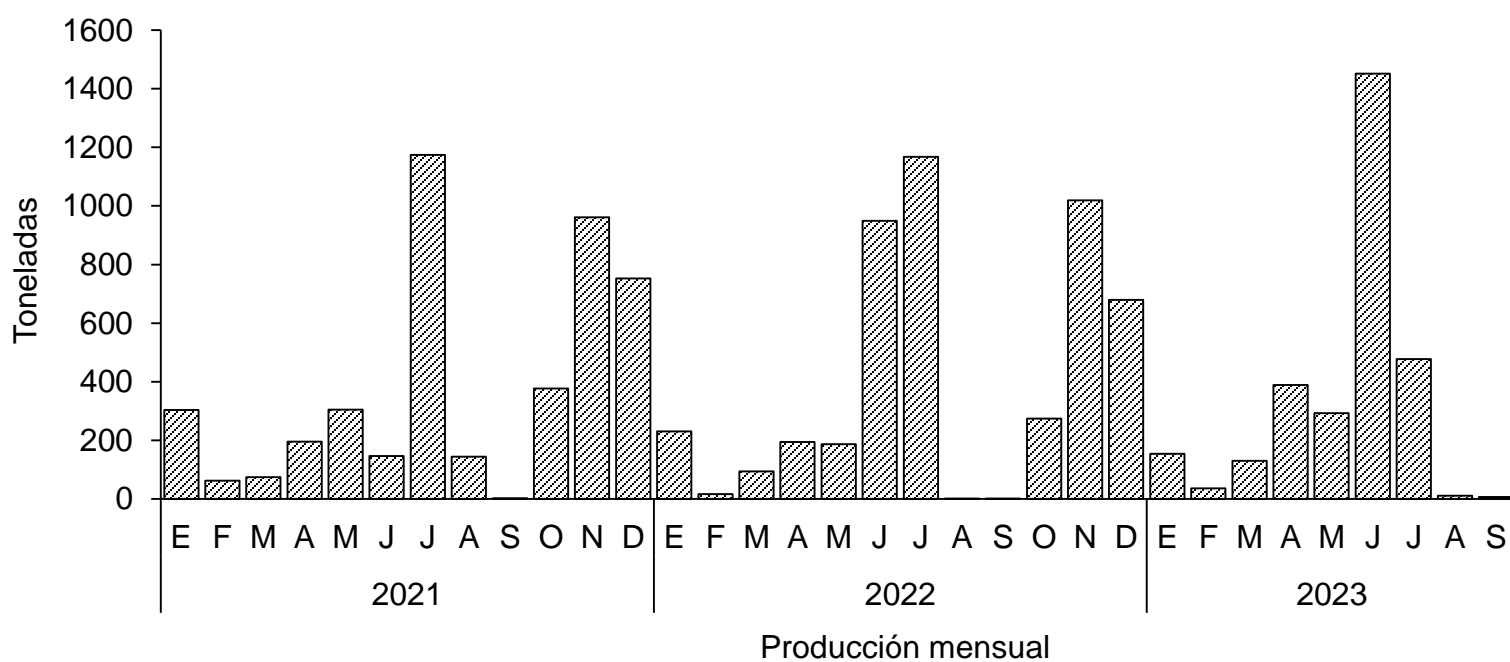


Figura 2. Evolución mensual de la producción de sorgo grano 2021-2023.
Fuente: SIAP, 2023.

2.3.2 Producción de sorgo para forraje

Los cultivos forrajeros que se conservan mediante técnicas como, ensilaje o henificación, se emplean para almacenamiento para enfrentar así la escasez de alimento en épocas críticas, atendiendo el desabasto en la producción de leche y carne (Bernal *et al.*, 2014). Además, el sorgo se desarrolla en época de primavera-verano produciendo un alto rendimiento de forraje. Esta especie produce en promedio de 30 ton ha⁻¹ de forraje en épocas escasas, para poder obtener altos rendimientos con este forraje, es importante una buena preparación de terreno, la variedad a utilizar debe ser la adecuada y que se adapte a las condiciones climáticas de la zona, buena aplicación de fertilizantes, llevar un buen manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas, así como el adecuado manejo de la cosecha (Burboa *et al.*, 2018).

Es un cultivo que se adapta a la escasez de agua más que el maíz, por ello se adapta a esta región como una planta forrajera, que nutricionalmente es igual o más que el maíz (Bolaños *et al.*, 2012). De esta manera Chacón, (2019): citado por, Zambrano, (2023) afirma que, los productores agrícolas utilizan el sorgo forrajero como alternativa para cubrir las necesidades nutricionales de los animales, cubriendo requerimientos de otros pastos y forrajes, durante la época de escases. Gracias a ello el sorgo forrajero ha tenido impacto y ha incrementado en los últimos años.

Los sorgos forrajeros producen alrededor de 25 a 30 ton MS ha⁻¹ esto en relacionado con el número de cortes, la variedad, fertilidad de suelo y año. Este cultivo es una alternativa confiable en la producción de biomasa donde la escasez de agua de riego es considerable ya que su eficiencia hídrica es mayor a la del maíz y requieren mayores temperaturas para su desarrollo (Lloveras *et al.*, 2006). Por esto mismo, el sorgo forrajero sobresale por su excelente rendimiento en producción de materia seca por hectárea es un forraje con altos contenido de azúcares solubles lo tiene un nivel alto de palatabilidad, colocándolo en ser un cultivo ideal para almacenamiento como ensilaje (Vargas, 2005).

En 2019, en 25 estados fue producido sorgo forrajero con un volumen inferior al 2018, debido al recorte de superficie sembrada y cosechada. Siendo Coahuila como primer estado productor de forraje, contribuyendo el 19 % de la producción en el país, derramando alrededor de 411 millones de pesos. Sin embargo, al comercializar sorgo al extranjero no se notó gran relevancia, siendo exportados 349 mil toneladas, adquiriéndose únicamente 198 toneladas, dando un monto de 92 mil 366 dólares. Internacionalmente, Estados Unidos y Australia son los principales exportadores de forrajes, siendo los países líderes, Japón y China (Agro productores, 2021).

2.4 Morfología del sorgo

En las 25 especies de *sorghum bicolor*, la subespecie *bicolor* es diploide, es decir tiene en su paquete genético dos pares de 10 cromosomas siendo, $2n = 2x = 20$ cromosomas, todas son anuales, teniendo tallos gruesos hasta de 5 metros de altura, generalmente ramifican muchos macollos, obteniendo un excelente ahijamiento (Gutiérrez, 2014). Así mismo los nudos por lo general son gruesos y su longitud entre ellos varía según el cultivar, sus hojas son de forma lanceolada con longitud de 30 ó 100 cm. Su panoja es abierta. Es un cereal anual con cortes consecutivos, esto depende, de la variedad, manejo, y de la disponibilidad hídrica en el suelo (Chávez y Espinoza, 2010).

2.4.1 Sistema radicular

La estructura radicular es adventicia y fibrosa. Su enraizamiento se aproxima a 1m , con un 80 % de desarrollo a los 30 cm, la cantidad de vellos radiculares supera a la del maíz, y sus raíces de anclaje sirven para absorber agua y nutrientes. (CENTA, 2018).

2.4.2 Tallo

Es compacto, en ocasiones esponjoso, y con nudos engrosados. Genera macollos, formándose en las yemas axilares o secundarias del meristemo basal, la aparición de macollos depende de la variedad, y esta función de la fertilización, condiciones hídricas y la densidad del suelo (De León, 2012).

2.4.3 Hojas

Su cantidad es de 7 a 24 hojas, esto depende de la variedad, son alternas y opuestas, lineales y lanceoladas, su nervadura puede ser color blanquecino o amarillo, tiene lígula, su borde contiene dientes afilados y células motoras en la nervadura que facilitan el arrollamiento de la lámina en períodos de escasez de agua (INFOAGRO, 2024).

2.4.4 Inflorescencia

Se trata de una panoja ramificada, con su raquis oculto debido a la densidad de sus ramas, en ocasiones puede ser, corta, larga, suelta, abierta, compacta o semicompacta. Se puede evaluar de 4 a 25 cm de largo, 2 a 20 cm de ancho y contener de 400 a 800 granos, según el tipo de panoja. Sus espiguillas pueden ser sésiles o pediceleadas, contienen un ovulo que estimula una semilla después de la fecundación. La panoja dispone de 6000 florecillas las cuyas anteras pueden generar hasta 24 millones de granos de polen (Hernández *et al*, 2018).

2.5 Fenología del sorgo

Es factible estudiar las estructuras y anatomía de los cultivos para comprender su crecimiento y desarrollo (Gerik *et al.*, 2003). Existe una escala fenológica desarrollada por Vanderlip y Reeves, (1972), donde proponen diez etapas fenológicas, siendo 5 vegetativas y 5 reproductivas que tienen aspectos como la germinación, la aparición de hojas, la creación de estructuras reproductivas y, el desarrollo del grano. Se encuentran agrupados en tres etapas de crecimiento FC_1 = desarrollo vegetativo, FC_2 = desarrollo de panoja, FC_3 = llenado de granos. Se pueden extender de 30 a 35 días entre cada una de las fases en función de la variedad y las condiciones del clima (Giordia *et al.*, 1997).

2.5.1 Fases vegetativas

2.5.2 V-0 Emergencia

Se produce una vez que el coleóptilo penetra en la superficie del suelo, lo cual ocurre una semana después de la siembra, teniendo en cuenta las condiciones edáficas, manejo y características de la semilla (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 3. Etapa fenológica V-0 emergencia del sorgo forrajero.

2.5.3 V-1 Tercer hoja ligulada

Una hoja ligulada o madura presenta su collar visible, siendo el lugar de unión de la vaina y lámina. La punta de crecimiento, ubicada bajo el suelo. Esta etapa sucede 10 días después de la germinación (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 4. Etapa fenológica V-1 tercer hoja ligulada del sorgo forrajero.

2.5.4 V-2 Quinta hoja ligulada

Aproximadamente a los 15 o 20 días después de la emergencia se generan 5 hojas liguladas, identificarlas es sencillo ya que la primera hoja es redonda y la segunda punteada. En este estado la tasa de crecimiento del cultivo aumenta (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 5. Etapa fenológica V-2 quinta hoja ligulada del sorgo forrajero. Fuente: F. Muñoz, comunicación personal, 4 de septiembre de 2023.

2.5.5 V-3 Octava hoja ligulada

A los 30 días de que el sorgo emerge, se aprecian 8 hojas totalmente maduras y han sido ya determinadas, alcanzando su máxima TCR, su ápice de crecimiento se diferencia dejando de producir hojas para producir panojas, iniciando el cambio de función vegetativa a reproductiva (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 6. Etapa fenológica V-3 octava hoja ligulada del sorgo forrajero.

2.5.6 V-4 Hoja bandera visible

Se genera una rápida elongación de planta, se incrementa el tamaño de la hoja. La hoja bandera, se aprecia en la punta de la planta, esto representa alrededor del 20 % de su desarrollo(Cruz *et al.*, 2012).



Figura 7. Etapa fenológica V-4 hoja bandera visible del sorgo forrajero.

2.6 Reproductivas

2.6.1 R-5 Estado de embuche

En esta etapa, todas las hojas están totalmente desarrolladas. Aún cubierta por la vaina de la hoja bandera y el tallo se encuentra en su elongación completa. La panoja alcanzó su máximo desarrollo. (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 8. Etapa fenológica R-5 estado de embuche del sorgo forrajero.

2.6.2 R-6 Floración

El pedúnculo crece de manera exponencial con la panoja por la vaina. La floración se puede definir una vez que el 50 % de las plantas se encuentran en desarrollo. Para una planta la floración se alcanza al 50 % de la panoja y así la planta ha alcanzado su floración (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 9. Etapa fenológica R-6 floración del sorgo forrajero.

2.6.3 R-7 Grano lechoso masoso

El desarrollo del grano comienza después de la floración y éste es llenado rápidamente (alcanzando el 50 % de su materia seca total. El tallo declina en peso debido a la movilización de energía hacia el grano, los cuales son prioridad para la planta. Por lo tanto, si un buen balance entre hojas (fuentes) y granos (destinos), la duración del llenado puede acortarse (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 10. Etapa fenológica R-7 grano lechoso masoso del sorgo forrajero.

2.6.4 R-8 Grano duro

Los granos ya no se pueden presionar con los dedos, han superado el 75 % de materia seca y la absorción de nutrientes ha sido casi completada. La

funcionalidad de las hojas inferiores disminuye debido a la movilización de nutrientes y la observación de su senescencia (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 11. Etapa fenológica R-8 grano duro del sorgo forrajero.

2.6.5 R-9 Madurez fisiológica

El peso seco en los granos se ha alcanzado, observándose un punto obscuro, en la parte superior (Cruz *et al.*, 2012).



Figura 12. Etapa fenológica R-9 madurez fisiológica del sorgo forrajero.

Cuadro 2. Etapas fenológicas consideradas en el sorgo forrajero.

Etapa	Descripción
V0	Emergencia: Coleóptilo visible sobre la superficie del suelo.
V1	Tercera hoja ligulada: El cuello de la tercera hoja es visible.
V2	Quinta hoja ligulada: El cuello de la quinta hoja es visible.
V3	Octava hoja ligulada: Diferenciación del punto de crecimiento, comienza el periodo de crecimiento acelerado.
V4	Hoja bandera: Se observa la última hoja del cogollo.
R5	Embuche: Panoja ubicada en la hoja bandera.
R6	Floración: 50% de las plantas están en esa fase.
R7	Grano lechoso/masoso: El grano tiene consistencia lechosa, comenzando el llenado de los granos
R8	Grano dura: $\frac{3}{4}$ partes del peso seco del grano se ha logrado.
R9	Madurez fisiológica: Mancha oscura en el lado opuesto del grano.

2.7 Clasificación del sorgo

2.7.1 Sorgo granifero

El grano es utilizado en suplementación energética para el ganado, dependiendo de la forma en que es suministrado será su aprovechamiento. Para una mejor utilización de su energía, es necesario procesarlo para obtener una mejor respuesta animal. El uso de su almidón depende de su digestibilidad y de la cantidad de proteína del endospermo corneo y periférico. Existe escasa información acerca del tamaño de partícula en que es procesado para un mejor aprovechamiento ruminal. (Lentz y Paradiso, 2013).

2.7.2 Sorgo doble propósito

En las zonas tropicales y semiáridas, el sorgo es utilizado para producir grano para consumo humano, y forraje para nutrición animal. En África el rastrojo de sorgo es un recurso económico, ya que se usa para la ganadería extensiva. Alrededor de $\frac{3}{4}$ partes de alimento proveniente de residuos de cosechas en África, y el 80 % en periodos de sequía, se destina al ganado. En áreas semiáridas, el rastrojo de sorgo es utilizado para alimentar el ganado. En

Nicaragua el 50 a 60 % de alimento destinado al ganado es obtenido del rastrojo de sorgo. Un alto porcentaje de cultivo de sorgo de doble propósito se usa obtiene para alimentar al ganado en condiciones críticas de sequía, en forma de pastoreo después de la cosecha del grano o en la elaboración de heno (Gutiérrez *et al.*, 2013).

2.7.3 Sorgo para ensilaje

Las ventajas de un sorgo para ensilaje en su alto rendimiento de forraje, tomando en cuenta, que, el sorgo se considera un cultivo con características xerófilas requieren bajos requisitos de calidad del suelo y es resistente a la salinidad y sequía. Elegir la variedad de sorgo adecuada es importante para establecer un sistema de producción más eficiente. Esta eficiencia depende de la selección de variedades para mejorarse, observando la información del cultivo dentro de cada región. Las características de los ensilajes producidos de plantas de diferentes cultivares son muy importantes, ya que la eficiencia de la fermentación durante el ensilado determina el porcentaje de materia seca recuperada y el valor nutricional del forraje (Pinho *et al.*, 2015). Por lo tanto, el comportamiento productivo de un forraje ensilado es una de las principales características a utilizar en la evaluación de un silo. Es importante estimar el valor nutritivo del forraje, para permitir una gestión adecuada de las dietas basadas en el forraje sin procesar o para orientar en la selección del forraje, ya que existe una amplia variedad de cultivares de sorgo (Moura *et al.*, 2017).

2.7.4 Sorgos tipo sudan grass

Los híbridos de pasto de sorgo sudan son excelentes productores de biomasa, tienen mayor cantidad de azúcar y capacidad de retención de humedad que otras especies de sorgo (Gonulal, 2020). En comparación al maíz el sorgo sudan es más resistente a la escasez de agua. Tiene una superficie foliar más pequeña, el doble de raíces secundarias y tiene la capacidad latente durante largos periodos de sequía prolongados. Sin embargo, existe una limitación grave para aumentar la superficie de este cultivo, la falta y calidad adecuada de semillas (Awad *et al.*, 2013).

2.8 Principales plagas del sorgo forrajero

De acuerdo con Pérez *et al.* (2010), el sorgo es susceptible a plagas, estas son persistentes y graves lo que requiere prácticas de control. Es importante considerar que el comportamiento de las plagas en los cultivos puede variar dependiendo de las condiciones climáticas, la época de siembra, el estado del desarrollo de la planta y la variedad, (MRI y IRAC, 2019). Zeledón (2007) describe un conjunto de plagas que afectan al sorgo desde la raíz, pasando por tallo, hojas y panojas.

2.8.1 Gallina ciega, oruga, (*Phyllophaga sp*)

Son gusanos de tonalidad blanquecina con tamaño de 2 mm a 3 cm, se presenta en plantas jóvenes, inclinadas, curvas y acamadas esto genera que se arranquen con facilidad, Zeledón (2007).

2.8.2 Gusano cortador (*Agrotis ípsilon*)

CENTA (2007), afirma que es una larva con color blanco, negro o pardo, miden de 30 a 50 mm. Estos cortan las plantas a la altura de la superficie del suelo alimentándose también de la raíz.

2.8.3 Gusano de alambre (*Eqpitragus salli champion*)

Zúñiga (2017) dice que son larvas subterráneas y alargadas, con aspecto de alambre, de color cremoso, cabeza color café, que se hospedan en los tallos y dañan raíces, dejando orificios que permiten la entrada de bacterias causado pudriciones. El estadio de adulto son escarabajos de color negro y miden de 5 a 8 mm que cortan tallos jóvenes.

2.8.4 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

De acuerdo con Pérez *et al.* (2010), es una plaga que se alimenta de varias familias de plantas comerciales y no comerciales que causa daños a diferentes cultivos. En el sorgo, afecta generando pérdidas económicas importantes si no se controla de manera oportuna. Du Plessis *et al.* (2019) mencionan que el ciclo de vida de gusano cogollero influyen factores, como la temperatura, en

condiciones cálidas de 26-32 °C puede persistir hasta 30 días, y en temperaturas bajas de 18 a 22 °C entre 40 y 80 días. Los huevecillos se depositan en el envés foliar y se cubren con vellos y escamas en forma de telaraña, inician con un color blanco y antes de eclosionar oscurecen, las larvas recién eclosionadas con blancas y muy activas, con una cabeza grande y oscura, al alimentarse toman un color verde claro, enseguida se tornan castañas o marrón, las larvas del último estadio pueden medir de 3.5 a 4 cm de largo (MRI e IRAC, 2019). A su vez Pecina *et al.* (2017) describe que a pocos días después de la germinación, se aprecian cortes en la base de las plantas y una defoliación, ocasionando pérdida de plantas. En fase vegetativa Del cultivo, los daños se generan en el cogollo y durante la etapa reproductiva son afectados los estigmas y la panoja.

2.8.5 Gusano Soldado (*Spodoptera exigua*)

Luna (2014) dice que el gusano soldado es considerado una de las plagas importantes, debido a que es difícil de controlar, presentándose en altas poblaciones. Causa daños en el follaje y frutos y para el control de este insecto se destinan grandes cantidades de pesticidas.

De acuerdo con Barrientos (2013), el gusano *spodoptera exigua* es una plaga que daña a nivel mundial innumerables de cultivos de importancia económica. El periodo de posición de huevos de las hembras dura de tres a siete días, siendo estos de color claro variando de color marrón oscuro al final de su desarrollo, eclosionando entre tres a siete días influyendo gravemente la temperatura. Las larvas presentan cinco estadios encontrándose cubiertas por pelusa durante toda esta etapa. Al desarrollarse presentan colores pálidos, adquiriendo rayas dorso laterales sumamente distintivas para la especie. Las larvas reducen su tamaño al iniciar el periodo de pupa llevándose a cabo la metamorfosis que lleva del estadio de larva a estadio de palomilla o adulto. Es en la etapa larval cuando los insectos dañan los vegetales hospederos.

2.8.6 Pulgón amarillo (*Melanaphis Sacchari*)

Melanaphis Sacchari es un áfido cosmopolita recientemente introducido en México Peña *et al.* (2015). Se ha posicionado rápidamente como plaga importante en el cultivo del sorgo en el país (Tejeda *et al.*, 2017). Villa Nueva *et al.* (2014) menciona que, en México, existen estadísticas de la plaga comportándose de manera agresiva teniendo la capacidad de desplazarse de manera rápida dejando pérdidas severas para sorgo grano y sorgo forrajero. De acuerdo con (Singh *et al.*, 2004), depende de varios factores para que el pulgón amarillo cause daños al sorgo forrajero, influyendo la infestación del áfido, participando la temperatura, variable con mayor efecto en el desarrollo de esta plaga. De acuerdo con Silva (2019) a 15 °C tarda 11 días, a 20 °C 7 días, a 25 °C, 5 días y a 30 °C 3 días y para reproducirse óptimamente entre 20° y 25 °C.

2.9 Principales enfermedades del sorgo forrajero

De acuerdo con Velázquez (2019) el sorgo forrajero lo afectan de manera negativa distintas enfermedades que ponen en riesgo al forraje y la nutrición animal. La importancia de cada enfermedad depende de la interacción de los siguientes factores: la región, ciclo agrícola, condiciones ambientales, materiales utilizados y prácticas culturales.

2.9.1 Roya (*Puccinea purpurea*)

El hongo *Puccinea purpurea*, es reconocido por su distribución en África, Oceanía, y América, ocupando una mayor distribución en Asia y particularmente en Brasil (Álvarez, 2014). Mientras tanto, Rincón (2020), menciona que la roya es una enfermedad devastadora que se presenta en sorgo forrajero, reduciendo el follaje, devasta el desarrollo radical, disminuye la tasa fotosintética y aumenta la tasa respiratoria, disminuyendo enormemente la cantidad de materia seca y calidad nutricional, afectando la producción de sorgo a nivel mundial.

Vigueras (2021) dice que las pérdidas se asocian con la cantidad de área foliar afectada en cada una de las etapas del cultivo, pérdidas se reflejan también en la reducción de tamaño de semilla, afectando también la altura de la planta, peso de la planta, longitud y tamaño del fruto y pudrición de tallo. Los síntomas se presentan a los 60 o 75 días de edad, en variedades resistentes no se presentan, en cambio, en variedades vulnerables, las manchas color púrpura, circulares y alargadas oscurecen al madurar la planta cubriéndola por completo, volviéndose marrones (Chanterreau, 2013).

2.9.2 Mancha gris (*Cercospora sorghi*)

Coria *et al.*, (2019) señala que en el 2003, en Pénjamo, Guanajuato se reportó la mancha gris, siendo un hongo infeccioso que ocurre de octubre a marzo donde sus condiciones climáticas son favorables, una humedad relativa igual o mayor al 80% y temperatura media entre 15 y 22 °C, la infección de *Cercospora sorghi* presenta en las plantas lesiones necróticas ovaladas de 1 a 3 cm cerca del cogollo, en ataques severos la enfermedad causa secado de las hojas, vainas y tallo, conduciendo colapso del cogollo y muerte de la planta.

La mancha gris es una enfermedad foliar distribuida mundialmente en el sorgo forrajero, su progreso y daño está determinado por la duración de las condiciones óptimas del clima y la vulnerabilidad de los híbridos, ya que se presenta en la madurez fisiológica del cultivo, su impacto en el rendimiento es difícil determinarlo (Velázquez, 2017).

2.9.3 Mancha en cadena (*Cercospora fusimaculans*)

Esta enfermedad se observa en híbridos de sorgo en su etapa de madurez fisiológica, causada por el agente *Cercospora fusimaculans* (Marinelli *et al.*, 2010). Los signos consistentes son manchas en forma de anillos seguidas en cadena en las nervaduras foliares, centro castaño claro con bordes rojizos. El patógeno sobrevive en rastrojo, semilla y malezas, se desarrolla de manera óptima con altas temperaturas y elevada humedad relativa, para un buen control en esta enfermedad es la aplicación de materiales resistentes, y control de malezas (Panizzi *et al.*, 2015).

2.9.4 Mildiu (*Peronosclerospora sorghi*)

Es una enfermedad su agente patógeno es exótico con estatus en las plagas cuarentenarias categoría A, se considera una amenaza potencial en la producción de sorgo si no se considera las características genéticas de los híbridos de siembra, esta enfermedad ocasiona pérdidas importantes en la producción cuando son utilizados híbridos vulnerables (Huertas *et al.*, 2002). Díaz y Montes (2008) mencionan que las esporas nacen en el suelo invadiendo el sistema radical de plantas jóvenes, prolifera sistémicamente iniciando clorosis en los foliolos, una vez que *Peronosclerospora sorghi* se establece en las plantas es difícil su control lo cual se deben realizar cambios de cultivo y se utilicen híbridos tolerantes. Kwang *et al.*, (2013) aborda que el patógeno se presencia en forma de polvillo blanco en las hojas llevándolas a un color blanco o amarillo. El tejido afectado se pudre o seca presentando esporas fijándose y convirtiéndose en inóculos en el suelo para el siguiente ciclo, las plantas afectadas desarrollo anormal en órganos reproductivos y pudrición de panojas representando el daño más severo ya que se presenta cuando la mayoría de la inversión se ah echo.

2.9.5 Ergot (*Claviceps africana*)

Cisberos y Mendoza, (2010) mencionan que, el cornezuelo del centeno, también conocido como enfermedad del cornezuelo, es provocado por el parásito *Claviceps africana*, que infecta la flor del sorgo y reduce la calidad del grano y el rendimiento. Esta enfermedad afecta sobre todo a la panícula y surge cuando hace frío. Dado que ataca a los ovarios no fecundados, una fertilización inadecuada del cultivo también podría afectar a la aparición de esta enfermedad al alterar la viabilidad del polen. El principal signo de esta enfermedad es la separación de gotitas transparentes, parecidas a la miel, que contienen esporas. Cuando estas gotitas son abundantes, las esporas se extienden por el follaje y el suelo, dando lugar a manchas blancas y pulverulentas en las hojas (Rodríguez y Uribe, 2015).

2.10 Manejo del cultivo

El sorgo es un cultivo forrajero, por lo que debe plantarse en un clima y unas condiciones favorables para su crecimiento. La temperatura, la fecha de plantación, la densidad de plantación y los requisitos de preparación del suelo deben cumplirse estrictamente, y es crucial elegir híbridos autóctonos de la zona (Demagnet y Canales, 2020).

2.10.1 Período de siembra

Según Cañizares (2023), el sorgo puede adaptarse a varios tipos de suelo y climas, y el momento de la siembra afecta a su productividad. Necesita temperaturas mayores que el maíz para germinar, según Demagnet y Canales (2020), que también señalan que el 80% de las semillas brotan bien a 15 °C, que es su temperatura ideal de desarrollo, 28 °C. La mejor época para su cultivo es en primavera o verano, en el mes de abril. Puede exhibir un desarrollo sobresaliente en regiones desérticas al sostener un desarrollo vegetativo robusto en condiciones de poca agua y altas temperaturas (Jiménez *et al.*, 2020).

2.10.2 Preparación de suelo

Bernal *et al.* (2014) afirman que el sorgo puede sembrarse con labranza cero en condiciones favorables de nivelación o con labranza convencional, que incluye el uso de arado, grada y subsuelo. También afirman que no hay diferencia en el desarrollo del cultivo entre los dos métodos siempre que se eliminen las malas hierbas. Al permitir el anclaje adecuado del suelo, la profundidad para el arraigo de las plantas y un mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes, la preparación del suelo busca establecer las circunstancias ideales para el desarrollo de los cultivos (Faiguenbaum, 2017).

2.10.3 Subsuelo

La implementación del subsuelo tiene el objetivo de romper el “piso de arado” generándole al suelo la capacidad de infiltrar y distribuir la carga hídrica, aumentando la capacidad del almacenamiento y el desarrollo de raíces, esto conduce a mejorar la estructura del suelo permitiendo el intercambio de gases reduciendo escurrimientos superficiales (Báez *et al.*, 2023).

2.10.4 Arado

Arar implica voltear la capa superior del suelo, exponer las plagas y enfermedades alojadas al aire libre, romper los terrones e introducir nutrientes en la capa superior (Chafla y Guañuna, 2023). Martocci (2021) señala, sin embargo, que destacan las técnicas de laboreo del suelo que utilizan diferentes tipos de arados.

2.10.5 Arado de discos

El arado de discos dispone de dos sistemas de enganche: reversión hidráulica y tiro. Se compone de tres a seis discos de 28 x 60,9 mm, con una anchura que varía de 762 a 1016 mm. Su profundidad de trabajo es de 365 mm, determinada por el ajuste de las ruedas traseras y controlada por la palanca del eje elevador del tractor. Para maniobrarla, se necesita un tractor con 64 a 100 HP de potencia (Achaya, 2020).

2.10.6 Arado de reja o vertedera

El arado de vertedera está formado normalmente por 2 y hasta 5 cuerpos con anchura de 30 a 50 cm lisos con forma de pico de pato con un peso de 250 a 350 kg, una distancia entre cuerpos de 90 a 105 cm, su sistema de enganche es de reversión hidráulica o de tirón, se utiliza en suelos ya subsolados a velocidades de 3.5 a 7.5 km/h (MAPA, 2008).

2.10.7 Rastra

La rastra es un implemento conformado por dos líneas de discos, la primera línea son discos dentados los cuales desmiembran los terrones grandes mientras que la segunda línea son discos lisos los cuales mullen el suelo, su objetivo es preparar la cama de siembra a una profundidad de 10 a 15 cm (Suarez, 2023).

2.10.8 Densidad de siembra

La densidad de plantación es uno de los factores que afecta al rendimiento final, según García y Hernández (2023). Mientras que las bajas densidades afectan a una mayor cobertura de floración, las grandes densidades pueden manejarse bien para alcanzar coberturas de máxima productividad. El aumento de la densidad de plantación incrementa el rendimiento porque estimula la disminución del grosor del tallo, aumentando su elongación y la competencia por la luz solar. Por el contrario, una mayor densidad de plantación provoca una competencia intraespecífica por el agua, los nutrientes y la luz solar, lo que disminuye la producción global de la planta. El crecimiento y la productividad máximos se consiguen con una densidad de plantación adecuada, que haga un uso eficaz de los recursos naturales disponibles, como la luz, el agua y los nutrientes.

Para alcanzar poblaciones de 150.000 a 300.000 plantas ha^{-1} , Burboa *et al.* (2018) afirman que lo ideal son densidades de siembra de 10 a 25 kg de semilla ha^{-1} . La cantidad de semilla necesaria depende del tipo de suelo, de cómo se prepare el terreno, de la variedad y de la técnica de siembra; la profundidad de 2 a 4 cm varía en función del tipo de suelo y del tamaño de la semilla.

2.10.9 Fertilización

Para alcanzar todo su potencial en un breve periodo vegetativo, los cultivos forrajeros requieren abundantes nutrientes, y la cantidad adecuada de fertilizante debe adaptarse al proceso de crecimiento y desarrollo del cultivo (Fink, 2021). De Araujo (2020) señala que el sorgo forrajero puede plantarse en suelos pobres en nutrientes a pesar de tener bajos requisitos de fertilidad, lo que puede limitar la capacidad del cultivo para alcanzar su pleno potencial de producción, La

aplicación de fertilizantes es una forma de optimizar el desarrollo de la planta y el rendimiento. Según Fontanetto y Keller (2011), el sorgo tiene una alta demanda de nutrientes durante su estado fenológico V5, que se produce 20-30 días después de la emergencia, y los 10 días previos a la floración. Durante este tiempo, el cultivo requiere el 70% de los nutrientes necesarios. Un fertilizante bien aplicado durante el desarrollo temprano del cultivo producirá una cantidad suficiente de superficie foliar para interceptar eficazmente la luz solar y producir biomasa. Se aconseja aplicar la relación NPK 90-100-00 para el buen desarrollo del sorgo forrajero en el norte y centro de Coahuila. Para ello se puede solicitar aplicar con las siguientes fuentes de producto: 192 kg de fosfato monoamónico (MAP) más 337 kg de sulfato de amonio, o 192 kg de MAP más 150 kg de urea, o 217 kg de fosfato diamónico (DAP) más 249 kg de sulfato de amonio y 217 de DAP más 110 kg de urea. Estos deben aplicarse en la siembra, y para el segundo corte, aplicar 60 kg de nitrógeno, 293 kg de sulfato de amonio o 130 kg de urea antes del riego (INIFAP, 2012).

2.10.10 Riego

En las regiones áridas del norte de México, el riego agrícola es una práctica de manejo crucial para la producción de cultivos. Debido a la disminución de las precipitaciones durante el desarrollo de los cultivos, se recurre al riego; la frecuencia y la cantidad de riego dependen de variables ambientales que afectan la tasa de evaporación, como la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar (Ibarra *et al*, 2007).

El sorgo forrajero prospera en zonas con precipitaciones mínimas o sequías persistentes; la cantidad de agua disponible determina el desarrollo y la producción de la planta. Aunque se dispone de poca información, los autores señalan que el sorgo necesita entre 15 y 30 pulgadas de agua, y demuestran que se prevén ganancias de rendimiento de 0,83 toneladas por acre y por pulgada de agua, Los estudios sobre el sorgo han demostrado que con 15 pulgadas se obtienen 10 toneladas por acre y con 30 pulgadas 22 toneladas por acre. Estos resultados sugieren que el sorgo puede producirse en regiones donde el agua es escasa, pero su rendimiento será proporcional a la cantidad de agua, lo que lo

convierte en una alternativa deseable para producir forraje sin prever bajos rendimientos (UBSPROB, 2021). En su paquete tecnológico para sorgo forrajero en el norte y centro de Coahuila, el INIFAP (2012) señala que se deben aplicar dos riegos auxiliares con lámina de 15 cm cada uno antes del primer corte, y dos riegos adicionales con la misma lámina para el segundo corte.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Saltillo, al sureste de Coahuila, México. Las coordenadas del estudio fueron 25° 35' 35" N y 101° 03' 60" W, con una elevación de 1,783 m. Con una densidad aparente de 1.15 g/cm³, materia orgánica de 4.03%, carbono orgánico de 2.34% y nitrógeno total de 5.93%, el tipo de suelo es franco arcilloso. Con inviernos extremos por debajo de 0 °C, una precipitación media anual de 340 mm y una temperatura media de 18 °C, el clima es templado semiseco (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico de Saltillo, UAAAN, 2022).

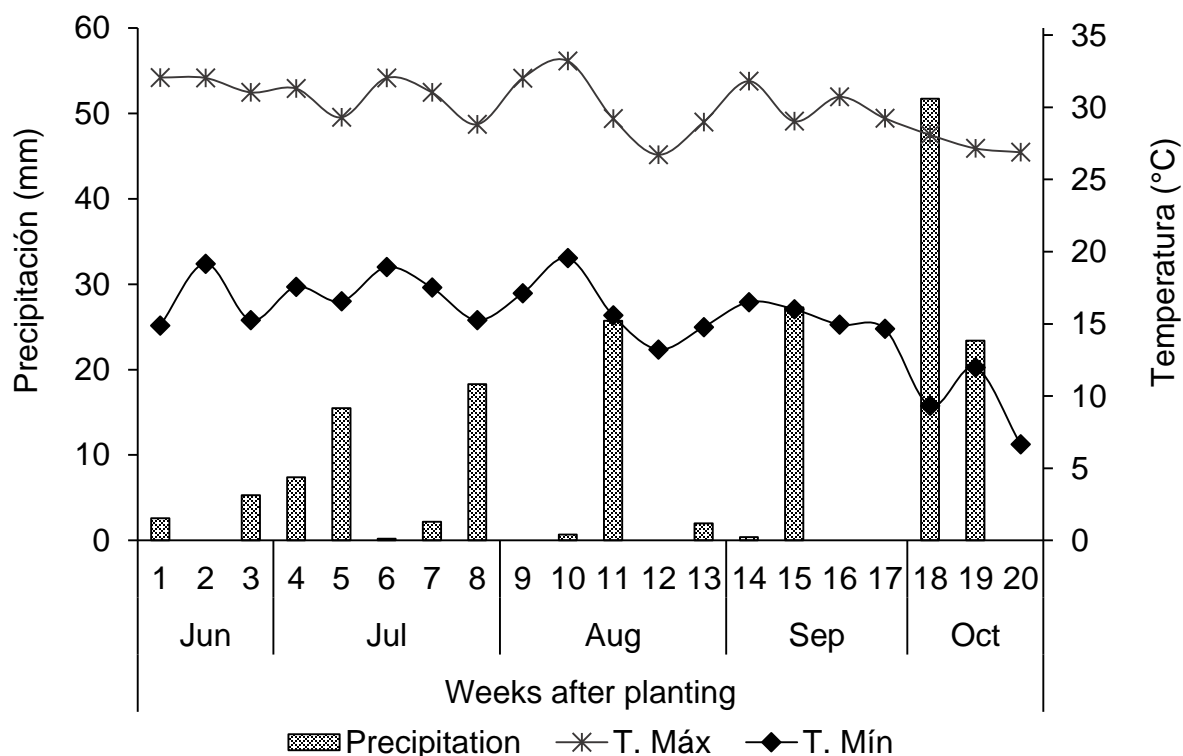


Figura 13. Temperaturas máximas y mínimas, promedios y precipitación acumulada semanalmente durante el periodo de estudio (02 de junio al 15 de octubre del 2023).

3.2 Establecimiento y diseño experimental

El 2 de junio de 2023 se completó el establecimiento utilizando dos variedades comerciales y dos líneas experimentales de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Las variedades comerciales fueron Super sorgo y Silo miel, mientras

que las líneas experimentales incluyeron LES06 y LES05. La sección de fitomejoramiento de la UAAAN suministró estas dos últimas. Las edades de corte y las variedades de sorgo fueron las fuentes de varianza. Se emplearon tres repeticiones de un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados. A fin de preparar el suelo para la plantación y el mejor desarrollo posible de las plantas, el suelo se sometió a una pasada de arado de disco, una pasada de rastra y una pasada de surcado. Para evitar el efecto banco, se crearon doce parcelas experimentales de 10 m de largo por 6 m de ancho y con siete surcos separados 0.80 metros. Una parcela útil medía 8 m de largo por 6 m de ancho y tenía tres surcos centrales. Se determinó una densidad de plantación de 150, 602 plantas ha⁻¹ sembrando 120 semillas en total por surco a una distancia de 0,083 metros, lo que arroja 12 semillas por metro lineal y, por consiguiente, 15 plantas m². Se utilizó cinta de calibre 6000 en un sistema de riego por goteo. Para garantizar una germinación óptima, se realizó un riego a fondo durante 72 horas. Posteriormente, se aplicaron dos riegos semanales a capacidad de campo en diferentes fases de desarrollo hasta la floración. Cada semana, a partir de los 30 días postsiembra (DDS), se realizaron mediciones. También se realizaron seis cortes periódicos, con tres plantas por repetición, a los 60, 75, 90, 105, 120 y 135 DDS.

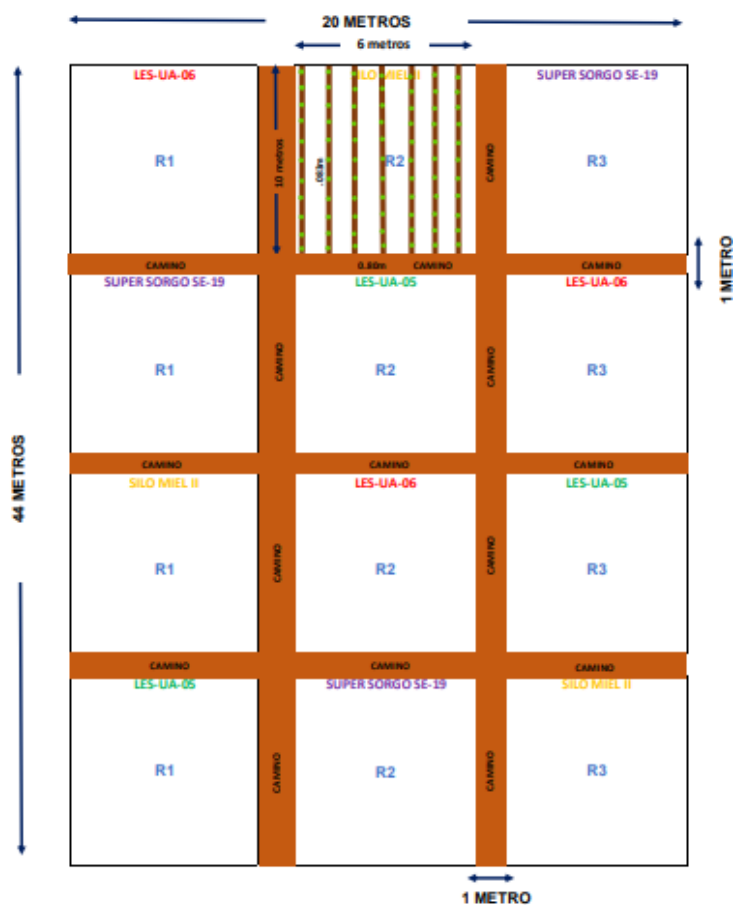


Figura 14. Esquema del establecimiento experimental.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Rendimiento de materia seca

Para evitar el efecto de borde, se cortaron tres plantas de sorgo con un margen de 1 metro hacia el centro de la repetición. A continuación, cada muestra se etiquetó con el número de repetición. Se dejaron secar al aire durante 72 horas antes de llevarlas a un peso seco constante en un horno de aire forzado modelo No. POM-246F, No. 800, a 55 °C. A continuación, se midió el peso de la materia seca y se estimó en toneladas de materia seca por hectárea, teniendo en cuenta la densidad de plantas por hectárea de cada uno de los componentes morfológicos de la planta, incluidos la hoja, el tallo, el material muerto y la panícula.

3.3.2 Composición morfológica

La hoja, el tallo, el material muerto y la panícula de cada planta que se cosechó para obtener su rendimiento en materia seca se separaron en sus componentes morfológicos individuales. Después de secar cada componente, se utilizaron las siguientes fórmulas para determinar la contribución de cada uno al rendimiento global en kg MS ha⁻¹ y porcentaje (%).

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

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

3.3.3 Área foliar

Siguiendo la metodología propuesta por Montgomery (1911), el área foliar por hoja (LA) se calculó utilizando la longitud (L) y la anchura máxima (A) de la lámina de cada hoja verde presente en cada genotipo.

$$\text{AF} = 0.75 * L * A.$$

3.3.4 Altura de la planta

Se utilizó una regla graduada de 100 cm para medir la altura de la planta desde la base de la copa hasta la última hoja completamente desarrollada.

3.3.5 Relación: hoja/tallo (R: H/T)

En cada repetición se empleó el peso de tallo y hoja de la composición morfológica de cada planta y se aplicó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{H}{T}$$

Donde:

R= R: H/T

H= Peso seco de la hoja (kg MS planta⁻¹).

T= Peso seco del tallo (kg MS planta⁻¹).

3.3.6 Elongación y senescencia foliar

Se utilizó una cinta métrica para medir desde la axila hasta el ápice del limbo de la cuarta hoja, que se eligió desde la corona hasta la parte central. Los cm de la hoja senescente se dedujeron de los cm de la hoja verde cuando la hoja alcanzó la madurez fisiológica y empezó a senecer.

3.3.7 Número de tallos

Se contabilizaron los tallos a los 30 días después de la siembra, marcándolos con aros de color para su identificación, registrando el número total de tallos.

3.3.8 Radiación interceptada

Se utilizó un ceptómetro lineal (AccuPAR Modelo LP-80, Decagon Devices, Inc., Pullman, Washington, EE.UU.) en posición horizontal y con orientación norte-sur para determinar el porcentaje de luz interceptado. Al tomar la lectura, se utilizó la burbuja de agua para nivelarla y calibrarla según la arquitectura y las coordenadas de la hoja. Antes del corte, aproximadamente a las 12:00 horas, cuando los rayos del sol inciden perpendicularmente sobre la superficie de las parcelas, se registraron tres lecturas por cada repetición. Las dos lecturas se tomaron por encima y por debajo de la cubierta; la primera mostraba la cantidad de luz que llegaba a la planta (100%) mientras que la segunda mostraba la cantidad de luz que no llegaba a la planta. A partir de los registros de estas mediciones, se utilizó la siguiente fórmula para determinar la proporción de luz interceptada en cada iteración (Cámara *et al.*, 2022).

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

3.3.9 Diámetro de tallos

Se utilizó un vernier electrónico para medir el diámetro del tallo de la planta en la base, a 10 cm por encima de la superficie del suelo. Los resultados se expresaron en mm.

3.3.10 Número de hojas por planta

Desde la corona de la planta hasta su última hoja, se contó visualmente el número de hojas.

3.3.11 Número de nudos

Desde la corona de la planta hasta el nudo final en la parte superior, se contó el número de nudos en cada planta y se registró para esta variable.

3.3.12 Número de panojas

Se contabilizó la cantidad de panojas por planta, posterior de la floración.

3.4 Análisis estadístico

Mediante la técnica PROC GLM de SAS, se realizó un análisis factorial y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para conocer el impacto y las interacciones de los dos factores sobre las variables evaluadas (SAS 2019). Aplicando el modelo subsiguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ijk} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media total

A_i = Influencia del factor genético

B_j = Efecto del factor dds

$(AB)_{ijk}$ = Efecto de las interacciones entre factores

E_{ijk} = Error aleatorio inexacto

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comparación de medias e interacción de los factores de estudio

Existen efectos significativos en los factores y su interacción (Cuadro 3). Las variables RMS, R: H/T, DT y NP mostraron diferencias ($p < 0.0001$) en ambos factores de estudio y su interacción, por lo que muestran buena referencia en los resultados obtenidos, en contraste respecto a la AP, AF, NH y EL solo mostraron diferencias significativas en los factores genotipo y DDS. Respecto a la interacción factorial, número NT y R.I no mostraron significancia. De acuerdo con (Benítez *et al.*, 2010) existe interacción entre dos o más factores si los efectos del nivel en cada factor dependen de los niveles del otro. Respecto a las fuentes de variación, la mayoría de las variables presentaron significancia en sus interacciones, a excepción de número de NN ($p \leq 0.05$).

Cuadro 3. Cuadrados medios de la evaluación sobre la producción en sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

Variables evaluadas	Fuentes de variación			C.V
	Genotipo	DDS	G X DDS	
	3	5	15	
RMS	6833406701***	8327901813***	385746646**	22
RHT	3.5***	2.1***	0.4***	42
DT	44.9***	73.3***	13.1***	7
NP	13.7***	27.4***	2.2**	30
AP	60673.3***	14561.3***	562.5 ^{NS}	8
AF	1308674967**	542109840*	210150054 ^{NS}	57
NH	1221.3***	166.8**	51.4 ^{NS}	20
EL	279.6***	8884.9***	32.9 ^{NS}	9
SN	10.7 ^{NS}	7907.6***	29.1**	10
NT	13.1***	1.7 ^{NS}	1.2 ^{NS}	23
NN	1271.0***	651.7***	57.6*	24
R.I	1612.6***	137.3 ^{NS}	183.8 ^{NS}	14

CV = coeficiente de variación; GL = grados de libertad; RMS = rendimiento de materia seca; RHT = relación hoja-tallo; DT = diámetro de tallo; NP = número de panojas; AP = altura de planta; AF = área foliar; NH = número de hojas; EL = elongación; SN = senescencia; NT = número de tallos; NN = número de nudos R.I = radiación interceptada; NS = no significativo; *, **, *** = diferencias significativas a $P \leq 0.05$ y 0.0001 .

En la comparación de medias de cada factor (Cuadro 4) todas las variables presentaron diferencias ($p < 0.05$) y sobre salen los tratamientos: SS en RMS a los 90, 105, 120 y 135 DDS, LES05 en la RHT y DT a los 60 y 90 DDS respectivamente, no obstante SS y SM expresaron su máximo número de panojas (NP) a los 90, 105, 120 y 135 DDS, respecto a AL, AF y NH, SN, NT, NN y R.I, SS y SM fueron superiores 90, 105, 120 y 135 DDS respectivamente. Martínez *et al.* (2005) los RMS en sorgo forrajero oscilan entre 35 y 40 ton ha⁻¹ sin embargo se encontraron rendimientos superiores a los de Vargas, (2005) aunque Ríos *et al.*, (2015) reportaron 37.65 hasta 48 ton ha⁻¹. Domínguez *et al.* Al evaluar el rendimiento de forraje de tres variedades de sorgo, en RMS no se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre variedades. Entre sitios sobresalieron CEVAG, Ferrería y Soledad 30.68, 27.00 y 25.70 ton MS ha⁻¹, respectivamente, por su RMS. En el sitio Colonia Hidalgo 20.25 ton MS ha⁻¹ expresaron rendimientos intermedios y en La Goma 13.75 ton MS ha⁻¹ los rendimientos más bajos. Para RMS, existieron diferencias ($P \leq 0.01$) entre sitios. Los genotipos y la interacción entre factores no afectaron RMS. Esto fue causado por el efecto del ambiente y es debido a diferentes características edáficas dentro de cada sitio, lo que confiere un potencial productivo distinto a pesar del genotipo (López *et al.*, 2011). Entre genotipos y DDS sobre sale el AF donde no presentó diferencia ($p < 0.05$) siendo SS con 30852 cm² con respecto a los 105 DDS con 35050 cm² esto debido a que SS ya que su área foliar se relaciona con su capacidad de ahijamiento, mientras más tallos produzca, mayor cantidad de hoja presentará (Argueta, 2002).

Cuadro 4. Comparación de medias de los factores evaluados de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

Variables evaluadas	Genotipos				DDS					
	LES06	LES05	SS	SM	60	75	90	105	120	135
RMS	45.5 ^c	37.6 ^c	79.8 ^a	67.8 ^b	16.4 ^c	32.1 ^b	74.5 ^a	72.7 ^a	74.5 ^a	75.6 ^a
RHT	0.6 ^b	1.4 ^a	0.5 ^b	0.4 ^b	1.6 ^a	0.6 ^b	0.6 ^b	0.5 ^b	0.5 ^b	0.5 ^b
DT	21.4 ^c	25.1 ^a	23.0 ^b	22.3 ^{bc}	21.6 ^b	22.9 ^b	27.9 ^a	22.1 ^b	22.5 ^b	21.1 ^b
NP	1.7 ^b	2.2 ^b	3.6 ^a	3.2 ^a	0.0 ^c	1.9 ^b	4.0 ^a	3.6 ^a	3.3 ^a	3.4 ^a
AL	272.4 ^b	143.1 ^c	272.4 ^a	250.2 ^b	166 ^d	213.1 ^c	231.5 ^{bc}	251.2 ^{ab}	254.3 ^{ab}	255.7 ^a
AF	24905 ^{ab}	1478 ^b	30852 ^a	34237 ^a	23094 ^{ab}	15085 ^b	26832 ^{ab}	35050 ^a	27359 ^{ab}	29753 ^{ab}
NH	26.2 ^b	22.8 ^b	40.7 ^a	35.3 ^a	27.9 ^b	27.9 ^b	38.0 ^a	30.9 ^{ab}	31.0 ^{ab}	31.9 ^{ab}
EL	50.6 ^a	41.5 ^b	44.0 ^b	43.8 ^b	70.0 ^a	72.5 ^a	57.5 ^b	40.5 ^c	26.8 ^d	2.50 ^e
SN	27.5 ^a	28.5 ^a	26.8 ^a	28.4 ^a	0.0 ^e	1.7 ^e	19.3 ^d	33.6 ^c	48.1 ^b	64.1 ^a
NT	2.8 ^b	3.0 ^b	4.6 ^a	4.1 ^a	4.0 ^a	3.3 ^a	4.2 ^a	3.6 ^a	3.3 ^a	3.4 ^a
NN	19.4 ^b	11.4 ^c	30.6 ^a	26.3 ^a	12.5 ^c	13.5 ^c	31.0 ^a	23.6 ^b	26.0 ^{ab}	24.9 ^{ab}
RI	79.5 ^a	60.1 ^b	80.8 ^a	74.7 ^a	75.0 ^a	75.6 ^a	73.9 ^a	77.1 ^a	67.4 ^a	73.6 ^a

Medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$). LES = línea experimental de sorgo; SS = súper sorgo; SM = silo miel; RMS = Rendimiento de materia seca (Ton MS ha⁻¹); RHT = relación hoja-tallo; DT = diámetro de tallo (mm); NP = número de panojas; AP = altura de planta; AF = área foliar; NH = número de hojas; EL = elongación; SN = senescencia; NT = número de tallos; NN = número de nudos; RI = radiación interceptada (%).

4.2 Rendimiento de materia seca

En el Cuadro 5, se muestra que en el rendimiento de materia seca en todos los genotipos presentaron diferencias ($p > 0.05$) y expresaron su mayor potencial a partir de los 90 DDS, siendo SS el genotipo que acumulo mayor cantidad de materia seca con, 105.3, 101, 106 y 107 ton MS ha⁻¹ con promedios de 74.5, 72.6, 74.5 y 75.6, a los 90, 105, 120 y 135 DDS respectivamente, seguido de SM con 82.6, 82.6, 86.2 y 90.3 ton MS ha⁻¹ a los 90, 105, 120 y 135 DDS, con promedio de 67.8 ton MS ha⁻¹ respectivamente, y con la menor cantidad LES05 con 7.8 ton MS ha⁻¹ esto debido a que es un genotipo con características de producción de grano y no de forraje. Pérez (2019) al evaluar cuatro especies de sorgo (caña dulce, silo miel, fortuna y esmeralda) en temporal y punta de riego demostró que, los genotipos que mostraron mayor rendimiento ($p > 0.05$) en ambas condiciones fueron caña dulce con 11.8 y silo miel con 11 ton MS ha⁻¹, mientras que el cultivar que acumulo menor rendimiento fue Fortuna con 3631 ton MS ha⁻¹. Por otra parte, Nava *et al.*, (2017) al evaluar el rendimiento de tres genotipos de sorgo dulce (Lico, Tom3 y Mercedes) cultivados en cuatro ambientes de Durango, encontró que, los genotipos Tom 3 y Lico no presentaron diferencia ($p > 0.05$) y registraron la mayor acumulación de materia seca con 14.7 y 13.1 ton MS ha⁻¹ respectivamente, superando significativamente al genotipo Mercedes lo cual mostro un rendimiento total de 9.4 ton MS ha⁻¹.

Cuadro 5. Comparación de medias de Rendimiento de materia seca (Ton MS ha⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	$p > 0.05$
60	14.2 ^{Cab}	7.8 ^{Cb}	17.4 ^{Bab}	26.4 ^{Ba}	16.4	0.03
75	31.5 ^{BCa}	16.8 ^{BCa}	41.5 ^{Ba}	38.8 ^{Ba}	32.1	0.05
90	68 ^{Aab}	42.1 ^{ABb}	105.3 ^{Aa}	82.6 ^{Aab}	74.5	0.01
105	59.6 ^{ABbc}	47.5 ^{Ac}	101 ^{Aa}	82.6 ^{Aab}	72.6	0.0004
120	53.8 ^{ABb}	52 ^{Ab}	106 ^{Aa}	86.2 ^{Aa}	74.5	0.0007
135	46 ^{ABb}	59.3 ^{Aab}	107 ^{Aa}	90.3 ^{Aab}	75.6	0.01
\bar{X}	45.5	37.5	79.7	67.8		
$p > 0.05$	0.0001	0.0004	0.0001	0.0005		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.3 Composición morfológica

En base a cuadrados medios y medias (Cuadros 6 y 7) de los componentes morfológicos (% y ton MS ha⁻¹) de sorgo forrajero, se encontraron diferencias ($p < 0.0001$) en los factores de variación y en las interacciones de estos (cuadro 6). En los factores de genotipo y DDS, todos los componentes tanto en toneladas como en porcentaje presentaron diferencias significativas. Respecto al establecer un cultivo Blandón, (2008) menciona que la meta principal es obtener los mejores rendimientos posibles de acuerdo a la zona agroecológica y localidad donde se lleve a cabo, la interacción de factores genotipo y fechas de corte determina la buena o mala producción del cultivo en el cual se está trabajando. Sin embargo, en las interacciones genotipo x DDS el componente hoja no presentó significancia ($p < 0.05$), en cuanto al material muerto y el componente tallo si presentaron diferencias ($p \leq 0.05$).

En la comparación de medias de a CM en ton, en genotipos, LES05 presento más cantidad de hoja (96.7), seguido de SS con mayor cantidad de tallo (36.8) MM (28.4) y panoja (23.5 ton MS ha⁻¹) y una menor cantidad en LES06 con 13.2, 8.58, 24.9 y 6.4 ton MS ha⁻¹, respectivamente ($p \leq 0.05$). En la CM en porcentaje ambos niveles presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$), lo que indica que cada componente tiene diferente proporción de aporte al rendimiento en cada genotipo. En DDS la hoja registro mayor aporte con 55, seguido del tallo y panoja con 54, 36 y en último lugar MM con 3 % a los 60, 75, 120 y 135 DDS respectivamente. Pérez *et al.* (2019) al evaluar cuatro materiales de sorgo en condiciones de temporal obtuvo que el material silo miel mostro mayor RMS de hoja con 2.2 ton MS ha⁻¹ y el menor rendimiento, Fortuna con 1.1 ton MS ha⁻¹, caña dulce registro el mayor RMS de hoja con 3.2 ton MS ha⁻¹ y Fortuna con, 1.8 ton MS ha⁻¹, siendo la hoja el componente más importante en el consumo de forraje ya que tiene mayor digestibilidad, proteína, minerales y menor contenido de lignina, fibra detergente neutro y acido (Gutiérrez *et al.*, 2013). No obstante, de acuerdo con Amador y Boschini (2000), en sorgo negro (*Sorghum almum*) encontraron que a los 57 días después de la siembra (DDS) el RMS de 1395 kg MS ha⁻¹, 50 % en hoja y 50 % en tallo, posteriormente, el rendimiento del cultivo se incrementó con mayor aporte de tallos.

Cuadro 6. Cuadrados medios de la aportación de los componentes morfológicos (CM) al rendimiento de cuatro materiales de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

Variables evaluadas	Componentes	Fuentes de variación			CV (%)
		Genotipos (G)	DDS GL	G x DDS	
		3	5	15	
CM (ton MS ha ⁻¹)	Hoja	140139756.9***	105900645.8***	16894034.7 ^{NS}	25
	Material muerto	12826574***	12979138.8***	3090046.3*	76
	Tallo	2539022905***	1247760035***	117560238***	22
	Panoja	1112849850***	1859210313***	152475405***	35
CM (%)	Hoja	1666.2***	11854.9***	1553.3***	13
	Material muerto	14**	26.1***	11.8***	68
	Tallo	2502.2***	344.6***	73.3*	13
	Panoja	1713.7***	2937.2***	223.3***	18

CV = coeficiente de variación; GL = grados de libertad; CM (ton MS ha⁻¹) = Composición morfológica, toneladas de materia seca por hectárea; CM (%) = composición morfológica en porcentaje; DDS = días después de la siembra; NS = no significativo; *, **, *** = diferencias significativas a $P \leq 0.05$

Cuadro 7. Comparación de medias de los factores evaluados en componentes morfológicos (CM) de cuatro materiales de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

Factor de estudio	CM (ton MS ha ⁻¹)				CM (%)			
	Hoja	MM	Tallo	Panoja	Hoja	MM	Tallo	Panoja
Genotipos								
LES06	13.2 ^b	8.58 ^b	24.9 ^c	6.4 ^c	32 ^a	2 ^b	53 ^a	11 ^c
LES05	96.7 ^c	15.5 ^b	9.0 ^d	17.3 ^b	35 ^a	4 ^a	26 ^b	35 ^a
SS	16.5 ^a	28.4 ^a	36.8 ^a	23.5 ^a	25 ^b	3 ^{ab}	48 ^a	24 ^b
SM	13.2 ^b	13.8 ^b	30.5 ^b	22.6 ^{ab}	24 ^b	2 ^b	48 ^a	27 ^b
DDS								
60	8.4 ^c	0.0 ^c	0.8 ^c	0 ^b	55 ^a	0 ^c	45 ^b	0 ^c
75	10.7 ^{bc}	0.7 ^{bc}	17.6 ^b	30.4 ^b	35 ^b	2 ^{bc}	54 ^a	9 ^b
90	16.2 ^a	2.4 ^a	60.4 ^a	25.4 ^a	23 ^c	4 ^a	40 ^b	33 ^a
105	15.0 ^a	2.3 ^a	31 ^a	24.3 ^a	22 ^c	3 ^{ab}	41 ^b	34 ^a
120	14.7 ^{ab}	2.2 ^a	32.4 ^a	25.1 ^a	21 ^c	3 ^{ab}	40 ^b	34 ^a
135	13.7 ^{ab}	2.2 ^{ab}	32.5 ^a	27.1 ^a	19 ^c	2 ^{bc}	42 ^b	36 ^a

Medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$). DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.4 Área foliar

En el Cuadro 8, se muestra que el área foliar entre los genotipos no presentaron diferencia ($p > 0.05$). Los genotipos LES06, LES05 y SM expresaron la mayor área foliar a los 90 DDS, siendo el SM el que aportó mayor área foliar con 63586 cm² seguido de LES06 y LES05 con 36202 y 17375 cm² con promedios de 34799.7, 29753.2 y 17374 cm² respectivamente. No obstante SS expresó mayor área foliar a los 60 DDS con 41931 cm². Respecto entre los DDS todos los genotipos no mostraron diferencia ($p > 0.05$), el área foliar comienza a incrementarse a los 90 DDS con 28033 17159, 31703 y 30434 cm² para LES06, LES05, SS y SM, alcanzando su máxima área foliar a los 105 y 135 DDS con promedios de 24904.5, 14789, 30685 y 34236.8 cm² respectivamente. SM mantuvo su área foliar a los 135 DDS con 34248 cm², seguido de LES06 con 36202 siendo su máxima área foliar y el de menor valor LES05 con 16489 cm² con un promedio de 34236.8 cm², ese punto de aumento, óptimo y punto en descenso es debido a que mientras más avance la edad de la planta va existiendo senescencia y por ende el área foliar disminuye, no obstante SS a los 90 DDS acumuló 30632 y a los 135 DDS 32074 cm² debido a que el SS se desarrolla mejor a climas tropicales (García *et al.*, 2016), Pérez (2022) al comparar dos materiales de sorgo forrajero (SG19 y SG45) encontró que SG19 mostró un área foliar de 200 cm² respecto al SG45 con 156 cm² respectivamente. Por otra parte Flores *et al.* (2024) al evaluar sorgo variedad Corpoica jjt18 bajo el efecto de trinexapac-etil bajo 5 tratamientos de aplicación y un testigo en 2 localidades diferentes (Nataima y Motilonia), donde en Nataima los tratamientos mostraron diferencia ($p < 0.05$), los mejores valores de área foliar fueron los tratamientos 1 y 2 y el testigo con 600 cm² de área foliar seguido de los tratamientos 4 y 3 con 550 y 500 cm² de área foliar respectivamente, respecto a Motilonia todos los tratamientos no mostraron diferencia ($p > 0.05$) con valores de área foliar de 490, 450, 400, 395, 380, y 350 cm² para T4, Testigo, T2, T3, T1 y T5 respectivamente. De otra manera Macías *et al.*, (2021) al manejar diferentes dosis de fertilización en sorgo, variedad Pioneer 82G63, donde existió diferencia ($p > 0.05$) entre dosis de fertilización, obteniendo la mayor área foliar con 5514, 5392, 5115 y 5087 cm² para 256, 320, 128 y 192 Kg N ha⁻¹, obteniendo los menores valores de área foliar de 2452 y 2850 cm² para 0 y 64 Kg N ha⁻¹.

Cuadro 8. Comparación de medias de área foliar (cm²) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	p>0.05
60	14824 ^{Aa}	13623 ^{Aa}	41931 ^{Aa}	21999 ^{Aa}	23094	0.39
75	15347 ^{Aab}	7852 ^{Ab}	16120 ^{Aab}	21020 ^{Aa}	15084	0.02
90	28033 ^{Aa}	17159 ^{Aa}	31703 ^{Aa}	30434 ^{Aa}	26832	0.04
105	27607 ^{Aa}	17374 ^{Aa}	30632 ^{Aa}	63586 ^{Aa}	34799	0.27
120	27414 ^{Aab}	16237 ^{Ab}	31650 ^{Aa}	34134 ^{Aa}	27358	0.0071
135	36202 ^{Aa}	16489 ^{Aa}	32074 ^{Aa}	34248 ^{Aa}	29753	0.08
\bar{X}	24904.5	14789	30685	34236.8		
p>0.05	0.06	0.38	0.63	0.29		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p>0.05$). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.5 Relación: hoja/tallo

En el Cuadro 9 se observan los valores de la relación del peso de la hoja respecto al tallo. Existe diferencia ($p>0.05$) entre genotipos, en las diferentes edades de la planta evaluadas siendo a los 60 DDS donde los genotipos expresaron su mayor R:H/T con un promedio de 1.62, siendo el genotipo LES05 el genotipo que más aportó con 3.50 seguido de LES06 con 1.14, continuando con SM con 0.94 y el de menor acumulación SS con 0.89 R:H/T. Respecto entre los DDS los genotipos LES05, SS, y SM presentaron diferencia ($p>0.05$) a partir de ellos 75 DDS, excepto el genotipo LES05, que no presentó diferencia ($p>0.05$), a los 60 DDS se muestran los valores mayores de R:H/T, de los 75 a 105 DDS con promedios de 1.42, 0.52 y 0.49 respectivamente, se observan valores constantes respectivamente para cada genotipo. Edwards *et al.*, (1971) explica que, en etapas fenológicas vegetativas los genotipos se muestran con un número mayor de hojas, por ello la R:H/T es mayor, después de varias semanas disminuye permaneciéndose constante, de esta manera se explica que, el genotipo LES05 expresó mayor R:H/T en ese intervalo de días con valores de 1.04, 1.10 y 1.02 respectivamente, seguido de LES06 con 0.57, 0.55 y 0.50 a los 75, 90 y 105 DDS respectivamente, respecto a SS expresó valores de 0.57, 0.50 y 0.41 seguido de SM con 0.57, 0.35 y 0.38 respectivamente, no obstante a los 135 DDS todos los genotipos que mostraron su menor valor siendo LES06 con 0.47, seguido de SS con 0.36 y con el menor valor SM con 0.35. Martens *et al.*, (2001) al evaluar 3

genotipos de sorgos (Sudan grass, Sordan y nk300) sometidos a dos intensidades de manejo (bajo y alto) encontró que en el manejo bajo el genotipo nk300 alcanzó la mayor R:H/T seguido de Sudan grass y siendo el de menor valor Sordan, con valores de 0.96, 0.84 y 0.74 respectivamente, no obstante, para el manejo alto el mayor valor lo obtuvo el genotipo Sudan grass seguido nk300 y por último Sordan con valores de 0.70, 0.64 y 0.55 respectivamente.

Cuadro 9. Comparación de medias de la relación: hoja/tallo (R: H/T) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	p>0.05
60	1.14 ^{Ab}	3.50 ^{Aa}	0.89 ^{Ab}	0.94 ^{Ab}	1.62	0.0073
75	0.57 ^{ABb}	1.04 ^{Ba}	0.57 ^{ABb}	0.57 ^{ABb}	0.69	0.0006
90	0.55 ^{ABb}	1.10 ^{Ba}	0.50 ^{Bb}	0.35 ^{Bb}	0.63	0.0001
105	0.50 ^{ABb}	1.02 ^{Ba}	0.41 ^{Bb}	0.38 ^{Bb}	0.58	0.0001
120	0.48 ^{ABb}	0.97 ^{Ba}	0.38 ^{Bb}	0.37 ^{Bb}	0.55	0.0003
135	0.47 ^{Bb}	0.89 ^{Ba}	0.36 ^{Bb}	0.35 ^{Bb}	0.52	0.0001
\bar{X}	0.62	1.42	0.52	0.49		
p>0.05	0.03	0.0005	0.0015	0.0013		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p>0.05$). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.6 Alturas

Los valores registrados en el Cuadro 10, muestran que entre genotipos existe diferencia en las alturas de plantas ($p>0.05$) excepto a los 105 DDS, donde presentan alturas constantes con un promedio de 0.58 m, siendo SS, SM y LES06, los que mostraron mayores alturas con 3, 2.7, 2.7 y 1.5 m en ese intervalo de corte con un promedio de 2.5 m respectivamente. No obstante entre DDS los datos obtenidos muestran un comportamiento de manera ascendente donde dejan de mostrar diferencia ($p>0.05$) a partir de los 90 DDS, intervalo donde comienzan a expresar su mayor altura donde la variedad SS fue la que mayor altura obtuvo a los 135 DDS con 3.2 m, respecto a SM, LES06 y LES05, expresaron su máxima altura a los 120 DDS con 2.8, 2.7 y 1.6 m, comenzando a disminuir a los 135 DDS con 2.7, 2.6 y 1.5 m con un promedio de 2.5 m respectivamente, los mejores valores fueron expresados a los 60 DDS, para SS con 1.8 m, seguido de SM y LES06 con 1.8 m, y con la más baja altura LES05

con 1.09 m con un promedio de 1.5 m, resaltando que, el genotipo LES06 no presentó acame, estos datos fueron superiores a los obtenidos por Bravo *et al.* (2021) donde los valores más altos los obtuvo la variedad Malón con 1.5 y 1 m estadísticamente iguales las cuales no presentaron acame, coincidiendo con Williams y Arcos (2015) donde muestra que los híbridos más altos fueron rb-5x430 con 1.9 m y rb27x430 con 2 m. Los sorgos con alturas superiores de 1.7 m no son deseables por que presentan problemas de acame, existen estudios donde híbridos de sorgo con altura de 0.8 m presentan mejores rendimientos destacando genotipos destinados a forraje (Fassio *et al.*, 2002). Bolaños *et al.*, (2012) al determinar el rendimiento de seis genotipos de sorgo Solarius, Aralba, Topsilo, Sweet Virginia, Big Kahuna y Sucrosorgo, bajo diferentes densidades de siembra, encontró que el genotipo Big Kahuna fue el que mostro mayor altura con 2 m, seguido de Sweet Viginia, Sucro Sorgo, Topsilo y Solarius con 1.9, 1.7 y 1.0 m respectivamente, siendo el más bajo Aralba con 0.80 m.

Cuadro 10. Comparación de medias de alturas (m) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	p>0.05
60	1.8 ^{Ba}	1.0 ^{Cb}	1.8 ^{Ba}	1.8 ^{Ca}	1.6	0.008
75	2.4 ^{Aa}	1.3 ^{Bb}	2.5 ^{ABa}	2.3 ^{BCa}	2.1	0.0001
90	2.5 ^{Aa}	1.4 ^{Ab}	2.6 ^{Aa}	2.5 ^{ABa}	2.3	0.0001
105	2.7 ^{Aa}	1.5 ^{Aa}	3.0 ^{Aa}	2.7 ^{ABa}	2.5	0.0001
120	2.7 ^{Ab}	1.6 ^{Ac}	3.0 ^{Aa}	2.8 ^{Aab}	2.5	0.0001
135	2.6 ^{Aa}	1.5 ^{Ab}	3.2 ^{Aa}	2.7 ^{ABa}	2.5	0.0004
\bar{X}	2.5	1.4	2.7	2.5		
p>0.05	0.0003	0.0001	0.0008	0.0002		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa (p>0.05). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.7 Elongación y senescencia de la hoja

En la Figura 15, representa la elongación y senescencia foliar donde entre materiales no muestran diferencia estadísticas (p>0.05) a los 60, 75, 120 y 135 DDS con promedios de 70, 73, 58, 41, 27 y 2 respectivamente, donde el genotipo que obtuvo mayor elongación fue LES06 con 81 cm, seguido de SS con 71 cm, en cuanto a LES05 y SM presentaron elongación de 70 cm. Respecto a los DDS

todos los materiales presentaron diferencia ($p>0.05$) a partir de los 90 DDS, donde se observan datos constantes con 69, 56, 53 y 52 cm para LES06, SS, SM y LES05 respectivamente, mostrándose un comportamiento descendente hasta los 135 DDS obteniendo los menores valores con 3 cm para SM y 2 cm para LES06, LES05 y SS respectivamente, los datos obtenidos se asemejan a los alcanzados por Pérez y Saldiva (2017) al evaluar cuatro genotipos de sorgo, forrajero, rojo enano, blanco amarillo, Blanco enano, donde existió diferencia ($P>0.05$) entre genotipos, siendo el genotipo forrajero el que mayor elongación expreso, con 75 cm, seguido de blanco amarillo, blanco enano y rojo enano, con 64, 63 y 62 cm respectivamente, no obstante Sergio y Merlín (2007), mencionan que el desarrollo foliar del sorgo se relaciona al estrés hídrico, siendo la elongación foliar una de las variables más afectada por variaciones hídricas, debiéndose a una disminución en elongación y área foliar durante la exposición al estrés hídrico. Cuando las hojas alcanzaron su madurez fisiológica, iniciaron la senescencia. Como se muestra en la Figura 15, esta fue aumentando a mayor edad de la planta *versus* la elongación de la hoja que fue disminuyendo. Los genotipos presentaron diferencia ($p>0.05$) durante todo el ciclo, la senescencia aumento conforme aumentaba la edad de la planta, comenzando a expresarse a partir de los 90 DDS, siendo a los 135 DDS donde se expresó la mayor parte de senescencia foliar, el genotipo que expreso mayor senescencia fue LES06 con 72 cm, seguido de LES05, SM y SS con 63, 62 y 60 cm, esto explica que, el genotipo LES06 su precocidad es mayor, al resto de los genotipos llegando más pronto a su madurez fisiológica. House (1982) afirma que al madurar el grano, las hojas inferiores comienzan a secarse y caen de la planta, por ello existe una diferencia entre genotipos en la velocidad de la senescencia hacia la madurez del grano, todas las hojas pueden casi secarse o puede la planta mantenerse verde, los menores valores sin ausencia de cantidad se presentó a los 75 DDS, con 2 cm para LES06, SS y SM, siendo LES05 el menor valor con 1 cm. Enríquez y Torres (2010) al evaluar diez genotipos de sorgo, MLT-Texas-18, mlt-texas-120, mlt-nic-107, mlt-texas-134, mlt-nic-113, mlt-nic-117, icsv Im-93081, mlt-nic-115, mlt-nic-109-1 y mlt-nic-127, encontró que en el genotipo, mlt-texas-18 presento senescencia de 25 cm de la hoja muerta, mientras que mlt-texas-120, mlt-nic-107 y mlt-texas-134, con valores de 40, 42 y 45 cm respectivamente,

mientras que mlt-nic-117, icsv Im-93081, mlt-nic-115, mlt-nic-109-1 y mlt-nic-127, con valores de, 62, 70, 71, 72, 75 y 81 cm respectivamente. Luna y Laguna (2004) mencionan que las líneas que obtienen valores más altos de senescencia foliar son de poca importancia para la nutrición animal ya que la planta en esas condiciones pierde gran cantidad de agua y proteínas llevando a la baja calidad del forraje siendo menos apetecible para el ganado.

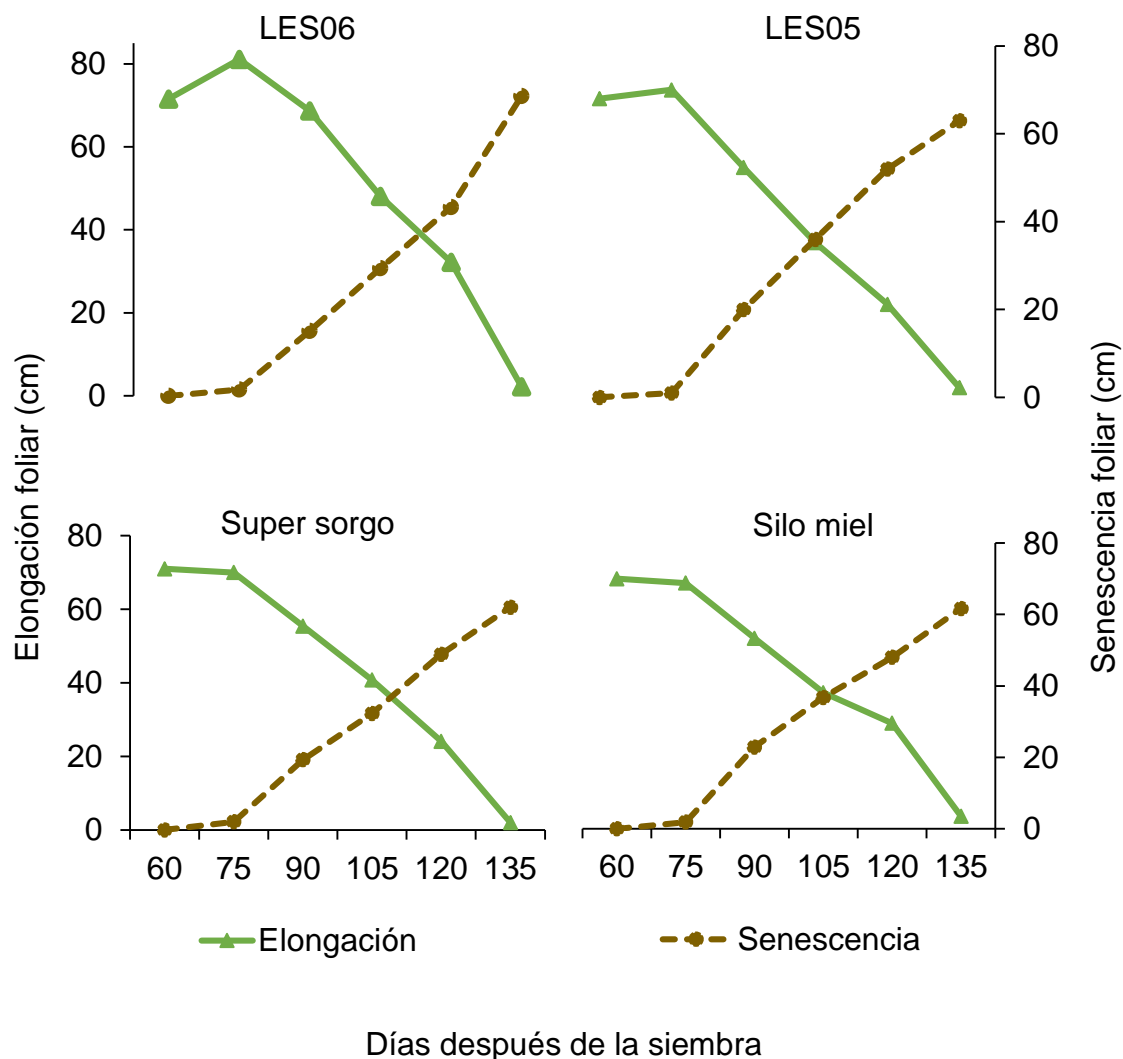


Figura 15. Elongación y senescencia foliar (cm) de cuatro materiales de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench, a diferentes días de la siembra al Sureste de Coahuila México. LES = línea experimental de sorgo

4.8 Número de tallos

En el Cuadro 11, se muestra el número de tallos de cuatro variedades de sorgo. Entre variedades no existe diferencia ($p>0.05$) a los 60, 90, 120 y 135 DDS, con promedios de 4, 4, 3 y 4 tallos por planta, respectivamente. De igual forma días después de la siembra no hubo diferencias ($p>0.05$) en los genotipos LES05, SS y SM, con promedios de 3, 3 y 5 respectivamente, excepto LES06 que presentó diferencia ($p>0.05$). La mayor cantidad de tallos a los 90 y 105 DDS con 6 y 5 tallos para SS y SM respectivamente, a los 60 y 120 DDS con 4 tallos en los genotipos LES05 y LES06 respectivamente. Esto supera a lo reportado por Villeda (2014) al caracterizar 15 genotipos de sorgo donde C10914, C10910, C10925 y C10938, expresaron un promedio de 2 tallos respectivamente, seguido de C10970, C10973, C10919 y C10916 con promedios de 1.85, 1.75, 1.70 y 1.65 tallos respectivamente siendo el menor C10968 con un promedio de 1.45 tallos, C10929, C10932, C10943 y C10937 no produjeron tallos. Por otra parte, en un estudio de evaluación de variedades de sorgo bajo distintas alternativas de manejo de suelo se encontró un número de 23, 22 y 21 tallos/m² para convencional, reducido y siembra directa respectivamente, siendo la menor cantidad de 20 tallos/m² para siembra directa con labranza convencional (Terra *et al.*, 2005).

Cuadro 11. Comparación de medias de número de tallos (tallos planta⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	$p>0.05$
60	4 ^{Aa}	3 ^{Aa}	5 ^{Aa}	4 ^{Aa}	4	0.07
75	3 ^{ABCab}	2 ^{Ab}	4 ^{Aa}	4 ^{Aa}	3	0.004
90	3 ^{Aba}	3 ^{Aa}	6 ^{Aa}	5 ^{Aa}	4	0.15
105	2 ^{Cb}	3 ^{Ab}	5 ^{Aa}	5 ^{Aa}	4	0.001
120	2 ^{BCa}	4 ^{Aa}	4 ^{Aa}	3 ^{Aa}	3	0.08
135	3 ^{ABCa}	3 ^{Aa}	4 ^{Aa}	4 ^{Aa}	4	0.62
\bar{X}	3	3	5	4		
$p>0.05$	0.002	0.07	0.31	0.30		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p>0.05$). \bar{X} = promedio, DMS = Diferencia Mínima Significativa. DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.9 Diámetro de tallo

Según el análisis de varianza para la variable diámetro de tallo en el Cuadro 12 se observa que, entre genotipos no existió diferencia ($p>0.05$) a los 60, 120 y 135 DDS con promedios de 22, 22 y 21 mm por tallo. Respecto a la comparación entre DDS todos los genotipos mostraron diferencia ($p>0.05$), expresando el mayor diámetro de tallo a los 90 DDS donde el genotipo SS expreso mayor diámetro con 31 mm, seguido de SM y LES05 con 29 mm, respectivamente, y el genotipo LES06 con 23 mm con un promedio de 28 mm, se aprecian diámetros constantes durante todo el ciclo reflejándose más a los 105, 120 y 135 DDS, siendo SS con 21 mm respectivamente, y SM con 20 y 22 mm, con promedios de 23, 22 mm respectivamente. No obstante, los genotipos LES06 y LES05 mostraron diámetros muy variados con 19, 23, 19 y 28, 24 y 22 con promedios de 21 y 25 mm respectivamente. Esto se explica con lo abordado por Chirinos (2006) a que la planta se regula en tiempo y espacio para tener un control sobre ella misma e influyendo por las condiciones agroecológicas de la zona de producción en especial el contenido de nutrientes y de humedad. Estudios realizados por Díaz (2007) al evaluar una variedad de sorgo DK-55 bajo la acción de cuatro biofertilizantes, 44-37-00, brassinoesteroides, b+g y g-intraradices y un testigo encontró diámetros inferiores a estos resultados siendo el mayor el testigo con 15 mm seguido de brassinoesteroides, g-intraradices y 44-37-00, con 14.2, 14.1 y 14mm respectivamente, siendo el menor b+g con 13.6 mm, estos valores se explican de acuerdo a Somarriba (1997) donde define a un tallo como un órgano conformado por una serie de nudos, delgado y vigoroso que puede medir de 0.5 a 5 cm de diámetro cerca de la base volviéndose más angosto en el extremo superior. Por otra parte, Manzanares y Calero (2004) al evaluar agronómicamente 12 genotipos de sorgo a 46, 60 y 74 DDS el que expreso mayor diámetro a los 45 DDS fue el genotipo ICSVML_89513 con 9.7 mm y el último lugar pinolero1 y icsvlm_90520, con 6.7 mm siendo numéricamente iguales, a los 60 DDS el mayor fue icsvlm_89503 con 11 mm y a un nivel más bajo pinolero1 con 7.8 mm y a los 74 DDS el mayor fue icsvlm_89503 con 12.4 mm y manteniendo resultados inferiores pilonero1 con 8 mm.

Cuadro 12. Comparación de medias de diámetro de tallo individual (mm) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	p>0.05
60	22 ^{Aa}	22 ^{Aa}	22 ^{Ba}	20 ^{Ba}	22	0.65
75	21 ^{Ab}	26 ^{Aa}	22 ^{Bb}	22 ^{Bb}	23	0.008
90	23 ^{Ab}	29 ^{Aa}	31 ^{Aa}	29 ^{Aa}	28	0.003
105	19 ^{Ab}	28 ^{Aa}	21 ^{Bb}	20 ^{Bb}	22	0.0007
120	23 ^{Aa}	24 ^{Aa}	21 ^{Ba}	20 ^{Ba}	22	0.078
135	19 ^{Aa}	22 ^{Aa}	21 ^{Ba}	22 ^{Ba}	21	0.44
\bar{X}	21	25	23	22		
p>0.05	0.11	0.0003	0.0009	0.0001		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p>0.05$). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.10 Número de hojas

De acuerdo al análisis de varianza en el Cuadro 13, se muestran las medias del número de hojas por planta, donde se presentó diferencia ($p>0.05$) entre genotipos, donde expresaron su máximo número de hoja a los 90 DDS, siendo el genotipo SS el que mayor expresó, con 47 hojas, segundo de LES06 y SM con 39 y 37 hojas con promedio de 38 hojas respectivamente, siendo el ultimo el genotipo LES05 con 29 hojas, los menores valores se expresaron a los 75 y 105 DDS para LES05 y LES06 con, 16 y 19 hojas respectivamente. No obstante, la comparación entre DDS, no se presentó diferencia ($p>0.05$) para los genotipos SS y SM donde se expresó mayor número de hojas de los 90 hasta los 105 DDS, registrando datos constantes para cada genotipo con 47, 42, 37 y 35 hojas, con promedios de 41 y 35 hojas planta⁻¹ respectivamente, a diferencia de LES06 que si mostro diferencia ($p>0.05$) entre DDS con valores muy variados numéricamente, mientras que LES05 de los 90 a 135 DDS no mostro diferencia ($p>0.05$) con valores constante de 29, 22, 24 y 25 hojas con un promedio de 23 hojas planta⁻¹ respectivamente, esto puede relacionarse con el crecimiento de los 135 DDS se describe una curva sigmoidea caracterizada por un crecimiento exponencial, lineal y llegando a su madurez fisiológica en declive (Penton, 2012). Estudios realizados por García *et al.* (2020) al evaluar el comportamiento productivo en dos localidades diferentes (Granja el Azúcar y Granja playas) de

nueve híbridos de sorgo dulce los genotipos, ba"b", tx"5", ba"a" e ian en Granja el Azúcar no mostraron diferencia ($p>0.05$) siendo los mayores valores con 6.1 hojas para ba"b" y ba"b" respectivamente, y 6 hojas para tx"5", ba"a" e ian respectivamente, no obstante en Granja Playas existió diferencia ($p>0.05$) donde se expresó mayor número de hojas con 8.3, 7.9 y 7.8 para BA"A", Tx"4" y Tx"1" respectivamente.

Cuadro 13. Comparación de medias de número de hojas (hojas planta⁻¹) en cuatro materiales de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	$p>0.05$
60	23 ^{Aab}	21 ^{ABb}	34 ^{Aa}	34 ^{Aa}	28	0.01
75	26 ^{Aab}	16 ^{Bb}	33 ^{Aa}	37 ^{Aa}	28	0.009
90	39 ^{Aa}	29 ^{Aa}	47 ^{Aa}	37 ^{Aa}	38	0.40
105	19 ^{Bc}	22 ^{ABc}	47 ^{Aa}	35 ^{Ab}	31	0.0001
120	23 ^{ABc}	24 ^{ABc}	42 ^{Aa}	35 ^{Ab}	31	0.0001
135	27 ^{ABBb}	25 ^{ABb}	42 ^{Aa}	34 ^{Aab}	32	0.0083
\bar{X}	26	23	41	35		
$p>0.05$	0.03	0.01	0.22	0.97		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p>0.05$). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.11 Número de nudos

De acuerdo al análisis de varianza en el Cuadro 14 se representan las medias de cada genotipo respecto a sus días de corte, donde se observa que entre genotipos y DDS existe diferencia estadística ($p>0.05$) con promedios de 19, 11, 31 y 26 nudos tallo⁻¹ respectivamente. Se presentó la mayor cantidad de nudos a los 90 DDS, el genotipo que presentó mayor número de nudos fue SS con 44 nudos, seguido de SM con 35 nudos, los genotipos LES06 y LES05 presentaron la cantidad de 28 y 18 nudos con un promedio de 31 nudos tallo⁻¹ respectivamente, los genotipos SS y SM expresaron mayor cantidad de nudos debido a que son híbridos con destino forrajero con alturas de 3 a 4 metros, siendo LES06 ligeramente inferior a los rendimientos de SS y SM ya que presentó alturas de 2.5 a 3 metros, LES05 es inferior en cantidad de nudos tallo⁻¹ a todos los demás genotipos debido a que presentó alturas muy por debajo de los 2 metros, esto se explica a lo que menciona Arias, (2019) que la cantidad de nudos

acorde a su distancia entre ellos determinan la altura de la planta mencionando que algunos genotipos bajos y altos con la misma precocidad y mismo estado de madurez fisiológica tendrán la misma cantidad de nudos pero con diferente estatura debido a la distancia entre ellos. Carrión (2013) al evaluar cuatro genotipos de sorgo dulce m81-e, toppe, etanur 3 y etanur 2 bajo el efecto de distintas densidades de siembra, densidad baja (DB), densidad alta (DA) y densidad media (DM) encontró valores con mayor número de nudos en DB para toppe con 15.3, seguido de m18-e con 14.9 nudos respectivamente, no obstante etanur 3 y etanur 2 presentaron 14.6 y 14.1 nudos respectivamente, valores inferiores se mostraron en DA para m81-e, toppe, etanur 3 y etanur 2, con 14.4, 14.0, 13.7 y 14.1 nudos respectivamente.

Cuadro 14. Comparación de medias de número de nudos (nudos tallo⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	p>0.05
60	16 ^{Aa}	6 ^{Bb}	14 ^{Bab}	14 ^{Cab}	13	0.04
75	15 ^{Aa}	6 ^{Bb}	16 ^{Ba}	17 ^{BCa}	14	0.0057
90	28 ^{Aa}	18 ^{Aa}	44 ^{Aa}	35 ^{Aa}	31	0.08
105	17 ^{Ab}	11 ^{ABb}	35 ^{Aa}	31 ^{ABa}	24	0.0002
120	22 ^{Abc}	14 ^{ABc}	37 ^{Aa}	31 ^{ABab}	26	0.0002
135	18 ^{Ab}	13 ^{ABb}	38 ^{Aa}	30 ^{ABa}	25	0.0001
\bar{X}	19	11	31	26		
p>0.05	0.15	0.0016	0.0002	0.0021		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa (p>0.05). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.12 Número de panojas

De acuerdo a datos registrados en el Cuadro 15 se observan las medias evaluadas respecto al número de panojas por planta entre genotipos y días después de la siembra (DDS) donde entre genotipos se presentó diferencia (p>0.05) con promedios de 2, 2, 4 y 3 panojas planta⁻¹, respectivamente. A los 90 DDS SS mostró la mayor producción con 6 panojas, seguido de SM con 5, LES05 expreso 4 panojas seguido de LES06 con 3 panojas a los 90, 120 y 135 DDS con un promedio de 4 panojas planta⁻¹. Respecto a los DDS no se presenta diferencia (p>0.05) con promedios de 0, 2, 4, 4, 3 y 4 respectivamente a partir de los 90 a

105 DDS, intervalo donde expresaron su máxima producción de panojas, para el caso de SS y SM donde se muestran valores más altos y constantes con promedios de 4 y 3 panojas planta⁻¹ respectivamente. A diferencia de LES06 y LES05 que tampoco mostraron diferencia ($p>0.05$) pero con menor producción de panoja, esta variación se explica debido a que existe una autorregulación de la planta mediante la aparición y muerte de tallos, ya que el número de panojas está en función de la aparición de tallos. Estudios realizados por Peralta y Picciano (2015) al comparar el rendimiento de los componentes en diferentes tipos de sorgo encontró la mayor producción de panojas en el genotipo dk64t expreso un total de 17.1 panojas/m², seguido de ts281 y malón con 15.7 y 15.3 panojas/m², respectivamente, los menores valores se expresaron en aca558, aca561 y gen311 con 14.1, 19.3 y 11.9 panojas/m² respectivamente.

Cuadro 15. Comparación de medias de número de panojas (panojas planta⁻¹) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	$p>0.05$
60	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0 ^{Ba}	0	-
75	0 ^{Bb}	1 ^{Bb}	3 ^{ABa}	4 ^{Aa}	2	0.0001
90	3 ^{Aa}	3 ^{Aa}	6 ^{Aa}	4 ^{Aa}	4	0.11
105	2 ^{Ab}	3 ^{Ab}	5 ^{Aa}	5 ^{Aa}	4	0.0012
120	2 ^{Aa}	4 ^{Aa}	4 ^{Aa}	3 ^{Aa}	3	0.08
135	3 ^{Aa}	3 ^{Aa}	4 ^{ABa}	4 ^{Aa}	4	0.62
\bar{X}	2	2	4	3		
$p>0.05$	0.0001	0.0001	0.0022	0.0001		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa ($p>0.05$). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

4.13 Radiación interceptada

Días después de la siembra los porcentajes de luz interceptada en cada uno de los cultivares no registraron diferencias ($p>0.05$) entre cortes y cultivares (Cuadro 16). Las máximas radiaciones interceptadas se mostraron a los 60, 75, 90 y 135 DDS con promedios de 80, 60, 81 y 75 respectivamente. En LES06, LES05, SS y SM con 88, 72, 83 y 79 %, respectivamente. Los menores porcentajes de radiación interceptada fueron a los 90, 120 y 135 DDS con 59, 54 y 69% con

promedios de 80, 60 y 75 % respectivamente. Lo que indica que para estos genotipos presentaron un crecimiento más rápido ya que en menor tiempo alcanzan las radiaciones interceptadas máximas. Estudios realizados por Erniot (2018) al evaluar sorgo forrajero a diferentes alturas demostró que a una altura de 35 cm el sorgo intercepta una radiación de 4.7 % y a una altura de 52 cm intercepta una radiación de 4.9 %, el sorgo muestra un aumento considerable en calores de radiación interceptada ya que valores elevados de área foliar las hojas tienen ventaja, la luz ingresa de manera uniforme, permitiendo que la misma radiación sea interceptada por las hojas inferiores otorgando ventajas al sorgo incrementando su volumen foliar.

Cuadro 16. Comparación de medias de radiación interceptada (%) en cuatro variedades de sorgo forrajero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] al Sureste de Coahuila, México.

DDS	LES06	LES05	SS	SM	\bar{X}	p>0.05
60	88 ^{Aa}	50 ^{Ab}	85 ^{Aa}	78 ^{Aab}	75	0.01
75	82 ^{Aa}	72 ^{Aa}	74 ^{Aa}	75 ^{Aa}	76	0.67
90	87 ^{Aa}	56 ^{Aa}	83 ^{Aa}	69 ^{Aa}	74	0.09
105	78 ^{ABa}	70 ^{Aa}	83 ^{Aa}	78 ^{Aa}	77	0.66
120	59 ^{Ba}	59 ^{Aa}	82 ^{Aa}	70 ^{Aa}	68	0.03
135	84 ^{Aa}	54 ^{Ab}	78 ^{Aa}	79 ^{Aa}	74	0.004
\bar{X}	80	60	81	75		
p>0.05	0.01	0.32	0.07	0.94		

Medias con la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por la misma letra minúscula en la misma fila, no presentan diferencia significativa (p>0.05). \bar{X} = promedio, DDS = Días Después de la Siembra, LES = Línea Experimental de Sorgo, SS = Súper Sorgo, SM = Silo Miel.

V. CONCLUSIONES

La variedad súper sorgo sobresalió sobre el resto de las variedades con una producción de 79.8 ton MS ha⁻¹, la línea experimental más cercana fue las LES06 con 45.5 ton MS ha⁻¹, no obstante, ambas líneas experimentales registraron mayor porcentaje de hoja respecto a las variedades comerciales. A los 90 días después de la siembra se puede realizar la cosecha en todas las variedades evaluadas, ya que presentaron mayor rendimiento de forraje y hoja. A favor del LES05 se registró la mayor relación: hoja/tallo, reflejo de una mejor calidad de forraje.

VI. REFERENCIAS

- Achaya Auca, Y. L. (2020).** Asesoramiento técnico en ventas de maquinaria agrícola en la zona sur del país. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. Departamento Académico de Mecanización y Energía. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4601>, <https://orcid.org/0000-0001-9329-4762>
- AGROPRODUCTORES (2021)** Cultivo de sorgo forrajero en México 2021. Consulta: 26 enero 2024. Disponible en: <https://agroproductores.com/cultivo-de-sorgo-forrajero-en-mexico/>
- Ajeigbe, H. A.; Folorunso, M. A.; Kuniya A.; Jerome J., (2018).** Productividad y eficiencia en el uso del agua del sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivado bajo diferentes aplicaciones de nitrógeno en la zona de Sabana de Sudán, Nigeria ", International Journal of Agronomy, vol. 2018, artículo ID 7676058, pág. 11. <https://doi.org/10.1155/2018/7676058>.
- Amador, A. L. y Boschini, C. 2000.** Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum alnum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 11(2): 79-84.
- Arias Yépez, M. (2019).** Cultivo de sorgo (*Sorghum vulgare*).
- Argueta, E. M. (2002).** Manual para la producción del Híbrido Sorgo Ganadero en Zamorano, Honduras (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2014.).
- Awad, A., Hafiz, S., Hammada, M. S., El-Nouby, A., & El-Hendawy, S. (2013).** Grain yield production of Sudan grass (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) as influenced by cutting numbers, potassium rates, and intrarow spacing in a semiarid environment. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(6), 657-664.

- Báez, A.M., Guillen, L.G., y Solís, G.M. (2023).** Mejoramiento de las propiedades hidráulicas del suelo en el cultivo de soya mediante el subsuelo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(5), 78-89.
- Barrientos Gutiérrez, J. E. (2013).** *Manejo del gusano soldado Sodoptera exigua (Hübner) en Los Reyes de Juárez, Puebla y evaluación de la actividad de extractos vegetales* (Tesis de Maestría).
- Benítez, C., Pece, M., y Galíndez, M. (2010).** Análisis de la varianza en experimentos factoriales. Universidad Nacional de Santiago del Estero (Argentina), Facultad de Ciencias Forestales. Serie Didáctica, (21), 47. <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-21-estadistica.pdf>
- Bernal, J. H., Rincón Castillo, Á., Guevara, E. J., Hernández, R. S., & Flórez Díaz, H. (2014).** Sorgo forrajero Corpoica JJt-18: boletín técnico.
- Bernal, R. J. C, Rincón, C. A.; Guevara, E J.; Flores, D. H. (2014).** “Sorgo forrajero Corpoica”.
- 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.
- Bravo, B. D. A., Pacheco, F. A., Pérez, J. J. R., Mesa, R. R., Yáñez, J. C. O., & Salvatierra, J. B. (2021).** Comportamiento agronómico y productivo de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en zonas agroecológicas de la Región Costa del Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 168-178.
- Burboa, F.R.C., Cabanillas, R.C., Ibarra, G.D.D., Zapata, M.A.M. (2018).** Sorgo forrajero. <http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/paq-tec/paq-sorgo-forrajero.pdf>
- Blandón Vásquez, A. (2008).** Comportamiento agronómico del sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] bajo aplicación de diferentes abonos orgánicos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Cámara-Acosta, J., Enríquez-Quiroz, J. F., Rueda-Barrientos, J. Á., Ortega-Jiménez, E., Ramírez-Bribiesca, J. E., y de Dios Guerrero-Rodríguez,**

- J. (2022).** Dinámica de tallos del Pasto Urochloa híbrido cv cobra en respuesta al tiempo de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(3), 303-303.
- Carrión S. L. (2013).** Impacto de la variedad, densidad de siembra y momento de cosecha de sorgo dulce en la producción de etanol en el norte uruguayo.
- Castro, J.; Ortiz, J.; Mendoza, M. C. y Zavala, F. (2000).** Producción de biomasa en líneas de sorgo como respuesta al estrés hídrico. *Rev. Fitotec. Méx.* 23:321-334.
- Caziñares, R. A. J. (2023).** *Comparación de densidades poblacionales en la productividad del cultivo de sorgo forrajero (Sorghum bicolor L. Moench) en el Ecuador.*
- CENTA. (2007).** Guía Técnica de Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). La libertad, El Salvador: CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal).
- CENTA. (2018).** Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Programa de granos básico. Libertad Republica de El Salvador. C.A.
- Chacón C., H.D. (2019)** Potencial de producción y calidad nutricional del forraje de híbridos de sorgo evaluados en la región lagunera. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México. 61 p.
- Chafla, V. J. P., y Guañuna, t. A. G. (2023).** Diseñar y construir una máquina aradora para zonas agrícolas con una capacidad de 6.5 Hp con un motor a gasolina (Bachelor's thesis).
- Chantereau, J. (2013).** Le sorgho. Editions Quae.
<https://library.oapen.org/handle/20.55.12657/23945>
<https://doi.org/10.35690/978-2-7592-2062-5>.
- Chávez Sanabria, E., & Espinoza Treminio, A. (2010).** Efecto de cuatro densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de biomasa seca del sorgo forrajero. Variedad Inta forrajero en el periodo comprendido 2008-2009 (Doctoral dissertation).

- Chirinos, L.** Características biométricas de cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench). Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis de grado. 2006. 64 p.
- Ciampiti, I. (2016)** Sorgo: Crecimiento y desarrollo. K-state Research and Extensión.
- Coria, J. J., Mora, A. G., Yáñez, M. M., Rubio, R. C. (2019).** Applied regional epidemiology to inductive characterization and forecasting of blue agave gray-spot (*Cercospora agavicola*) in Jalisco, Mexico. <https://www.researchgate.net/publication/330240240>
- De Araujo, R. S. 2020.** Avaliação agrônômica de cultivares de sorgo forrageiro no Agreste Paraibano. Trabajo Final de Grado (Bacharel em Zootecnia). Universidade da Paraíba, 37p. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/19265>.
- De León M., O. (2012)** El cultivo del sorgo. Memorias de experiencias profesionales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México. 10 p.
- Demanet, F. R., y Canales C. C. (2020).** Manual cultivo del sorgo forrajero. Centro de Recursos Naturales (CIREN). Biblioteca Digital (CEDOC). Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/12ca7210-72cf-4078-9ae8-5bca979f61db>
- Díaz, F. A. (2007).** Brassinoesteroides e inoculación con *Glomus intraradices* en el crecimiento y la producción de sorgo en campo. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 25(1), 077-083.
- Díaz, A., Montes G, N. (2008).** La fitopatología en la región semiárida de Tamaulipas, México: Reseña histórica. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(1), 62-70.
- Domínguez, P. A. M., Ocampo, R. J., Serna, R. R., Villanueva, C. F. G., & Espinoza, S. S. (2016).** Estabilidad del rendimiento forrajero de tres variedades de sorgo dulce. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica*, 16(2), 27-33.

- Du Plessis, H., Shlemmer, M. L., y Van den BERG, J. (2020).** The effect of temperatura on the development of Sodoptera Frugiperda (Lepidóptera: Noctuidae). *Insects*, 11(84), 228. <https://doi.org/10.3390/insects11040228>
- Edwards, N.C. Friburgo, H.A. y Montgomery, M.J. 1971.** Cutting management effect on growth rate and dry matter digestibility of the sorghumsudangrass cultivar Sudax SX11. *Agron. J.* 63:267-271.
- Enríquez, G. F. D., y Torres P. N. J. (2010).** *Comportamiento agronómico de diez líneas precoces de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), Centro Experimental del Valle de Sebaco (CEVAS-INTA), primera 2010* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Faiguenbaum, M.H. (2017).** El cultivo del maíz. Impresora La discusión S.A. Chillan, Chile. 171p.
- Fassio, A., Cazzolino, D., Ibañez, W., y Fernández, E. (2002).** Sorgo: Destino Forrajero. INIA La Estanzuela.
- Ferniot, S. (2018).** Biomasa e intercepción de la radiación en Inter cultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y sorgo sudan (*Sorghum sudanense*).
- Financiera Rural. (2011).** Monografía del sorgo grano. [Http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorial/documents/monografias/monografiasorg](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorial/documents/monografias/monografiasorg).
- Finck, A. (2021).** Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de cultivos. Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Mexico Edicion en papel. Editorial Reverté, S. A., 1988, ISBN: 978-84-291-1010-4. Edicion e-book (PDF): Editorial Reverte, S. A., 2021 ISBN 978-84-291-1010-4
- Flores, G. D. L., Guerrero, K. V. O., Yzquierdo, G. A. R., Bonilla, S. J., Herrera, L. E. O., Delgado, E. G., y Aldana, G. A. B. (2024).** Efecto de retardantes de crecimiento en la disminución del volcamiento de sorgo dulce forrajero. *Agronomía Costarricense*, 67-78.

- García Batista, R. M., Rodríguez Delgado, I., Mas Martínez, R., Pesantes Naranjo, H. E., & Iglesias, H. P. (2020).** Comportamiento agroproductivo de híbridos de sorgo dulce introducidos en la República de Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 240-252.
- García, L.D., y Hernández, R. A. (2023).** Estudio de altas densidades de siembra en la producción de maíz (*Zea mays*) híbrido. *Revista Tecnología en Marcha*, pág-160.
- Gonulal, E. (2020).** Performance of sorghum x Sudan grass hybrid (*Sorghum bicolor* L. x *Sorghum sudanense*) cultivars under water stress conditions of arid and semiarid regions. *J. Glob. Innov. Agric. Soc. Sci*, 8, 78-82.
- Gutiérrez P., N.D. (2014)** Aptitud combinatoria y heterosis en cruces experimentales de sorgo para grano. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México. 5 p.
- Gutiérrez, P, N., Chow, W. Z., Bastianelli, D. L., Bonnal, R., Obando, S. y Trouche. G. (2013).** Productividad y calidad nutricional de genotipos de sorgo para doble propósito. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 119-131.
- Gutiérrez-Palacios, N., Chow-Wong, Z., Bastianelli, D., Bonnal, L., Obando-Solís, R., & Trouche, G. (2013).** Productivity and nutritional quality of double purpose sorghum genotypes. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 119-131.
- House, L. (1982).** El sorgo. Guía para su mejoramiento genético. Grupo editorial Gaceta. Mexico. D.F. 425 p.
- Huertas D., C.A., G. Sarria V., B. Pineda L. 2002.** Evidencias del mildiu vellosa (*Peronosclerospora sorghi* (W. Weston & Uppal) C.G. Shaw) en cultivos de maíz y sorgo en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 26 (2): 55-60.
- Ibarra, R. J., Contreras, R. F., Martínez, M. B., Sánchez, N. C., Hernández, G. N., y Hernández, G. O. (2007).** Requerimientos hídricos y manejo del agua de riego en cultivos forrajeros. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, 4, 50.

- INFOAGRO (2024)** El cultivo del sorgo 2024. Consulta: 26 enero 2024. Disponible en <https://infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>
- INIFAP, (2012).** Paquete tecnológico para el cultivo (anual) de sorgo forrajero para ensilado. Ciclo agrícola primavera-verano. Norte y centro de Coahuila.
- Jiménez, J. E. M., Sánchez, J. I. D., Granados, J. A. N., Espino, J. M. M., Ochoa, E. M., Díaz, F.** Comparación de las características productivas entre variedades de sorgo forrajero en la región Lagunera.
- Kwang, S.K., Beresford, R.M., and Walter M. (2013).** Development of a disease risk prediction model for downy mildew (*Peronospora sparsa*) in boysenberry. *Phytopathology*. 58: 1- 30.
- Lentz, B. C., & Paradiso Langhoff, F. (2013).** Degradabilidad ruminal de granos de sorgo de diferentes genotipos y tamaños de molienda.
- Lloveras, J., López Fernández, A., Bagá, M., Betbese, J. A., & López Querol, A. (2006).** Producción de biomasa de sorgo forrajero en regadíos del Valle del Ebro. *Agricultura*, 889, 804-807.
- López, S. E. J., Acosta G. O. H., Tosquy V, R. A., Salinas P, B. M., Sánchez, G. R., Rosales, S. C. González, R. T., Moreno, G. B., Villar, S. H. M., Cortinas E. R., Zandate, H. 2011.** Estabilidad de rendimiento en genotipos mesoamericanos de frijol de grano negro en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(1): 29-40.
- López Valdivia, A. O., & Reyes Alvarado, C. M. (2021).** Evaluación del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. ABS-4600 establecido en dos sistemas de siembra bajo diferentes tipos de fertilización. EL Plantel, postrera 2019 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Luna Santillana, E. D. J. D. (2014).** *Desarrollo y evaluación de bioinsecticidas micro encapsulados a partir de bacillus thuringiensis y neem para el control del gusano soldado spodoptera exigua (hübner)* (Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León).

- Luna, D. H. A., Laguna, R. J. (2004).** Evaluación de 30 genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), para grano y forraje. Tesis de ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 50 p.
- Manejo y Resistencia de Insectos (MRI), y Comité de Acción contra Resistencia de Insecticidas (IRAC). (2019).** Cogollero (Sodoptera Frugiperda) en el cultivo de sorgo. Bases para su manejo y control en sistemas de producción. Red de Manejo de plagas (REM); Manejo de Resistencia de Insectos (MRI). <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2019/Cogollero-1pdf>
- Manzanares, E. J. R., y Calero, F. J. R. (2004).** Evaluación del comportamiento agronómico y uso eficiente del Nitrógeno en 12 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el municipio de San Ramón, Matagalpa.
- MAPA, (2008).** Arado de Vertedera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero.
- Marinelli., O. C., García J., Tarditi L. (2010).** Mancha en cadena del sorgo *Sorghum bicolor*, causada por *Cercospora fusimaculans*. En: Trabajos presentados y resumen de conferencias. IX Congreso Nacional de Maíz y Simposio de Sorgo. Apéndice 1 sorf. ALANBA. Rosario, 17 al 19 de noviembre. P. 548-550.
- Martínez, M. V., Garabato, A. I., ArGenetics, A. G. V. (2020).** Recría de vaquillonas sobre Avena y sorgo en la Cuña Boscosa. *Disponible on-line febrero.*
- Martínez, V., J., Silva S., R. A., y Cuéllar V., E., J. (2005).** Guía para cultivar sorgo forrajero de riego para pastoreo, verdeo y henificado en el norte y centro de Coahuila. [Folleto para productores No. 7, INIFAP]. Coahuila, México.
- Martins, V. D., Seigal, E., y Pittaluga, O. (2001).** Producción de carne con sudangrass dulce, híbrido de sudangrass por sorgo granifero y sorgo doble propósito. *Reunión de la Asociación Latinoamericana de*

Producción Animal (17), La Habana, Cuba. Trabajos: Nutrición. La Habana ALPA, 1.

Martocci, F. C. (2021). El proceso erosivo y su incidencia regional: Conservacionismo e interacciones en la producción de implementos agrícolas en La Pampa (ca. 1940-1970).

Miguez, G. E. (2022). Labranza mecanizada y su influencia en la productividad del cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench.)” Tesis de Licenciatura, para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias Agropecuarias, pág. 5-6.

Molina, G. J. N.; García, S. J. A.; Chalita, T. L. E. y Pérez. S. F. (2012). Efecto de PROCAMPO sobre la producción y las importaciones de granos forrajeros en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(5):999-1010.

Moura, M. M. A., Pires, D. A. D. A., Costa, R. F., Tolentino, D. C., Rigueira, J. P. S., & Sales, E. C. J. D. (2017). Nutritional value of sorghum silages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39, 137-142.

Nava, B. C. A., Rosales, S. R., Jiménez, O. R., Carrete, C. F. Ó., Domínguez, M. P. A., y Murillo, O. M. (2017). Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(2), 147-155.

PAM (2024) Producción Mundial de Sorgo 2023/2024. Consulta: 24 enero 2024.
 Disponible en:
<http://www.produccionagricolamundial.com/cultivos/sorgo.aspx>

Panizzi, R.C., Fernández, N.G., y Camargo, M. (2005). Doenças do sorgo (*Sorghum bicolor*). En Kimati H., Amorin L., Rezende J.A.M., Bengamin Filho A. y L.E.A. Camargo (Eds.). Manual de Fitopatología. Vol. 2: Doenças das plantas cultivadas. Editora Agronómica Ceres Ltda. Sao Paulo. Cap. 66. p. 597-606.

Pecina Quintero, V., Herrera Corredor, C., Hernández Martínez, M., Montes García, N., y Moreno Gallegos, T. (2017). Tecnología de Producción de Sorgo dulce (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en Guanajuato.

- Pentón, G., Martín, G. J., Oropesa, K., Noda, Y., & Alonso, F. (2012).** Crecimiento de *Morus alba* L. durante la etapa de establecimiento, a partir del trasplante de posturas. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 139-151.
- Peña, M.R, Muñoz A, Ramos G, Terron R (2015)** Listado de plantas hospedantes del complejo *Melanaphis Sacchari*, registros internacionales y potenciales de Mexico. *Entomología Mexicana* 2: 582-587.
- Peralta, P. J., y Picciano, D. M. (2015).** *Rendimiento y sus componentes en diferentes genotipos de sorgo granífero* (Bachelor's thesis).
- Pérez Hernández, A., Quero Carrillo, A. R., Escalante Estrada, J. A. S., Rodríguez González, M. T., Garduño Velázquez, S., & Miranda Jiménez, L. (2018).** Fenología, biomasa y análisis de crecimiento de cultivares de sorgo forrajero en valles altos. *Agronomía Costarricense*, 42(2), 107-117.
- Pérez Rojas, L. (2022).** Componentes del rendimiento y valor nutricional del ensilaje de dos cultivares de sorgo forrajero.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., y Milián, I. (2010).** Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y forrajes*, 33(1), 1-1.
- Pérez, A.; Saucedo, O.; Iglesias, J.; Wencomo, H.; Reyes, F.; Oquendo, G. y Milán, I. (2010).** Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.). *Pastos y Forrajes*, 33: 1-17.
- Pérez, H. A., Quero, A. R., Garduño V. S., Escalante Estrada, J. A. S., Rodríguez González, M. T., & Miranda Jiménez, L. (2019).** Análisis de crecimiento en sorgo forrajero en dos períodos de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1083-1095.
- Pérez, L. Á., y Zaldívar, J. C. P. (2017).** Evaluación de cultivares de Sorgo (*Sorghum Vulgares*, I. Moench) en la CCS "José Manuel Rodríguez" del municipio Jesús Menéndez. *Ojeando la Agenda*, (47), 4.

- Pinho, RMA, Santos, EM, Oliveira, JSD, Bezerra, HFC, Freitas, PMDD, Perazzo, AF., y Silva, APGD (2015).** Cultivares de sorgo para ensilaje con distintos fines. *Ciencia Rural*, 45, 298-303.
- Rebollar, E., Hernández Martínez, J., Rebollar, A., González Razo, F. D. J., Gómez Tenorio, G., y Rebollar, S. (2016).** Dinámica regional de la producción de sorgo en México, 1994-2012. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(3), 619-630.
- Rincón Barón, E. J., Gutiérrez Rodríguez, A. M., Guerra, B. E., y Espinosa Matías, S. (2020).** Alteraciones histopatológicas causadas por la roya *Puccinia nakanishikii* (Pucciniales: Pucciniaceae) en plantas de *Cymbopogon citratus* (Poaceae). *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 361-382.
- Ríos, J. L., Torres Moreno., M., Castro F. R., Torres Moreno, M. A., Y Ruiz T, J. (2015).** Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR017, Comarca Lagunera, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 47(1), 93-107.
- Rodríguez, E.J.G., y Uribe, G. S. (2015).** Respuesta de genotipos de sorgo dulce a la infección con el Ergot. *Agropecuaria en Tabasco*, 245.
- Rodríguez, L., Gallardo Aguilar, I., Nieblas Morfa, C., y Ortiz Fernández, W. (2015).** Evaluación de dos variedades de sorgo para la obtención de almidón. *Centro Azúcar*, 42(1), 88-95.
- Sergio, M. y Melin, A. (2007).** Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 65 p.
- SIAP (2021).** Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Escenario mensual de productos agropecuarios, sorgo para grano.
- SIAP (2023) Escenario mensual de productos agroalimentarios 2023. Consulta 24 enero 2024.** Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/856669/Sorgo_Agosto.pdf.

- Silva-Martínez, C., Nava-Camberos, U., Cano-Ríos, P., Reyes-Carrillo, J. L., Ávila-Rodríguez, V., & García-Hernández, J. L. (2019).** Programa de muestreo para el pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari* (Zehntner). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18), 565-571.
- Singh B, Padmaja P, Seetharama N (2004)** Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* in Sorghum: A Review. *Crop Protection* 23: 739-755.
- Somarriba, R. C. (1997).** Granos básicos, Texto, 1997 Escuela de Producción Vegetal Managua Nicaragua, 64, 66, 71, 59, 197 pp.
- Suárez González, M. (2023).** Asesor técnico de maquinaria agrícola en la zona norte del Estado de México por parte de la Fabrica Agrícola Industrial.
- Tejeda, R.M, Díaz, N.J, Rodríguez, M.J, Vargas, H.M, Solís, A.J, Ayvar, S.S. (2017).** Evaluation in field of insecticides on *Melanaphis sacchari* in sorgum. *Southwestern Entomologist* 42: 545-550.
- Terra, J. A., Macedo, R., y Correa, J. M. (2005).** Evaluación preliminar de materiales de sorgo azucarado bajo distintas alternativas de manejo de suelos en un argisol del este. *Cultivos de verano; resultados experimentales, 2006*, 3-17.
- UBSPROB, (2021).** United Program of united Sorghum check off. Sorgo forrajero, Guía de Producción para la Region Sureste de los Estados Unidos.
- Vargas, C. F. (2005).** Valoración nutricional y Degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp.). *Agronomía Mesoamericana*, 215-223.
- Velázquez, P. D. (2017).** Mancha gris de la hoja en híbridos de sorgo en Paraná, Entre Ríos, durante el ciclo agrícola 2016/17. Grupo Factores Bióticos y Protección Vegetal. INTA EEA Paraná.
- Velázquez, P. D. (2019).** *Enfermedades del sorgo en el centro oeste de entre ríos*. Asociación Argentina de Fito patólogos.

- Vigueras Islas, K. E. (2021).** *Resistencia inducida a carbón de la espiga (Sporisorium reilianum f. sp. zae) y roya común (Puccinia sorghi) en maíz (Zea mays L.)* (Doctoral dissertation).
- Villa nueva R, Brewer M, Way MO, Biles S, Sekula D, Bynum E. (2014).** Sugarcane aphid: a new pest of Sorghum. Texas A y M Agrilife Extension. Ento-035. Weslaco, TX, USA.
<http://lubook.taamu.edu/files/2015/05/SCA-Management-Guide.pdf>
- Villeda C. D. A. (2014).** Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) con bajo contenido de lignina.
- Williams, A. H., y Arcos, C. G. (2015).** Comportamiento agronómico de híbridos y progenitores de sorgo para grano en las Huastecas. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 88-97.
- Zeledón, H. S. (2007).** Guía técnica del Sorgo. La libertad, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).
- Zambrano, J. J. (2023).** Evaluación del comportamiento morfológico y rendimiento del Sorgo forrajero (*Sorghum Vulgare*) en el centro de gestión, innovación y transferencia de conocimiento " Finca Tigrillo" de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2022 (Doctoral dissertation).
- Zhao, L.; Liu, S. and Song, S. (2010).** Optimization of callus induction and plant regeneration from germinating seeds of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *African Journal of Biotechnology*, 9: 2367-2374.
- Zúñiga et al., L. S. (2017).** Análisis económico en la producción de semilla de sorgo industrial. Managua, Nicaragua: UNAN MANAGUA.