

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación y Correlaciones Fenotípicas en 56 Híbridos Experimentales de  
Sorgo para Grano (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Por:

**YONI GUDIEL GABRIEL MORALES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación y Correlaciones Fenotípicas en 56 Híbridos Experimentales de Sorgo  
para Grano (*Sorghum bicolor* L. Moench)


**YONI GUDIEL GABRIEL MORALES**


TESIS

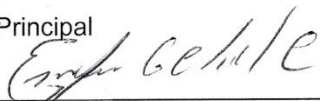
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Enrique Navarro Guerrero  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Luis Ángel Muñoz Romero  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía  
  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios por darme la vida y permitirme llegar hasta este gran logro en mi vida.**

**A mi “Alma Terra Mater” por permitirme ser parte de una generación más de profesionales del área de agronomía. Gracias a esta institución que me brindó la oportunidad de formarme académicamente y darme la oportunidad de conocer compañeros de casi todos los estados de la república Mexicana.**

**Al Dr. Enrique Navarro por su apoyo incondicional en la elaboración de este proyecto y al Ing. Luis Ángel Muños por permitirme formar parte del trabajo en investigación.**

**A mi abuelita Margarita Morales que fue todo el tiempo una madre para mí y a mi primo Ubenner Díaz por ser como un padre para mí.**

**A mi madre Magnolia Gabriel por darme la vida.**

**A mi hermano Durvin Alejandro Gabriel por formar parte de mi vida y por confiar siempre en mí.**

**A mis primos Carlos Alberto Gabriel y Nefthalí Díaz que en todo momento nos hemos tratado como hermanos, gracias por estar estar en las buenas y en las malas.**

**A mis primas Erika Díaz, Yulisa Díaz, Juanita Días, Udith Díaz y Juan Carlos Días por formar parte de mi vida y ser en todo momento hermanos para mí.**

**A mis tías Carmen Gabriel, Alicia Zunun en especial Julieta Pérez y Herminia Gabriel por su apoyo incondicional.**

**A la familia Aldaco Martínez por abrirme las puertas de su casa siendo un desconocido brindándome cariño y apoyo incondicional.**

**A mis amigos; Esdrael Joachin, Leyli Barrios, Eddaliz García, Yuritzzi López, Roxi Secundino, José Antonio González, Rudisel Gómez, Julissa González, Marcelo Velázquez, Martin Isidro, Jorge Rene, Dorian Arroyo, Luis Oseguera, Dianer Yobani, Araceli Alva, Rosalba Rodríguez, Gamaliel Morales, Froilan Juárez y Simón Calderón por brindarme su amistad y formar parte de grandes momentos vividos antes y durante mi estancia en mi carrera profesional.**

## **DEDICATORIA**

**A mi abuelita Margarita Morales Escalante por ser una madre para mí, brindarme amor en todo momento, confiar en mí y por ser la primera mujer a la que amo en este mundo.**

**A mi primo Ubenner Díaz Gabriel por ser el padre que nunca tuve y brindarme cariño amor y sobre todo sus consejos gracias a eso estoy culminando este logro en mi vida.**

**A mi hermano mayor Durvin Alejandro Gabriel Morales por formar parte de mi vida y estar a mi lado en todo momento sin importar las circunstancias.**

**A mis hermanitos José Daniel Guzmán Gabriel, Ingrid Ángela Guzmán Gabriel, Henry Guzmán Gabriel y Derly Guzmán Gabriel. Quiero que un día cumplan sus metas en la vida con este logro les demuestro que todo se puede si te lo prometes.**

**A mis tías Herminia Gabriel Morales y Julieta Pérez Ramírez por ser mis segundas madres y gracias a ellas que nunca me dejaron solo en los momentos más difíciles de mi vida.**

## INDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1 AGRADECIMIENTOS .....	i
Capítulo 2 DEDICATORIA.....	ii
Capítulo 3 RESUMEN.....	v
Capítulo 4 INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo .....	2
Hipótesis para probar correlaciones .....	2
Hipótesis para probar la media de respuesta .....	2
Capítulo 5 REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Origen.....	3
2.2 Distribución .....	3
2.3 Importancia .....	3
2.4 Requerimientos edafoclimáticos .....	5
2.4.1 Elevación .....	5
2.4.2 Humedad del suelo .....	5
2.4.3 Temperatura .....	5
2.4.4 Cantidad de horas luz.....	5
2.5 Fertilización.....	6
2.5.1 Sorgos fotoinsensitivos.....	6
2.5.2 Sorgos fotosensitivos criollos mejorados en relevo con maíz.....	6
2.5.3 Sorgos fotosensitivos, criollos mejorados en asocio con maíz .....	6
2.5.4 Sorgos forrajeros y de doble propósito .....	7
2.6 Manejo .....	7
2.6.1 Chapoda .....	7
2.6.2 Rastreado .....	8
2.6.3 Surcado.....	8
2.6.4 Épocas y sistemas de siembra .....	8
2.6.5 Distanciamientos y densidad de siembra .....	9
2.6.6 Raleo .....	9

2.6.7 Control de maleza.....	9
2.6.8 Aporco.....	10
2.6.9 Riego.....	10
2.7 Variedades de sorgo.....	10
2.8 Híbridos de sorgo.....	12
2.9 Usos del sorgo.....	16
2.11 Mejoramiento del sorgo.....	23
2.12 Correlación.....	24
Capítulo 6 MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Descripción del área del área del experimento.....	26
3.2 Labores culturales.....	28
3.3. Variables evaluadas.....	29
3.4 Diseño experimental.....	30
Capítulo 7 IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
Capítulo 8 V. CONCLUSIONES.....	47
Capítulo 9 LITERATURA CITADA.....	48
Capítulo 10 APÉNDICE.....	54

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en la evaluación de 56 híbridos de sorgo para grano en la Estancia Querétaro, durante 2015. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones y la unidad experimental de 5 m. de largo con 0.80 entre surcos con una parcela útil de 1.5 m. El manejo y la conducción del experimento fue de acuerdo a lo utilizado por los agricultores de la región. Del estudio en evaluación se observó una alta significancia para todas las variables como días a floración, altura de planta, excursión, tamaño de panoja y rendimiento de grano. Los híbridos más sobresalientes por su potencial de rendimiento fueron el híbrido 15, 14 y 5 con rendimientos de 12.2 ton/ha<sup>-1</sup> y 11.0, respectivamente. Sobresalen por su precocidad los híbridos; 13, 25, 11 con al menos 87 días a floración. Los genotipos que podrían ser utilizados para ser cosechados mecánicamente serían los híbridos 18, 22 y 12 con alturas de 84 cm, 86 y 88 respectivamente. Los híbridos que podrían tener menos problemas con plagas y enfermedades serían los que presentan al menos 10 cm de excursión tales como el 30, 50 y 47 que tuvieron 11 cm para dicha variable. De todas las correlaciones estimadas sobresalen por su magnitud y significancia la de altura de planta con rendimiento (0.65\*\*) y la de días a floración con tamaño de panoja (-0.40\*\*) las cuales se consideran asociaciones fuertes y moderadas, respectivamente. El resto de correlaciones de acuerdo a su magnitud fueron débiles.

**Palabras clave:** sorgo, correlación, híbridos, rendimiento.

## I. INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es una gramínea tropical originaria de Etiopía, África que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes siendo considerado uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria, dado que este cultivo se adapta muy bien a un entorno agroecológico cálido y seco en el que resulta difícil cultivar otros cereales. Debido a su resistencia a la sequía se considera como el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvia errática y en algunas regiones está sustituyendo al maíz. Dentro de los cereales el sorgo es el quinto cereal con importancia en el mundo, la importancia de este cultivo ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a su utilización en la alimentación humana.

Además el sorgo es de mayor importancia para los países en desarrollo, dado que es uno de los alimentos básicos para la población más pobre del mundo que es también la que padece una situación de mayor inseguridad alimentaria. En muchas zonas del mundo en desarrollo, la paja de sorgo representa hasta el 50 por ciento del valor de la cosecha, especialmente en los años de sequía. Alrededor del 90 por ciento de la superficie dedicada al cultivo de sorgo el 70 por ciento de la producción corresponden a los países en desarrollo. En África y Asia, el sorgo se destina principalmente a la alimentación humana a diferencia de lo que sucede en los países desarrollados, en los que casi la totalidad de la producción se utiliza como pienso, a excepción de algunos países en desarrollo de América Latina y el Caribe (como México y Argentina) son importantes productores de sorgo para los mercados de piensos.



### **Objetivo**

- a) Conocer cuál es el grado de correlación que existe entre las variables evaluadas, y cómo influye en el rendimiento.
- b) Identificar la media de respuesta de los 56 híbridos evaluados.

### **Hipótesis para probar correlaciones**

Ho: Hay algunas correlaciones que influyen de manera significativa en la variable rendimiento.

H<sub>1</sub>: No hay correlaciones que influyen de manera significativa en la variable rendimiento.

### **Hipótesis para probar la media de respuesta**

Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$

H<sub>1</sub>:  $\mu_1 \neq \mu_2 = \dots \neq \mu_t$

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen

Existen indicios de que el sorgo sería originario de África oriental (probablemente Etiopía o Sudán) y que haya aparecido en tiempos prehistóricos, entre 5000 y 7000 años atrás o talvez más. Aparentemente fue llevado por nativos que migraban hacia varios países de África, antes que se tuviese noticia de su existencia. En el siglo X de nuestra era ya se conocía en Botswana, en Zambia alrededor del siglo XIV y en el sur de África en el siglo XVI. El testimonio histórico más antiguo de que disponemos es el que aparece en una escultura del palacio de Senaquerib, en Nínive, Asiria, probablemente del año 700 a. C. hacia el comienzo de la era cristiana se le conoció en la India y Europa, y Plinio ya lo menciona en el siglo I (**Wall y Ross, 1975**).

### 2.2 Distribución

**Wall y Ross (1975)** Mencionan que la producción de sorgo se extendió por el sur de Asia y aparentemente llegó a China en el siglo XII. No existen pruebas de que se haya conocido en China antes del año 1200, a pesar de que hay quienes lo afirman. Quizás haya sido introducido desde el sudeste de Asia o la India, después de lo cual se desarrollaron los tipos Kaoliang, característicos de China, Manchuria y Japón. Las semillas fueron llevadas desde África a diversas partes del hemisferio occidental por esclavos cautivos durante el siglo XVII y XVIII.

### 2.3 Importancia

**FAO (1997)** El sorgo es uno de los alimentos básicos para la población más pobre del mundo. Desde el punto de vista genético, este cultivo se adapta bien a un entorno agroecológico cálido y seco en el que resulta difícil cultivar otros cereales alimentarios. El sorgo cumple una doble finalidad, ya que tanto el grano como a la paja se les concede un alto valor, en muchas zonas del mundo

en desarrollo, la paja representa hasta el 50 por ciento del valor de la cosecha, especialmente en años de sequía.

Independientemente del tipo de especie forrajera que constituya la base productiva de nuestro planteo, hay algo que no cambia: la estacionalidad en producción. En sistemas ganaderos de punta, la demanda de alimentos es permanente y creciente, y esa estacionalidad en la oferta de forraje que producen las pasturas o verdeos debe ser amortiguada con el uso de suplementos que aporten volumen, calidad, o ambos. Aquí es donde el sorgo ocupa un lugar muy importante en ambientes marginales, como estabilizante del sistema, dada la rusticidad y adaptación del cultivo y sus características de multipropósito, **Abdelhadi, (2011)**.

En el mundo, el sorgo es un producto agrícola que se utiliza para diversos fines, ya sea como alimento humano, forraje entre otros. En México este grano es uno de los productos más utilizados para consumo forrajero. Además, es considerado como un buen sustituto de otros granos, como puede ser el maíz amarillo, **FIRA, (2016)**.

El consumo mundial de sorgo ha mostrado una tendencia creciente en los últimos 10 años. En el periodo, compuesto por los ciclos del 2006/07 al 2015/16, se ha registrado un crecimiento de 0.7 por ciento a tasa media anual; desagregado por tipo de consumo, el consumo forrajero ha crecido a una tasa media anual de 2.5 por ciento mientras que el consumo humano e industrial decreció 0.5 por ciento durante este periodo.

**CENTA, (2007)**. El sorgo es un cultivo que en algunas regiones del mundo está sustituyendo al maíz por su resistencia a enfermedades virosas, fungosas y la poca demanda de agua. El cual ha aumentado su importancia considerablemente en los últimos años debido a su utilización en la alimentación humana. En la panificación la harina de sorgo está tomando auge, ya que se ha comprobado que puede sustituir hasta en un 50% a la del trigo, en las mezclas para la elaboración de pan, sin afectar la calidad de este.

## **2.4 Requerimientos edafoclimáticos**

### **2.4.1 Elevación**

El sorgo puede cultivarse desde 0 a 1000 msnm, sin embargo, las mejores producciones se obtienen en zonas comprendidas de 0 a 500 msnm. **CENTA (2007)**.

### **2.4.2 Humedad del suelo**

Los sorgos fotoinsensitivos necesitan una mayor cantidad de humedad en el suelo para la polinización y llenado de grano, comparados con los fotosensitivos (criollos) que requieren una mínima reserva de humedad en el suelo para completar satisfactoriamente estas etapas de desarrollo. En general el sorgo requiere de 550 mm de agua en todo el ciclo de cultivo y bien distribuidos para una óptima producción.

### **2.4.3 Temperatura**

Debido a su origen tropical, el sorgo se adapta bien a temperaturas que oscilan entre los 20 y 40 °C. Temperaturas fuera de este rango provocan la aceleración de la antesis, aborto de flores y de los embriones.

### **2.4.4 Cantidad de horas luz**

El sorgo dependiendo de su condición fisiológica, puede ser fotosensitivo o fotoinsensitivo, esto se refiere a la cantidad de horas luz que el cultivo demanda para su desarrollo y floración.

Las variedades fotoinsensitivas son aquellas cuya floración no es afectada por la cantidad por la cantidad de horas luz y florecen independientemente de la época en que sean sembradas. Las variedades criollas o fotosensitivas son las

que independientemente de la época de siembra florecen cuando los días son cortos.

## **2.5 Fertilización**

Para fertilizar se recomienda hacerlo con base en los resultados del análisis del suelo, de no existir análisis de suelo se recomienda en forma general la siguiente fertilización **CENTA, (2007)**.

### **2.5.1 Sorgos fotoinsensitivos**

Primera fertilización: a la siembra u ocho días después de haber sembrado, con  $192 \text{ Kg/ha}^{-1}$  de formula completa (16-20-0)

Segunda fertilización: a los 25 días después de siembra con  $160 \text{ Kg/7ha}^{-1}$  de sulfato de amonio.

Tercera fertilización: 40 días después de la siembra,  $64 \text{ Kg/ha}^{-1}$  de urea.

### **2.5.2 Sorgos fotosensitivos criollos mejorados en relevo con maíz**

Primera fertilización: a la siembra u ocho días después de haber sembrado, con  $128 \text{ Kg/ha}^{-1}$  de formula completa (16-20-0)

Segunda fertilización: a los 25 días después de siembra con  $160 \text{ Kg/ha}^{-1}$  de sulfato de amonio.

### **2.5.3 Sorgos fotosensitivos, criollos mejorados en asocio con maíz**

Primera fertilización: con sulfato de amonio después de la dobla del maíz con  $160 \text{ Kg/ha}^{-1}$ .

Segunda fertilización: 45 días después de la dobla del maíz con 160 Kg/ha<sup>-1</sup> de urea o la cual debe ser aplicada tomando en cuenta la finalización de la época de lluvia.

#### **2.5.4 Sorgos forrajeros y de doble propósito**

Primera fertilización: se realiza a la siembra aplicando formula completa (16-20-0), 192 Kg/ha<sup>-1</sup>.

Segunda fertilización: 25 días después de la siembra con 192 Kg/ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio o 96 Kg/ha<sup>-1</sup> de urea.

Después de cada corte: se recomienda la aplicación de fertilizante nitrogenado 8 días después, con cantidades de 192 Kg/ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio o 128 Kg/ha<sup>-1</sup> de urea.

## **2.6 Manejo**

### **Preparación del suelo para la siembra**

#### **2.6.1 Chapoda**

Consiste en eliminar las malezas en forma manual, mecánica o química, 8 a 15 días antes de la siembra, dependiendo del tipo y desarrollo de las malezas, así como de las condiciones topográficas del suelo **CENTA, (2007)**.

### **2.6.2 Rastreado**

Esta actividad permitirá dejar el suelo suelto para favorecer la germinación de la semilla y la emergencia de la plántula. Dependiendo del estado del terreno se darán de 2 a 3 pasos de rastra.

### **2.6.3 Surcado**

Debe tener una profundidad de 10 a 15 cm para la germinación de la semilla y favorecer en drenaje.

Se recomienda realizar un pasado de arado (cada 2 o 3 años) para evitar la compactación del suelo.

En terrenos con pendientes mayores al 15% se debe implementar la labranza mínima o cero labranzas, la cama de siembra debe estar libre de malezas lo cual puede hacerse con productos químicos o manualmente.

### **2.6.4 Épocas y sistemas de siembra**

**Primera:** la siembra debe realizarse al establecerse las lluvias (entre la segunda quincena de mayo y primera de junio) con materiales fotoinsensitivos, lo que permitirá obtener dos cosechas en el año, ya sea por manejo de rebrote o por nueva siembra de semilla. La cosecha de la primera siembra debe secarse con maquinaria para evitar pérdidas por pudrición o germinación, (en esta época de siembra no es lo más recomendable para la producción de grano porque la lluvia puede arruinar la cosecha) **CENTA, (2007).**

**Postrera o segunda:** es la época más recomendada y generalizada, debe realizarse en la primera quincena de agosto, para cosecharlo en época de seca sin necesidad de secado artificial. También puede cultivarse bajo riego o humedad residual a más tardar a principios de noviembre, teniendo en

consideración que la cosecha se obtenga antes del inicio de las lluvias para evitar problemas de humedad en el grano.

### **2.6.5 Distanciamientos y densidad de siembra**

La población adecuada de plantas permite obtener mejores rendimientos sin detrimento del recurso suelo y favorece las labores del cultivo. Los distanciamientos menores a 0.60m. Entre surco ocasionan problemas para efectuar estas labores **CENTA, (2007)**.

### **2.6.6 Raleo**

El raleo es una actividad que incrementa los costos, lo cual debe evitarse y mantener un estricto control de la dosificación de la semilla por surco para colocar la cantidad adecuada. Esta labor, conocida también como deshije, consiste en eliminar el exceso de plantas para regular la densidad poblacional. Depende del propósito del cultivo y de la variedad o híbrido sembrado se recomienda efectuar el raleo cuando las plantas alcancen una altura de 10 a 15 cm, lo cual ocurre entre los 10 y 15 días después de la siembra, dependiendo de las condiciones de humedad del suelo y los sistemas de cultivo utilizados.

### **2.6.7 Control de maleza**

El sorgo es un cultivo cuyo crecimiento inicial es lento y se acentúa por la competencia de malezas, razón por la cual es preciso hacer una buena preparación de suelo para mantener el cultivo limpio en los primeros días y en consecuencia, asegurar un mejor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados y con ello logran un mejor desarrollo del mismo. El control de malezas puede realizarse en forma mecánica manual o química. Existen ciertas prácticas culturales que contribuyen a reducir el efecto de las malezas, como utilización de semillas mejoradas densidad adecuada de plantas y reducción en distanciamientos de siembra.



### **2.6.8 Aporco**

Debe realizarse de los 22 a 30 días después de la siembra; inmediatamente después de la segunda fertilización. Esta práctica se realiza con el objetivo de incorporar el fertilizante, controlar las malezas, ayudar a la fijación de la planta y favorecer el drenaje del suelo.

### **2.6.9 Riego**

El sorgo es una planta muy tolerante a la sequía, pero necesita satisfacer sus necesidades de agua principalmente durante los primeros estadios de crecimiento y en la floración.

## **2.7 Variedades de sorgo**

**2.7.1 Kafir:** originario de África tropical desde donde se ha extendido por todo el mundo. Se caracteriza por poseer buena excursión de la panoja (compacta), por ser buen forrajero (plantas de 1.3 a 2.7 m de alto, tallo fuerte y de 12 a 15 hojas verde oscuro) y por su resistencia a la sequía **Vargas, (2009)**.

**2.7.2 Kaoliang:** constituye uno de los cultivos más antiguos de China. Está adaptado a zonas más frías. Posee poca excursión de la panoja, es poco macollador, con 7 a 10 hojas verde oscuro y corta. El grano tiene tanino que le confiere un color castaño y propiedades anti pájaro.

**2.7.3 Shallu:** procede de la India. También del tipo anti pájaro, pero en este caso debido a la gran flexibilidad de sus panojas. Es un sorgo de abundante

macollage, con 7 a 10 hojas verde claro, panojas erectas cónicas y muy largas. El grano es pequeño, vítreo, duro, de color blanco amarillento. Este grupo predomina en Argentina, aunque tiene problemas de vuelco y mildew.

**2.7.4 Durra:** esta variedad esta intensamente cultivada en el norte de África, sudoeste de Asia y en la India. Anti pájaro por poseer panoja compacta y dura. Es un sorgo susceptible a la sequía. Tiene raquis, glumas y ramas de la panoja pubescentes, hojas oscuras y excersión de la panoja pobre. Hay dos tipos de durras: de grano blanco aristado y de grano oscuro mútico.

**2.7.5 Feterita:** procede de sudan, su característica principal es la precocidad. Es intermedio entre durra y milo; tiene 8-9 hojas verde claro y buena excersión de panoja, la que es compacta y puntiaguda en el ápice. El grano, es color tiza con testa marrón.

**2.7.6 Milo:** originario de África, es una variedad importante pues ha sido base de numerosas hibridaciones; es macollador, tiene 8-10 hojas verde oscuro con nervadura blanca, panoja oval, corta y compacta, con excersión pobre. El grano es blanco, amarillento o marron y tiene embrión grande.

**2.7.7 Hegary:** da origen a los sorgos sensibles al fotoperiodo. Es resistente a sequia por detención del crecimiento. Tiene abundante macollaje, follaje y tallos jugosos, lo que lo hace muy apto para pastoreo. La panoja es elíptica, semi compacta con aspecto de ramillete y el grano es blanco-azulado.

## **2.8 Híbridos de sorgo**

### **2.8.1 M250**

El M250 es probablemente uno de los híbridos de sorgo de grano más precoces en el mercado de hoy. Este híbrido funciona muy bien para siembras o resiembras tardías. Su excelente tolerancia a la sequía permite la siembra en zonas áridas, donde las precipitaciones son menos predecibles. La emergencia es excelente por lo que se puede sembrar a principios de temporada, sin embargo, los mejores resultados son siempre cuando las temperaturas del suelo son de 15.5 °C o más. Para el máximo potencial de rendimiento, se recomienda la siembra de M250 con la sembradora a chorros en surcos estrechos de no más de 40 cm. **Majestic-semillas, (2018).**

### **2.8.2 M311**

El M311 es muy adecuado cuando se necesita un híbrido de madurez precoz. También muy bueno para siembras tardías y resiembras. M311 tiene una excelente emergencia y sanidad de planta, así como una buena resistencia al acame. Su tolerancia a la sequía a través de las etapas vegetativas y llenado de grano ayuda a este híbrido a proveer un rendimiento más consistente en diferentes ambientes. M311 no retrasa su madurez relativa en elevaciones más altas y con temperaturas más frescas. M311 tiene una excelente excersión de la panoja lo que permite la cosecha fácil. Este híbrido es muy susceptible al Methyl Parathion y herbicidas regulares del crecimiento.

### **2.8.3 MBR315**

El MBR315 es un producto anti pájaro intermedio-precoz que responde muy bien a la alta fertilización e irrigación, así como a condiciones de temporal

favorable. Este híbrido está adaptado para regiones con altitud de hasta los 1800 msnm y mantiene su rendimiento de manera muy estable. El MBR315 está adaptado a la mayor parte de las geografías en México donde requiere un producto precoz con propiedades anti pájaro.

#### **2.8.4 M335**

El M335 es un híbrido intermedio precoz, muy estable y adaptado a diferentes geografías. Este híbrido cuenta con un alto potencial de rendimiento y con una madurez relativa intermedia precoz. El M335 es recomendado para siembras de riego así como siembras en zonas de temporal favorable.

#### **2.8.5 M340**

El M340 es un híbrido de alto rendimiento con una madurez relativa intermedia. M340 tiene buena emergencia y en buenas condiciones de cultivo este híbrido puede aumentar su potencial de rendimiento mediante la producción de numerosos retoños sanos. Con su alta tolerancia a la sequía, M340 es un híbrido estable en diferentes geografías y un buen candidato para cultivos de temporal.

#### **2.8.6 MT345**

El MT345 es un híbrido de madurez intermedia con alto rendimiento. Con su excelente estabilidad y excelente tolerancia al calor y sequía, el MT345 es una excelente opción para siembras de temporal y para terrenos marginales. Este híbrido es muy consistente y confiable para obtener buenos rendimientos temporada tras temporada.

### **2.8.7 M355**

El MT355 es un híbrido de madurez intermedia y adecuado tanto para la producción de riego como temporal. El MT345 tiene una excelente emergencia y produce granos de color rojo, muy fácil de trillar por su panoja abierta. MT345 es una excelente opción cuando necesita un producto para la siembra tardía a veces se utiliza como una segunda cosecha o doble cultivo en muchas geografías.

### **2.8.8 M545**

El M545 es un híbrido que posee una excelente tolerancia a las enfermedades foliares y que termina la temporada en verde lo cual confiere una excelente resistencia al acame. Con una madurez relativa intermedia tardía, el M545 es un híbrido que maximiza su rendimiento bajo riego, pero se adapta muy bien a condiciones de temporal favorable. El M545 es un híbrido que está particularmente adaptado al noreste de México con rendimientos estables a través de diferentes condiciones ambientales y tipos de suelo.

### **2.8.9 M550**

El M550 es un híbrido de grano rojo diseñado para producir altos rendimientos y una producción constante año tras año. El M550 se adapta muy bien tanto a las condiciones de riego óptimo, como a las condiciones de temporal favorable. Este híbrido genera panojas semi-abiertas de gran tamaño con granos grandes y pesados. El M550 se desempeña muy bien en climas adversos y mantiene su facilidad de cosecha hasta el final de la temporada

### **2.8.10 M580**

M580 debe usarse cuando los sorgos temporada intermedia tardía son una opción. Este híbrido tiene una excelente tolerancia a enfermedades y tremendo potencial de rendimiento. El M580 fue desarrollado para aquellos ambientes propicios para el desarrollo de enfermedades. El M580 tiene un excelente potencial de rendimiento y responde bien a la fertilización y el riego.

### **2.8.11 MBR590**

El MBR590 es un producto anti pájaro y una excelente opción para ciclos intermedio-tardíos. Este híbrido se puede usar para doble propósito por su alto potencial de rendimiento de grano, así como su tipo de planta. El MBR590 se adapta a la mayoría de los entornos y geografías. Este híbrido tiene hojas anchas de color verde oscuro que cuentan con tolerancia a enfermedades foliares.

### **2.8.12 MBR595**

MBR595 es un híbrido anti pájaro de ciclo intermedio-tardío que produce grano con un alto contenido de tanino. Además de proveer excelentes rendimientos de grano, este híbrido también cuenta con una excelente sanidad de planta lo cual lo hace una excelente opción para su uso como doble propósito.

### **2.8.13 M600**

El M600 debe usarse cuando los sorgos de temporada intermedia tardía son necesarios. Este híbrido tiene una excelente tolerancia a enfermedades y un tremendo potencial de rendimiento en diferentes ambientes, por sus excelentes características agronómicas, el M600 se adapta a la mayoría de los entornos y geografías. Por su tamaño de planta, el M600 es ideal para áreas donde el grano y el rastrojo son igualmente importantes o cuando se necesitan híbridos de doble propósito.

## **2.9 Usos del sorgo**

### **2.9.1 Silo**

El silaje del sorgo, desde el punto de vista nutricional presenta limitantes en lo que respecta al contenido de proteína. En este sentido, la utilización eficiente del mismo en el caso de una recria (ternero de destete) debería darse con algún complemento proteico, ya que los valores proteicos de silaje es de 6 a 8 %, en general, no alcanza a cubrir el alto requerimiento de proteína que presenta esta categoría, como consecuencia de estar formando tejido óseo y muscular **INTA, (2011)**.

### **2.9.2 Alimentación animal**

El sorgo se comporta, bajo el punto de vista nutricional, como una especie flexible y puede ser utilizado en distintas áreas geográficas del país con excelentes producciones de biomasa. El grano puede ser utilizado de distintas formas, mejorando sustancialmente su valor nutricional si se le utiliza como grano húmedo. Por su utilización en los planteos ganaderos es muy útil debido a su gran versatilidad y adaptación a los distintos ambientes y su aplicabilidad a los distintos sistemas de producción cría, recria y engorde, pastoreo con suplementación o en alimentación a corral, lo que garantiza una estabilidad estructural al sistema de producción de carne, evitando la variabilidad interanual que existe en la producción de verdeos, pasturas y maíz.

### **2.9.3 El grano de sorgo como suplemento**

Al igual de lo que ocurre en otros cereales el grano de sorgo puede ser usado en suplementación. El grano en Argentina, se ofrece como suplemento conservado en seco o en húmedo y procesado: entero sin procesar, quebrado, aplastado, molido y peleteado. Aunque todos los granos son oferentes de

energía en la forma de almidón existen diferencias en la composición y la tasa de liberación del mismo en el tracto digestivo del animal.

#### **2.9.4 Alimentación humana**

El sorgo granífero tiene un potencial enorme como participante en la producción de alimentos y bebidas para el ser humano. Galletas, pastas, sorgos inflados, aperitivos, embutidos, están siendo elaborados hoy día a partir de este grano y por no tener prolaminas, lo hacen apto para el consumo por parte de los celíacos.

Dentro de las ventajas para la salud humana, el grano de sorgo ofrece alto contenido en fibra insoluble, proteínas y almidón de lenta digestión, por lo que es muy ventajosa para personas con problemas de diabetes. Además, el sorgo posee ácido fólico y fitatos, que tienen un efecto positivo sobre el cáncer además de regular el incremento de las moléculas de glucosa en el torrente sanguíneo luego de una ingesta.

#### **2.9.5 Producción de biocombustibles**

El sorgo produce la misma cantidad de etanol por unidad de masa que otras materias primas comparables, pero utiliza un tercio de agua menos para formarlas. El sorgo dulce se caracteriza por un tallo rico en azúcares, casi similar a la caña de azúcar, que puede utilizarse para la producción de bioetanol, además de suministrar subproductos útiles para su empleo directo como biocombustible sólido, para la generación de electricidad y para la fabricación de papel. Como especie C4, es un eficiente convertidor de la energía solar en biomasa, ya que con un bajo requerimiento de insumos produce elevada cantidad de carbohidratos.



### **2.9.6 Alimentos para desayuno y comidas de preparación rápida**

En África, la sémola de sorgo combinada con malta de sorgo se usa en el desayuno **Hahn, (2007)**.

### **2.9.7 Harinas de sorgo ceroso como agentes espesantes**

Las harinas de cereal son muy usadas como agentes espesantes en los alimentos enlatados. Las pastas que se hacen con cereales cerosos, como el sorgo ceroso, son más consistentes en los productos enlatados que aquellos derivados de almidones regulares. Las harinas comunes que se usan para preparar salsas en productos congelados no son consistentes para congelar y descongelar, las salsas preparadas con harinas cerosas de arroz, maíz o sorgo eran menos propensas a cuajarse durante el congelamiento que las salsas de harinas normales. Se prepararon productos con consistencia gelatinosa adecuados para budines con sorgo ceroso.

### **2.9.8 Usos en el horneado**

La harina de sorgo granífero molido a seco puede reemplazar toda la harina de trigo en fórmulas de pan rápido con algunas modificaciones en clases y cantidades de ingredientes. En el pan con levadura, se puede reemplazar hasta la mitad de la harina de trigo por sorgo granífero.

### **2.9.9 Alimento para mascotas**

Debido a que las proteínas son muy solicitadas en los alimentos para mascotas, se prefieren variedades de granos de sorgo con alto contenido de proteínas.

### **2.9.10 Aglutinante para embutidos**

Otro uso comestible de la harina de sorgo granífero es el procesamiento de la carne. La función es reducir el costo de los embutidos y unir los ingredientes, el área de inspección de carne del departamento de agricultura de estados unidos aprobó la harina de sorgo granífero como ingrediente.

### **2.9.11 Jalea y dextrosa cristalina**

Se obtiene dextrosa cristalina y jalea de glucosa comestible de productos de cereal molido seco. Los granos de sorgo cerveceros que contienen 84% de almidón, se convierten en una jalea equivalente a dextrosa 25% por una digestión alfa amilasa durante 8 horas a 86°C.

### **2.9.12 Elaboración de cerveza y fermentación**

Durante la segunda guerra mundial, los escasos de los productos elaborados con maíz y arroz ocasionaron que la industria cervecera usara otros cereales. El consumo de productos de sorgo molido seco para la elaboración de cerveza llego a las 70800 toneladas en 1946. Al finalizar la guerra los fabricantes de cerveza volvieron a usar los materiales que estaban más acostumbrados y temporalmente el interés en la elaboración de cerveza de sorgo fue desapareciendo. En los últimos años varias fábricas de cerveza volvieron a usar granos de sorgo en la fabricación y el consumo actual supera las 2300 toneladas mensuales.

### **2.9.12 Malta de sorgo**

El sorgo granífero malteado se usa como alimento en muchas partes del mundo. Uno de sus mayores usos es en la cerveza de Kaffir, la bebida tradicional de los habitantes de Bantu en el Sur de África. La cerveza de Kaffir

se produce al pisar, agriar y convertir una mezcla de sorgo granífero malteado y no malteado. Se consume en un estado activo de fermentación.

### **2.9.13 Producción de alcohol**

Las principales materias primas de las industrias de fermentación son el de almidón y el azúcar. Estas se pueden obtener de varias fuentes y el sorgo granífero es la preferida solo cuando se relación con el precio es favorable. La producción de alcohol etílico es, el producto de fermentación de sorgo granífero más antiguo e importante y se usan una cantidad de procesos de molienda y sacarificación.

### **2.9.14 Otros productos de fermentación**

El sorgo granífero molido ha obtenido buenos resultados en su uso para producir ácido cítrico, ácido láctico, riboflavina antibióticos y polisacáridos microbial.

Elaboración de galletas: se logró desarrollar galleta a base de sorgo blanco y soya, con propiedades organolépticas de sabor, olor, color, forma, textura y una estabilidad agradable a los consumidores y libre de gluten usando de manera potencial el sorgo blanco como materia prima para elaboración de diversos productos alimenticios para consumo humano **Rivera y colaboradores, (2018)**.

### **2.9.15 Usos industriales de la harina de sorgo**

Los usos industriales de la harina de cereal aumentaron considerablemente durante los últimos años.

## **Industria de la construcción**

Uno de los principales usos de productos de sorgo molido seco es en la fabricación de placas para la construcción de tabiques de yeso. Al yeso calcinado se le agrega un producto de harina fina hirviendo o destrinizando.

## **Refinamiento de minerales**

El refinamiento del mineral de aluminio con el proceso de Bayer consume muchas toneladas de harina de sorgo granífero.

## **Fabricación de papel**

Los productos de sorgo granífero seco se usaban en la fabricación de papel como adhesivos, en encolado como adhesivo para revestimiento. Si se le agrega entre un 2 y 5% de una harina cocida como adhesivo se obtiene una retención menor, pero la misma resistencia al dobles, la tensión y la rotura para el papel resultante, cuando se lo compara con un mismo agregado de almidón de maíz.

### **2.9.16 Aglutinante para carbón**

Es otro uso importante de la harina de sorgo molida a seco es en la preparación de bloques de carbón. Se usan tanto harina gelatinizada como la no gelatinizada. La única diferencia es que la harina cruda requiere una cocción aparte antes de incorporarla en el carbón.

## **2.10 Factores limitativos para la producción de sorgo**

### **2.10.1 Agua**

En regiones tropicales son suficientes unos 550 a 600 mm de lluvias bien distribuidas durante el ciclo vegetativo del cultivo. El exceso de humedad, principalmente en suelos muy pesados y mal drenados, puede causar la muerte de las plantas. La humedad requerida por este cultivo es menor que la del maíz

y la de otros cultivos. Su resistencia a la sequía se debe a que este cultivo tiene poca abundancia de hojas y sus tallos se encuentran protegidos por una cera vegetal. Las hojas se enrollan y las estomas se cierran formando así una cámara de aire húmedo.

El tiempo de la siembra a la floración varía considerablemente en diferentes variedades, dependiendo de la fecha de siembra, de manejo del cultivo, latitud y temperatura. **Lobo (1994).**

### **2.10.2 Fotoperiodo**

Como el sorgo es una planta de día corto; es decir, la yema vegetativa permanece como tal hasta que la longitud del día se vuelve suficientemente corta. Se conoce como fotoperiodo corto al punto en el cual la longitud del día se vuelve suficientemente corta para que se desarrolle la yema floral. Las variedades tienen diferentes fotoperiodos críticos. Generalmente las variedades tropicales no florecen en las regiones templadas porque la longitud del día durante el periodo de verano nunca es suficientemente corta para que la variedad alcance el fotoperiodo crítico. Para cuando la longitud del día es suficientemente corta, las variedades son muy altas y exuberantes, el tiempo es frío y las plantas generalmente mueren por las heladas **Lobo (1994).**

Las variedades adaptadas al crecimiento de verano en las regiones templadas tienen un fotoperiodo crítico más alto que aquellas variedades de los trópicos; es decir florecen en días más largos o mejor que las variedades tropicales. Por ejemplo, la variedad tropical puede florecer durante días de menos de 12 horas; las variedades de regiones templadas también florecen.

### **2.10.3 Temperatura:**

La temperatura es importante ya que el sorgo crece muy lentamente a temperaturas abajo de 15 °C; el cruzamiento a temperaturas de 40 °C (con

humedad baja) normalmente da como resultado al fracaso en la formación de semilla. En regiones templadas y en elevaciones altas en los trópicos el sorgo se cultiva normalmente solo durante una determinada temporada, mientras que en los trópicos húmedos puede sembrarse en cualquier tiempo. Las temperaturas más adecuadas son entre 25 y 30 °C.

#### **2.10.4 Precipitación:**

La lluvia es también importante ya que en los continuos aguaceros durante la floración vuelven más difíciles las condiciones de trabajo y originan las pérdidas de cruzas. La lluvia y humedad excesiva durante la maduración puede originar deterioro de las semillas y pérdidas de viabilidad.

### **2.11 Mejoramiento del sorgo**

Los mejoradores de plantas, pueden desarrollar nuevos materiales o variedades de capacidad o potencial de rendimiento alto. También pueden incorporar nuevos materiales con factores que mejoran la calidad de grano y resistencia a insectos y enfermedades. Los científicos agrícolas proveen así al agricultor, cultivares mejorados que pueden ayudarle a cambiar de una agricultura tradicional a una de tipo moderno. Con estos cultivares mejorados, el agricultor progresista encontrara beneficio o utilidad al utilizar otros insumos como fertilizantes, mejores implementos agrícolas y un mejor manejo del suelo, del cultivo y del agua.

#### **2.11.1 Producción de semilla híbrida de sorgo**

La producción de semillas de hoy día constituye una industria especializadas y especial. Es análoga a la producción de fertilizantes o pesticidas, a la

manufactura de implementos agrícolas y de equipo de manejo y procesado de cultivos y al desarrollo y producción de herbicidas. En cada una de estas industrias, los especialistas proporcionan al agricultor los insumos necesarios para un nivel alto en la producción de sus cultivos.

### **2.11.2 Elección de sorgo para grano**

Los sorgos destinados a producir grano deberían elegirse principalmente por el largo del ciclo y luego por el potencial de rendimiento, tipo de panoja, excursión, color de grano, tolerancia al vuelco y el quebrado **Carrasco y Zamora, (2011)**.

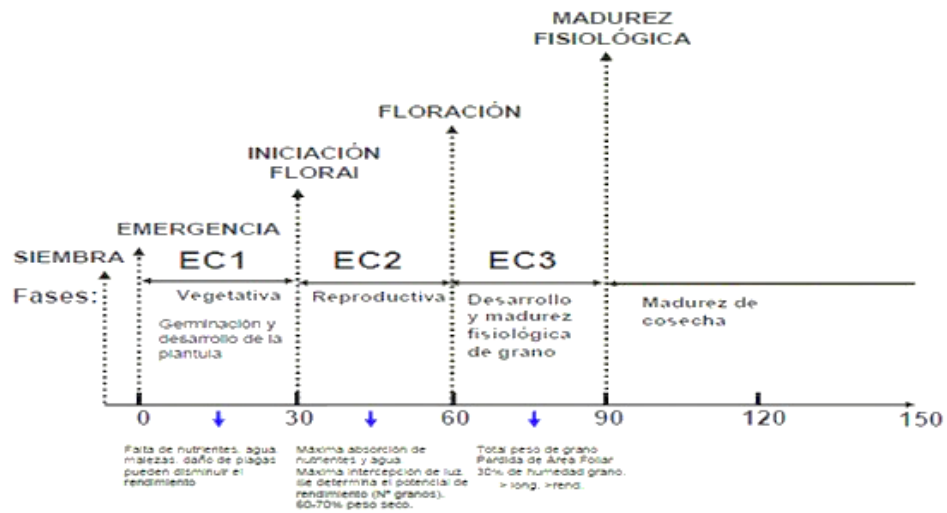
La zona sur de nuestro país presenta un periodo libre de heladas de alrededor de 150 días, que va desde la última helada a principios de noviembre, hasta mediados de abril. Esto condiciona la fecha de siembra para mediados de noviembre y un llenado rápido desde febrero hasta abril, es por eso que los híbridos con 60 días de emergencia a panojamiento logran expresar, todos los años, un alto potencial de rendimiento

### **2.12 Correlación**

Se denomina correlación al vínculo recíproco o correspondiente que existe entre dos o más elementos. El concepto se emplea de diferentes maneras de acuerdo al contexto.

En el ámbito de las matemáticas y las estadísticas, la correlación alude a la proporcionalidad y la relación lineal que existe entre distintas variables. Si los valores de una variable se modifican de manera sistemática con respecto a los valores de otra, se dice que ambas variables se encuentran correlacionadas. Supongamos que tenemos una variable  $r$  y una variable  $s$ . Al aumentar los valores de  $r$ , aumentan los valores de  $s$ . De igual modo, al aumentar los valores

de s, se incrementan los valores de r. por lo tanto hay una correlación entre ambas variables Pérez y colaboradores, (2018).



**Figura 4.** Etapas de crecimiento del cultivo de sorgo. Fuente: Giorda, L.M.2009, adaptado de Paul, C.L. 1985.



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del área del área del experimento**

##### **SAN JUAN DEL RIO-ESTANCIA, QUERÉTARO**

El Municipio de San Juan del Río se localiza al Sureste de la entidad en las coordenadas 20°12" y 20°34" de latitud Norte y de 99°49" y 100° 12" de longitud Oeste, con una altitud sobre el nivel del mar de 1920 metros y a una distancia de 51 kilómetros de la Capital del estado.

Está delimitado políticamente por los Estados de México e Hidalgo en el Este; por el municipio de Amealco de Bonfil al Sur; por los municipios de Pedro Escobedo y Amealco de Bonfil al Oeste y por los municipios de Pedro Escobedo y Tequisquiapan al Norte.

##### **Hidrografía**

Las corrientes superficiales más importantes del municipio son los ríos de San Juan, Culebra y el Prieto; además se tiene la presencia de arroyos perennes como El Caracol, Cocheros, Ciprés, La Culebra, Hondo, Dosocuá, Hierbabuena y Viborillas, entre otros.

##### **Clima**

El clima es sub-húmedo con lluvias en verano, teniendo una temperatura promedio de 16.5° centígrados y una precipitación pluvial anual promedio de 572 milímetros.

## **Flora**

Una inmensa variedad de especies vegetales crece en el territorio del municipio, tales como: el mezquital, pastizal y matorral.

## **Fauna**

Aún se conservan algunas aves como la paloma, huilota y tórtola; mamíferos como el zorrillo, tlalcoyote, comadreja y mapache, y reptiles como: víbora de cascabel y coralillo.

## **Recursos naturales**

El municipio cuenta con yacimientos de cantera en las comunidades de Galindo y San Sebastián, las cuales sirven de materia prima para que los artesanos realicen su trabajo. Otro de los recursos naturales -fuente de empleo importante en este municipio- son las minas de arena que existen en San Miguel Galindo, Palmillas y Palma de Romero, con una producción importante para el municipio.

## **Características y uso de suelo**

San Juan del Río cuenta con tierras muy fértiles y abundante agua en el subsuelo; se dice que es una gran bóveda pues donde se escarbe se encuentra el agua. Las tierras son de alto potencial agrícola en la parte Oriente de la ciudad, en lo que se conoce como el Plan de San Juan, tierras negras de mucho migajón propias para la siembra y para recoger abundantes cosechas. Hay también tierras delgadas donde son menores las cosechas. En el Oriente y Sur del municipio abundan las tierras calizas, tepetatosas y pedregosas que son de temporal.

## **3.2 Labores culturales**

### **Preparación del terreno**

La preparación del terreno es muy importante debido a que influye demasiado para que las semillas tengan una buena germinación, en el experimento se realizaron las siguientes labores culturales del suelo:

#### **Barbecho**

Esta actividad se realizó cuando el suelo tenía suficiente humedad, se aflojo el suelo a una profundidad de 25-30 cm, esto permitió incorporar los residuos del cultivo anterior para aprovecharlo como materia orgánica, tener una mejor infiltración del agua y mejor aireación del suelo.

#### **Rastreo**

Esta actividad se llevó acabo con la finalidad de romper terrones grandes que no se desmoronaron con el barbecho; esto ayudara a que las semillas tengan un mejor porcentaje de germinación, y se desarrollen uniformemente.

#### **Surcado de la parcela experimental**

Cada unidad experimental consistió de dos surcos de 5 m de largo en ambas localidades con una distancia de 0.80 m entre surcos.

#### **Siembra**

En la Estancia el cultivo se sembró el 18 de marzo del 2015 y en Roque, Gto el 20 de marzo del 2015.

#### **Fertilización**

La dosis de fertilización utilizada fue 160-80-00, se aplicó el 50% al momento de la siembra y la otra mitad antes de la etapa de floración.

## **Riegos**

Se aplicó un riego de nacencia y 4 riegos de auxilio de 15-20 días de intervalo.

## **Control de malezas**

Para controlar las malezas que evitan el buen desarrollo del cultivo se aplicó el herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D).

### **3.3. Variables evaluadas**

La localidad Estancia, Querétaro, se tomó 1.5 m. y en cada una de estas se midieron las siguientes variables:

Días a floración: este dato se comenzó a tomar cuando el 50% de las plantas ya estaban en la etapa de floración.

#### **Altura de planta:**

En cada parcela experimental se tomaron 10 plantas al azar y se midió la altura de cada una de ellas desde la base del suelo hasta la punta (ápice) de la panoja y se expresó en cm.

#### **Longitud de panoja:**

En 10 plantas tomadas al azar de cada parcela útil, se midió la distancia que existe entre la base de la panoja y la punta de la misma y se expresó en cm.

#### **Rendimiento:**

Se pesó el grano de cada una de las parcelas útiles en la Estancia, Querétaro, dichas parcelas fueron de 3 m de largo y como parcela útil se tomó 1.5 m y dicha variable se expresó en gramos (g). Para expresar el rendimiento de cada uno de los híbridos en kg/ ha se usó el siguiente factor de corrección:

$$F_c = \frac{10,000\text{m}^2}{\text{S.P.U} = (\text{LS}) (\text{DS})}$$

**Dónde:**

F<sub>c</sub>= Factor de conversión

10,000m<sup>2</sup>= Superficie de una hectárea

S.P.U.= Superficie de parcela útil

D.S.= Distancia entre surcos

FC= 10000/ Peso de parcela útil.

El resultado de esta fracción se dividió entre 1000 para expresarlo en kg/ha

**Excursión de panoja:**

La distancia que hay entre la hoja bandera a la panoja y se midió en cm.

**3.4 Diseño experimental**

Para el experimento se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones por tratamiento, la parcela útil consistió de 1.5 metros lineales para la localidad de la Estancia, Querétaro. La parcela útil se tomó de los centros de los surcos establecidos.

**Modelo estadístico de bloques al azar**

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varphi_{ij}$$

Dónde:

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque

$\varphi_{ij}$  = error experimental en la unidad j del tratamiento i

**Análisis de varianza de bloques al azar.**

FV	G.L	SC	CM	F
tratamientos	t-1	$\sum_j y_i^2 / r - FC$	SC Trat/(t-1)	$\frac{SC\ Trat}{SCE}$
bloques	b-1	$\sum_j y_{.j}^2 / t - FC$	SC Bloques/(b-1)	
error	(t-1)(b-1)	SC Total-SC Bloques- SC Tratamientos	SCE/(t-1)(b-1)	
Total	bt-1	$\sum_{i,j} y_{ij}^2 - FC$		

Hipótesis estadística

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 = \dots \neq \mu_t$$

Si  $FC > FC$  se rechaza la  $H_0: T_1 = T_2$

## Coeficiente de variación

Formula: 
$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Dónde:

C.V= coeficiente de variación

S: Desviación estándar

$\bar{X}$  := media general

## Comparación de medias

Para la comparación de medias los datos se corrieron en SAS y se utilizó la prueba de Tukey.

## Correlaciones

Se estimaron todos los posibles coeficientes de correlación entre las cinco variables bajo estudio, de acuerdo al procedimiento estadístico del programa SAS versión 2004.

Fórmula para correlación

$$r = \frac{\text{COV}(X,Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

**r**= Coeficiente de correlación

**x**= Variable independiente

**y**= Variable dependiente

**COV**= Covarianza de la variable X con la variable Y

**$\sigma_x$** = Desviación estándar de la variable X

**$\sigma_y$** = Desviación estándar de la variable Y

Toma de valores entre,  $-1 \leq r \leq 1.0$



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación de los 56 híbridos evaluados son presentados o pueden ser vistos en la **Tabla 1** donde se aprecian que la fuente de variación de híbridos muestra una alta significancia ( $P \leq 0.01$ ) lo cual indica que la respuesta de los mismos es diferente y esto se debe en gran medida a su potencial genético de los materiales y a factores que incidieron en las unidades experimentales tales como temperatura, disponibilidad de agua, gradientes de fertilización, fotoperiodo, etc. Lo anterior indica que la hipótesis nula es rechazada y por lo tanto se acepta la alternativa. Lo anterior coincide con lo reportado por **House, (1982)** quien menciona que los factores influyentes en floración son; las variedades de sorgo, manejo del cultivo, fecha de siembra latitud y la temperatura. Asimismo, **Azuara, (1999)** encontró alta significancia para la variable floración buscando híbridos con floración precoz, mencionando que es importante el carácter para levantar una cosecha más rápida o para librarnos de bajas temperaturas ya que su periodo sería corto. También hace mención que el aspecto floración se ve influenciado por efectos de fotoperiodo y temperaturas el cual alargan o acortan el ciclo vegetativo. En este sentido otros autores hacen énfasis en la importancia de factores ambientales como la temperatura y su efecto en la floración (**Giorda y Cordes, 2008; Flores y colaboradores, 2013**). El coeficiente de variación se considera bajo y aceptable y nos muestra confiabilidad en los datos.

**Tabla 1. Análisis de varianza para días a floración de 56 híbridos evaluados en la localidad de la Estancia, Querétaro 2015.**

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Pr> F
Híbridos	55	4549.593	82.71**	<.0001
Repetición	2	6.508	3.25 NS	0.6861
Error	110	946.99	8.609	
Total	167	5503.093		
C.V			3.123%	
Media			93.93	

**\*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ), NS = No significativo, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados y CM = Cuadrados medios.**

En la **Tabla 2** se presentan las medias de comportamiento de los 10 mejores híbridos por debajo y por arriba de la media para la variable días a floración. Destacan por sus valores inferiores a la media (94 días) los híbridos 13, 25 y 11 con valores de 87 días y 88, respectivamente. Por otro lado los híbridos más tardíos fueron el 15(108 días), 22 (105) y 17(104). Nuestros hallazgos no coinciden con lo encontrado por otros investigadores, en este sentido **Carranza y Moran (2013)** observaron que las variedades más precoces fueron CI 970, 914, 972, Centa S-3, 947 y 973, entre los 73 y 75 días ( $P > 0.05$ ) no encontrando diferencias entre ellas. Las variedades más tardías fueron las CI 910, 925 y 929, con 85 y 81 días respectivamente ( $p < 0.05$ ). Por otro lado, **Syngenta, (2014)** hace mención que los híbridos poseen diferencias en lo largo total de su ciclo y para caracterizarlos se utiliza el número de días a floración, Lo cual considera ciclos cortos de los 55 a 60 días intermedios de 60 a 70 días y largos de los que son más de 70. En otro trabajo realizado por **Williams y Colaboradores, (2017)** obtuvieron valores para días a floración fluctuaron

entre 70,9 a 86,7. Los materiales más precoces fueron los híbridos experimentales Potranca x Keller (70,9) y Potranca x Urja (74,2), y los más tardíos fueron Urja y 31-2-1-2 con 86,7 días. Potranca x Keller fue 6,8 días más precoz que Keller, 15,8 respecto a Urja y 10,7 en relación con RB-Cañero. En promedio, los genotipos presentaron alturas entre 202 a 263 cm.

**Tabla 2. Comportamiento de 10 híbridos para la variable días a floración por arriba y debajo de la media.**

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
15	108	13	87
22	105	25	87
17	104	11	88
12	102	39	88
19	102	4	89
16	102	30	89
27	102	41	89
32	100	34	89
7	100	54	89
14	100	46	89
<b>Media</b>	<b>94</b>		<b>94</b>

En la **Tabla 3** presenta que la fuente de variación debido a híbridos fue altamente significativa ( **$P \leq 0.01$** ) lo cual nos indica que hubo diferentes alturas de los 56 híbridos evaluados en la Estancia (ver **Tabla 4**). Con base a lo anterior rechazamos la hipótesis nula de igualdad de medias y aceptamos la alternante. La anterior variación de los materiales se debe a la respuesta que tuvieron con los factores del ambiente (luz, fotoperiodo, fertilización, humedad, etc.). En otros estudios realizados por **Díaz y De Los Ángeles (2014)**, **Chacón (2009)** y **Morgado (1999)** encontraron diferencias altamente significativas para la variable altura de planta.

**Tabla 3. Análisis de varianza para alturas de plantas de 56 híbridos evaluados en la localidad de la Estancia, Querétaro 2015.**

<b>Fuentes de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Pr&gt; F</b>
Híbridos	55	23633.98	429.70**	<0.0001
Repetición	2	3.22	1.611NS	0.9157
Error	110	2012.27	18.29	
Total	167	25649.48		
C.V			3.81	
Media			112.25 cm	

**\*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ), NS = No significativo, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados y CM = Cuadrados medios.**

Las medias para la variable altura de planta de los híbridos evaluados en la Estancia muestran un rango de 84 a 139 cm para la variable en cuestión. Sobresalen por sus valores debajo de la media los híbridos 18, 22 y 12 con alturas de 84 cm, 86 y 88; y por su respuesta arriba de la media se encuentran los híbridos 16, 40 y 55 con alturas de 139 cm, 135 y 133. Estos híbridos son los que más se aproximan con lo reportado por **Pineda, (1988)** quien señala que la altura de planta es considerada un factor de mucha importancia para la cosecha mecanizada cuyos valores deben oscilar entre 140-160 cm. Lo que permite una cosecha acorde a la altura de la combinada de granos. Sin embargo en otros trabajos realizados por **Coyote, (2000)** y **Castañón, (1986)** mencionan que es importante considerar la altura de planta de sorgo ya que según sean estos los fines del productor la planta se puede utilizar tanto el grano como el forraje para el ganado y si nada más se requiere buena producción de grano se pueden utilizar materiales de altura adecuada para facilitar la cosecha.

**Tabla 4. Comportamiento de 10 híbridos para la variable altura de planta por arriba y debajo de la media.**

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
16	139	18	84
40	135	22	86
55	133	12	88
56	132	19	94
14	128	24	95
15	126	32	97
53	125	38	97
39	125	20	99
36	125	33	103
37	124	34	103
<b>Media</b>	<b>112</b>		<b>112</b>

Para la variable exersión de panoja podemos apreciar que hubo una alta significancia para la fuente de variación de híbridos ( $P \leq 0.01$ ) lo cual indica una alta variabilidad para dicha variable (**Tabla 5**). Lo anterior se debe obviamente en su mayoría a factores genéticos así como a interacciones con el ambiente. Tal significancia nos hace que rechazemos la hipótesis inicial de igualdad de medias y aceptemos la alternante. Otros trabajos que coinciden con el nuestro es el de **Morgado, (1999)** quien encontró diferencias altamente significativas para excersión al evaluar híbridos de sorgo para grano. Sin embargo, reporta un coeficiente de variación de 41.37% el cual es muy alto. También menciona que la excersión es una característica deseable en el cultivo de sorgo ya que de acuerdo con esta se lograra tener una cosecha libre de impurezas por lo cual será de mayor calidad. Por otro lado, **Gutiérrez, (1992)** observo diferencias altamente significativas entre distintas líneas de estudio en cuanto a la variable excersión de panoja de igual manera hace mención que esta es de suma

importancia para la cosecha mecanizada y para la tolerancia a pestes y enfermedades, considera que es preferible tener excersiones de entre los 15 cm y 20.

**Tabla 5. Análisis de varianza para excersión de panoja de 56 híbridos evaluados en la localidad de la Estancia, Querétaro 2015.**

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Pr>F
Híbridos	55	1879.16	34.16**	<.0001
Repetición	2	0.22	0.11 NS	0.9789
Error	110	576.27	5.23	
Total	167	2455.66		
C.V			30.19%	
Media			7.58cm	

**\*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ), NS = No significativo, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados y CM = Cuadrados medios.**

En la **Tabla 6** se precian las medias de excersión de los mejores 10 híbridos situados por arriba y debajo de la media y donde se puede apreciar un rango de 18 cm a 1. Los híbridos que estuvieron por arriba de la media fueron los híbridos 16, 31, 36 con valores de 18 cm, 14 y 14, respectivamente. Y aquellos por debajo de la media lo fueron los híbridos 20, 18 y 4 cuyos valores fueron 1 cm, 1 y 2 en ese orden. En este trabajo destacan los híbridos 30,48 y 31 con al menos 10 cm de excersión. En relación a esta variable **House, (1985)** señala que los sorgos con buena excersión son aquellos que presentan más de 10 cm, recientemente **Oseguera, (2018)** obtuvo resultados para excersión de al menos 10 cm en los híbridos 32, 40, 49, 43 y 22 los mismos que facilitarían la cosecha mecánica. En otras investigaciones realizadas por **Coyote, (2000)** menciona que es importante la excersión de la panoja en los materiales de sorgo para grano, ya que de ella depende la obtención de una trilla más limpia. Además,

Villeda, (2014) señala que el tamaño de excersión de panoja es de gran importancia ya que ayuda a reducir el daño de plagas y enfermedades con gran significancia.

**Tabla 6. Comportamiento de 10 híbridos para la variable excersión de panoja por arriba y debajo de la media.**

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
16	18	20	1
31	14	18	1
36	14	4	2
28	13	5	3
56	13	21	3
48	12	39	4
37	12	49	4
47	11	6	5
50	11	2	5
30	11	27	5
<b>Media</b>	<b>8</b>		<b>8</b>

Por lo que respecta a la variable tamaño de panoja se observó alta significancia ( $P \leq 0.01$ ) para las medias de respuesta de los diferentes híbridos evaluados lo cual indica que estos son diferentes genéticamente así como con diferente respuesta a los factores ambientales (temperatura, humedad, radiación, fotoperiodo entre otros) esto puede ser visto en la **Tabla 7**. Con lo anterior podemos concluir que se rechaza la hipótesis de igualdad de medias de tratamiento y aceptamos la alternante la misma que indica que existen diferencias entre los diferentes híbridos. En este sentido otros estudios realizados en evaluaciones de sorgo para grano considerando tamaño de panoja han observado amplia variabilidad para los materiales genéticos (Herrera, 2004; Morgado, 1999 y Rodríguez, 1992).

**Tabla 7. Análisis de varianza para tamaño de panoja de 56 híbridos evaluados en la localidad Estancia, Querétaro 2015.**

<b>Fuentes de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Híbridos	55	1994.23	36.25**	<.0001
Repetición	2	4.72	2.36NS	0.6555
Error	110	62.77	5.57	
Total	167	2611.73		
C.V			10.20%	
Media			23.13cm	

**\*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ), NS = No significativo, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados y CM = Cuadrados medios.**

Las medias de la variable tamaño de panoja se presentan en la **Tabla 8** y se puede observar un rango para las mismas de 30 cm -17, sobresaliendo los híbridos que fueron superiores a la media el 49, 53 y 54 con 30 cm de longitud; y aquellos que mostraron inferioridad con respecto a la media fueron el 22, 18 y el 26 con tamaños de panoja menores a 18 cm. La utilidad de la variable tamaño de panoja es enfatizada por los trabajos realizados por **Morgado (1999)** quien menciona que la longitud de panoja es una característica deseable dentro del cultivo del sorgo ya que a mayor longitud tendrá mayor número de granos lo cual influye en el rendimiento. Asimismo, **León, 1987** citado por **Villeda (2014)** señala que la longitud de la inflorescencia es inversamente proporcional al ancho de la misma. En ese mismo sentido **Rodríguez (2018)** menciona la importancia del tamaño de la espiga a partir del cual se genera el tamaño de fibra y excersión, y sirve para seleccionar los distintos materiales que se pueden utilizar de capa o centro en la industria de la producción de escoba.



**Tabla 8. Comportamiento de 10 híbridos para la variable tamaño de panoja por arriba y debajo de la media.**

<b>Híbridos</b>	<b>Superiores</b>	<b>Híbridos</b>	<b>Inferiores</b>
49	30	22	17
53	30	18	17
54	30	26	18
40	28	8	18
25	28	51	19
34	28	21	19
46	28	27	19
29	27	19	19
28	27	20	19
37	27	7	20
<b>Media</b>	<b>24</b>		<b>24</b>

Finalmente, en la **Tabla 9** se presentan el análisis de varianza de los 56 híbridos evaluados los mismos que mostraron alta significancia ( $P \leq 0.01$ ) indicando que hay mucha variabilidad en dichas medias de respuesta, por lo que rechazamos la hipótesis inicial y aceptamos la alternante. Dicha variación observada en los híbridos se debe principalmente a los factores genéticos y a la influencia que tuvieron con respecto al medio ambiente (diferentes niveles de fertilización en suelo, humedad disponible, presencia de plagas y enfermedades). Lo anterior coincide con lo reportado por **Hernández y Soto, (2012)** quien señala que el rendimiento es el resultado final de un grupo de interacciones donde intervienen el genotipo, clima, suelo y el manejo del cultivo, el impacto de los distintos parámetros que intervienen en estas variables del sistema definen la fenología y el rendimiento de los cultivos. También menciona

que el alargamiento de la duración de la fase vegetativa favorece el rendimiento del cultivo de sorgo y que la biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de recursos durante la estación de crecimiento asociándolo a su rendimiento, y que la productividad del cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto ambiental. Por otra parte **Morgado, (1999)** también encontró diferencias altamente significativas al evaluar diversos cultivares de sorgo para grano.

**Tabla 9. Análisis de varianza para rendimiento de 56 híbridos evaluados en la localidad de la Estancia, Querétaro 2015.**

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Pr>F
Híbridos	55	743.69	13.52**	<.0001
Repetición	2	0.31	0.15NS	0.9311
Error	110	244.61	2.22	
Total	167	988.63		
C.V			19.75%	
Media			7.54 kg	

En la **Tabla 10** se aprecia la media de respuesta de los mejores 10 híbridos tanto por arriba como por debajo de la media, sobresalen aquellos por sus rendimiento arriba de la media los híbridos 16, 14 y 5 con rendimientos de grano de 12.2 ton /ha<sup>-1</sup>, y 11.0 respectivamente. Y los que fueron inferiores fueron los híbridos 50, 3 y 45 con rendimientos inferiores a 6.5 ton /ha<sup>-1</sup>. Diversos trabajos hacen énfasis de la importancia de la radiación solar, disponibilidad del agua entre ellos podemos mencionar a **Hernández y Soto (2013)** quien hace mención que a mayor duración del área foliar implica un mayor aprovechamiento de la radiación solar, lo cual se manifiesta en un mayor crecimiento general de las plantas, mayor acumulación de materia seca y mayor

rendimiento total. Por otro lado, **Giorda y colaboradores, (1997)** hacen mención que el sorgo durante el periodo de su cultivo requiere un mínimo de 250 mm para producir grano; pueden obtenerse buenos rendimientos con 350 mm, pero para lograr una alta producción el requerimiento de agua varía entre 450 a 600 mm, dependiendo del ciclo del cultivar y de las condiciones ambientales. También, **Rosenow y Clark (1997)** citado por **Flores y colaboradores, (2012)** subrayan que el rendimiento de grano se reduce cuando la sequía es severa, lo cual ocurre en diversas partes del mundo.

**Tabla 10. Comportamiento de 10 híbridos para la variable rendimiento por arriba y debajo de la media.**

	<b>Híbridos</b>	<b>Superiores</b>	<b>Híbridos</b>	<b>Inferiores</b>
16		12.2	50	6.0
14		11.0	3	6.3
5		11.0	45	6.4
17		10.3	52	6.5
10		10.3	30	7.0
40		10.2	25	7.0
13		10.2	28	7.2
36		10.0	15	7.4
53		9.8	49	7.6
47		7.7	4	7.6
<b>Media</b>		<b>7.5</b>		<b>7.5</b>

## Correlación entre las variables agronómicas

En la **Tabla 11** se presentan los coeficientes de correlación así como su significancia de las variables evaluadas en los 56 híbridos de sorgo para grano. De todas las correlaciones estimadas, destacan los coeficientes de correlaciones altamente significativas ( **$P \leq 0.01$** ), días a floración con tamaño de panoja (-0.40\*\*), altura de planta con tamaño de panoja (0.35\*\*), altura de planta con excersión (0.38\*\*), altura de planta con rendimiento (0.65\*\*) y tamaño de panoja con rendimiento (0.34\*\*) y como significativos ( **$P \leq 0.05$** ), días a floración con altura de planta (-0.19\*) y días a floración con excersión (0.15\*) el resto mostró no significancia. Es importante resaltar que de todas las correlaciones anteriores solo altura de planta con rendimiento y días a floración con tamaño de panoja se consideran como correlación fuerte y moderada, respectivamente **Evans, (1996)**. El resto de los coeficientes de correlación fueron bajos y la magnitud de los mismos se considera como débil por lo que no serán tomados en cuenta. De la asociación días a floración con tamaño de panoja se obtuvo una correlación moderada (-0.40) lo cual nos indica que el tamaño de panoja decrece cuando se incrementa días a floración (cuando aumenta el ciclo de madures fisiológica), probablemente lo anterior se deba a que el cultivo está expuesto a los factores ambientales como la temperatura la humedad relativa plagas y enfermedades etc. Lo anterior no coincide con lo reportado por **Mazariegos, (2012)** ya que obtuvo en días a floración con tamaño de panoja un coeficiente de correlación (0.6361\*\*) positivo y altamente significativo, en base a sus resultados obtenidos menciona que a mayores días a floración el tamaño de panoja se incrementa. Por lo que respecta la correlación de altura de planta con rendimiento fue la más alta (0.65\*\*) y se considera como una asociación fuerte lo cual nos indica que a mayor altura de planta mayor rendimiento esto coincide con lo observado por **Mazariegos, (2012)** quien encontró una correlación positiva altamente significativa entre altura de planta con rendimiento. En este mismo sentido **Antuna y**

**colaboradores, (2003)** calcularon coeficientes de correlación altamente significativos entre altura de planta con altura de mazorca y rendimiento. Otros trabajos señalan la importancia de la misma asociación positiva y significativa entre altura de planta y rendimiento (**Montero, 1990; Ross et al., 1979 y Ekebil et al., 1977**).

Otra de las asociaciones que vale la pena mencionar aunque esta se considera débil (0.34) es entre tamaño de panoja y rendimiento lo cual indica que el rendimiento de grano se incrementa con el tamaño de panoja. Lo anterior coincide con lo reportado por **Coyote (2000), Morgado (1999) y Charles (1997)** este último en el cultivo de trigo.

**Tabla 11. Coeficientes de correlación entre las diferentes variables de los 56 híbridos evaluados en la Estancia, Querétaro, 2015.**

	<b>Día floración</b>	<b>Altura de Planta</b>	<b>Tamaño de panoja</b>	<b>Excursión</b>	<b>Rendimiento</b>
<b>Día floración</b>	1.00000	-0.18619 * 0.0157	-0.39542 ** <.0001	0.15386 * 0.0465	-0.04564 NS 0.5569
<b>Altura de planta</b>		1.00000	0.35159 ** <.0001	0.37990 ** <.0001	0.64500 ** <.0001
<b>Tamaño de panoja</b>			1.00000	-0.00683 NS 0.9299	0.34134 ** <.0001
<b>Excursión</b>				1.00000	0.23844 NS 0.0019
<b>Rendimiento</b>					<b>1.00000</b>

**\*, \*\*= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.**

**NS= No significativo.**

## V. CONCLUSIONES

Del estudio de evaluación de los 56 híbridos en la Estancia, Querétaro en el 2015 se observó una alta significancia para todas las variables como días a floración, altura de planta, excersión, tamaño de panoja y rendimiento de grano. Los híbridos más sobresalientes por su potencial de rendimiento fueron el híbrido 15, 14 y 5 con rendimientos de 12.2 ton/ha<sup>-1</sup> y 11.0, respectivamente. Sobresalen por su precocidad los híbridos; 13, 25, 11 con al menos 87 días a floración. Los genotipos que podrían ser utilizados para ser cosechados mecánicamente serían los híbridos 18, 22 y 12 con alturas de 84 cm, 86 y 88 respectivamente. Los híbridos que podrían tener menos problemas con plagas y enfermedades serían los que presentan al menos 10 cm de excersión 30, 50 47 que presentaron 11 cm de excersión. De todas las correlaciones estimadas sobresalen por su magnitud la de altura de planta con rendimiento (0.65\*\*) y la de días a floración con tamaño de panoja (-0.40\*\*) las cuales se consideran asociaciones fuerte y moderada, respectivamente. El resto de correlaciones de acuerdo a su magnitud fueron débiles.

## VI. LITERATURA CITADA

- Abdelhadi**, O. L. 2011. En la ganadería de punta el sorgo tiene un lugar asegurado. Sitio argentino de producción animal. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/maiz\\_sorgo/01-sorgo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/maiz_sorgo/01-sorgo.pdf)
- Antuna**, G. O., S. F. Rincón., D. R. Gutiérrez., T. A. Ruiz y G. L. Bustamante. 2003. Componentes de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. Rev.Fitotec.Mex.; vol. 2691): 11-17
- Azuara**, F. J. 1999. Evaluación de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con potencial para alimentación humana. Tesis licenciatura, saltillo, Coahuila, México.
- Carranza**, O. E. y A. L. Moran. 2013. Productive evaluation of 16 varieties of forage sorghum in the south of Honduras. National Autonomous University of Honduras.
- Carrasco**, N. M., L. S. Zamora. 2011. Manual del sorgo. Proyecto regional desarrollo de una agricultura sustentable en los territorios del Cervas.
- Castañón**, M. D.1986. Estudio de correlaciones fenotípicas y parámetros de estabilidad de 10 materiales de Sorgo para grano. Tesis de Licenciatura. Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.
- CENTA** 2007. Guía técnica del sorgo. San Andrés, carretera a santa Ana el Salvador. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/GUIA%20TECNICA%20SORGO.pdf>
- Chacón**, H. D. 2009. Potencial de producción y calidad nutricional del forraje de híbridos de sorgo evaluados en la región lagunera. Tesis de licenciatura. Torreón, Coahuila México.

- Charles**, C. J. 1997. Evaluación del rendimiento y sus componentes en Triticale (*X. Triticosecale wittmack*) del tipo complete en sus ambientes del norte de Mexico. Tesis de maestría. Saltillo, Coahuila, México.
- Coyote**, O. E. 2000. Estudio Comparativo de Híbridos Experimentales de Sorgo para Grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) en Tres Ambientes. Tesis de licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.
- Díaz**, F. A. y P. M. De Los Ángeles 2014. Características de planta y rendimiento de sorgo y su interacción con hongos micorrizicos en condiciones de riego y secano. Rv. Mex. Cienc. Agric. Vol. 5 no 4 Texcoco jun /ago. 2014
- Eckebil**, J. P., W. M. Ross., C. O. Gardner., and J. W. Maranville. 1977. Heritability estimates, genetic correlations and predicted gains from  $S_1$  progeny tests in three grain sorghum random-mating populations. Crop Sci. 17: 373-377.
- Evans**, J. D. 1996. Straightforward statistics for the behavioral sciences. Pacific Grove, CA: Brooks/cole Publishing.
- FAO** 1997. La economía del sorgo y del mijo en el mundo. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w1808s/w1808s00.htm>
- FIRA** 2016. Panorama agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200640/Panorama\\_Agroalimentario\\_Sorgo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200640/Panorama_Agroalimentario_Sorgo_2016.pdf)
- Flores**, N. A., L. C. Valdez., G. F. Zavala., S. E. Olivares., D. A. Gutiérrez., B. M. Vázquez. 2013. Comportamiento agronómico de líneas para la producción de semilla de sorgo. Agron. Mesoam vol.24 n.1 San Pedro Jun. 2013



- Flores**, N. A., L. C. Valdez., W. L. Roone., S. E Olivares., G. F Zavala., D. A. Gutiérrez., B. M Vázquez. 2012. Rendimiento de grano en líneas de sorgo cultivadas bajo riego y riego limitado en Texas. *hyton* (B. Aires) vol.81 no.1 Vicente López ene./jun. 2012
- Giorda**, M. L. y G. G. Cordes 2008.sorgo, un cultivo que se impone. Trabajo presentado en la jornada actualización para profesionales.
- Giorda**, M. L. y M. C. Feresin. 1997. Condiciones Ambientales. En: LM Giorda (Ed.) Sorgo Granífero. Cuaderno de Actualización Técnica 7, EEA Manfredi. Centro Regional Córdoba. INTA. 17-19 pp.
- Gutiérrez**, C. J. 1992. Introducción y comportamiento agronómico de 20 líneas de sorgo blanco procedente de la india con una variedad testigo. Tesis de grado. Guayaquil Ecuador
- Hahn**, R. R., 2007. Usos del sorgo granífero en la alimentación humana y otros. INTA Universidad de Nebraska, Lincoln.
- Hernández**, C. N. y C. F. Soto. 2012. Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Isiap Dorado). *cultrop* vol.33 no.2 La Habana abr.-jun. 2012
- Hernández**, C. N., Soto, C. F. 2013. Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *cultrop* vol.34 no.2 la habana abr.-jun. 2013
- Herrera**, C. D. 2004. Evaluación per se de 58 genotipos de sorgo escobero (*Sorghum vulgare*, var. bicolor) en el ejido derramadero, municipio de saltillo Coahuila. Tesis de licenciatura. Buena vista, Saltillo, Coahuila, México.

- House**, L. R. 1982. El sorgo. Guía para su mejoramiento genético. Traducción del Inglés. Universidad Autónoma Chapingo. Grupo Editorial Gaceta S.A. México, D.F.
- House**, L.R. 1985. A guide to sorghum breeding. Ed. ICRISAT. Andhra Pradesh, India.
- Inta** 2011. Manual de sorgo. Publicaciones regionales Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_de\\_sorgo\\_renglon\\_191.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf)
- León**, L. V. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. San José, Costa Rica. 158 p.
- Lobo**, L. P. 1994. Efecto del ambiente en la sincronización de floración de los parentales en sorgo. Tesis de licenciatura. El Zamorano, Honduras.
- Majestic-semillas** 2018. Granos. Cd Obregón, Sonora, México. Disponible en: <http://majestic-semillas.com/granos/>
- Mazariegos**, R. R. 2012. Evaluación de rendimiento y correlaciones entre seis características en 51 Híbridos experimentales en sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis de licenciatura, Buena vista, Saltillo, Coahuila, México.
- Montero**, C. J. 1990. Estimación de parámetros genéticos y correlaciones en 200 familias de medias hermanas de sorgo para grano. Tesis de licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.
- Morgado**, Q. M. 1999. Evaluación de 69 genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. moench) para grano. Tesis de licenciatura. Buena vista, Saltillo, Coahuila, México.

- Oseguera**, A. L. 2018. evaluación de 56 híbridos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la localidad de Roque, Gto. Tesis de licenciatura, saltillo, Coahuila, México.
- Pérez**, P. J., A. G. Gardey. 2018. Definición de correlación. Publicado: 2017. Actualizado: 2018.
- Pineda**, J. L. 1988. Resumen de la situación de sorgo granífero en Nicaragua. Boletín informativo. Managua, Nicaragua.
- Rivera**, L. P., V. G. Ruiz., C. A. Carranco., M. F. Leon., F. J. Espitia. 2018. Desarrollo y elaboración de una galleta a base de harina de sorgo blanco (*Sorghum bicolor*, L. Moench) y soya (*Glycine max*) como alternativa al uso del sorgo de consumo humano.
- Rodríguez**, A. G. Formación de variedades o híbridos de sorgo escobero. Citado: 13 de mayo del 2018, disponible en: <http://www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/sorgo/varsorgo01.pdf>
- Rodríguez**, R. R. 1992. Comparativo de rendimiento de grano de cinco variedades de sorgo granífero (*Sorghum vulgare* pers) en terreno de altura de la zona de Iquitos. Folia amazonica vol. 4(2) - 1992
- Rosenow**, D.T. y L.E. Clark 1981. Drought tolerance in sorghum En: H.D. Loden y D. Wilkinson (eds.). Proceedings of the 36th annual corn and sorghum industry research conference. Chicago, IL. 1981. p 18-30.
- Ross**, W. M., H. J. Gorz., F.A. Haskins and K. D. Kofoid. 1979. Combining Ability in Forage Sorshum Hybrids. Maydica XXIV: 83-93.
- SAS**. 2004. Statistical Analysis Systems. SAS/STAT User's Guide Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Syngenta**. 2014. Elecciones de híbridos de sorgo. Disponible en: [http://www.syngentaenvivo.com.ar/2014/manual/files/sorgo\\_eleccion\\_de\\_hibridos.htm](http://www.syngentaenvivo.com.ar/2014/manual/files/sorgo_eleccion_de_hibridos.htm)

- Vargas**, V. G. 2009. Producción y comercialización de sorgo grano en México y en el estado de Puebla: caso DDR Izucar de Matamoros. Tesis de licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.
- Villeda**, D.A. 2014 Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con bajo contenido de lignina. Tesis de Maestría en Agricultura Sostenible. Universidad de El Salvador, San Salvador, El Salvador, 99 p.
- Wall**, J. S y W. M. Ross 1975. Producción y usos del sorgo. *Pasteur* 743 Buenos Aires. Hemisferio Sur. pp 4-5.
- Williams**, A. H., G. F. Zavala., C. G. Arcos., V. M. Rodríguez., S. E Olivares. 2017. Características agronómicas asociadas a la producción de bioetanol en genotipos de sorgo dulce. *Agron. Mesoam.* 28(3):549-563. Setiembre-diciembre, 2017.

## VII. APÉNDICE

Anexo 1. Genealogía de los 56 híbridos de sorgo los mismos que fueron evaluados en Roque, Guanajuato y la Estancia, Querétaro durante 2015.

ENTRA. No.	GENEALOGIA
1	Atx623xRtx2901
2	Atx623xRtx2906
3	Atx623xRtx430
4	Atx623xRtx434
5	Atx623xRtx2892
6	Atx623xRtx2893
7	Atx623xRtx2904
8	Atx623xRtx2905
9	Atx623xRtx2907
10	Atx623xRtx2898
11	Rtx2901⊗
12	Btx623
13	Rtx2906⊗
14	Testigo 8282
15	Atx626xRtx2901
16	Atx626xRtx2906
17	Atx626xRtx2908
18	Atx626xRtx434
19	Atx626xRtx2892
20	Atx626xRtx2893
21	Atx626xRtx2904
22	Atx626xRtx2905
23	Atx626xRtx2907
24	Atx626xRtx2898
25	Btx626
26	Rtx430

27	Rtx2908⊗
28	Testigo 8310
29	Atx629xRtx2906
30	Atx629xRtx2908
31	Atx629xRtx434
32	Atx629xRtx2892
33	Atx629xRtx2893
34	Atx629xRtx2904
35	Atx629xRtx2905
36	Atx629xRtx2907
37	Atx629xRtx2898
38	Btx629
39	Rtx2892⊗
40	Testigo 8428
41	Atx630xRtx2901
42	Atx630xRtx2908
43	Atx630xRtx434
44	Atx630xRtx2892
45	Atx630xRtx2893
46	Atx630xRtx2904
47	Atx630xRtx2905
48	Atx630xRtx2907
49	Atx630xRtx2898
50	Btx630
51	Testigo 8313
52	Rtx2893⊗
53	Rtx2904⊗
54	Rtx2904⊗
55	Rtx2905⊗
56	Rtx2898⊗

