

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**  
**DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**



**Evaluación de la Interacción Genotipo Ambiente de 46 Genotipos de  
Sorgo Escobero (*Sorghum bicolor* L. Tecnicum) en las Localidades de  
Zaragoza y General Cepeda, Coahuila.**

**Por:**

**ETELBERTO CORTEZ QUEVEDO**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de**

**INGENIERO EN AGROBIOLOGIA**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Junio del 2012**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación de la Interacción Genotipo Ambiente de 46 Genotipos de Sorgo  
Escobero (*Sorghum bicolor* L. Tecnicum) en las Localidades de Zaragoza y  
General Cepeda, Coahuila.

Por:

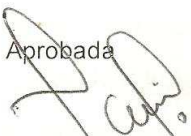
**ETELBERTO CORTEZ QUEVEDO**

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

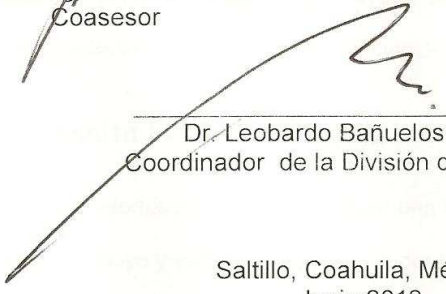
**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

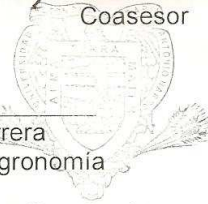
Aprobada

  
Dr. Armando Rodríguez García  
Asesor Principal

  
M.C. Luis Ángel Muñoz Romero  
Coasesor

  
Ing. Alfredo Fernández Gaytán  
Coasesor

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.  
Junio 2012

## DEDICATORIA

### A nuestro dios

Quien me tendió su mano a mí en cada paso que di para llegar a la culminación de este gran paso en mi vida, porque me alentó con cada examen aprobado con la satisfacción de pasar otro semestre, a ti mi dios porque sin ti esto no fuera posible te amo y agradezco de corazón todo lo que haces por mí.

### A mi mamá (Rosenda Quevedo Sánchez □)

Ante los ojos de un hijo su madre es dios, una frase que nunca voy olvidar que escuche viendo una película de terror, mi mamá siempre ha sido y siempre va ser mi apoyo incondicional para sostener toda la estructura que le forma a la vida que estoy edificando siempre fue mi apoyo siempre supe que todo iba salir bien porque siempre estás conmigo, te amo mi mamita hermosa y no sabes la falta que me haces, y esta satisfacción es por ti y es tuya mi mamita porque tú fuiste mi inspiración y mi razón para cada día durante toda la carrera y para todo lo que soy.

### A mi papá (Etelberto Cortes Solórzano)

Quien me ha enseñado a esforzarme por lo que quiero quien con sus consejos y sabias palabras me ha orientado a seguir en la misma línea sin desviarme, tengo tanto que agradecerte padre porque tu confianza en mí ha sido una fortaleza.

### A mi hermanita hermosa (Beatriz Adriana Cortes Quevedo): No

hay duda de lo afortunado que soy de tener una hermana tan maravillosa que me brinda todo su apoyo y todo su amor esto va por ti hermanita te amo y así como se que siempre estas para mi, así yo para ti.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi *alma-terra-mater* por darme los ingredientes de mi formación.

Agradezco en gran manera al Doctor *Armando Rodríguez García* por su apoyo en esta investigación.

Gracias a la maravillosa esposa que mi papá encontró *Columba Rodríguez* quien se ha convertido en una señora digna del lugar que ocupa en mi hogar tengo tanto que agradecerle por sus múltiples consejos por sus palabras de exhortación dios la bendiga.

Agradezco en gran medida a mi bebita hermosa *Sherly Jazmín Cortez Solórzano* te amo mi princesita hermososotota.

Gracias a mi hermanito *Germán Valero Rodríguez* por darme dinero cuando se lo pedía, por acompañarme y estar conmigo cuando lo necesitaba.

Gracias a mis primos que mas que primos son hermanos, que me han demostrado su apoyo incondicional cada vez que los he necesitado sobre todo a mi primita *Zuri Saday y Eslit*, que son mis dos grandes pilares, pero eso no deja atrás a *Alfonso, Gustavo, Rubén, Garmi, Fernando*.

Gracias a mi *D.A.M.B* por sus regaños cuando la pereza me invadía por su amor puro e incondicional que me llena de dicha y placer ☺ te amo vida mía y tengo más que darte las gracias.

Agradezco tanto a mi amiguita-hermanita *Sandra Coronilla Carrillo*, quien sin duda alguna es una mujer llena de fortalezas que me reafirmo que querer es

poder y lleno de ambición mis ganas de ser mejor cada día te quiero mucho San y siempre vas a contar conmigo.

Gracias a mis amigos *Leticia Casiano Victoriano* y a *Víctor Manolo Jiménez*, que han sido parte importante durante todo el desarrollo de mi carrera que me han brindado su amistad y su apoyo durante todo este tiempo.

Agradezco a *Diana Belén, Nazario, Alma, Ofelia, Ana Mancilla, Viridiana, Lupita Ponce, la Betty Negrete, Vicky, Angy, la Carmen (Oli-tkm), a mi karlita (chimbus), Ricardo. Y a mis amigos más recientes Josué Fonseca, Alejandra Lizardi, y Angelito.* Por ser factores de gran importancia en mi desarrollo profesional, brindándome su amistad.

Sin olvidar a mi *Kamelia (María del Carmen Nelly Andrade Ayala)* la mujer perfecta que algún día tuve y deje ir te debo demasiado fuiste y has sido la única niña que me ha complementado totalmente acaparando todo de mi nunca te voy olvidar mi *Kamelia DTB*.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>I.INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
Origen y Distribución Geográfica de Sorgo Escobero.....	4
Descripción Botánica del Sorgo Escobero.....	6
Usos del Sorgo Escobero.....	7
Variedades de Sorgo Escobero.....	8
Producción de Sorgo Escobero.....	9
Superficie Cultivada en México .....	10
Principales Estados Productores de Sorgo Escobero.....	11
Época de Siembra.....	13
Riegos y Calendarización.....	13
Preparación de Terreno.....	15
Cosecha.....	16
Calidad de Fibra.....	16
Adaptabilidad del Sorgo Escobero.....	17
Aspectos Económicos.....	18
Interacción Genotipo Ambiente.....	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
Descripción de las Áreas de Estudio.....	22
Material Genético.....	25

Preparación del Terreno.....	26
Siembra.....	26
Fertilización.....	26
Labores Culturales.....	27
Cosecha.....	27
Variables Evaluadas.....	27
Análisis de Varianza.....	28
Análisis de Interacción Genotipo-Ambiente Mediante Modelo AMMI.	29
<b>IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
Análisis de Varianza.....	30
Interacción Genotipo Ambiente.....	34
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
Cuadro 2.1.	Rendimiento de los tipos de sorgo en México 2010.....	10
Cuadro 2.2.	Principales estados productores de sorgo escobero en México.....	11
Cuadro 2.3.	Producción de sorgo escobero y sorgo forrajero verde en Coahuila del 2010.....	12
Cuadro 3.1.	Forma del análisis de varianza de bloques al azar combinado.....	28
Cuadro 4.1.	Análisis de varianza de las variables longitud total, longitud de fibra y longitud de pedúnculo.....	30
Cuadro 4.2.	Cuadrados medios y significancias del análisis de estabilidad a través de pruebas de AMMI de tres variables de sorgo escobero.....	34
Cuadro 4.3.	Cuadrados medios, significancia y % de varianza acumulada de los componentes principales de la prueba de AMMI en sorgo escobero.....	35
Cuadro 4.4.	Concentración de datos de los biplots del primer componente y cada una de las variables de sorgo escobero.....	36



## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 4.1.	Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud total y el primer componente.....	36
Figura 4.2.	Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud de fibra y el primer componente.....	37
Figura 4.3.	Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud de pedúnculo y el primer componente.....	37
Figura 4.4.	Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud total.....	38
Figura 4.5.	Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud de fibra.....	39



## I. INTRODUCCION

El cultivo de sorgo en nuestro país reviste gran importancia dentro de los cultivos básicos de nuestra agricultura, tanto por la superficie sembrada, como por ser la principal materia prima para la industria de alimentos balanceados, así como en la producción de forraje en la cadena productiva de transformación-consumo.

En nuestro país la mayor producción nacional de sorgo se concentra en pocos estados, con fechas de siembra bien definidas, no obstante que es un cultivo que prácticamente se siembra en todo el país, en términos de ubicación geográfica, alrededor del 85% de las cosechas anuales se obtienen en solo cinco estados de la república, que en orden de importancia son: Tamaulipas (36.23%), Guanajuato (23.18%), Michoacán (11.18%), Jalisco (7.68%), y otros (15.62%).

Los tipos de sorgo se diferencian según el producto final que se obtiene de ellos, aunque el objetivo siempre es conseguir cosechas de alto rendimiento que permita el aprovechamiento de toda la planta; existen tres tipos de sorgo clasificados como sorgo para grano el cual se utiliza para la alimentación animal y humana, el sorgo forrajero el cual se destina toda la planta a la alimentación animal ya sea como pastoreo directo o ensilaje y finalmente el sorgo escobero conocido también como sorgo papelero o zahína útil en la manufactura de escobas.

El sorgo escobero es una especie cultivada, que es originaria del oriente de África, en las regiones del Sudan y Etiopía, esta especie fue descrita botánicamente en Italia en el siglo XVI; clasificándose morfológicamente como una planta que produce una panoja nudosa.

Aserca (1997) Menciona que el sorgo escobero es una especie con mayor precocidad y resistencia, y cuya espiga es utilizada en la elaboración de las escobas. La identidad que destaca a nivel nacional en la producción de dicha especie en Coahuila con cerca del 60% del total durante el año agrícola de 1995, seguido por Michoacán y Durango.

En nuestro país los principales problemas de producción agrícola en la mayoría de los cultivos incluyendo el sorgo escobero son la irregularidad y escasez de las lluvias, la baja fertilidad de los suelos, el bajo acceso a los insumos, los daños causados por plagas. Además, los productores cuentan con muy pocas variedades adaptadas a estas condiciones, que presenten las calidades de grano, rastrojo y fibra adecuadas a los usos locales, comerciales e industriales.

La fibra del sorgo escobero es utilizada por la industria comunal y constituye un recurso que representa una opción para la diversificación, para el mejor y mayor uso de las áreas marginales agrícolas del país.

## **Objetivos**

Evaluar en 46 genotipos sobresalientes de sorgo escobero, tres variables agronómicas; longitud total de la espiga, longitud de fibra y tamaño de pedúnculo.

Evaluar la interacción genotipo ambiente de 46 genotipos.

Seleccionar genotipos sobresalientes considerando las variables en mención y la interacción genotipo-ambiente de dichos materiales.

## **Hipótesis**

Entre los genotipos evaluados existe una gran variabilidad en relación con las tres variables agronómicas mencionadas.

Algunos genotipos muestran interacción genotipo ambiente.

Entre los genotipos evaluados es posible seleccionar genotipos sobresalientes que se adaptan mejor a los diferentes ambientes.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen y Distribución Geográfica del Sorgo Escobero

Alba y Villareal (1979). Expresan que no se ha determinado el centro del origen primario del sorgo del tipo escobero, pero diversos estudios manifiestan que la región norte central del continente africano es probablemente dicho centro, continuando su distribución a través de la india, China, difundiéndose posteriormente hacia Europa y América. A partir del ecuador terrestre y comprendidos dentro de los 20 a 40 grados de latitud norte y sur, se encuentran los desiertos de las zonas semiáridas distribuidas en los cinco continentes, formando el límite natural de distribución de la especie. Estas regiones presentan condiciones ecológicas características, siendo posible suponer que, mediante la selección natural, se formó una especie con la particular habilidad de resistir y sobrevivir en condiciones de baja humedad y alta temperatura.

Weibel (1975). Refiere que en los países que rodean el mar mediterráneo, se realizó sin duda una selección de estos tipos, puesto que la planta de sorgo para escobas fue descrita por primera vez en Italia en siglo XVI.

El sorgo escobero es originario de Asia y África, se difundió por toda Europa y luego en la colonización inglesa llegó a Estados Unidos en el siglo XVII y de ahí fue traído a México.

Villareal (1969). Reporta que el sorgo escobero fue introducido al continente americano por Benjamín Franklin en el año de 1725, el cual lo traslado de Inglaterra hacia Estados Unidos, distribuyéndose relativamente rápido a Nueva Inglaterra, Virginia y Massachusetts, siendo así que para 1779 se fabricaron las primeras escobas, creciendo rápidamente la industria, ya que para el año de 1810 las fabricas alcanzaron una producción de 70, 000 escobas. La utilización de la fibra además de la fabricación de las escobas, es aprovechada para producir celulosa.

Se dice que el sorgo descende por selección de un sorgo melacero, por acortamiento del raquis principal, y alargamiento de las ramificaciones de la panoja. Este proceso se ha desarrollado en Italia, donde la paja de guinea (sorgo escobero) es utilizado desde hace algunos siglos para la fabricación de escobas.

En México, el sorgo escobero se siembra en las zonas semidesérticas localizadas al norte del país, ya que es un cultivo que tolera altas temperaturas y bajas precipitaciones pluviales, para producir sólo se requiere de 350 a 450

milímetros de lluvia, también se puede sembrar bajo condiciones de riego alcanzado mejores rendimientos.

En México el primer cultivo comercial de sorgo escobero, para su propia fábrica, fue sembrado por don Eugenio Serrano, en el estado de Nuevo León, en el año de 1886. De donde se extendió a las zonas semidérticas localizadas hacia el norte de Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas, Sonora y Sinaloa; donde se obtiene una producción que satisface el consumo nacional, quedando un excedente que es exportado hacia Estados Unidos, Canadá y Guatemala.

### **Descripción Botánica del Sorgo Escobero**

Villareal (1969), Considera que el sorgo de escoba es una planta anual, robusta, de 0.90 a 1.40 m de altura, de tallos pajizos; su inflorescencia es una panícula grande, laxa de numerosas ramas, compacta que presenta espiguillas pequeñas con aristas prontamente deciduas; los entrenudos del raquis son aplanados a redondos; presenta las florecillas en pares, una sésil y perfecta, y otra pedunculada y estaminada con articulaciones abajo de las glumas; el fruto es una cariopsis de semillas pardo-rojizas; presenta un sistema radicular superficial de gran poder absorbente; las hojas tienen la capacidad de enrollarse en época de sequía para compensar el bajo abastecimiento de agua, o a su excesiva pérdida por evapo-transpiración. Se le describe como una planta sexual por reproducirse por semillas. Monoica por encontrarse el androceo y gineceo en la misma planta. Hermafrodita por contener el androceo



y gineceo en la misma flor. Incompleta por carecer de una de las estructuras del perianto floral. Perfecta por encontrarse flores que tienen los dos órganos sexuales en la misma flor. En las flores el androceo y gineceo se encuentran rodeados por las glumas, total o parcialmente. Las flores abren durante las horas de la mañana. La cariopsis posee una semilla seca, el fruto es indehisciente, con la cubierta de la semilla adnada a la pared del fruto, el cual deriva de un ovario súpero unilocular.

### **Usos del Sorgo Escobero**

Carter *et al.* (1990) Mencionan que la longitud de la fibra de la panícula del sorgo escobero es utilizada para hacer escobas. De una tonelada de fibra se pueden hacer entre 80 y 100 docenas de escobas. Una escoba de alta calidad es la que tiene fibra de color verde natural y se evita la decoloración de escobas. Las escobas deben ser resistentes, suaves y miden aproximadamente 50cm. Otro tipo de escobas se consideran de mala calidad. Los tallos de la planta de sorgo escobero tiene poco valor forrajero. La semilla madura es similar a la semilla de avena desde el punto de vista alimenticio.

La fibra de la panoja se emplea para la fabricación de escobas para uso domestico, escobas industriales, escobillas, escobas para chimenea y cepillos, y la semilla se utiliza como alimento para aves y forraje para ganado. Los granos de sorgo constituyen un gran alimento en el engorde de ganado bovino, porcino y aviar; los granos deben ser previamente preparados y molidos para

favorecer su digestibilidad. La fibra de la panoja antes de ser utilizada se humedece y se blanquea en cámaras cerradas en las que se quema con azufre. Con una tonelada se fabrican de 800 a 1000 escobas. Sus tallos se pueden utilizar como base para la fabricación de papel.

### **Variedades de Sorgo Escobero**

Weibel (1975). Menciona que las variedades comerciales de este sorgo pueden dividirse en dos grupos de diferentes características morfológicas. Un grupo comprende variedades de gran altura, comunes. Tienen entrenudos más largos que las vainas y pedicelos largos con panojas que se excerta total o parcialmente de la vaina. En las cosechas, las panojas de estas variedades normales se cortan, ya sea de los tallos en pie o bien cuando son demasiado altos, después de rotos o tableados. El otro grupo está compuesto por variedades de menor altura (enanitas) que tiene vainas superpuestas y pedicelos cortos; esto determina que las panojas no se exerjen, aunque las plantas son lo suficientemente bajas en la cosecha, como para que las panojas sean arrancadas y no cortadas.

También se pueden clasificar como, variedades tipo española negra de porte alto y buena calidad de fibra, variedades rennels-11 y dex, con plantas de porte bajo, que produce fibra fina de alta calidad y variedades hurl, de fibra larga y que produce la semilla en los extremos de la panoja.

Las fibras pueden dividirse en dos tipos generales: largas y finas, con pocas semillas en las puntas, denominado hurl, que se usa para parte externa de las escobas. El otro tipo puede tener la misma longitud o menos, pero tiene ramificaciones y semillas a lo largo del tercio o de la mitad del extremo distal de las fibras y se puede usar tanto para la parte interna como externa de la escoba.

### **Producción de Sorgo Escobero**

Debido a la preferencia del consumidor por productos naturales, el mercado de las escobas de fibra de sorgo escobero ha crecido en forma importante, ya que aprecian su duración y funcionalidad, por lo que existe la oportunidad de fomentar la producción de sorgo escobero para cubrir la demanda de materia a la industria de la escoba.

La producción de sorgo de escoba se produce en algunos países europeos, así como en México, Australia y en Sudamérica, Argentina, Brasil, Uruguay, Chile y Perú. Algunos países de Asia y de África lo cultivan, y también realizan experimentos, según lo indican los numerosos pedidos de semilla. El valor de la planta reside en su panoja parecida a un cepillo.

Es importante considerar que los bajos niveles de producción, son consecuencia de un deficiente manejo del cultivo principalmente en lo que se

refiere a la utilización de semilla de siembra de procedencia no determinada, deficiente utilización de fertilizante, dado que el fósforo por lo general no se utiliza y generalmente solo se fertiliza con nitrógeno, además el control de plagas que se realiza en forma deficiente por lo que el rendimiento y la calidad de la producción resulta con decremento de consideración, lo que repercute en una baja productividad del cultivo.

### Superficie Cultivada en México

En el cuadro 2.1. Se presenta la producción de sorgo escobero en el país del año 2010, en los ciclos primavera –verano y otoño-invierno en la modalidad de riego y temporal de los tipos de sorgo como son sorgo de grano, forrajero y escobero.

Cuadro 2.1. Rendimiento de los tipos de sorgo en México del 2010.

Cultivo sorgo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Coscha (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Prod. (Miles de pesos)
Escobero	11, 544.39	9,914.39	28,596.17	2.88	3,216.64	91,983.51
Forrajero	215,617.75	210,571.15	4,620,516.50	21.94	439.55	2,030,965.71
Grano	1,888,731.971	768,382.256	940,224.75	3.92	2,269.78	15,726,803.59

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON)

## Principales Estados Productores de Sorgo Escobero

Los estados que se han distinguido en la producción de sorgo escobero son: Nuevo León, Coahuila, Durango, Tamaulipas, Sinaloa y en menor escala figuran Michoacán, Nayarit y Guerrero. Su ciclo vegetativo es de 95 a 100 días, con rendimiento de 0.6 a 1.2 toneladas de espigas por hectárea bajo condiciones de temporal y en riego de 2.5 a 3.0 toneladas por hectárea, su precio se determina por el tamaño de la fibra, clasificándose como chica a la fibra de 40 a 55 centímetros y grande de 55 a 70 centímetros.

En Cadereyta Jiménez, Nuevo León, se localiza la mayor concentración de fábricas de escobas de sorgo escobero que abastecen al mercado nacional y al de exportación, principalmente hacia Estados Unidos y en menor cantidad a Canadá, España, Reino Unido, Australia, Irlanda e Italia.

Cuadro 2.2. Principales Estados productores de sorgo escobero en México.

Estado	Año	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Rendimiento ton/ha
Tamaulipas	2000	733	505	3.266
	2001	727	448	1.719
	2002	586	253	2.076
Sinaloa	2000	4033	4029	1.824
	2001	3405	3396	1.424
	2002	2217	2213	2.189
Michoacán	2000	906	906	4.985
	2001	1033	1033	5.731

Fuente: Centro de Información Estadístico Agroalimentaria.

En el cuadro 2.3. Se presenta la superficie sembrada y cosechada, volumen y valor de la producción agrícola de sorgo escobero y sorgo forrajero en el estado de Coahuila del año 2010.

Cuadro 2.3. Producción de sorgo escobero y sorgo forrajero verde en Coahuila Durante el 2010.

Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Volumen (Ton)	Valor (Miles de Pesos)
Sorgo Escobero	6 423	5 597	19 566	50 909
Sorgo Forrajero Verde	36 604	35 508	1 127 667	439 135

Fuente: SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Vásquez (2003). En la región lagunera la producción de sorgo escobero se realiza en el sector ejidal y en la pequeña propiedad , destaca con mayor superficie sembrada el sector ejidal, donde se siembra con agua de bombeo y con agua de gravedad, registrándose en un periodo de cuatro ciclos, variaciones en áreas de bombeo entre 1 643 a 2 116 hectáreas con producciones totales de 6 306 a 8 872 toneladas; En tanto que en gravedad la superficie fluctúa entre 2485 y 5491 hectáreas sembradas, con volúmenes de producción de 9714 a 23552 toneladas; Los rendimientos promedio en bombeo varían de 3930 a 4650 Kg/Ha, y en gravedad de 3900 a 4346 Kg/Ha. En la pequeña propiedad la superficie sembrada por año es menor, sin embargo los rendimientos unitarios son mayores, como en el ciclo 1999, donde se produjeron 6240, Kg/Ha.

## **Época de Siembra**

Martin y Washburn (1951). Mencionan que al realizar la siembra en fecha apropiada, favorece el desarrollo del cultivo en condiciones climáticas propias para un mejor aprovechamiento de la radiación y de temperaturas, esperándose una mayor respuesta en la producción de materia seca, lo que implica un mayor rendimiento económico; al sembrar fuera de época, trae como consecuencia problemas con mayor infestación de plagas y posibilidades de daño por bajas temperaturas ya sea inicio o al final del ciclo del cultivo, por lo que es importante sembrar en época de primavera, en el periodo comprendido entre el primero y el treinta de abril, sin embargo es posible iniciar a sembrar a partir del 15 de marzo. En verano el periodo óptimo de siembra comprende del primero de junio al quince de julio. Un retraso en siembras de verano conduce a la obtención de bajos rendimientos debido a la menos formación y llenado de la semilla.

## **Riegos y Calendarización**

Sharma y Neto (1986). Afirman que el sorgo se desarrolla eficientemente tanto bajo condiciones de temporal como bajo diferentes déficit de riego.

SARH (1977). Menciona que para satisfacer las necesidades de la planta durante las primeras etapas de desarrollo, es necesaria la aplicación del riego de presiembrado, este riego debe realizarse entre 12 y 15 días antes de la fecha de siembra programada, la lámina de riego indicada es de 18 a 20cm. El volumen de agua total para satisfacer las necesidades del cultivo es

aproximadamente de 56cm la lámina, de la cual se aplican 20cm en el riego de presembrado y 12cm aproximadamente para cada uno de los tres riegos de auxilios.

Para la distribución de los riegos de auxilio, es importante tomar en cuenta las diferentes etapas de desarrollo del cultivo, de tal forma que la aplicación de cada auxilio coincida lo mejor posible con etapas críticas de desarrollo.

La aplicación de riego al inicio o durante la etapa de diferenciación de órganos reproductivos, conocida como etapa de encañe, permite a la planta disponer del agua suficiente para lograr diferenciar en forma adecuada sus órganos reproductivos, como son panoja y grano. El segundo riego de auxilio coincide con el inicio de emergencia de panojas; la aplicación de este riego permitirá a la planta una producción abundante de polen y un desarrollo y crecimiento de la fibra de la panoja, así como la formación de grano. La aplicación de un tercer riego de auxilio, favorece al cultivo para un completo llenado de grano.

El sorgo escobero ofrece la posibilidad de obtener una segunda cosecha a partir de la misma siembra, por lo que después de la primera cosecha es necesaria contra el esquileo y sacarlo del terreno, de tal manera que se permita un adecuado rebrote de yemas y sea posible la realización de labores



de cultivo y fertilización. En cuanto a riego, es importante considerar la aplicación de un riego a los 40 o 45 después del tercer riego aplicado y posteriormente debe suministrarse agua a los 25 o 30 días después cuarto auxilio, suficiente para lograr obtener una segunda cosecha.

### **Preparación del Terreno**

El sorgo escobero es un cultivo que se adapta a diferentes tipos de suelo, de textura que va de arenosos hasta arcillosos, sin embargo prospera mejor en suelos francos con buen drenaje y buena fertilidad.

CIAN (1979). Menciona que la preparación de terreno en forma adecuada permite un buen establecimiento del cultivo, esperando lograr mejores resultados en la producción, primeramente es importante realizar un barbecho profundo para incorporar materia orgánica para mejorar la estructura del suelo e incrementar su nivel de fertilidad; esta actividad además permite la intemperización del suelo para reducir la infestación de plagas que invernan en los residuos de cosecha, exponer raíces y semillas de maleza, a las bajas temperaturas de invierno, lográndose con esto un terreno para siembra con menor índice de infestación de plagas y melaza. Para uniformizar la superficie del terreno se requiere un rastreo doble en seco, lo que facilita la nivelación del terreno y el trazo del riego, lo que permite la aplicación uniforme de laminas de riego, y una eficiencia en el uso del recurso agua, en el volumen y tiempos de riego, lo que permite establecer la población esperada de plantas, así como uniformidad en el crecimiento y desarrollo de la planta.

## **Cosecha**

De acuerdo con Weibel (1975) la cosecha del sorgo escobero, es una de las actividades que debe realizarse en un punto preciso, ya que de ese punto depende el beneficio que el productor tenga el momento de vender su producto, y por otra parte, las ventajas que logra el fabricante de escobas.

La recolección de la fibra se realiza cuando el grano se encuentra en estado masoso y la fibra presenta un color verde alimonado, aproximadamente esta actividad se realiza a los 100 días a partir de la siembra, mientras que una segunda cosecha es posible hacerla 75 días después.

## **Calidad de Fibra**

La cantidad y calidad de fibra producida es el factor más importante en la selección de variedad de sorgo escobero. Para determinar la calidad de fibra las panículas se clasifican en dos clases, basadas en la utilización que se le da. La primera clase de panículas fue *hurl* y esta consiste de fibras largas y finas con pocas semillas en las puntas sin cabo central. Se usa esta fibra para la parte externa de la escoba y naturalmente son de mejor calidad y tiene mejor precio. La segunda clase *self working* puede tener la misma longitud, o menos, pero tiene un cabo central y ramificaciones con semilla a lo largo del tercio o de la mitad de las fibras. Esta se usa para la parte interna de la escoba y da soporte, esta fibra es de menor calidad y precio.

## **Adaptabilidad del Sorgo Escobero**

Los factores principales que intervienen en la adaptación del sorgo escobero son: humedad, suelo, temperatura y altitud. Es resistente a la sequía, pero crece también donde las lluvias son abundantes. Tiene la habilidad de producir fibra y grano donde la humedad es escasa. Cuando la sequía se presenta durante periodos regularmente prolongados, puede dejar de crecer, ya que en estas condiciones la planta permanece latente hasta que vuelva haber humedad para continuar con el desarrollo y formar espigas y granos. La temperatura del suelo debe ser alta para una mejor germinación y crecimiento. En su desarrollo y productividad influye la altitud, cultivándose desde el nivel del mar, hasta cerca de los 1.650msnm.

Robles (1979). Menciona que se considera al sorgo escobero dentro de las verdaderas plantas xerófitas por la gran eficiencia que presenta en el aprovechamiento del agua bajo condiciones de baja humedad, y por estar capacitada para sufrir cambios fisiológicos que aumentan su resistencia a los efectos adversos medio. Presenta mecanismos contra los déficit hídricos severos, como la disminución del área foliar, doblamiento de las hojas sobre su nervadura central expuestas a la acción de lo rayos solares, inducción de letargo reduciendo a un mínimo su actividad sin llegar a ocasionar daños sobre los órganos reproductivos, y una reducción del protoplasma por desecación teniendo por consecuencia un engrosamiento de la pared celular.

Baumhardt *et al.* (2007) Realizaron un estudio de simulación con sorgo, encontraron los más altos rendimientos y de eficiencia de uso del agua al ser sembrado a mediados de mayo con una variedad tardía y niveles de riego de 3.75 a 5.0 mm por día. De acuerdo a las características de adaptación a las zonas áridas y semiáridas bajo riego y la aceptación del cultivo en la región, es importante conocer su relación con diferentes contenidos de humedad en el suelo para decidir un manejo eficiente en la aplicación del agua de riego al sorgo escobero.

La mejor calidad de escobilla se produce donde la estación de crecimiento es caliente y los suelos fértiles y bien abastecidos de humedad, y donde además la estación de la cosecha es seca. Los suelos franco arenosos no son muy productivos, y los arcillosos, oscuros y fértiles tienden a producir una fibra más tosca que la deseada ordinariamente por el comercio. En los climas extremadamente fríos o secos, las panojas resultan cortas y la escobilla es de baja calidad. Cuando menos 400 milímetros de lluvia anual y bien distribuidos son necesarios para incorporarla al suelo.

### **Aspectos Económicos**

Según Weibel (1975). Los beneficios económicos obtenidos de la fabricación de escobas, dependen de los costos de producción, del rendimiento, de la calidad y del precio de comercialización de la fibra; aunque el rendimiento por superficie sembrada, representa el principal factor subyacente en las variaciones del costo.

El sorgo escobero no es considerado como un cultivo básico dentro del marco de la economía mundial; sin embargo, posee potencial económico, especialmente en aquellas áreas donde otros cultivos de hecho no pueden producir. El producto final del sorgo escobero es la escoba, un artefacto domestico que proporciona comodidad y sanidad en el ambiente del hombre.

### **Interacción Genotipo Ambiente**

Entre las diversas técnicas disponibles para realizar ese tipo de estudios existe el método AMMI (Efectos aditivos e interacción multiplicativa) propuesto por Zobel *et al.* (1988); Gauch (1988). Hasta el presente, el método ha sido utilizado principalmente en cereales y oleaginosas (Gauch, 1988; Crossa *et al.*, 1990; Zabala García *et al.*, 1992) y en menor medida en plantas forrajeras (Annicchiarico, 1992; Van Eeuwijk y Elgersma, 1993). El método AMMI no sólo permite estimar estabilidad sino también evaluar localidades y como consecuencia clasificar ambientes (Crossa *et al.*, 1990; Saindon y Schaalje, 1993). Ha sido utilizado para ensayos multilocales donde participan numerosos y diversos ambientes, dado que su efectividad aumenta con el número de datos (Gauch, 1990).

Sin embargo, tal como lo ha explicado Yan (1995) su aplicación depende del objetivo. Es recomendable su uso en aquellos casos donde es imprescindible discernir en detalle sobre las características de la interacción G\*A. Zobel *et al.* (1988), Nachit *et al.* (1992) y Yan (1995) han demostrado la eficiencia del análisis AMMI respecto a otras técnicas de análisis tradicionales.

Asimismo, el AMMI unido al uso del biplot (Kempton, 1984) es una herramienta poderosa para detectar fuentes importantes que expliquen la interacción.

Las propiedades genéticas de las poblaciones se pueden expresar en frecuencias génicas y genotípicas. En el caso de un carácter cuantitativo, el valor observado (cuando se mide el carácter en un individuo) es el valor fenotípico de dicho individuo. Todas las observaciones, ya sean medias, varianzas o covarianzas, deben estar basadas en mediciones de los valores fenotípicos de cada individuo.

Para analizar las propiedades genéticas de una población es necesario descomponer el valor fenotípico en componentes debidos a distintas causas. En primer lugar, se puede decir que el valor fenotípico de un individuo depende de dos componentes: el valor genotípico y la desviación ambiental.

$$P = G + E$$

P = valor fenotípico

G = valor genotípico

E = desviación ambiental

El genotipo es el conjunto particular de genes que posee el individuo y el ambiente es el conjunto de todas las causas no genéticas que influyen en el valor fenotípico. El genotipo da un cierto valor al individuo, pero este valor se ve afectado por el ambiente, que produce un incremento positivo o negativo. Por

ejemplo, la altura de una planta dependerá en principio de su genotipo, pero según las condiciones de cultivo la planta crecerá más o menos.

Si no existiera influencia del ambiente el valor genotípico sería igual al fenotípico. Cuando medimos el valor fenotípico de un carácter en individuos que han crecido en el mismo ambiente, las diferencias entre unos y otros se deben exclusivamente a causas genéticas. Si no hubiera influencia del genotipo todo el valor fenotípico se debería al efecto ambiental. Cuando medimos el valor fenotípico de un carácter en individuos con el mismo genotipo, las diferencias se deberán a causas ambientales.

En un sentido más amplio, tendríamos que decir que el fenotipo es igual al genotipo más el ambiente más la interacción genotipo-ambiente.

$$P = G + E + IGE$$

Se dice que existe interacción genotipo- ambiente cuando una diferencia específica del ambiente no tiene el mismo efecto sobre diferentes genotipos. Esto significa que el genotipo A puede ser superior al genotipo B en el ambiente X, pero inferior en el ambiente Y.

Desde el punto de vista práctico vamos a considerar como válida la partición inicial:

$$P = G + E.$$

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Descripción de las Áreas de Estudio**

##### General Cepeda

General Cepeda se encuentra localizado en las coordenadas 25°22'35"N 101°28'30"O 25.37639, -101.475 y a una altitud de 1,410 metros sobre el nivel del mar en un valle rodeado por serranías y ubicado en una zona predominantemente desértica. Se encuentra a unos 70 km al suroeste de la ciudad de Saltillo, capital del estado, sus principales vías de comunicación son dos carreteras estatales que la unen hacia el oeste con Parras de la Fuente, distante 88 kilómetros, y hacia el este con la comunidad de La Trinidad en el Municipio de Saltillo y en donde enlaza con la Carretera Federal 54; la segunda carretera la comunica hacia el norte, hasta enlazar con la Carretera Federal 40, la principal de la región, tanto con la carretera libre, distante 22 kilómetros al norte de la población, como con la autopista de cuota, ubicada unos 10 kilómetros al sur de la libre, siendo las principales vías de comunicación de General Cepeda, pues la unen al este con Saltillo y al oeste con Torreón.

La población total de General Cepeda es de 4,177 habitantes, de los cuales 2,078 son hombres y 2,099 son mujeres, todo ello de acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda de 2005 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.



## Clima y Ecosistemas

El clima registrado en General Cepeda varía de acuerdo con la orografía y altitud del territorio, siendo uno de los municipios con mayor variedad de climas en el estado de Coahuila, en el extremo sur del territorio se registra clima Templado húmedo con lluvias escasas todo el año, siendo donde se registra en las altitudes de la Sierra de Patos, este clima continúa hacia la Sierra de Arteaga, famosa zona boscosa del sur de Coahuila, avanzando hacia el norte le sigue una pequeña franja con clima semiseco templado, luego otro sector con clima seco semicálido y el resto del municipio, equivalente aproximadamente a la mitad del territorio registra clima muy seco semicálido.

La temperatura media anual que se registra sigue exactamente el mismo patrón que el de los climas, comenzando con la temperatura menor en el sur del municipio, con un rango de 12 a 14 °C, siguiendo hacia el norte una franja de 14 a 16 °C y otra de 16 a 18°C ambas pequeñas, siguiendo dos grandes zonas, la primera de 18 a 20 °C y finalmente hacia el extremo norte superior a los 20 °C; finalmente la precipitación media anual vuelve a seguir el mismo patrón, comenzando al sur con un rango de 400 a 500 mm, siguiendo al norte sigue una zona con 300 a 400 mm y luego de 200 a 300 mm, una zona en el extremo noroeste del territorio registra un rango inferior a los 200 mm.

## Tipos y Usos del Suelo

Se pueden distinguir cinco tipos de suelo en el municipio: **Xerosol**, Feozem, **Litosol**, **Solonchak**, y **Luvisol**. Respecto al uso del suelo, la mayor parte del territorio municipal es utilizado para el desarrollo pecuario, siendo menor la extensión dedicada a la producción agrícola y el área urbana. En cuanto a la forma de tenencia de la tierra, predomina el régimen de tipo ejidal.

## Zaragoza

El Municipio de Zaragoza es uno de los 38 municipios del estado mexicano de Coahuila de Zaragoza, ubicado en su extremo norte, es uno de los municipios más extensos del estado; su cabecera es la ciudad de Zaragoza. El municipio de Zaragoza se localiza en el centro de la región norte del estado de Coahuila, en las coordenadas 100°55'10" longitud oeste y 28°28'31" latitud norte, a una altura de 360 metros sobre el nivel del mar.

## Clima y Ecosistemas

En el municipio de Zaragoza se registran cuatro diferentes tipos de clima, el mayoritario es el Seco semicálido que se registra en las zonas central, norte, este y sur del territorio, en la zona noroeste el clima que se registra es el Muy seco semicálido y finalmente existen dos pequeñas zonas en el extremo este donde hay clima Semiseco templado y otra en la zona centro-este donde el clima es Seco muy cálido y cálido; la temperatura media anual del territorio

en su zona más occidental es de 16 a 18 °C, le sigue una zona que rodea a la anterior en que el promedio es de 18 a 20 °C y en el resto del territorio es superior a los 20 °C; la precipitación promedio anual divide el territorio en dos zonas diferentes, una franja que va desde el noroeste hasta el sureste del municipio registra un promedio de 200 a 300 mm, y las dos zonas del suroeste y del noroeste, tiene un promedio de 300 a 400 mm.

#### Tipos y uso de suelo

Se pueden distinguir tres tipos de suelo en el municipio: Xerosol, Litosol e Yermosol. Respecto al uso del suelo, la mayor parte del territorio municipal es utilizado para la producción agrícola, siendo menor la extensión dedicada al desarrollo pecuario y el área urbana. En cuanto a la tenencia de la tierra, predomina el régimen de propiedad privada.

### **Material Genético**

En la presente investigación se evaluaron durante el ciclo primavera-verano 2011, 46 genotipos de sorgo escobero origen Zaragoza 2002, los cuales pertenecen al programa de sorgo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## **Preparación del Terreno**

Tiene el objetivo de preparar el suelo para darle a la semilla el confort que necesita para poder contar con las condiciones óptimas para lograr el éxito de una germinación uniforme y posteriormente el desarrollo de la planta. Y para esto se llevo a cabo: barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

## **Siembra**

La siembra se llevo a cabo el día 27 de abril del 2011 en la localidad de Zaragoza y el 5 de mayo del 2011 en la localidad de General Cepeda, en surcos de cuatro metros de largo, en suelo seco. La siembra se realizó en forma manual a chorrillo tapándose la semilla con el pie y terminada se procedió aplicar el riego.

## **Fertilización**

Se aplico una dosis de fertilización de 140-60-00 fraccionada o sea la mitad de nitrógeno y todo el fosforo al momento de la siembra y la otra mitad del nitrógeno durante el primer cultivo.

## **Labores Culturales**

Se dieron tres riegos de auxilio, y se llevaron a cabo las labores de deshierbe manuales cuando las malezas estaban desarrollándose.

## **Cosecha**

La cosecha se llevó a cabo de forma manual cortando la espiga en el punto del primer entrenudo tomando la hoja bandera y estirando la espiga, esta actividad se empezó a realizar a principios del mes de agosto cosechando todas las plantas de cada surco.

## **Variables Evaluadas**

Longitud total (LT): se midió en centímetros incluyendo la longitud total del pedúnculo y la fibra.

Longitud de fibra (LF): se determinó en centímetros tomando en cuenta la distancia exclusivamente de la fibra.

Longitud de pedúnculo (LP): se determinó en centímetros midiendo exclusivamente el popote o excersión de la espiga.

## Análisis de Varianza

Se utilizó un análisis de varianza de bloques al azar combinado sobre dos localidades, con diez repeticiones y 46 genotipos, que consideró los efectos de las localidades, repeticiones dentro de localidades, genotipos y la interacción entre genotipos por localidad, todo lo anterior bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_j(A_i) + G_k + A_i G_k + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor observado en el k-ésimo genotipo en la j-ésima repetición anidada en el i-ésimo localidad.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$A_i$  = Efecto del i-ésimo localidad.

$R_j(A_i)$  = Efecto de la j-ésima repetición anidada en el i-ésimo localidad.

$G_k$  = Efecto de k-ésimo genotipo.

$A_i G_k$  = Efecto de la interacción entre el k-ésimo genotipo con el i-ésimo localidad.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

Cuadro 3.1. Forma del análisis de varianza de bloques al azar combinado.

Fuentes de Variación	G.L.	C.M.
<b>Localidades</b>	l - 1	M5
<b>Reps/Localidades</b>	(r-1) 1	M4
<b>Genotipos</b>	t - 1	M3
<b>Genotipo * Localidad</b>	(l - 1)(t - 1)	M2
<b>Error Exp.</b>	(r - 1)(t - 1)1	M1
<b>Total</b>	rtl - 1	

Se estimaron rangos, número de genotipos con valores arriba y debajo de la media de cada una de las variables.

## Análisis de la Interacción Genotipo-Ambiente Mediante Modelo AMMI

El análisis de la interacción entre el genotipo y el ambiente se realizó utilizando el modelo AMMI, mediante el programa propuesto por Vargas y Crossa (2000), el cual parte del siguiente modelo, según Zobel *et al.* (1988).

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ = Valor observado del i-ésimo genotipo en el j-ésimo localidad.

$\mu$ = Media general.

$g_i$ = Media del i-ésimo genotipo menos la media general.

$a_j$ = Media del j-ésimo localidad menos la media general.

$\lambda_k$ = Raíz cuadrada del valor característico del k-ésimo eje del análisis de componentes principales (ACP)<sub>k</sub>.

$\alpha_{ik} \gamma_{jk}$ = Calificaciones del ACP para el k-ésimo eje del i-ésimo genotipo y el j-ésimo localidad respectivamente.

$R_{ij}$ = Residual del modelo.

Todos los análisis de varianza y las pruebas de AMMI se realizaron mediante el paquete estadístico SAS ver 6 (1989) y el Statistica ver 4.5. (1994).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de Varianza

En el cuadro 4.1 se presentan los resultados del análisis de varianza de las variables agronómicas longitud total de espiga (LT), longitud de fibra (LF) y longitud de pedúnculo o excersión (LP), también se muestran los coeficientes de variación, medias, rangos y los valores más altos y más bajos con sus respectivos genotipos de las dos localidades.

Cuadro 4.1. Cuadrados Medios de las variables longitud total, longitud de fibra y longitud de pedúnculo en sorgo escobero.

Fuente	Gl	LT	LF	LP
Ambiente (A)	1	11323.965**	19012.644**	990.501**
Rep (A)	18	61.002	58.556	15.137
Genotipos (G)	45	204.336**	318.256**	175.728**
G*A	45	158.693**	130.116**	52.115**
E.E.	810	46.009	56.450	18.498
CV		8.752	12.766	23.063
$\mu$		77.5	58.852	18.648
Rango		15.435	19.53	16.24
Log. Mas alta		84.94	69.725	31.455
Log. Mas baja		69.50	50.195	15.215

gl: Grados libertad, LT: longitud total, LF: longitud de fibra, LP : Longitud de pedúnculo, A:Ambiente, E.E: Error experimental, CV: Coeficiente de variación,  $\mu$ : media, \*\*: altamente significativo.

La variable LT (Cuadro 4.1.) resultó altamente significativa para las fuentes de variación ambientes, genotipos y la interacción, no mostrando



significancia en repeticiones, se obtuvo un coeficiente de variación de 8.75 el cual puede ser considerado bajo, una media general de 77.5 y un rango de 15.43, siendo el valor más alto obtenido de 84.94 del genotipo 26 y el más bajo de 69.50 del genotipo 65. De igual manera 20 materiales resultaron arriba de la media y 24 abajo. Los resultados nos indican la gran variabilidad genética presente entre los genotipos y como afecto el ambiente la expresión de esta variable.

Herrera (2004). Encontró en sus resultados de longitud total de espiga obtuvo datos significativos con un coeficiente de variación de 15.21%, una media de 64.27 y un rango de 44.5, obteniendo valores altos en sus genotipos evaluados, permitiendo una selección de espigas para capa y centro siendo la primera para dar apariencia externa proporcionando la presentación y calidad a la escoba, mientras la segunda proporciona resistencia a dicho objeto. En comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación el coeficiente de variación de este trabajo es más bajo con 8.75 que el obtenido por Herrera (2004), por tanto presenta mayor confiabilidad, con respecto al rango al rango los datos obtenidos en el presente trabajo es menor que el encontrado por el autor mencionado por tanto en este trabajo se registraron longitudes más cortas.

La variable LF al igual que la anterior resulto altamente significativa en las fuentes de variación ambientes, genotipos y la interacción no mostrando

significancia en la fuente repetición. Presento un coeficiente de variación de 12.76, una media de 58.85 y un rango de 19.53. El valor medio más alto se obtuvo en el genotipo 26 con 69.63 y el más bajo en el 73 con 50.15. De todos los genotipos 25 superaron la media y 21 quedaron por debajo.

Espinoza (2005). Encontró en sus resultados para la variable de longitud de fibra un coeficiente de variación de 14.32% considerándose aceptable y una media de 57.51 y un rango de 53.4 siendo datos altamente significativos en comparación con la presente investigación se obtuvo un coeficiente de variación mas bajo que el encontrado por dicho autor, un rango mucho mas bajo y con respecto a la media los resultados son ligeramente uniformes.

En la LP salieron todas las fuentes de variación altamente significativas a excepción de la de repeticiones. En esta variable se obtuvo un coeficiente de variación de 23.06 el cual resulto más alto que las otras dos variables. La media fue de 18.64 con un rango de 15.84, siendo el genotipo 47 con 31.46 el de mayor valor y el más bajo el 26 con 15.62 obteniéndose 17 genotipos arriba de la media y 29 por debajo de esta.

Gonzales (2006). En su trabajo la variable longitud de pedúnculo fue su único dato con diferencia significativa con un coeficiente de variación de

22.03% una media de 18.0 y un rango de 15.1, en comparación con los resultados arrojados por la presente investigación se puede apreciar que son ligeramente parciales pudiendo reafirmar que tenemos genotipos con característica de longitud de pedúnculo corto para la elaboración de escobas principalmente

Al conjuntar los resultados de las tres variables antes mencionadas los primeros 10 genotipos con los valores más altos de LT (26, 28,18, 31,10, 69, 55, 4, 29 y 3), resulta que fueron los que presentaron los valores más altos en la variable LF y por consecuencia muestran los más bajos en la LP, lo que nos demuestra que estos materiales realmente presentan una excelente tamaño de espiga con muy poco popote el cual dentro del proceso de manufactura de la escoba tiene que ser cortado.

Otro detalle importante que se aprecia en los valores medios de las variables es que los genotipos 47, 51, 6, 16, 59 y 39 obtuvieron los valores más alto en LT, sin embargo este tamaño se debió al gran tamaño de popote que presentan ya que estos materiales obtuvieron los valores más altos en la LP, lo que hace que estos genotipos no sea adecuados para ser utilizados como variedades.

## Interacción Genotipo Ambiente

Los resultados del análisis de varianza de la prueba de AMMI (Cuadro 4.2.) en la fuente de variación de la interacción nos demuestran que al menos estas tres variables se ven afectadas en su expresión por el ambiente. Se aprecia en dicha prueba que en cada ambiente existen genotipos que se comportan de manera estable, sin embargo existen algunas que manifiestan un adecuado o inadecuado desarrollo agronómico en determinados ambientes, a través de la interacción positiva y negativa respectivamente.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios y significancias del análisis de estabilidad a través de pruebas de AMMI de tres variables de sorgo escobero.

Fuente	Gl	LT	LF	LP
Ambiente (A)	1	11323.965**	19012.644**	990.501**
Rep (A)	18	61.002	58.556	15.137
Genotipos (G)	45	204.336**	318.256**	175.728**
G*A	45	158.693**	130.116**	52.115**

Gl: Grados libertad, LT: longitud total, LF: longitud de fibra, LP : Longitud de pedúnculo, \*\*:altamente significativos.

También del análisis AMMI se determinó que de la suma de cuadrados totales, fueron atribuibles a efectos ambientales desde un 40.95% en la variable LT, un 48.5% en LF y 88.09% en LP, con una media de efectos ambientales de 59.18%. En los efectos genotípicos se observaron valores de 7.38% en LT, 8.12% en LF y 15.62% en LP, con una media entre las variables de 10.37%. Finalmente se observaron efectos de la interacción entre los genotipos y los ambientes con valores que van desde un 3.32% en LF, 4.64% en LP y 5.73% en LT, con una media de 3%. Los valores medios de los efectos

nos indican que en la expresión de las variables de estos genotipos hubo un efecto ambiental muy importante seguido del efecto genético.

En las tres variables el primer eje obtenido mediante el análisis de componentes principales (ECP) resultó altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ), de igual forma en todas las variables, el primero eje explica el 100% de la interacción (Cuadro 4.3.), lo anterior puede indicar que no existe mucha variabilidad entre las variables consideradas en esta parte del trabajo, además de que el número ideal de ambientes para probar la interacción genotipo ambiente, deberá ser mayor a dos.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios, significancia y % de varianza acumulada de los componentes principales de la prueba de AMMI en sorgo escobero.

Variable	Componentes	Análisis			Interacción en los Ambientes			
		GL	%AC	CM	(+ +)	(- -)	(+ -)	(- +)
LT	ECP1	45	100	158.69**	S1 (ZAR)		S2 (GRAL.)	
LF	ECP1	45	100	129.937**	S1 (ZAR)		S2 (GRAL.)	
LP	ECP1	45	100	52.115**	S1 (ZAR)		S2 (GRAL.)	

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente, LT= Longitud total, LF=Longitud de fibra, LP= Longitud de pedúnculo.

La respuesta de los genotipos en las diferentes variables en los distintos ambientes (Cuadro 4.3.), indica que la localidad de Zaragoza mostro una interacción positiva por lo que puede ser considerada como un ambiente favorable para la expresión de LT, LF y LP. De igual forma la localidad de General Cepeda resultó ser una ambiente con interacción intermedia. Lo anterior se refleja en los valores medios obtenidos en las variables ya que fue

en el ambiente de interacción positiva donde se obtienen los valores medios más altos para las tres variables (Cuadro 4.4.) y (Figuras 4.1., 4.2, y 4.3.) probablemente debido a la influencia del medio ambiente.

Cuadro 4.4. Concentración de datos de los biplots del primer componente y cada una de las variables de sorgo escobero.

Variable	$\mu$	Valor > $\mu$		Valor < $\mu$	
		Interacción en Ambientes		Interacción en Ambiente	
		(+ +)	(- -)	(++)	(--)
LT	77.5	ZAR		GEN	
LF	58.8	ZAR		GEN	
LP	18.6	ZAR		GEN	

LT= Longitud total, LF=Longitud de fibra, LP= Longitud de pedúnculo.

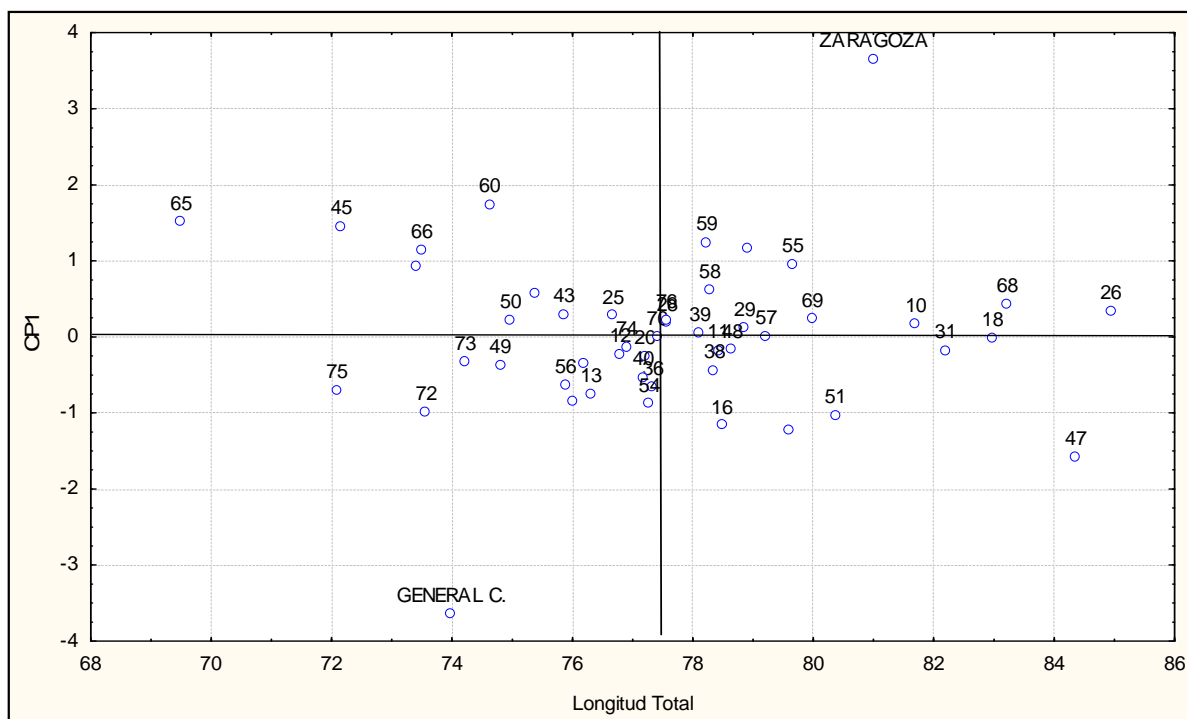


Figura 4.1. Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud total y el primer componente.

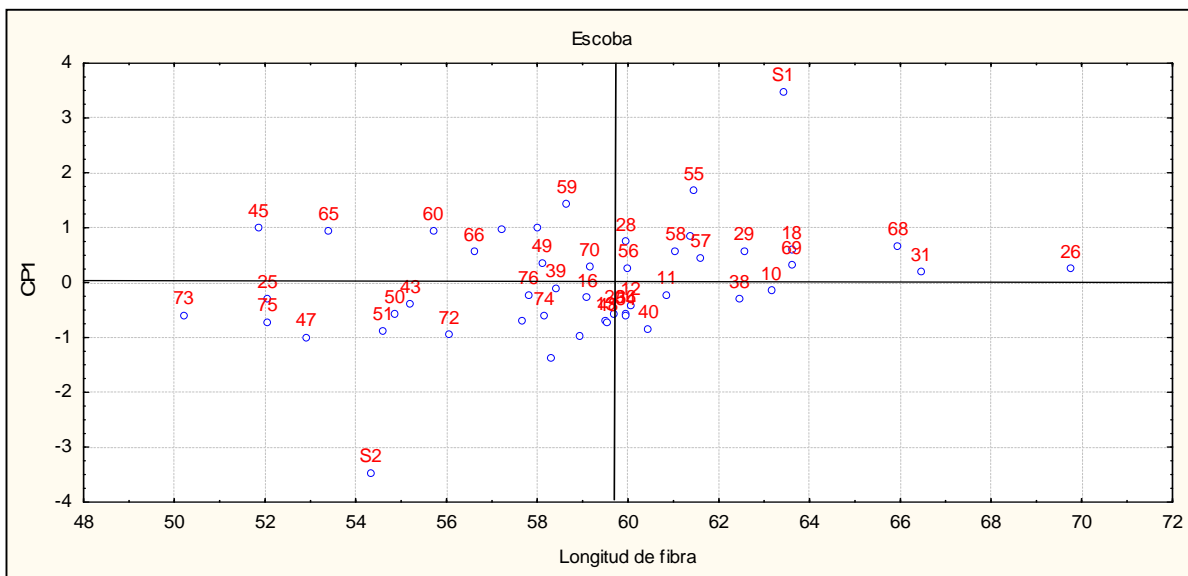


Figura 4.2. Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud de fibra y el primer componente.

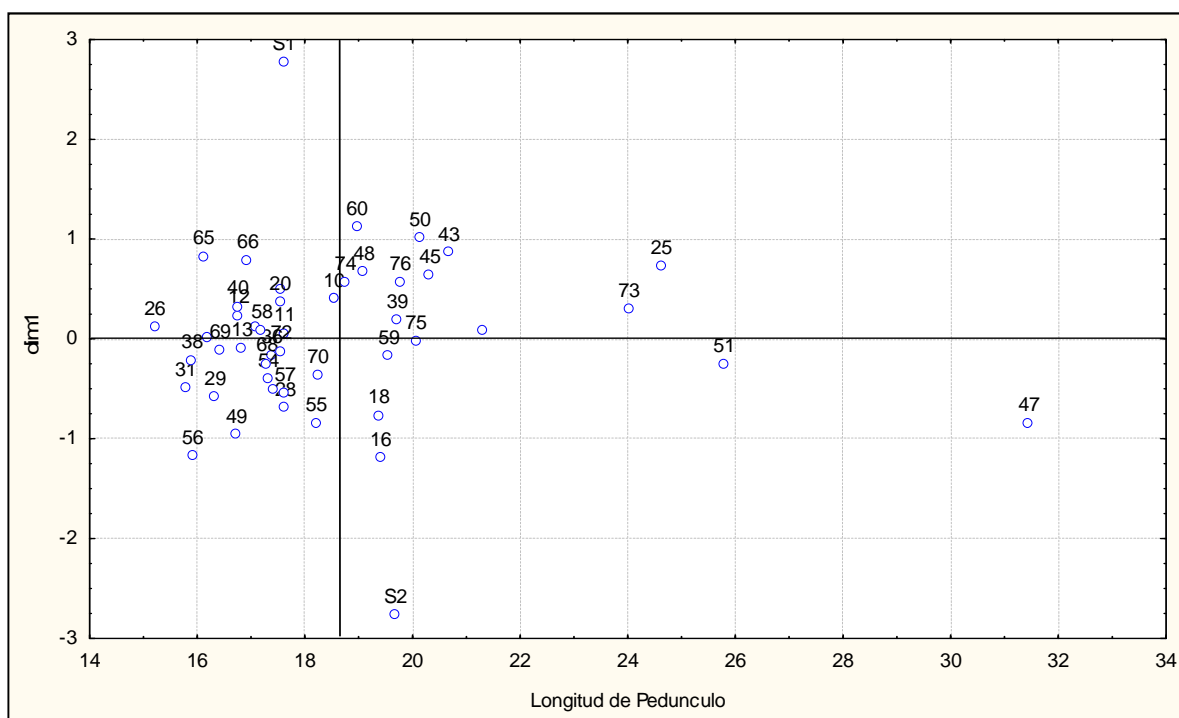


Figura 4.3. Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud de pedúnculo y el primer componente.

Lo observado en los biplots en las tres variables fue muy similar en todos, al graficar el CP1 y el CP2, se aprecia en todos ellos que el ambiente de General Cepeda muestra una interacción negativa con el CP 1, mientras que Zaragoza una positiva. De igual manera se observa en todos los biplots que los dos ambientes forman un ángulo superior a los 180°, lo que indica que ambos ambientes ordenan de manera inversa los genotipos y por ultimo la longitud que muestran los vectores de los ambientes es muy similar en todos los biplots. Para apreciar lo anterior solos se muestran los biplots de las variables LT y LF.

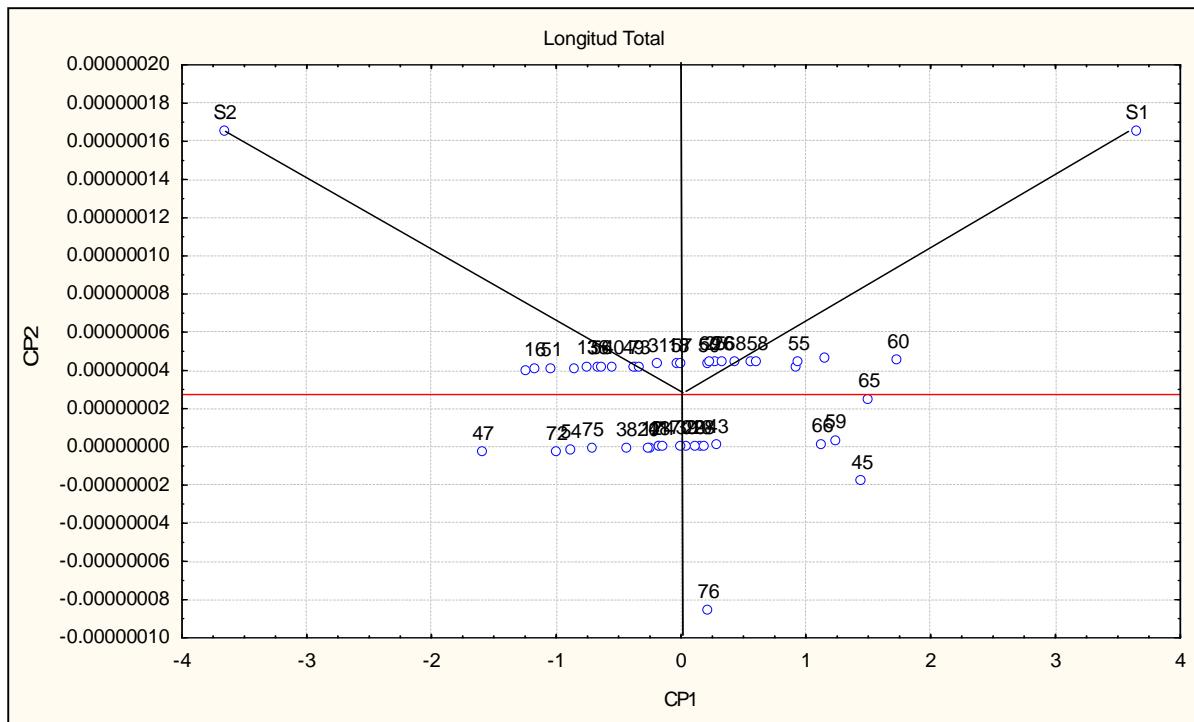


Figura 4.4. Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud total.



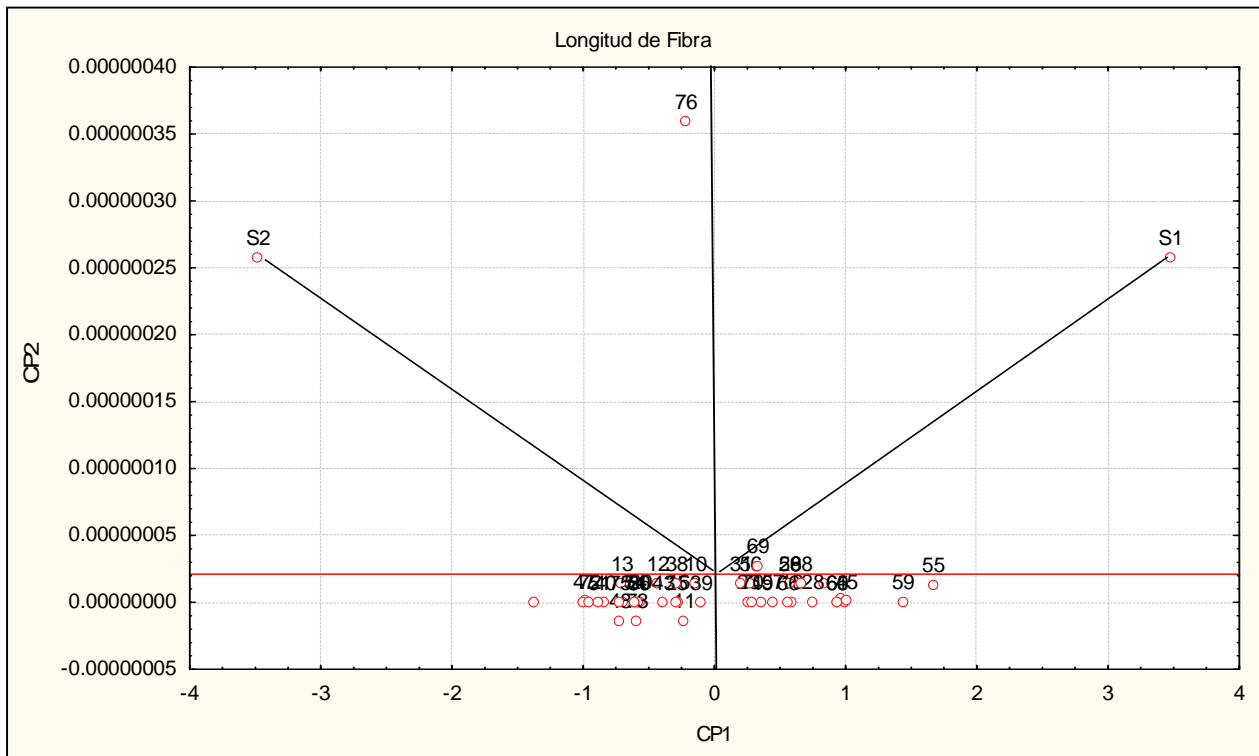


Figura 4.5. Distribución de los genotipos en los ambientes con base a la variable longitud de fibra.

## V. CONCLUSIONES

Al detectar diferencias altamente significativas entre las variables evaluadas nos indica la gran variabilidad genética que existe entre los genotipos por tanto los genotipos se ven influenciados por el ambiente.

Se encontraron genotipos con los valores más altos en la variable longitud de fibra y al mismo tiempo con la longitud más baja en la variable longitud de pedúnculo permitiendo seleccionar dichos genotipos para la manufactura ya que son ideales para el proceso de industrialización. (26, 28,18, 31,10, 69, 55, 4, 29 y 3).

Con respecto a la evaluación de la interacción genotipo ambiente se encontró que la localidad de Zaragoza mostro una interacción positiva por lo que puede ser considerada como un ambiente favorable para la expresión de LT, LF y LP.

La localidad de General Cepeda resultó ser una ambiente con interacción intermedia, siendo un ambiente regular para las variables agronómicas de LT, LF y LP.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alba, F.B. De; Villarreal, G.J. 1979. Cultivo del Sorgo Escobero. In Producción de Granos y Forrajes. Ed. Por R. Robles, Mexico, Limusa. P. 171-181.
- Annicchiarico P., 1992. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. J. Genet.& Breed. 46, 269-278.
- Baumhardt, R.L., J. A. Tolck, T. A. Howell, and W. D. Rosenthal. 2007. Sorghum management practices suited to varying irrigation strategies:A simulation analysis. Agronomy Journal. 99:665-672.
- Carter, P.R ,Hicks, R.D.Kaminski, A.R.Doll,J.D..Kelling,K.A.Worf G.L. Departments of Agronomy, Soil Science and Plant Pathology, College of Agricultural and Life Sciences and Cooperative Extencion Service, University of Wisconsin-Madison, WI 53706. Deparment of Agronomy and Plant Genetics, University of Minnesota, St. paul M.N.5508 . May.1990.5pp
- CIAN, 1979. Sistema de información agropecuaria de consulta.
- Crossa, J. 1990. Statistical analyses of multilocation yield trials. Advances in Agronomy. Academic Press, Inc. 44:55-85.
- Crossa J. and P.L. Cornelius. 2001. Linear-Bilinear models for the analysis of genotype x environment interaction. In: Quantitative Genetic and Plant Breeding in the Twenty-first Century (ed. M. Kang), CRC Press, Inc.
- Crossa, J.; H.G. Gauch Jr., and R.W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Sci. 30:493-500.
- Dupuy. M. 1958. Contribution a l. estude de possibilites de production de celulose a partir du sorgo. Uni. De tolouse. France.
- Espinoza, E. F. 2005. Evaluación y Selección de Genotipos Sobresalientes de Sorgo Escobero en el municipio de San Pedro, Coahuila. Tesis de licenciatura, departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Pps. 73
- Gonzalez, H.O. 2006. Evaluación de 58 Genotipos de Sorgo Escobero (*Sorghum vulgare*, var. Tecnicum) en la localidad de Zaragoza, Coahuila. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Pps.76
- Gauch H.G. Jr., 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics 44, 705-715.

- Gauch H.G. Jr., 1990. Full and reduced models for yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 80 153-160.
- Herrera, C. D.S. 2004. Evaluación per se de 58 genotipos de Sorgo Escobero (*Sorghum vulgare*, var. Tecnico) en el ejido Derramadero, municipio de Saltillo Coahuila. Tesis de licenciatura, departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Pps. 72
- Kempton R.A., 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *J. Agric. Sci., Camb.* 103, 123-135.
- Martin. J.H. and Washburn. R.S.. 1951. Broom corn Growing and Handling USDA. Farmer is Bulletin. 1631.
- Nachit M.M., Sorrells M.E., Zobel R.W., Gauch H.G., Fischer R.A., Coffman W.R. 1992. Association of environmental variables with sites mean grain Yield and components of genotype-environment interaction in durum wheat. *J. Genet. Breed.* 46, 50-55.
- Ratikanta, M. Ph. D.D. 1986. Morfología crecimiento y Desarrollo del Sorgo. Facultad de Agronomía Marín. N.L. México.
- Robles. S.R. 1976. Producción de granos y Forrajes 1ra edicion editorial limosa Monterrey Nuevo León México.
- Robles S., R. 1979. Producción de granos y forrajes. Segunda Edición. Editorial Limusa México.
- Saidon G., Schaalje G.B., 1993. Evaluation of locations for testing dry bean cultivars in western Canada using statistical procedures, biological interpretation and multiple traits. *Can. J. Plant Sci.* 73, 985-994.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT User's guide. Version 6 fourth Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Sharma, P.N, A. Neto F (1986) Water production function of sorghum for northeast Brazil. *Agric Water Manage* 11:169–180
- Statistica. 1994. Statistica for Windows ver 4.5 StatSoft, Inc. Tulsa, Ok. U.S.A.
- SARH. 1977. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos, cultivos anuales y perenes del estado d enuevo león. SARH. Mexico manual técnico del extensionista. Pp. 40-41
- Van Eeuwijk F.A., Elgersma A., 1993. Incorporating environmental information in an analysis of genotype by environment interaction for seed yield in perennial ryegrass. *Heredity* 70, 447-457.

Vázquez, R. P. 2003. Resumen de superficie de siembra y valor de cultivo durante 2003. Sector Agropecuario. Resumen económico, Comarca Lagunera. Suplemento Especial. El siglo de Torreón. 1º de enero de 2004. Pp 31-38.

Villareal, G. J. M. 1969. Prueba del rendimiento en variedades introducidas de sorgo escobero ( *Sorghum vulgare* var. *Technicum*) en Apodaca, N. L. Tesis Ing. Agrónomo, Monterrey, N. L. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Weibel, D.E. 1975. Los sorgos de escoba In: Wall, J.S. y Ross W. M. Producción y Usos del Sorgo. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. 339p.

Weibel, D.D. 1975. Los sorgos de escoba. In producción y usos del sorgo. Editado por Wall, J.S. y Ross. W.M. Argentina, hemisferio sur. 400p.

Yan S.K., 1995. Regression and AMMI analysis of genotype - environment interaction. An empirical comparison. Agron. J. 87, 121-126.

Zabala-García F., Bramel-Cox P.J., Eastin J.D., 1992. Potential gain from selection for yield stability in two grain sorghum population. Theor. Appl. Genet. 85, 112-119.

Zobel R.W., Wright M.J., Gauch H.G. Jr., 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80, 388-393.

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Municipio\\_de\\_Zaragoza\\_\(Coahuila\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Municipio_de_Zaragoza_(Coahuila))

<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM05coahuila/municipios/05038a.html4>

<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM05coahuila/municipios/05011a.html>

## APÉNDICE

Cuadro de Medias Para las Variables de Longitud Total, Longitud de Fibra y Longitud de Pedúnculo.

Lt		lf		Lp	
Media	geno	media	geno	media	geno
84.94	26	69.73	26	31.46	47
84.36	47	66.41	31	25.79	51
83.23	68	65.93	68	24.63	25
82.98	18	63.60	18	24.03	73
82.20	31	63.56	69	21.30	6
81.71	10	63.17	10	20.68	43
80.37	51	62.53	29	20.33	45
79.99	69	62.46	38	20.14	50
79.66	55	61.59	57	20.07	75
79.59	6	61.45	55	19.78	76
79.22	57	61.36	4	19.72	39
78.92	4	61.08	58	19.57	59
78.86	29	60.80	11	19.41	16
78.66	48	60.43	40	19.38	18
78.48	16	60.02	12	19.10	48
78.43	11	59.98	56	18.97	60
78.36	38	59.96	54	18.76	74
78.29	58	59.95	36	18.56	3
78.24	59	59.94	28	18.54	10
78.12	39	59.67	20	18.25	70
77.58	28	59.56	48	18.22	55
77.57	76	59.48	13	17.64	28
77.41	70	59.17	70	17.64	57
77.34	36	59.07	16	17.63	11
77.28	54	58.93	2	17.57	72
77.21	20	58.67	59	17.56	4
77.18	40	58.40	39	17.54	20
76.91	74	58.29	6	17.41	5
76.80	12	58.15	74	17.39	36
76.68	25	58.08	49	17.33	54
76.31	13	57.99	5	17.30	68
76.20	3	57.79	76	17.21	58
76.03	2	57.64	3	17.10	2
75.89	56	57.21	1	16.94	66
75.86	43	56.56	66	16.83	13
75.40	5	56.01	72	16.78	12
74.98	50	55.66	60	16.76	40
74.81	49	55.19	43	16.73	49
74.63	60	54.84	50	16.43	69
74.22	73	54.58	51	16.34	29

73.58	72	53.39	65	16.21	1
73.50	66	52.91	47	16.12	65
73.41	1	52.06	25	15.92	56
72.17	45	52.03	75	15.91	38
72.09	75	51.84	45	15.79	31
69.51	65	50.20	73	15.22	26