

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico de Híbridos de Sorgo para Grano (*Sorghum Bicolor* L. Moench) en la Localidad de Roque, Gto.

Por:

**LUIS DONALDO OSEGUERA ALONSO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Abril de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico de Híbridos de Sorgo para Grano (*Sorghum*.

*Bicolor* L. Moench) en la Localidad de Roque, Gto.

Por:

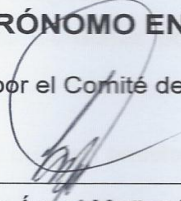
**LUIS DONALDO OSEGUERA ALONSO**

TESIS

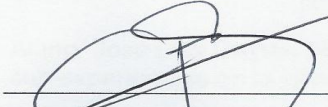
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

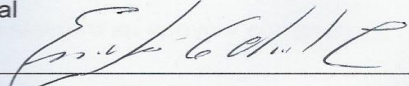
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. Luis Ángel Muñoz Romero

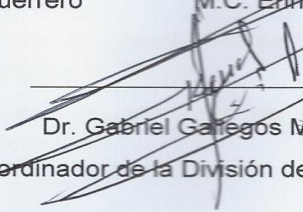
Asesor Principal

  
Dr. Enrique Navarro Guerrero

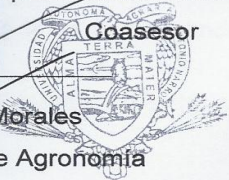
Coasesor

  
M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas

Coasesor

  
Dr. Gabriel Galegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Abril de 2018

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado la vida, llenarme de bendiciones y no haberme dejado nunca solo en el transcurso de mi camino.

A mi **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**: por haber sido la plataforma de mi crecimiento y por darme la oportunidad de formarme como profesionista.

Al Dr. Enrique Navarro Guerrero, por todo el apoyo que me ha brindado, por su ayuda incondicional para la realización y revisión de esta tesis.

Al M.C. Luis Ángel Muñoz Romero, por su amistad y valiosa cooperación en la revisión y terminación de esta investigación.

Al M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas por su valiosa cooperación en la realización de este trabajo.

Al Ing. Raúl Gándara Huitron, por su gran amistad, confianza y apoyo durante mi estancia en esta institución.

Al Ing. José Luis Gaytán por haberme brindado siempre su apoyo y compartirme sus experiencias en la vida profesional.

Al M.C. María Concepción Oseguera Álvarez, por haberme brindado todo su apoyo al momento de dejar a mi familia.

A todos los maestros del departamento de Fitomejoramiento por haberme brindado todas sus enseñanzas

De la misma forma, hacer una extensa gratitud a mis compañeros de generación por hacer más amena mi estancia en la UAAAN. Especialmente a Luis M, Joni, Ricardo, Abraham, Carlos A, Joel, Rudisel, Rodrigo, Froilán, Alejandro, Arias, Simón, Gamaliel y Manuel.

## DEDICATORIAS

A mi padre Sergio Oseguera Reyes por haber creído en mí, por haberme dado la oportunidad de salir adelante aun en los momentos más difíciles, por todos los sacrificios que has hecho por todos tus hijos. Eres un ejemplo a seguir gracias por tus consejos y por ser quien eres.

A mi madre Marina Alonso Pérez gracias por haberme dado la vida, por tus consejos, tolerancia y enseñanzas, por formarme en la persona que ahora soy muchas gracias madre.

A mis hermanos: Marco Antonio, Janintzeran y Belén, por brindarme su apoyo incondicional y por todos los momentos que hemos compartido juntos.

A mis abuelos: María Concepción Reyes Alonso (+), Mercedes Pérez (+), aunque ya no están conmigo los llevo en mi corazón. A mi abuelo Silvano Oseguera Reyes, Ángel Alonso Agustín por sus sabios consejos y brindarme siempre su apoyo incondicional.

A mis tíos: Nicolás, Elvira, Salvador, Cecilia, Naboría, Roberto, Leonor, Uriel, Maricela por sus consejos y todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida.

A mi sobrina: Fernanda Camila Oseguera Alonso, por alegrar la vida de mi familia y la mía.

A mis paisanos y amigos: Abraham, Isaías, Humberto, Adolfo, Alexis, Ricardo, Jorge, Alejandro, Luis H, Leonel, Félix A, Daniel, Juan De Dios, Luis Ángel, Eder, Ángel, José, Camilo, Elmer, David, Francisco, Yavhe, Alessis, Briseida, Xóchitl, Mary Cruz, Isamar, Danna, Lourdes, Mauricio, Osciel, Esnelia, Teresa, Orlando, Molina, Edwin, Mario, Maximiliano.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
RESUMEN.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
HIPÓTESIS.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
MATERIALES Y METODOS.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFIA.....	41
APÉNDICE.....	44

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en evaluar 56 híbridos experimentales de sorgo para grano. Dichos híbridos experimentales se evaluaron durante el ciclo primavera-verano en la localidad de Roque, Gto durante 2015.

Para establecer el experimento se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, cada unidad experimental consto de 2 surcos de 5 m de largo con una separación entre surcos de 0.85 m. La fertilización fue la recomendada para región, los riegos se aplicaron de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo, la aplicación de insecticidas y herbicidas fueron las adecuadas para tener un control en el experimento.

Se evaluaron las siguientes variables: Días a Floración (DF), Altura de Planta (AP), Ejerción de Panoja (EX), Tamaño de Panoja (TP), Peso de 1000 Semillas (P1000), y Rendimiento de Grano (REND).

Se encontraron diferencias altamente significativas para todas las variables bajo estudio como rendimiento de grano, días a floración, altura de planta, etc. Los híbridos que exhibieron un buen comportamiento fueron el 28, 52, y 41 con rendimientos de grano de 14.70 t/ha, 14.21 y 14.07, respectivamente. Por lo que respecta días a floración los híbridos que fueron menor a su media fueron el 56, 14 y 24 con 82.0 días, 83.0 y 83.7 respectivamente. En relación a los híbridos que mostraron una altura de planta adecuada que faciliten la cosecha mecánica lo fueron el híbrido 27 (160 cm), 21 (162 cm), el 32(162 cm) y el 27(177 cm). Finalmente, los híbridos que mostraron la ejerción de panoja cercana a 10 cm lo cual es recomendable para bajar la incidencia de plagas y enfermedades fueron el híbrido 51, 31 y 35 con 7.7 cm, 8.0 cm y 8.3 cm, respectivamente.

**Palabras claves:** *Sorghum bicolor*, sorgo de grano.

## I INTRODUCCIÓN

El sorgo es el principal cereal de importancia en muchas partes del mundo por su resistencia a la sequía y a las altas temperaturas. En el ámbito mundial, el sorgo es un cultivo importante, ocupa el quinto lugar en superficie sembrada con 6.35%, después del trigo, arroz, maíz y cebada, los cuales ocupan el 23, 22, 21 y 8%, respectivamente, de la superficie mundial total de cereales, por abajo del maíz, arroz, trigo y cebada, los cuales aportan el 30, 29, 28 y 7% respectivamente.

Muy importante a nivel internacional y mundial, debido a que es utilizado para diferentes fines, el mayor uso que se le otorga es para forraje, sin embargo, también se utiliza para alimentación humana, alimentación para aves de corral y otras, además de ser muy utilizado en otros países como materia prima en la almidonería y la industria alcoholera Vítale (1998).

La mayor producción de sorgo se concentra en muy pocos estados del país dichos estados son; Tamaulipas (40.2%), Guanajuato (15.9) y Sinaloa (13.3 %), cabe mencionar que este cultivo se siembra prácticamente en todo el país, pero solo algunos estados tienen fechas de siembras muy bien definidas y cuentan con la tecnología necesaria para obtener buenos rendimientos.

La necesidad mundial de aumentar de manera sostenible la producción de cereales, como una alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria y cubrir las necesidades crecientes de los pueblos, ha propiciado que los productores busquen mayores rendimientos en las áreas improductivas utilizando especies que se adapten a esas condiciones.

El déficit de granos previsto a partir del 2050 será de 450 millones de toneladas anuales, lo cual equivale a 220 kg/ha per cápita, por lo que se hace necesario crear estrategias para incrementar la producción con altos rendimientos.

## **OBJETIVOS**

- Evaluación de 56 híbridos de sorgo en la localidad de Roque, Guanajuato.
- Conocer y determinar híbridos con mejor adaptación en la región antes mencionada.
- Determinar rendimientos de híbridos de sorgo y elegir los mejores para su producción comercial.

## **HIPÓTESIS**

H<sub>0</sub>: El rendimiento de los híbridos de sorgo evaluados tienen la misma media de comportamiento.

H<sub>1</sub>: El rendimiento de los híbridos de sorgo evaluados tienen diferente media de comportamiento.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen

El sorgo es una planta cuyo origen, según los expertos, se encuentra en África; sin embargo, diferentes culturas antiguas del Asia como India, Asiría y China lo han cultivado desde épocas milenarias. La llegada al continente americano fue probablemente durante el siglo diecisiete, aunque realmente el proceso de producción comercial se dio durante el siglo posterior, en los Estados Unidos de Norteamérica.

En lo que se refiere a México, no tenemos la fecha precisa de llegada de este cultivo a nuestro país; lo que es un hecho, es que su crecimiento y explotación comercial se inició en la década de los sesenta y fue durante la segunda mitad de ésta en la que se inicia un desarrollo importante (ASERCA S/F).

### 2.2 Descripción del sorgo

El género *Sorghum* pertenece al grupo de las gramináceas, y subfamilia panicoideas y tribu de las andropogoneas.

Las características generales de las gramináceas son las siguientes: plantas por lo general herbáceas, la mayoría de las veces provistas de rizomas, de tallos recios, nudosos y con los entrenudos huecos.

Normalmente las hojas son estrechas, de nervios paralelos y relativamente largos, con vainas abiertas o cerradas, que envuelven al tallo y con una lígula entre ellas y el limbo foliar, las flores son unisexuales o hermafroditas, en inflorescencia formada por un conjunto de flores sésiles (sin pedúnculo); a su vez estas espiguillas se reagrupan en una inflorescencia más compleja: la espiga protegida por dos brácteas, las glumas.

Las espigas a su vez forman una inflorescencia superior: el racimo o panícula. En las espiguillas se encuentran una o varias flores, protegidas por una o dos

brácteas llamadas *glumillas*, teniendo cada flor otras dos hojitas llamadas *glumelulas* en su base (Ibar, 1984).

### **2.3 Morfología**

El sorgo tiene hábito y fisiología vegetal (metabolismo de las plantas C<sub>4</sub>) similares a los del maíz. El género *Sorghum* presenta un sistema radical profuso que le brinda una estructura de soporte muy desarrollada, lo que permite acumular gran cantidad de reservas; además le confiere una mayor capacidad de penetración y mejor persistencia en climas secos, donde la escasez de agua se mantiene por períodos prolongados; su tallo es grueso, con espinas que nacen por pares, y la altura puede oscilar de 1 a 3 m.

#### **Nudos**

Los nudos presentan abundantes pilosidades (González, 1961).

#### **Tallo**

Los tallos son cilíndricos, erectos sólidos y pueden crecer a una altura de 0.60 m a 3.5 m estando divididos longitudinalmente en canutos (entrenudos) cuyas uniones las forman los nudos y de los cuales emergen las hojas, cada uno está provisto de una yema lateral.

#### **Hojas**

Las hojas aparecen alternas sobre el tallo, las vainas florales son largas y en las variedades enanas se encuentran superpuestas, todas las variedades varían en el tamaño de sus hojas. Las hojas del sorgo se doblan durante periodos de sequía, características que reduce la transpiración, contribuye a tan peculiar resistencia de la especie a la sequía.

#### **Grano**

Los granos de sorgo, el color de la semilla, ya sea blanco, rojo, amarillo o café proviene de complejos genéticos que envuelven el pericarpio. La mayor parte del fruto de las gramíneas es endospermo, el cual se compone de almidón casi en su totalidad. El ciclo vegetativo de esta planta es de 90 a 140 días desde la

siembra hasta la madurez según sea la variedad y las condiciones ambientales de la región (ASERCA S/F).

## **2.4 Clasificación taxonómica**

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: *Sorghum* Moench, (Ibar, 1984).

## **2.5 Latitud, altitud**

El sorgo se puede cultivar desde los 45° latitud norte a los 35° latitud sur; en el área comprendida entre estas latitudes es donde se puede cultivar el sorgo con mayores rendimientos, debido a que más al norte o más al sur las temperaturas son más bajas y no se puede cultivar con buenos rendimientos.

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas. Su mayor capacidad para tolerar la sequía, alcalinidad y las sales, que la mayor parte de las plantas cultivadas, hace de los sorgos un grupo valioso en las zonas de escasa humedad o de poca precipitación. Es propio del sorgo cultivarse en las áreas en donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz. 4 Por sus altas exigencias de temperatura, raramente se le cultiva más allá de los 1800 m de altura. Se cultiva favorablemente de 0 a 1000 msnm. En México se ha cultivado con éxito a 2200 msnm (ASERCA S/F).

Tanto el crecimiento como la productividad del sorgo son influenciados grandemente por la altitud. En México se ha observado que esta planta se

desarrolla perfectamente desde el nivel del mar hasta altitudes desde 1800 m. o un poco más. En alturas mayores de 1900 m. el sorgo tiene un desarrollo un tanto lento y un bajo porcentaje de polinización, lo cual limita la producción de grano; sin embargo la producción de sorgos forrajeros puede llevarse al cabo satisfactoriamente (John, 1955).

## **2.6 Fuentes de germoplasma**

El principal banco de germoplasma es el Centro Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT). El gran tamaño de la colección de variedades locales de sorgo mantenida por el ICRISAT condujo a la creación de una colección básica. El concepto central de recogida se ha utilizado para definir un conjunto limitado de accesiones derivado de una colección de germoplasma existente, elegido para representar el espectro genético de toda la colección.

Otro banco de germoplasma del sorgo se encuentra en Argentina en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); y tiene como nombre “Recursos Genéticos – Banco Activo Sorgos”. Este proyecto tiene como objetivo; preservar la variabilidad genética del germoplasma de sorgo mediante su regeneración, caracterización, evaluación, documentación, distribución e intercambio (Sandoval, 2011).

## **2.7 Utilización del sorgo**

El sorgo tropical (*Sorghum bicolor* L. Moench) presenta buena adaptabilidad y rendimientos aceptables, por lo que se le ha denominado «el cereal del siglo XXI». A nivel mundial, a principio de los sesenta una gran producción de sorgo se empleaba directamente en la alimentación humana; mientras que en la actualidad la utilización de sorgo para el consumo animal se ha duplicado. En

Cuba es muy utilizado en la Agricultura Urbana para evitar la incidencia de plagas, según (Rodríguez, 2006).

El sorgo de grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo después del trigo, el arroz, el maíz y la avena. En África es empleado para la alimentación humana, pero en América y Oceanía se usa para la fabricación de harinas y piensos destinados a la cría de los animales. Este cultivo posee amplia distribución geográfica por su plasticidad ecológica. Su buen comportamiento agronómico le concede favorables atributos: no es exigente a los suelos fértiles; es alelopático, por lo que requiere de pocas labores de cultivo y limpieza; compete, entre las plantas cultivadas de amplio uso, como una de las más resistentes a la sequía o con gran economía hídrica para producir un kilogramo de biomasa comestible; es resistente a las plagas y enfermedades, aunque sensible al ataque de las aves durante las cosechas y a los insectos durante el almacenamiento. Las variedades comúnmente empleadas en el trópico en los países en vías de desarrollo, no expresan un alto potencial productivo (2 t/ha/cosecha) debido a la carencia de recursos, pero existen variedades de altos rendimientos que pueden usarse con la aplicación de tecnologías adecuadas (Pérez y colaboradores, 2010).

El grano de sorgo tiene aplicación tanto en la nutrición humana, como en la alimentación de los animales; el tallo de la planta y el follaje se utilizan como forraje verde picado, heno, ensilaje y pastura. En cuanto a los residuos de la planta estos pueden utilizarse como combustible (House, 1982).

## **2.8 Variedades e híbridos**

### **Híbridos**

La hibridación del sorgo, hasta 1932, cuando se descubrió la posibilidad de emplear variedades de sorgo androesteriles, se presentada difícil y complicada, pues esta debía hacerse a mano (U.S.D.A. 2018).

### **Híbridos de ciclo cortó**

**Mini sorgo 50:** Muy precoz, plantas de tallos muy finos y de panoja alargada y estrecha. Muy resistencia a la sequía.

**NK 120:** Muy precoz, de tallo corto y muy recio de 90 a 100 centímetros de altura. Florece a los 45-60 días de la siembra y madura a los 85 días. Grano de color pardo.

### **Híbridos de ciclo medio**

**NK 140:** Florece a los 60 días y germina a los 100-110. Planta vigorosa, de panoja semiabierta, que se seca fácilmente, el grano de color rojo, tiene un alto poder germinativo.

**MK 210:** Híbrido muy productivo y de amplia aplicación, plantas fuertes de porte bajo, de panojas grandes, ovaladas, muy separadas de las hojas. Grano de color rojo pálido. Florece a los 60-65 días en seco y a los 100-110 días de regadío.

### **Híbridos de ciclo largo**

**NK 310:** De ciclo vegetativo muy largo, son plantas de gran tamaño (de 1,50 a 1,80 metros) con abundantes hojas densas y de buen tamaño.

**NK 320:** Plantas muy altas de tallos gruesos semijugosos.

DKS26, 85G47, 5265, CS92, CS74, DK47, 5265, CS92, CS74, DKS40, Acero, 8641, 86P42, AZ400, 5515, CS82C, DKS43, ORO, WAC 692, MASTER GOLD, MASTER MI 135, WAC 694, HORIZON 95, ASGROW ESMEALD, ORO T, FUNK GS 522 DR, HORIZONT 76, HORIZONT 77, PAYMASTER R 109, WN GS 76 Y, INIA RB 3030, INIA RB 3006, RB 4000.

## **2.9 Variedades**

Existen unas variedades, consideradas clásicas, que pueden englobarse en unas series típicas de las diversas zonas del mundo en donde se ha cultivado el sorgo desde hace varios milenios. Todas estas variedades, de las que hasta 1928 no se conocían otras, tenían el defecto de su excesiva altura, lo cual no permitía su recolección por medios mecánicos, debiéndose hacer manualmente, por lo que

eran preferidas las especies en las que el pedúnculo de la panoja era curvado, ya que esta inclinación favorecía la recolección.

Las variedades más importantes son: Durra, Kafir, Hegari, Milo, Shallu, Faterita y Kaoliang.

### **DURRA**

Esta variedad esta extensamente cultivada en el norte de África, sudoeste de Asia y en la India y muy poco uso en los Estados Unidos. Características comunes: espigas compactas y barbadadas, semillas aplanadas y tallo de color pajizo.

### **KAFIR**

Corresponde a la variedad Caffrorum y es originario del África tropical desde donde se ha extendido por todo el mundo. Presenta tallos de 1,5-2 metros de altura, muy fuertes, por lo que su cultivo es recomendado en las regiones azotadas por fuertes vientos.

### **MILO**

Es variedad importante pues ha sido base de numerosas hibridaciones. Sus tallos no son demasiado jugosos, pero, dado el gran número de hijuelos que producen, resulta una planta gran productora de follaje (Ibar, 1984).

Los sorgos, por su aplicación, pueden reunirse en cuatro grandes grupos: sorgos de grano, sorgos dulces o de jarabe, sorgos de escoba y sorgos herbáceos o de pasto.

-Los sorgos de grano son los más extendidos por el mundo y pertenecen a la especie *Sorghum vulgare*, de la que existen numerosas variedades e híbridos.

-Los sorgos de jarabe pertenecen a la variedad *Saccharatum* del *Sorghum vulgare* y se caracteriza por contener en sus tallos, un jugo azucarado.

-Los sorgos de escoba (*Sorghum vulgare*, var. *technicum*) se caracterizan por tener unas inflorescencias (panícula) muy anchas y provistas de largas y flexibles ramificaciones, que se utilizan para la confección de escobas (Ibar, 1984).

8641, PP644, 5515, GW9400R, GW9660B, Hegary Regular, 86P42, PP655, Costeño 201. (Inifap, S/F).

## **2.10 Características (tardíos, intermedios y prematuros)**

### **Prematuras**

Las variedades que maduran más temprano pueden no rendir lo mismo a causa de su periodo de crecimiento más corto, presentan un ciclo de una duración total de unos 100 días, con unos 68-75 días hasta floración.

### **Intermedias**

Las variedades intermedias, presenta un ciclo de hasta 120 días, con 68-80 días hasta floración.

### **Tardíos**

Presentan una duración total de más de 120 días con 72-82 días hasta floración (Martin, 2011).

## **2.11 Manejo del cultivo - precipitación**

Aunque la planta es resistente a sequías y produce considerablemente más que el maíz en regiones de escasa precipitación pluvial, también se desarrolla satisfactoriamente donde las lluvias son abundantes.

Bajo estas condiciones pluviométricas tan variadas, podemos observar que el sorgo crece favorablemente desde áreas con precipitaciones anuales medias de 430 a 630 mm. Hasta aquellas con un promedio de 750 mm. O más.

Aunque el sorgo es superior a otros cultivos en su habilidad para producir granos con una cantidad para producir granos con una cantidad limitada de humedad, puede llegar a dejar de producir una cosecha bajo condiciones de extrema sequía. También, a pesar de que las plantas pueden permanecer latentes durante largos periodos de sequía, es necesario que vuelva a haber humedad a tiempo para producir panículas y granos antes de las heladas. Sin embargo, el periodo durante el cual el sorgo tiene más necesidad de la humedad es el de la floración (John, José, Nicolás, 1955).



### **2.12 Densidad de población**

En riego, se sugiere sembrar de 30 a 40 semillas por metro lineal, a una profundidad de 4 a 5 centímetros. Si la siembra es en seco, se recomienda depositar la semilla a una profundidad de 3 centímetros para, así, asegurar una población de 319 mil a 425 mil plantas por hectárea, para obtener una buena producción de grano. En temporal, se recomienda utilizar 30 semillas por metro lineal, a una profundidad de 4 a 5 centímetros, para asegurar una población de 26 plantas por metro lineal, para alcanzar una densidad de población de 325 mil plantas por hectárea (Moreno y José, 2017).

### **2.13 Producción T/ha**

México, como país productor ocupa el cuarto lugar (con 8 %) en la producción mundial: la superficie nacional, en promedio, es de 2.1 millones de hectáreas, con un volumen de producción de 5.89 millones de toneladas, que alcanza a cubrir 55.5 % de la demanda interna, recurriendo a la importación en promedio de 5.21 millones de toneladas (Gallegos, S/F).

El sorgo tiene un potencial de rendimiento alto, comparable al arroz, trigo o maíz. En condiciones de campo los rendimientos pueden llegar a superar los 11,000 kg/ha; con rendimientos promedio buenos que fluctúan entre 7,000 y 9,000 kg/ha, cuando la humedad no es factor limitante.

En aquellas áreas donde el sorgo es un cultivo común se obtienen rendimientos de 3,000 a 4,000 kg/ha bajo buenas condiciones, y bajan a 300 o 1,000 kg/ha cuando la humedad la humedad se vuelve limitante (House, 1982).

### **2.14 Países productores**

El sorgo es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena (Pacheco, 1998). Los principales lugares de

producción de sorgo se encuentran en las regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtropicos (Doggett, 1998).

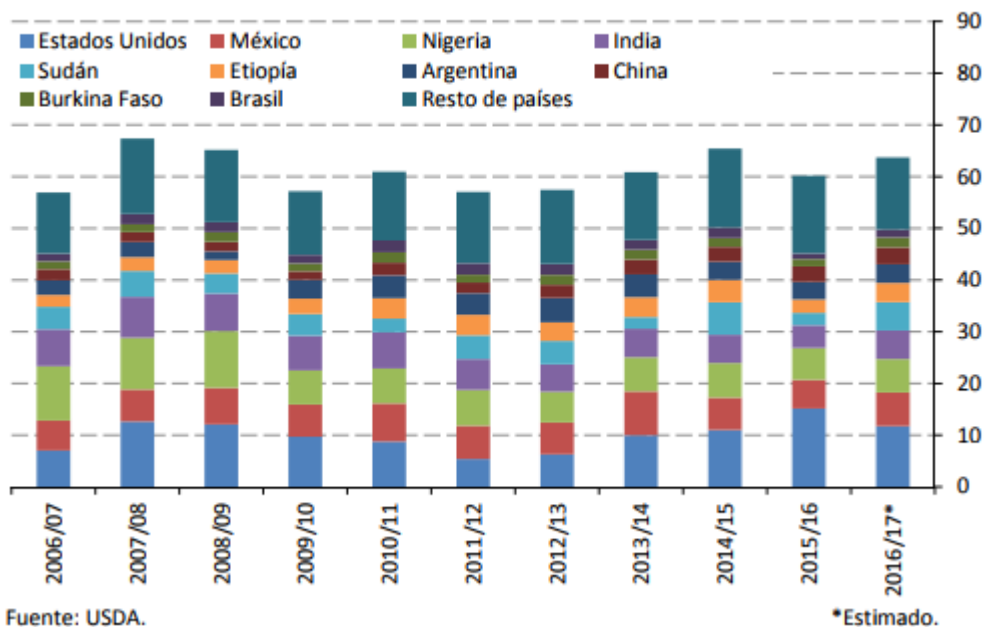
En África una parte importante se destina al consumo humano, mientras que en América y Oceanía la mayor parte del sorgo producido se emplea para el consumo animal; por ejemplo, en la alimentación del ganado en aves de corral además, de ser muy utilizado en otros países como materia prima en la almidonería y la industria alcoholera (Vítale, 1998).

El empleo de los cereales para la alimentación animal ha sido un elemento dinámico en el ámbito del consumo global de sorgo. Su demanda constituyó la principal fuerza motriz para elevar la producción mundial y el comercio internacional a partir de los años sesenta.

### **2.15 Producción mundial**

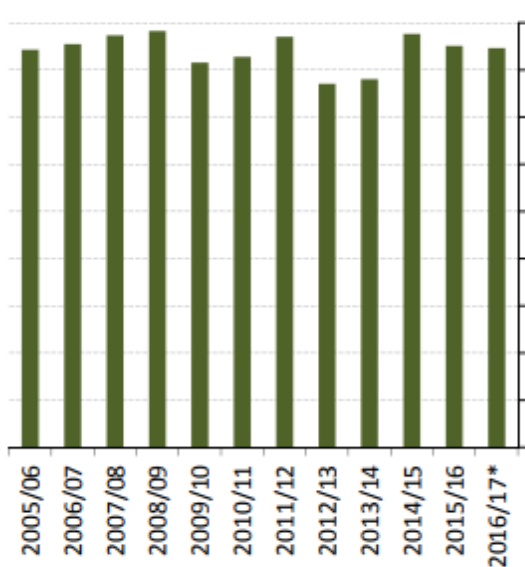
La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como: Estados Unidos de América, con una producción de 11,9 millones de toneladas (Mt) de grano, India (9,5 Mt), Nigeria (7,5 Mt) y México (6,4 Mt), que se consideran como productores líderes. En la figura 1 se muestran las principales zonas del mundo donde se cultiva el sorgo. Además constituye un género de unas 20 especies de gramíneas oriundas de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental (Pérez *et al.*, 2010).

**Producción mundial de sorgo, 2006/07 - 2016/17\***  
(Millones de toneladas)



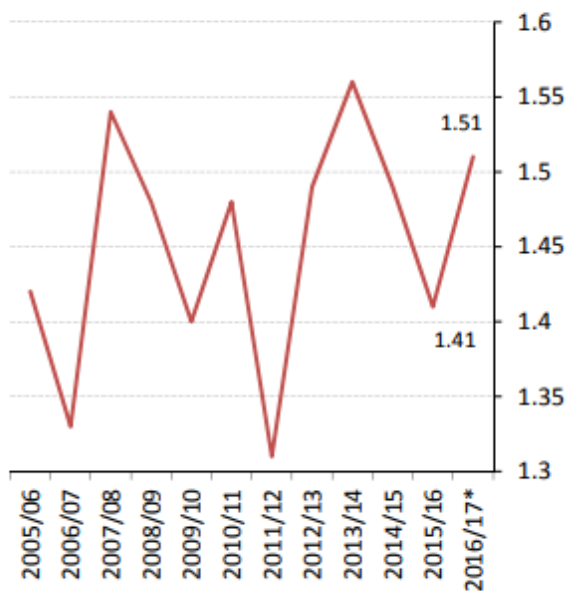
**Producción mundial de sorgo, 2005/06 - 2016/17\***

a) Superficie cosechada  
(Millones de hectáreas)



Fuente: USDA.

b) Rendimiento promedio  
(Toneladas por hectárea)



\*Estimado.

### **2.16 Suelo**

El sorgo se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido de sacarosa en tallos y hojas. Prefiere suelos profundos, sin exceso de sales, con buen drenaje, sin capas endurecidas, de buena fertilidad y un pH comprendido entre 6,2 y 7,8. Es moderadamente tolerante a suelos con alguna salinidad y/o alcalinidad, siendo su comportamiento, ante esas condiciones mejor que la de otros cultivos como maní, soja y maíz,

### **2.17 Fertilización**

La respuesta a la fertilización varía entre variedades diferentes. Algunas tradicionales, desarrolladas en condiciones de baja fertilidad y sequía producen de 6 a 10 kg de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado, mientras que las variedades que corresponden a altos niveles de fertilidad producen de 20 a 40 kg de grano por kilogramo de nitrógeno aplicado. Las líneas disponibles localmente deberían estudiarse para determinar su capacidad de respuesta a la fertilización (Rodríguez, 2005).

### **2.18 Humedad**

Aunque la planta es resistente a sequías y produce considerablemente más que el maíz en regiones de escasa precipitación pluvial, también se desarrolla satisfactoriamente donde las lluvias son abundantes.

Bajo estas condiciones pluviométricas tan variadas, podemos observar que el sorgo crece favorablemente desde áreas con precipitaciones anuales medias de 430 a 630 mm. Hasta aquellas con un promedio de 750 mm. O más.

Aunque el sorgo es superior a otros cultivos en su habilidad para producir granos con una cantidad limitada de humedad, puede llegar a dejar de producir una cosecha bajo condiciones de extrema sequía. También, a pesar de que las plantas pueden permanecer latentes durante largos periodos de sequía, es

necesario que vuelva a haber humedad a tiempo para producir panículas y granos antes de las heladas. Sin embargo, el periodo durante el cual el sorgo tiene más necesidad de la humedad es el de la floración (R, 1982).

### **2.19 Temperatura**

El mejor crecimiento del sorgo se obtiene cuando el periodo de desarrollo es cálido. Se requiere que el suelo este caliente para una mejor germinación y crecimiento inicial de las plantas. El crecimiento se retarda en tiempo de frío y las plantas mueren fácilmente por helada (Pitttner, 1950).

En los Estados Unidos donde se ha llevado a cabo el mayor número de experimentos en relación con la temperatura óptima para la producción del sorgo, se considera que la planta produce mejor en áreas con un periodo de 5 meses libres de heladas y una temperatura media en julio de 24°C o más (Martin, 1936). En algunas regiones donde las temperaturas son bajas y los periodos de crecimiento libre de heladas son cortos, el cultivo se hace para obtener forraje. Generalmente las siembras tempranas de sorgo requieren un periodo más largo para alcanzar su madurez que las que se efectúan más tarde debido a que el tiempo frío del principio de la estación retarda su crecimiento y desarrollo (John, José, Nicolás, 1955).

### **2.20 Resistencia a la sequia**

De acuerdo con lo informado por Saucedo (2008), el sorgo presenta las siguientes características.

- a) Un sistema radical muy ramificado (su índice radical duplica al del maíz) y un déficit de presión de difusión en sus raíces, también superior al de la mayoría de los cultivos.
- b) Una capa de cera que recubre las hojas y tallos, que disminuyen la evaporación.
- c) Células motoras o higroscópicas que están regular y abundantemente dispuestas a lo largo de la nervadura a lo largo de la nervadura central de las hojas, de modo que producen un acartuchamiento de toda la hoja cuando

falta agua, formando un ambiente confinado que disminuye la evaporación; este mecanismo es una falta de agua, formando un ambiente confinado que disminuye la evaporación; este mecanismo es una importante contribución a la economía de agua. En el maíz, en cambio las células motoras existen en focos aislados y, como consecuencia, su resistencia a la sequía es mucho menor.

- d) Un número de estomas mayor que en el maíz, pero su tamaño es mucho menor. Esto le brinda mayor seguridad a la apertura y cierre, respondiendo con prontitud a las variaciones de humedad del ambiente.
- e) Facultad de entrar en reposo vegetativo cuando falta el agua. Los sorgos en general entran en periodo de dormancia, que abandonan cuando hay de nuevo disponibilidad de agua.

## **2.21 Siembra**

Se debe establecer el cultivo en la época de siembra recomendada, para evitar los excesos o deficiencias de agua durante el crecimiento y desarrollo de la planta.

La siembra se realiza a chorrillo, con sembradora mecánica o manual, colocando la semilla entre 1 y 3 cm de profundidad.

La distancia entre hileras puede ser de 18, 36, 54 o 72 cm, en dependencia del equipo disponible y de la densidad de siembra. En general, para la época de invierno se recomiendan distancias no menores de 36 cm, y entre hileras en la siembra con riego por gravedad, espaciamientos de 50 cm para facilitar el manejo.

La densidad de siembra, con distancias de 18 y 36 cm, debe ser de 300 000 plantas/ha; y para espaciamientos de 54 y 72 cm, entre 200 000 y 250 000 plantas/ha. Las densidades más altas se recomiendan cuando hay condiciones adecuadas de humedad.

La cantidad de semilla dependerá de las densidades recomendadas y el porcentaje de germinación; esta es aproximadamente de 10-12 kg/ha. (Pérez y colaboradores, 2010).

## **2.22 Fertilización**

Antes de decidir la cantidad de fertilizante que se aplicará es conveniente contar con un análisis del suelo del área, aunque la recomendación general es de 90-60-30 kg de N, P y K por hectárea, respectivamente.

Si se utiliza abono de la fórmula 10-30-10, se deben aplicar 184 kg de fertilizante por hectárea en el momento de la siembra y 174 kg de urea, 242 kg de nitrato de amonio o 372 kg de sulfato de amonio por hectárea, 22 días después de la emergencia. (Pérez y colaboradores, 2010).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

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

El experimento se llevó a cabo en la localidad Roque del municipio de Celaya, Guanajuato, México durante el 2015. La genealogía de los 56 híbridos de sorgo se puede ver en el apéndice (Anexo 1).

#### **Roque, Gto.**

Esta localidad se encuentra ubicada a 5 km sobre la carretera Celaya-Juventino Rosas, y entre las coordenadas geográficas 100° 49' longitud Oeste y 20° 31' longitud Norte, y una altura de 1752 m.s.n.m con una temperatura media anual de 683 mm. Su clima es templado.

#### **Flora**

Predominan los pastizales que se distribuyen en todo el estado; al norte destacan los bosques de coníferas y encinos; al noroeste hay matorrales. La agricultura se desarrolla en 48% de la superficie estatal y constituye la región de El Bajío, de gran importancia económica para México por los niveles de producción que se alcanzan.

#### **Fauna**

El estado de Guanajuato ocupa el 28º lugar en cuanto a riqueza de vertebrados endémicos mesoamericanos y el 25º lugar con respecto a endémicos estatales (Flores Villela y Gerez, 1994)

En cuanto a los mamíferos se tiene el 51.6%, 38.46% de reptiles, el 25% de anfibios, 19.18 de artrópodos y 22% de peces.



Para tener un mejor entendimiento de la fauna de la región se dividió en las siguientes categorías: Fauna doméstica, Fauna nociva, Fauna silvestre original, Fauna silvestre que se ha adaptado a las condiciones humanas y subsisten a pesar de los cambios en su hábitat natural, tal es el caso de aves (gorriones, palomas), mamíferos y algunos reptiles (lagartijas), pero poniendo mayor énfasis en la fauna silvestre, por ser esta la de mayor valor ecológico.

**Bosques de coníferas y encinos:** tlacuache, zorra, zorrillo, tejón, venado cola blanca, armadillo y gato montés.

**Laderas:** zorra gris, conejo y coyote.

**Valles:** gavián, halcón, búho, pájaro carpintero, pato, paloma y mapache.

**Matorrales:** víbora de cascabel, coralillo, víbora chirrionero y tuza.

**Pastizales:** ardilla, mapache, zorrillo, tlacuache y gato montés.

**Ambientes acuáticos:** mojarra, carpa y bagre. Animales en peligro de extinción: lubina, lisa y charal.

### **Recursos naturales**

Las tierras de cultivo agrícola y pastos para la cría de ganado.

### **Clima**

El 43% de la superficie del estado está representado por clima seco y semiseco, localizado principalmente en la región norte; 33% de la superficie, hacia la parte suroeste y este, se presenta el clima cálido subhúmedo y 24% restante presenta clima templado subhúmedo.

La temperatura media anual es de 18°C. La temperatura promedio más alta es alrededor de 30°C, se presenta en los meses de mayo y junio y la más baja, alrededor de 5.2°C, en el mes de enero.

Las lluvias se presentan en verano, principalmente en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de aproximadamente 650 mm anuales.

Gracias al tipo de suelo y clima, Guanajuato es un estado que se caracteriza por su producción agrícola de cultivos tales como maíz, frijol, cebada, trigo, linaza, garbanzo, además de durazno, manzana ajo, alfalfa, avena, cebada, centeno, jitomate, remolacha, sorgo y chabacano entre otros.

### **Características y uso del suelo**

Las características de altitud, pendientes y profundidad del suelo en el territorio que corresponde al estado de Guanajuato la definen como la región del “Bajío Guanajuatense”. El suelo que lo predomina son capaz de arcilla limosa que tiene la característica que es apto para la agricultura y ganadería.

La mayor parte del municipio lo forma el denominado Valle de Celaya, cuyo origen tectónico es producto de las fallas que originaron Norte y Gravens, rellenas de material aluvial, presenta suelos ígneos color gris oscuro de consistencia firme y con textura arcilla-limosa y arcillosa-arenosa, dando lugar a suelos de alta permeabilidad.

Las rocas expuestas en el área corresponden a un periodo que abarca de la era cenozoica. Este último está formado por rocas de edad terciaria y cuaternaria.

## **3.2 Labores culturales**

### **Preparación de terreno**

El objetivo principal es el proporcionar a las semillas un buen ambiente al momento de depositar la semilla sobre el suelo, ya que de una buena preparación

del suelo depende en gran medida el éxito de la germinación primero que nada posteriormente al desarrollo.

### **Barbecho**

Esta es una importante labor con la cual se logra incorporar a la tierra todos los residuos orgánicos procedentes de la cosecha anterior, con ello se consigue la descomposición total de esos residuos y dejar expuesta la capa inferior del suelo a la acción de los agentes climáticos, como resultado la eliminación de un sin número de insectos, hierbas nocivas y microorganismos patógenos.

### **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.

### **Surcado**

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

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

Consto de dos surcos de 5 m de largo con una distancia de 0.85 m entre surcos.

### **Siembra**

Los híbridos experimentales se establecieron 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 segunda etapa antes de la etapa de la 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 acido 2,4-diclorofenoxiacetico (2,4-D).

### **3.3 Variables evaluadas**

El experimento fue establecido en la localidad de Roque, Celaya, Gto. Y este consto de una parcela útil de 2 surcos de 3m de largo y en cada una de estas se tomaron las siguientes variables.

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

**Altura de planta:** En cada una de las parcelas se tomaron 10 plantas al azar y se tomó el dato de altura de planta de cada una de ellas desde la base del suelo hasta la punta de la panoja y se expresó en cm

**Exerción de panoja:** De cada parcela útil se tomaron 10 plantas al azar, midiendo la distancia que hay desde la hoja bandera hasta la base de la panoja y se expresó cm.

**Tamaño de panoja:** En cada una de las parcelas se tomaron 10 plantas al azar y se midió entre la base de la panoja y la punta de la misma expresándolo en cm.

**Peso de 1000 semillas:** Se desgranaron 10 panojas de cada parcela útil, se contaron 1000 semillas y se pesaron en una balanza analítica, y se expresó en gramos.

**Rendimiento de grano:** De las parcelas de 3 metros de largo (parcela útil) se desgranaron y el total de panojas se pesó y se determinó el peso de campo y este se expresó en kg/ha a través de la siguiente fórmula.

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

**Donde:**

F<sub>c</sub>= Factor de conversión

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

S.P.U= Superficie de parcela útil

D.S= Distancia entre surcos

L.S= Largo del surco

### 3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones por tratamiento, la parcela experimental consistió en 2 surcos de 5 metros lineales para la localidad de Roque, Gto.

### Modelo estadístico de bloques al azar

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + E_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

**Donde:**

$\mu$  = media general

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo bloque

$E_{ij}$  = error experimental

## Análisis de varianza de bloques al azar

Tabla de Análisis de Varianza

FV	g.l.	SS	CM	F	$E(CM)$
trat's	$t - 1$	$b \sum_{i=1}^t (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	$SS_{trat}/(t - 1)$	$\frac{CM_{trat}}{CM_E}$	$\sigma^2 + b \sum_{i=1}^t \frac{\tau_i^2}{t-1}$
bloques	$b - 1$	$t \sum_{j=1}^b (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$	$SS_{bloques}/(b - 1)$		
error	$(t - 1)(b - 1)$	$\sum \sum (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2$	$SS_E/(t - 1)(b - 1)$		$\sigma^2$
total	$bt - 1$	$\sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$			

### Comparación de medias

Para obtener los resultados de comparación de las medias los datos se corrieron por el sistema de SAS (Special Air Service) y se utilizó la prueba de Tukey.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Análisis de varianza para días a floración**

En la Tabla 1 se presentan los cuadrados medios para la variable días a floración de los híbridos que fueron evaluados en la localidad Roque, Gto durante 2015.

En el análisis de varianza para dicha variable se puede observar que hubo una significancia al  $P \leq 0.01$  para la fuente de variación de híbridos lo cual indica que hay diferente respuesta genética, así como capacidad de responder al ambiente (temperatura, humedad disponible, fertilización, plagas y enfermedades). Lo anterior indica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de tratamientos y por consiguiente se acepta la hipótesis alternante. En este sentido, Azuara (1999) menciona que el aspecto floración se ve influenciado por efectos de fotoperiodo y temperaturas el cual alargan o acortan el ciclo vegetativo esto concuerda con la información recabada en el experimento evaluado en Roque, Gto. Ya que algunos híbridos llegaron más rápido a su fase reproductiva que otros. Por otro lado, House (1982) menciona factores que intervienen durante la floración (fecha de siembra, manejo del cultivo, y la temperatura). Indica que la floración será diferente debido a que no todas las panículas de un campo florecen al mismo tiempo.

El coeficiente de variación para la variable días a floración fue de 3.57% lo cual indica que los datos son confiables y la media general para la variable en cuestión fue de 87.13cm.

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

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Pr> F
Híbridos	55	1708.4523	31.0627**	<.0001
Repetición	2	48.7261	48.7261 NS	0.0863
Error	110	1069.94	9.72	
Total	167	2827.11		
C.V			3.57%	
Media			87.13cm	

\*\* = Altamente significativo ( $P \leq .01$ ), NS = No significativo, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados y CM = Cuadrados medios.

### Comparación de medias –Días a floración

En la Tabla 2 se ilustra la respuesta que tuvieron un grupo de híbridos que fueron superiores a su media, por mencionar el híbrido 48,37 y 35; e inferiores los híbridos 36,24 y 14. Estos resultados son muy similares a lo encontrado por House (1985) reporta valores para días a floración en sorgo que varían entre 52,4 a 90.5 días, coincidiendo con este trabajo llevado a cabo en Roque, Gto. En el cual los valores fluctuaron entre 82 a 90 días. Por otro lado, Bonilla (2004) menciona que existen genotipos tardíos, intermedios y precoces, estas son características muy importantes que se deben de tomar en cuenta para días a floración y rendimiento de grano ya que, por términos generales, materiales más tardíos son los que rinden más.



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

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
48	94.33	36	83.67
37	93.68	24	83.67
35	93.33	14	83.00
31	93.33	27	82.66
29	92.68	20	82.66
34	91.33	23	82.23
38	91.33	21	82.00
32	90.68	4	82.00
51	90.33	7	82.00
30	90.33	56	82.00
<b>Media</b>	<b>87</b>		<b>87</b>

### **Análisis de varianza para altura de planta**

En la Tabla 3 se presentan los cuadrados medios para la variable altura de planta de los híbridos evaluados en la localidad de Roque, Gto durante 2015.

En dicho análisis de varianza la variable antes mencionada se detectó una significancia al  $P \leq 0.01$  para la fuente de variación de híbridos lo cual indica que hay diferente respuesta genética, así como capacidad de responder a los factores abióticos (nutrientes, profundidad de siembra, humedad disponible, plagas y enfermedades). Lo anterior indica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de tratamientos y por consiguiente se acepta la hipótesis alternante de que al menos dos medias son diferentes. Lo anterior coincide por lo reportado por Paul (1999) quien señala que la altura de planta depende de factores ambientales (temperatura, disponibilidad de agua y la radiación), y que la altura óptima de una planta debe de oscilar en unos 175 cm. Esto es similar a lo reportado por Loya (1986).

Por otro lado, Noé y colaboradores, (2013) mencionan que al evaluar híbridos de sorgo dulce observaron que la mayor altura de planta se registró en las fechas tempranas mientras una disminución en las siembras tardías con intervalos de estas de un mes.

Su coeficiente de variación para la variable altura de planta fue de 7.60% lo cual indica poca variación en los datos y una confiabilidad de los mismos. La media general para días a floración fue de 1.45m.

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

Fuentes de variación				
variación	GL	SC	CM	Pr> F
Híbridos	55	6.3546	0.1155**	<0.0001
Repetición	2	0.1479	0.0739**	0.0033
Error	110	1.35	0.01	
Total	167	7.8526		
C.V			7.60%	
Media			1.45 m	

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

### **Comparación de medias –Altura de planta**

En la Tabla 4 se ilustra la respuesta que tuvieron un grupo de híbridos que fueron superiores e inferiores a la media, siendo los híbridos 22, 23 y 50 así como los híbridos 43,5 y 16, respectivamente. Lo reportado en este trabajo se pudo observar que hay un rango para dicha variable de 1.53 a 2.10 m lo cual no coincide con lo encontrado por Cruz (2005) quienes observaron que hubo pocas diferencias en el crecimiento, el mayor valor para dicha variable fue de 1.61 m y

el menor de 1.51 m. y señalan que la altura de planta está condicionada por el número de entrenudos y la longitud de los mismos.

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

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
22	2.10	29	1.32
23	2.03	33	1.29
50	2.00	31	1.29
25	1.93	14	1.29
3	1.81	4	1.27
26	1.77	40	1.27
32	1.63	19	1.24
21	1.62	16	1.23
27	1.60	5	1.20
7	1.53	43	1.20
<b>Media</b>	<b>1.45</b>		<b>1.45</b>

#### **Análisis de varianza para ejerción de panoja**

En la Tabla 5 se presentan los cuadrados medios para la variable ejerción de panoja de los híbridos que fueron evaluados en la localidad de Roque, Gto durante 2015.

En el análisis de varianza para la variable ejerción se puede ver que hubo una significancia al  $P \leq 0.01$  para la fuente de variación de híbridos lo anterior indica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de tratamientos y por consiguiente se acepta la hipótesis alternante y además nos indica que hay diferente respuesta genética así como capacidad de responder al ambiente (Temperatura, humedad disponible, fertilización, plagas y enfermedades), lo cual

es contrario a lo reportado por Compton (1985) ya que menciona que la variable ejerción de panoja es influenciada por factores genéticos y en menor medida por factores del medio ambiente. La alta significancia observada en los híbridos de este estudio coincide con lo reportado por Gutiérrez (2004) al señalar en su evaluación de tres variedades de sorgo en la que obtuvo efectos altamente significativos para ejerción de panoja y las diferencias en el factor ejerción fueron resultado del tipo de variedad y no por las distintas fechas de siembra. El coeficiente de variación para la variable ejerción de panoja fue del orden de 26.05% lo cual es un poco alto debido a que su error experimental no fue controlado adecuadamente. La media general para dicha variable fue de 17.86 cm.

**Tabla 5. Análisis de varianza para ejerción de panoja de 56 híbridos evaluados en la localidad de Roque, Gto 2015.**

Fuentes de				
variación	GL	SC	CM	Pr>F
Híbridos	55	4724.4523	85.8991**	<.0001
Repetición	2	72.5833	36.29 NS	0.1921
Error	110	2384.0833	21.67	
Total	167	7181.119		
C.V			26.05%	
Media			17.86cm	

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

## Comparación de medias –Exerción de panoja

En la Tabla 6 se ilustra a la respuesta que tuvieron un grupo de híbridos que fueron superiores e inferiores a la media, por mencionar 20,15 y 10 así como los híbridos 50, 51 y 31 que fueron inferiores a su media. Cabe señalar que los híbridos que tuvieron como mínimo 10 cm de exerción de panoja fueron 32, 40, 49, 43 y 22 los mismos que facilitarían la cosecha mecánica y esto coincide con lo reportado por House (1985) quien observo que los sorgos con buena exerción son aquellos que presentan más de 10 cm; por lo tanto en el experimento antes mencionado los híbridos presentan una exerción adecuada para la cosecha mecánica del grano. Por otro lado, Somarriba (1997) señala que la exerción, está controlada genéticamente, pero pueden influir factores ambientales como la deficiencia de agua y así ejercer efectos pronunciados que son de mucha importancia ya que causa dificultades en la recolección mecanizada. Si se tienen plantas con poca exerción al momento de la cosecha ocasiona una mayor cantidad de materia extraña y por consiguiente baja calidad del grano.

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

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
20	29.33	22	13.00
15	26.33	43	12.33
10	25.33	49	12.00
8	25.00	40	11.68
12	24.68	32	10.33
16	24.68	36	9.00
18	24.33	35	8.33
55	24.00	31	8.00
9	23.00	51	7.67
6	23.00	50	3.33
<b>Media</b>	<b>17.86</b>		<b>17.86</b>

## **Análisis de varianza para tamaño de panoja**

En la Tabla 7 se presentan los cuadrados medios para la variable tamaño de panoja de los híbridos evaluados en la localidad de Roque, Gto en el 2015.

Del análisis de varianza se desprende para la variable antes mencionada que hubo significancia al  $P \leq 0.01$  para la fuente de variación de híbridos lo cual indica que hay diferente respuesta genética, así como capacidad de responder al ambiente (temperatura, humedad disponible, fertilización, plagas y enfermedades). Lo anterior indica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de tratamientos y por consiguiente se acepta la hipótesis alternante. Lo anterior es soportado por Gutiérrez (2014) quien observo diferencias altamente significativas para fechas de siembra, variedades y interacción de fechas de siembra x variedades para tamaño de panoja. La mayor longitud de panoja se presentó en la tercera fecha de siembra, seguido de la primera y segunda. La longitud de la panoja fue afectada por los fuertes vientos y precipitaciones ocurridos durante su desarrollo, causando acame de los tallos por lo que las panojas quedaron prácticamente sobre el suelo y estos fueron atacadas por los roedores. En otro trabajo llevado a cabo por Miller (1980) enfatiza que la longitud de panoja está en dependencia de factores ambientales y nutricionales en las que se desarrolla el cultivo.

Por lo que respecta al coeficiente de variación para la variable tamaño de panoja fue de 11.30% lo cual indica que los datos son confiables. La media general para tamaño de panoja fue de 23.62 cm.

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

<b>Fuentes de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Pr&lt;F</b>
Híbridos	55	2631.375	47.8431**	<.0001
Repetición	2	3.3214	1.66 NS	0.7927
Error	110	784.6785	7.13	
Total	167	3419.375		
C.V			11.30%	
Media			23.62cm	

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

### **Comparación de medias –Tamaño de panoja**

En la Tabla 8 se ilustra la respuesta que tuvieron un grupo de híbridos que fueron superiores su media siendo el híbrido 37(31.68 cm) ,43(30.68 cm) y 45(30.68 cm) por mencionar algunos. Esto coincide con lo encontrado por Somarrina (1997) plantea que la longitud de panoja es uno de los componentes de mayor importancia en el rendimiento de grano de sorgo, una sola panoja puede producir de 24 a 100 millones de granos de polen. Las panojas de mayor tamaño tienen un mayor número de espiguillas y por lo tanto un mayor número de granos.

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

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
37	31.68	9	19.22
43	30.68	2	19.67
45	30.68	19	19.33
33	30.33	10	19.33
40	30.00	7	19.33
51	29.68	20	19.33
36	29.00	27	19.00
44	28.68	8	19.00
47	28.33	17	18.33
41	28.33	18	17.67
<b>Media</b>	<b>23.62</b>		<b>23.62</b>

**Análisis de varianza para 1000 semillas.**

En la Tabla 9 se presentan los cuadrados medios para la variable peso de 1000 semillas de los híbridos evaluados en la localidad de Roque, Gto durante 2015. En el análisis de varianza para la variable antes mencionada, se puede ver que hubo una significancia al  $P \leq 0.01$  para la fuente de variación de híbridos lo cual indica que hay diferente respuesta genética, así como capacidad para responder al ambiente (temperatura, humedad disponible, fertilización, plagas y enfermedades). Lo anterior indica que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias de tratamientos y por consiguiente se acepta la hipótesis alternante. Lo anterior es soportado por Bonilla (2004) quien menciona en su trabajo realizado diferencias altamente significativas se infiere que el peso de cada grano de cada uno de los híbridos evaluados vario considerablemente de una repetición a otra, lo cual menciona que era de esperarse ya que el experimento no se desarrolló uniformemente por que estuvo mal atendido en lo referente a los



primeros riegos que fueron muy irregulares, por lo que en partes se desarrolló mucho mejor que otros.

El coeficiente de variación para la variable peso de 1000 semillas fue de 8.65% lo cual indica que los datos son confiables. La media general fue de 29.48 kg.

**Tabla 9. Análisis de varianza para 1000 semillas de 56 híbridos evaluados en la localidad Roque, Gto 2015.**

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Pr>F
Híbridos	55	2852.2912	51.8598**	<.0001
Repetición	2	55.6496	27.82*	0.0163
Error	110	715.7667	6.5	
Total	167	3623.7076		
C.V			8.65%	
Media			29.48 kg	

\*\* = Altamente significativo ( $P \leq .01$ ), NS = No significativo, Gl = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados y CM = Cuadrados medios.

### **Comparación de medias –Peso1000 semillas**

En la Tabla 10 se ilustra la respuesta que tuvieron un grupo de híbridos que fueron superiores e inferiores a la media, por mencionar 50,22 y 32 así como los híbridos 43,45 y 31, respectivamente. En este trabajo los híbridos con mayor peso de 1000 semillas no necesariamente tuvieron los más altos rendimiento de granos por lo tanto esto no coincide por lo reportado por Castañón (1986) quien menciona que la variable peso de 1000 semillas es un componente importante para la estimación de rendimiento de grano ya que entre mayor peso tenga la semilla el rendimiento de grano va a ser mayor, aunque también va a depender

de componentes como riegos y nutrición de las plantas. Y esto último soportado por Ross et al., (1979) observaron correlaciones positivas de rendimiento de forraje con altura de planta y maduración tardía.

**Tabla 10. Comportamiento de 10 híbridos para la variable peso de 1000 semillas por arriba y debajo de la media.**

Híbridos	Superiores	Híbridos	Inferiores
50	40.94	33	26.00
22	37.14	9	25.53
32	36.94	6	25.51
20	36.00	35	25.36
36	35.79	29	24.76
53	35.09	34	24.56
27	34.63	2	24.33
21	34.32	31	22.80
25	34.24	45	22.74
3	34.10	43	19.60
<b>Media</b>	<b>29.48</b>		<b>29.48</b>

### **Análisis de varianza para rendimiento de grano de grano**

En la Tabla 11 se presentan los cuadrados medios para la variable rendimiento de grano de los híbridos que fueron evaluados en la localidad de Roque, Gto durante 2015.

En el análisis de varianza para la varianza para la variable antes mencionada se puede ver que hubo una significancia al  $P \leq 0.01$  para la fuente de variación de híbridos lo cual indica que hay diferente respuesta genética, así como la capacidad de responder al ambiente (temperatura, humedad disponible, fertilización, plagas y enfermedades). Lo anterior indica que se rechaza la

hipótesis nula de igualdad de medias de tratamientos y por consiguiente se acepta la hipótesis alternante. Lo anterior es similar a lo reportado por Castañeda (2015) al evaluar 6 híbridos de sorgo para grano en la localidad de General Cepeda, Coahuila quien encontró diferencias altamente significativas para la variable rendimiento de grano. Además (Compton) menciona que el rendimiento de grano de grano es el producto de número de espigas por unidad de área de terreno y peso por grano. El número de granos esta frecuentemente correlacionado con el rendimiento de grano final del grano y está influenciado por el número de espiguillas por inflorescencia, florecillas por espiguilla y por la proporción de florecillas que llegan a producir el grano.

Esterrri y colaboradores (2005) Mencionan que para el cultivo del sorgo es muy importante que se lleve a cabo el proceso de fotosíntesis durante el periodo de llenado de grano para así obtener altos rendimiento de granos al momento de la cosecha.

El coeficiente de variación para la variable rendimiento de grano de grano fue de 19.77% lo cual indica que los datos son confiables. La media general para rendimiento de grano fue de 10.76 ton/ha.

**Tabla 11. Análisis de varianza para rendimiento de grano de 56 híbridos evaluados en la localidad de Roque, Gto 2015.**

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Pr>F
Híbridos	55	733.2729	13.3322**	<.0001
Repetición	2	12.1379	6.0689NS	0.2664
Error	110	498.6581	4.53	
Total	167	1244.0691		
C.V			19.77%	
Media			10.76 ton/ha	

\*\* = Altamente significativo ( $P \leq .01$ ), NS = No significativo, GL = Grados de libertad, SC = Suma de cuadrados y CM = Cuadrados medios.

## Comparación de medias –Rendimiento de grano

En la Tabla 12 se presenta la respuesta que tuvieron un grupo de híbridos que fueron superiores e inferiores a la media, por mencionar 28 (14.70) ,52(14.21) y 41(14.07) así como los híbridos 23(3.03) ,24(7.41) y 51(7.54), respectivamente. Lo anterior coincide con lo observado por Saucedo (2008) quien señala que la altura de planta es variable y de acuerdo a la altura se obtendrán mayores rendimientos de grano. Los mayores rendimientos de granos se obtienen con alturas entre 150 y 175 cm.

**Tabla 12. Comportamiento de 10 híbridos para el variable rendimiento de grano por arriba y debajo de la media.**

<b>Híbridos</b>	<b>Superiores</b>	<b>Híbridos</b>	<b>Inferiores</b>
28	14.70	14	8.87
52	14.21	50	8.52
41	14.07	4	8.31
37	13.66	7	8.10
26	13.38	15	7.90
35	13.31	21	7.90
31	13.31	27	7.57
29	13.10	51	7.54
6	13.10	24	7.41
49	12.87	23	3.03
<b>Media</b>	<b>10.76</b>		<b>10.76</b>

## V. CONCLUSIONES

En este estudio se observó una alta significancia ( $P \leq .01$ ) para días a floración, altura de planta, rendimiento de grano, entre otras variables de los 56 híbridos experimentales evaluados en la localidad Roque, Gto 2015.

En base a datos promedio de rendimiento de grano los mejores híbridos fueron 28 (14.70 t/ha), 52 (14.21 t/ha) y 41(14.07 t/ha) así como los de menor rendimiento de grano 3 (3.03 t/ha), 24 (7.41 t/ha) y 51 (7.54 t/ha).

Para días a floración los híbridos que tuvieron un comportamiento menor a la media fueron 56 (82.00 días), 14(83.00 días) y 24(83.67 días), y aquellos que fueron superiores a la media para dicha variable y que se consideran como tardíos fueron los híbridos 48 (94.33), 37 (93.68) y 35 (93.33).

Los híbridos evaluados y sobresalientes por su altura de planta fueron 27(160 cm), 21 (162 cm), 32(163 cm) y 27 (177 cm), los rangos anteriores son adecuados para facilitar la cosecha mecánica de acuerdo a lo reportado una de la cantidad de investigadores.

El rango para la variable ejerción de panoja fue de 29.33 cm-3.33 cm, los híbridos que superaron a la media de dicha variable fueron 20 (29.33 cm), 15 (26.33 cm), 10 (25.33 cm) y 8 (25.00 cm) y aquellos que fueron inferiores a la media 50 (3.33 cm), 51 (7.67), 31 (8.00 cm) y 35 (8.33 cm). Los híbridos que más se recomiendan en cuanto a su ejerción de panoja son aquellos con valores alrededor de 10 cm. Por lo que respecta al tamaño de panoja se observó un valor de máximo de 31.68 cm y un mínimo de 17.67 cm. Sobresaliendo los híbridos 37 (31.68 cm), 43 (30.68 cm), 33 (30.33 cm) y 40 (30.00 cm) mientras que los híbridos inferiores a la media fueron 18 (17.67 cm), 17 (18.33 cm), 8 (19.00 cm) y 20 (19.33 cm).

Los híbridos con mayor peso de 1000 semillas y que superaron a la media fueron 50 (40.94g), 22 (37.14g), 32 (36.94g) y 20 (36.00g) y los de menor peso y que estuvieron por debajo de la media 43 (19.60g), 45 (22.74g), 31 (22.80g) y 2 (24.33g). Esta variable está muy asociada con rendimiento de grano por lo que se desea híbridos con mayor peso de grano ya que por lo general esto se da los que tengan mayor rendimiento.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Azuara, F. J. 1999. Evaluación de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con Potencial para la Alimentación Humana. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, MEX.
- Bonilla, G.E. 2004. Evaluación de Híbridos Experimentales de Sorgo (*Sorghum bicolor*. Moench), en la Región del Bajío. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, MEX.
- Castañeda-Bravo, J. L. 2015. Comportamiento Agronómico de 6 Híbridos Experimentales de Sorgo para Grano (*Sorghum Bicolor* L. Moench). Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila MEX.
- Castañón, M., M.D. 1986. Estudio de Correlaciones Genotípicas y Parámetros de Estabilidad en 10 materiales de Sorgo para Grano (*Sorghum Bicolor* L. Moench). Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, MEX.
- Compton, L.P. 1990. Agronomía del Sorgo. Programa de Mejoramiento de Sorgo del ICRISAT para América Latina p 20 /p 151.
- Cruz, A. B. O. 2005. Rendimiento de Tres Cultivos de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis de Licenciatura. UNA. Managua, Nicaragua.
- Diferentes Genotipos y Fenotipos. 2017. Citado el 16/11/17., disponible en: [https://www.fenotipo.com/diferencias\\_entre\\_genotipo\\_y\\_fenotipo](https://www.fenotipo.com/diferencias_entre_genotipo_y_fenotipo)

- Esterri, J. E., R, F Martínez., O. Valentinuz, y M. G Díaz. 2005. Desarrollo y Determinación del Rendimiento de Genotipos de Sorgo Granifero ante Cambios en la Oferta de Nitrógeno. INTA Paraná. Argentina.
- Gallegos, Moreno, Tomas. Formación de Variedades e Híbridos de Sorgo para Riego y Temporal S/F.
- González, A.T. 1961. Experimentación Sobre el Cultivo de Sorgo en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 160 p.
- Gutiérrez, P.N. 2004. Caracterización del Fotoperiodo y Agromorfología de 14 Variedades de Sorgo Millon (*Sorghum Bicolor L. Moench*) en Tres Épocas de Siembra. Trabajo de Diploma. Managua, Nicaragua.
- 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.
- Ibar, 1984. El sorgo. pp. 5-6. Cultivo y aprovechamiento (Ed.) AEDOS.
- Inifap, S/F. Tecnología de Producción para el Cultivo de Sorgo Grano de Temporal en la Huasteca de San Luis Potosí.
- Loya, R.H. 1986. Estudio Comparativo de 8 Características en Sorgo para Grano Bajo 2 Ambientes Riego y Temporal. Tesis profesional. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah., México.



- Miller F.R & D.K, Barnes 1980. Crecimiento y Desarrollo del Sorgo. En Producción y Protección Vegetal. Introducción al CIP.135 p.
- Moreno, Félix, Guadalupe, José. 2017. Guía del Cultivo de Sorgo para Grano en el Norte de Sinaloa.
- Paul, Campton. L. Agronomía del Sorgo. ICRISAT, Patancheru, India, 1999. 301 p.
- Pérez, A., O. Saucedo., J. Iglesias., H.B. Wencomo., F. Reyes., G. Oquendo., & I. Milián., (2010). Caracterización y Potencialidades del Grano de Sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pastos y Forrajes. Agronomía-Universidad Central de Las Villas. Villa Clara
- R, House, Leland, 1982. El Sorgo. Guía Para su Mejoramiento Genético. Pp.30.
- Rodríguez, A.N. 2006. Agricultura Urbana: Una expresión de la Agricultura Agraria Cubana. En: Las Investigaciones Agropecuarias en Cuba Cien Años Después. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. p. 115.
- Somarriba, R.C 1997. Granos Básicos, Texto Básico. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua.
- Variedades de sorgo. 2018. Citado el 17/02/18., Disponible en [https://www.botanical-online.com/sorgo\\_variedades.htm](https://www.botanical-online.com/sorgo_variedades.htm)
- Vitale, J.D. *et al.* 1998. Expected effects of devaluation on cereal production in the Sudanian region of Mali. *Agricultural Systems*. 57 (4):489 p.
- Ross,W.M., H. J. Gorz., F.A. Haskins and K.D. Kofoid. 1979. Combinin Ability in Forage Sorshum Hybrids. *Maydica* XXIV: 83-93.

## VII. APÉNDICE

**Anexo 1. Genealogía de los 56 híbridos de sorgo los mismos que fueron evaluados en Roque, Gto durante 2015.**

<b>ENTRA. No.</b>	<b>GENEALOGIA</b>
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

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

