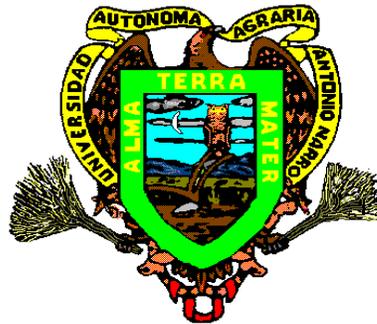


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Evaluación de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con potencial para alimentación humana.**

**Por:**

**FRANCISCO JAVIER AZUARA HERVERT**

**TESIS**

**Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo**

**Especialidad Fitotécnica**

**Buenavista, Saltillo. Coah.**

**Octubre, 1999**



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE SORGO BLANCO ( *Sorghum bicolor* L Moench) CON  
POTENCIAL PARA ALIMENTACIÓN HUMANA

POR:

FRANCISCO JAVIER AZUARA HERVERT

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE  
ASESORIA APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO  
ESPECIALIDAD FITOTECNIA.

COMITÉ PARTICULAR:

---

*ING. José Luis Herrera Ayala*  
Asesor principal

---

*M.C. Armando Rodríguez García*  
Sinodal

---

*M.C. Luis Angel Muñoz Romero*  
Sinodal

Coordinador de la División de Agronomía

---

*M.C. Reynaldo Alonso Velasco*

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre 1999.

Así como una semilla; germina, se desarrolla, se reproduce y muere; la naturaleza de igual forma trae al hombre para este mismo fin. La meta a alcanzar no es fácil, está llena de adversidades que son muy difíciles de vencer; pero así como esa planta que una vez fue semilla y que hoy se torna verde, frondosa, bailando al compás del viento dando alarde de sus triunfos y muy segura de alcanzar un futuro alentador; cuando nos proponemos vencer todo obstáculo para nunca desfallecer y luchar con todas nuestras fuerzas para alcanzar todo lo que queremos, al igual que esa semilla el ÉXITO es seguro.

Azuara

## **DEDICATORIA**

Al creador de todo lo más bueno y hermoso que puede existir.... DIOS.

Quienes pusieron toda su confianza en mi, realizaron un enorme sacrificio, me dieron su amor y comprensión para salir adelante.

MIS PADRES:

Lino Azuara Velez

Faustina Hervert Saucedo

A quienes deseo que en la vida logren todas las metas que se han fijado.

Mis hermanos: Lino, Oscar, Lulú

Por que son muy especiales para mi y mi familia; mi abuelita Geronima y mi sobrina Nayeli Azucena.

Con gran admiración y agradecimiento a mis tíos y primos por tantos consejos y apoyo.

A mis amigos: Mauricio, Angel, Narciso, Mane, Samuel, Ulises, Adriana, Juan Manuel, Gricelda, Nayeli y Sagrario.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. José Luis Herrera Ayala. Por su amistad, asesoramiento, recomendaciones y sugerencias en el trabajo de investigación.

Al M.C. Armando Rodríguez García. Por su amistad y apoyo incondicional en todo momento.

Al M.C. Luis Angel Muñoz Romero. Por su amistad y colaboración durante la realización de este trabajo.

Deseo agradecer infinitamente a mis compañeros de estudio y amigos del grupo de baile Apotheosis que me brindaron su apoyo y amistad y con quienes compartí tiempos tristes y tiempos felices que nunca olvidaré.

A la Dra. Diana Jasso Cantú por su ayuda en la realización de los análisis de laboratorio.

De manera especial a las familias: García Méndez, Rico Domínguez, y Chavez Flores, por su gran amistad y ayuda desinteresada que me brindaron durante estos años de mi carrera.

Me es grato saber que cuento con su amistad

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	5
Generalidades.....	5
Contenido Proteico .....	15
Tipos de Proteínas del Sorgo.....	19
Distribución de las Proteína en el grano.....	19
Taninos del Sorgo.....	20
El sorgo en la Industria.....	21
MATERIALES Y METODOS.....	24
Area de Estudio.....	24
Material Genético Utilizado.....	24
Desarrollo del Experimento.....	26
Diseño de Campo.....	27
Análisis Estadístico.....	27
Características Evaluadas.....	29
RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
CONCLUSIONES.....	41
BIBLIOGRAFIA.....	43
APENDICE.....	46

## RESUMEN

Los materiales que se utilizaron en el presente estudio están constituidos por 15 líneas de sorgo blanco propiedad del programa de sorgo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro "UAAAN" con la finalidad de establecer un estudio comparativo sobre las variables, para posteriormente efectuar correlaciones en las mismas. El diseño empleado fue de bloques al azar con tres repeticiones en la localidad de Derramadero, Coahuila. Las características evaluadas fueron: altura de planta, proteína, excersión, longitud de panoja, rendimiento, floración, peso de 1000 semillas; realizandose análisis de varianza individual y pruebas de rango múltiple.

En los resultados de los análisis de varianza se observaron diferencia en la mayoría de los tratamientos, lo que deduce la existencia de amplia variabilidad genética en las líneas; en lo relativo a las correlaciones; se obtuvo correlación altamente significativa pero negativa entre rendimiento y peso de 1000 semillas, significativa negativa también rendimiento pero con por ciento de proteína.

A través de los análisis de varianza se detectaron 7 líneas sobresalientes en proteína, las cuales se encontraron que a la vez fueron sobresalientes en las variables de rendimiento, altura de planta, floración, peso de 1000 semillas siendo las líneas: Cel 95N 898, Cel 95N 752, Cel 95N 758, Cel 95 N 746, Cel 95N 756, Cel 95N 997.

## INTRODUCCION

La humanidad ha fracasado seriamente en su esfuerzo por alimentar en forma adecuada a los millones de gentes que viven actualmente en la tierra. De estos, al menos mil millones están desnutridos y la dieta de otros 8000 millones es deficiente ya que carece de uno o varios nutrientes básicos.

Se necesitan cerca de 1,600 libras (726.4 kg.) de grano por persona por año para proveer la dieta común rica en proteínas en los Estados Unidos. Esto contrasta con las 400 libras (181.6 kg. ) anuales por persona, de que se disponen en los países menos desarrollados. La diferencia es cuádruple. Entonces la mala nutrición y la desnutrición se encuentran entre los principales problemas que en la actualidad aquejan a la población de vastas áreas del mundo.

Las proteínas de origen animal, debido a su bien balanceado contenido de aminoácidos, son de calidad nutritiva superior a las proteínas vegetales, son muy caras cuando se les compara con las proteínas vegetales.

Se considera que los cereales constituyen la principal fuente calórico- proteica en la dieta de la población de la mayoría de los países en desarrollo.

No se deben desatender las posibilidades del sorgo granífero en el mercado mundial de alimentos. Como ingrediente en las mezclas para consumo humano, el sorgo podría obtener acceso a un creciente mercado de exportación, y contribuir en forma significativa a lidiar los problemas de presión demográfica y de déficit alimentarios.

En algunos países, todavía ganaderos y elaboradores de alimentos aun cuando se manejan grandes cantidades de este cereal se desconoce el valor nutritivo y su utilización, así como el manipuleo y la mezcla para una mayor eficiencia alimenticia.

No es nuestra finalidad profetizar, si no efectuar un análisis de las fuerzas y las condiciones que determinarán el futuro del sorgo, que aumente o disminuya su fuerza competitiva dependerá de que se descubran y adopten mejoras en la producción, elaboración, comercialización y consumo a un ritmo más rápido o más lento que sus competidores; este es el principio clave que rige el papel de la investigación y su aplicación en el porvenir del sorgo o de cualquier otro cultivo.

Las nuevas posibilidades de uso para consumo humano e industrial son un desafío al ingenio imaginativo y creador de los investigadores, aunado a un potencial considerable para que se realicen adelantos notables en la investigación. Las razones para esto son las siguientes: 1) posibilidades inexploradas en las variedades; 2) potencial considerable para aumentar el rendimiento mediante las prácticas de labranza; 3) capacidad para acrecentar el rendimiento y la calidad mediante la fitotécnica; 4) mejoras en los cultivos, que lo vuelvan más adaptable a las zonas de elevada precipitación, actualmente marginales; y 5) capacidad por lo menos

equivalente, si no mayor a la de otros cultivos competidores como el maíz y el trigo en el perfeccionamiento de la elaboración, comercialización y utilización.

El uso del grano de sorgo para consumo humano y fines industriales va en aumento. Aunque sólo comprenden un porcentaje reducido del uso total, son importantes ya que pueden influir en el mercado del sorgo a pesar de su pequeño volumen.

### **Objetivos:**

-Determinar el potencial genético de los genotipos en evaluación para el aprovechamiento de este cultivo en la alimentación humana.

-Seleccionar genotipos sobresalientes en base a su valor nutritivo

### **Hipótesis**

En los genotipos a evaluar existen materiales con potencial genético para aprovecharse en la alimentación humana.

## REVISION DE LITERATURA

### Generalidades

#### Origen Geográfico

Los sorgos incluyen un gran grupo heterogéneo de pastos bien conocidos en todo el mundo. Son originarios de Africa Hughes; et al (1966) y se cultiva en escala extensiva en las zonas tropicales y templadas. Los sorgos se pueden producir en regiones áridas para la producción de maíz.

Por otra parte Wall (1975) dice que el sorgo cultivado quizá se originó en Africa Central; en Etiopía, Sudan o sus cercanías, se llega a esta conclusión por la gran diversidad de tipos que crecen en esta región. Los progenitores de las actuales variedades cultivadas pueden haber sido uno a más tipos herbáceos silvestres del género Sorghum u otros extinguidos.

#### Origen Citogenético

El sorgo pertenece a la familia Graminae, tribu Andropogoneae. Esta tribu comprende dos géneros de sorgos; el género Sorghum en el cual se encuentra el sorgo y el género Saccharathum, el número de cromosomas básico es de 5, 9 y 10 según las diferentes especies. Hughes et al (1966).

Los habitantes de Africa, India., China, consumen grandes cantidades de su grano utilizándolo en forma muy semejante a la del maíz. En cualquier otra parte, los sorgos se cultivan por su grano como un componente de las raciones para la alimentación animal, forrajera, ensilaje, y para la obtención de miel, fabricación de escobas y para muchos otros propósitos. Su capacidad para tolerar la sequía y las condiciones moderadamente altas en el contenido de sales en donde la mayor parte de las plantas podría fallar, hace de los sorgos un grupo valioso de plantas para zonas marginales. Mooré, (1975).

Con frecuencia se dice que el sorgo es el “camello “ de nuestras plantas cultivadas. Está bien adaptado y se cultiva ampliamente donde la precipitación es de 550- 600 mm. en todo el ciclo. Está bien adaptado para usarse en condiciones de precipitación limitada y con altas temperaturas de verano, debido a que las hojas y tallos están cubiertos con un material ceroso que reduce las perdidas de agua por transpiración también son reducidas debido a la superficie foliar relativamente pequeña y las plantas son capaces de permanecer latentes durante los periodos cálidos y secos y luego crecer de nuevo cuando las condiciones son favorables. Aunque el sorgo es muy resistente a la sequía, la cosecha se puede perder en periodos de extremo calor y falta de agua, se cultiva en zona tropical, de hasta 30 de latitud norte y sur y se han obtenido buenas cosechas a más de 1,500 msnm. Bar, (1984).

Son plantas de clima cálido. De fotoperiodo corto madurando según se van acortando los días. Rieman, (1940).

Hughes, et al (1966). Dice que se considera una temperatura media óptima para su desarrollo de 16 a 26.7 ° C; la temperatura media máxima en que se puede desarrollar es de 37.5 °C.

Aunque los sorgos toleran el calor mejor que el maíz, su rendimiento, con frecuencia, se reduce sustancialmente si las temperaturas son muy elevadas durante el periodo en que se está desarrollando la semilla. Los sorgos también son más resistentes que el maíz a los daños por saltamontes, barrenador europeo y gusano de la raíz, su sistema radicular es muy extenso, por lo cual es muy resistente a la deshidratación, tiene un ritmo de transporte eficaz y características foliares de las xerófilas que retardan la pérdida de agua de la planta aunque crece mayor en condiciones favorables de temperatura húmeda. Produce más en zonas subhúmedas y subáridas. Villareal, (1970; INIA, (1970); Jordán, (1957).

En una amplia diversidad de tipos de suelos crecen bien, pero prosperan mejor en migajones arenosos profundos y fértiles; se obtienen también buenos rendimientos en suelos tipo pesado, siempre que estén bien drenados. Los sorgos pueden crecer bien en suelos que son demasiado alcalinos para la mayoría de otros cultivos. Tocagni, (1982).

En suma, la buena fertilidad y el buen drenaje, junto con temperaturas favorables, son las consideraciones más importantes para el éxito del sorgo.

Los sorgos pueden ser clasificados en cuatro tipos: a) Los sorgos dulces, usados para el encilaje, heno y jarabe; b) los sorgos usados para grano, heno y ensilaje; c) los sorgos de pastoreo, como el sudan y el johnson usados para heno y ensilaje; d) el sorgo escobero, que proporciona las fibras para hacer escobas. (Ibar, 1984).

### Características de la Semilla.

El color del tegumento muestra matices de diferentes colores. El color del grano de sorgo cambia según la variedad, desde el blanco hasta un castaño rojizo muy intenso, con matices intermedios de rosa, rojo, amarillo, castaño y gris. El color del grano está determinado por la pigmentación del pericarpio, la testa y el endospermo, existiendo genes específicos para cada una de las partes. Martín, (1957).

La semilla madura consta del embrión, o germen, y del endospermo, ambos rodeados por una fina capa de cutinosa. Una cubierta externa denominada pericarpio, en conjunto esta estructura forma un fruto de una sola semilla denominada cariopsis. El endospermo maduro está formado por células cargadas de almidón e incluye también una fila externa única denominada capa de aleurona, debajo de ésta hay una región de células con una densa matriz proteica, de dos a seis capas concéntricas que recibe el nombre de capa periferia del endospermo. Sanders, et al. (1955).

El endospermo comprende la porción mayor (80 al 85 %) de grano de sorgo Hubbard (1950); Por consiguiente sus características son de particular importancia para determinar la calidad del grano. El endospermo está constituido por almidón de dos

clases: amilosa y amilopectina. Varía en muchos otros aspectos, para lo que no se dispone de mucha información genética. Los granos pueden ser muy duros o muy blandos y harinosos. Algunos son córneos (parte de la región externa) se pueden preparar como el maíz para hacer rosetas. Ayyangar y Ayyar, (1936).

### Importancia Nacional y Mundial en Producción y Alimentación Humana

En México empezó a adquirir importancia aproximadamente en 1958 en la zona Norte de Tamaulipas ( Río Bravo ), al iniciarse el desplazamiento del cultivo del algodón en aquella región, su nivel de importancia no se ve alterado, pero si su objetivo de producción, donde principalmente se utiliza como materia prima para la elaboración de alimentos balanceados; que aunque socialmente es menos importante, económicamente no lo es, ya que representa el 20 % de la producción cerealera en México Tamayo(1980). Otro de los usos principales que este cultivo tiene en México es la elaboración de cerveza y muy recientemente en la composición de mezclas para tortillas junto con el maíz.

Fue hasta 1958 cuando empieza a cobrar importancia este cultivo, poco después de que se empiezan a trabajar los híbridos en Estados Unidos de Norteamérica introduciendo los primeros cinco en 1951, fecha en la que se empezó a trabajar con el mejoramiento del sorgo por medio de la hibridación. Estrada (1974) y Vega (1983). En el año de 1958 la superficie sembrada fue de 119,800 ha; en 1965 era de 314,000 ha; para 1971 era de 936,935 ha; en 1976 de 1,488,570 ha; y 1,767,000 ha en 1982 Jiménez y Castillo (1980) y SARH (1982); sembrándose siempre el 100 % de la superficie con híbridos nacionales y/o extranjeros.

En cuanto al rendimiento promedio nacional, este también fue en aumento, ya que de 1,304 kg/ha que se dieron en 1958 incremento a 2,376 kg/ha en 1965, variando poco para 1978 cuando alcanzó un promedio de 2,997 kg/ ha. para que en 1984 el rendimiento promedio fluctuara alrededor de los 3,500 kg/ha. Castillo (1980)

A pesar de la importancia de este cultivo y de la gran superficie sembrada actualmente la producción no es suficiente para abastecer el mercado nacional, ya que de los 6 millones de hectáreas, existe un déficit de aproximadamente 2.0 millones de toneladas anuales, todas estas dedicadas a la producción de alimentos balanceados, que de acuerdo con Betancourt (1983) la proporción del grano en la elaboración de estos alimentos es como sigue: ganado porcino 80%, para aves el 60 % y para ganado vacuno entre el 40-60 %. Vega (1983) menciona que para tratar de subsanar esta deficiencia, es factible en un periodo relativamente corto se puede aumentar la siembra de 1.7 a 4.2 millones de ha, lo que permitiría elevar la producción de 6.0 a 12.7 millones de toneladas; con lo cual, además de cubrir la demanda de la industria pecuaria, se lograría un excedente para su uso en la alimentación humana. En la actualidad, en México todavía no representa una demanda importante del producto (100,000 toneladas entre alimentación humana y fabricación de cerveza).

## **Africa.**

De acuerdo con Decandolle (1886). Menciona que existe en este continente una gran cantidad y diversidad de tipos de este cereal. El grano de sorgo es ingrediente de muchas comidas y bebidas, pues constituye uno de los alimentos principales en la mayoría de las regiones Africanas. Las variedades, el cultivo y los usos, difieren apreciablemente en Africa Orienta, Occidental y Austral. En algunas regiones es considerado el contraste entre las formas tradicionales de la agricultura y su utilización y la tecnología moderna que se está introduciendo.

Los datos de producción por países fueron recuperados por el periodo 1960-1964 y con ellos se desarrollaron estimaciones para bastas regiones mundiales, estos datos señalan la importancia relativa del grano de sorgo para dichas regiones a principio de la década de 1960. La producción mundial tenía un promedio de más de cuarenta y cinco millones de toneladas. E.U representa aproximadamente tres décimos de la producción mundial, Asia más de 2/5, y Africa poco menos de 1/4. Latinoamérica representaba la mayor parte del resto de la producción. F.A.O, (1964).

Casi Todos los países de Africa cultivan algo de sorgo granífero. La zona de mayor producción se extiende por la región central de las sabanas de ese continente desde Senegal en la Costa Occidental, hasta Somalia en la Costa Oriental, e incluye a Nigeria, Sudán, Alto Volta, Malí, Chad, Níger, Dahome, Camerún, Uganda, Kenia Y Etiopía. Warren y Santmyer, (1965)

La república de Sudáfrica, también produce grandes cantidades de sorgo de grano (llamado maíz de caffir). La producción comercial de los granos blancos ha aumentado considerablemente desde la Segunda Guerra Mundial. Se cultivan grandes cantidades de grano en otros países de Africa, incluyendo Tanzania en el este, Rhodocia, y Mozambique en el Sur a la República Arabe Unida en el Norte. Warren y Santmyer (1965) La mayor parte del grano de sorgo en algunas regiones de este continente es el principal alimento humano mientras que en otras suplementa la dieta a otros cereales o tubérculos. Por ejemplo, es alimento principal en el norte de Dahomei, pero en el sur, lo es el maíz; los habitantes del Sur de Nigeria dependen del casabe y el ñame para su alimentación, mientras que los del Norte de Nigeria consumen aproximadamente tanto sorgo y mijo como casabe y ñame F.A.O (1965). La dieta básica en la mayor parte de Africa oriental es un potaje o pasta espesa que se hace añadiendo harina molida al agua caliente. En Etiopía y en Sudán una torta chata y el grano puede ser tostado, frito, y hervido entero.

### **Asia**

Benson et al (1906) Menciona que la introducción del sorgo en India y en China, desde su zona de origen, pudo haber ocurrido en tiempos prehistóricos, aunque los primeros indicios registrados indican que llegó a usarse ampliamente unos 2000 años a.c. Los primeros comerciantes Pueden haber transportado sorgos desde Arabia y Africa Oriental hasta el Sur de Asia, en los comienzos de la era cristiana. India y China se han considerado centros secundarios con referencia al origen del sorgo.

Con frecuencia las estadísticas sobre la producción de sorgo en Asia son inexactas o incompletas. A veces la producción de mijo y de granos alimenticios se incluyen en la misma categoría. Anderson y Martín (1949) estimaron la producción mundial de grano de sorgo en algo más de 20 millones de toneladas anuales para el periodo de 1934- 1938. Las cifras de las cosechas de 1968. (F.A.O) indican que la producción total de sorgos, mijos y otros cereales importantes aumentó sustancialmente en 1966, por encima del promedio del quinquenio 1948-1952. La producción de grano de arroz, trigo, maíz, y sorgo-mijo aumento en 53, 55, 62 y 64 %, respectivamente durante este lapso de 14 años.

Se estima que la producción de grano de sorgo en Asia (incluidas Unión Soviética, China, Manchuria y Oceanía) en un año normal oscila entre 2 y 25 millones de toneladas, o sea, del 42 al 45 % de la producción mundial. Puesto que la mayor parte de este grano se utiliza directamente para consumo humano, esta cantidad podría llegar a alimentar a unos 150 millones de adultos durante un año, suponiendo una dieta predominante de cereales; este tipo de régimen alimentario común en India proporciona el 80-90 % de la ingestión calórica. Además del grano por lo menos al rededor de 50 a 60 millones de toneladas de residuos vegetales, principalmente, hojas y tallos, se cosechan en Asia y son utilizados como forraje, combustible y para trabajos de construcción. Los países de Asia y Oceanía más importantes para el cultivo del sorgo son, en orden creciente: India, China, Pakistán, y Australia. FAO, (1966)

Las regiones principales (India y China ) producen más del 95 % de la cosecha de Asia y Oceanía. Los granos de sorgo se utilizan casi enteramente para la

alimentación humana, con excepción de la parte reservada para las futuras siembras. Se calcula que un tercio de la población o sea 160-170 millones de personas, obtienen su principal sustento (80-90 % del total de ingestión calórica) de estos cultivos, contribuyendo el sorgo aproximadamente con la mitad Roichie (1963). El grano de sorgo para consumo humano se prepara en infinidad de formas. La más común es molerlo o aplastarlo y preparar entonces una pasta que se hornea como pan chato, sin levadura. También se cocina como el arroz, con frecuencia se mezcla con otros cereales, legumbres secas, azúcar crudo o especias para obtener diversas preparaciones, frito, luego molido y mezclado con sal.

### **Latinoamérica**

En la mayoría de los países de Africa y de Asia, el grano de sorgo se cultiva principalmente para la alimentación humana. Mientras Latinoamérica el grano se cultiva sobre todo para la alimentación del ganado, aunque algunas zonas destinan también grandes cantidades para consumo humano. En Estados Unidos algo de harina de sorgo se usa como ingrediente de productos alimenticios. Wall y Ross, (1975).

En Hispanoamérica se ha extendido, en gran manera, el cultivo de sorgo, siendo, después de Norteamérica, los países más productores y exportadores. Así tenemos como gran exportador a Argentina, con 1 200 000 hectáreas cultivada, siguiendole México con 580 000, Cuba con 40 000 y Venezuela con 70 000; el conjunto de naciones de América Central: Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Guatemala, y Honduras

totalizan un total de 300 000 hectáreas. Josep Y Wall, (1975).

### **Contenido Proteico**

Aunque el grano de sorgo se utiliza principalmente como fuente energética, el contenido proteico es fundamental para la nutrición de todos los animales, y la composición de los aminoácidos es importante cuando se le utiliza para alimento humano. Entre las variedades que existen en la colección mundial difícilmente se busca un alto contenido de proteínas o calidad de la misma.

La proteína se calcula por aproximación multiplicando el análisis de nitrógeno de Kjendahal por el factor 6.25. La grasa cruda se mide como éter dietílico o materia extractable por éter de petróleo. La fibra cruda se refiere a la materia orgánica combustible no soluble en soluciones diluidas de ácido sulfúrico en caliente o hidróxido de sodio. La ceniza se determina por incineración de las muestras. La fracción no proteica (extracto no nitrogenado) es la diferencia entre la suma de los constituyentes antes nombrados y el peso de la muestra seca original. Wall (1975). La Association of official Aghriculturaasl Cheemists (1962) dieron a conocer metodos rápidos, reproducibles y uniformes.

El análisis próximoal proporciona una buena información inicial del valor nutritivo relativo y la utilidad de un producto agrícola y brinda una base de comparación entre diferentes especies, partes de plantas y condiciones de cultivo. Soest, (1967).

La composición del grano de sorgo es comparable a la de otros que se cultivan extensivamente para alimento humano y animal. Como el maíz y el trigo, el grano de sorgo tiene bajo contenido de fibra y ceniza, debido a que que las glumas se desprenden fácilmente en la mayoría de las variedades. Su nivel proteico es un poco más elevado que el maíz o el arroz. Wall, (1975).

Según el centro de investigaciones agrarias (1980) e Higgins (1978) se pueden hacer comparaciones entre los constituyentes de dos cereales de importancia en el país.

	Sorgo (%)	Maíz (%)
Proteína	9.8 a 16	12
Lípidos	2.9 a 3.7	4
Almidón	65.5 a 71.2	69
Fibra	1.87 a 2.75	3
Cenizas	1.19 a 3.61	4

El sorgo es poco más rico en proteínas, pero más pobre en materia grasa, sus proteínas como las del maíz, son de un valor biológico bastante bajo, son particularmente deficitarios en lisina.

En primeras investigaciones, en varios laboratorios Heller y Siegliger, (1944); Barham y otros, (1946); Edwarss y Curtis. (1943) se investigó a fondo la composición de los granos de sorgo en las variedades cultivadas para grano, jarabe y forraje. La

ceniza osciló entre 1.6 y 2.2 %; el aceite entre 3.1 y 4.9; los valores proteicos; entre 11 y 15 %. En general los granos de sorgo granífero contenían más almidón y menos grasa que las semillas más pequeñas de las variedades forrajeras o azucaradas.

Kersting y otros (1961) siguieron la evolución del grano del sorgo con respecto a los cambios químicos. El contenido de nitrógeno desciende ligeramente durante los primeros 10 días que siguen a la polinización y luego se mantienen constantes. Durante el periodo germinativo la composición del grano se modifica.

Aucamp y otros (1961) comprobaron que en el grano ya brotado, con el que se elabora la malta, disminuyen las grasas y los hidratos de carbono; en cambio las proteínas se mantienen o aumentan ligeramente.

El contenido proteico varía según el lugar y el año Miller (1964) existen indicios de que la duración del almacenamiento, las condiciones climáticas y la variedad influyen sobre la temperatura de gelatinización del almidón del sorgo. King y Heusden, (1963). Distintas variedades de sorgo poseen diversas características del grano y almidón que son controladas genéticamente. Barhaman y otros (1946).

Los suelos y el clima influyen sobre el rendimiento y la composición química de los sorgos graníferos. Heller y Singer (1944) observaron que durante los años en que ocurrieron las sequías y altas temperaturas disminuyeron los rendimientos y aumentó el nivel proteico.

El manejo del cultivo también es importante para determinar la composición del grano. Como lo demostraron Miller y Otros (1964); el grano cultivado en tierras de secano, alcanzaba un rendimiento promedio de 5 ton/ha y 9.5 % de proteína. En cambio en tierras irrigadas produjo 8.25 ton/ha con contenido proteico de 8.3 %.

Miller et al (1964) y Burluson et al (1956) demostraron que se puede aumentar el contenido proteico y el rendimiento del grano mediante la fertilización nitrogenada. El uso de fertilizantes y el lugar de siembra no solo afectan el nivel de proteínas, si no que también influyen sobre la composición de aminoácidos de la proteína. Wsaggle y otros (1967) comprobaron que la fertilización nitrogenada aumenta en forma lineal la proporción de ácido glutamático, prolina, alanina, isolucina, leucina, y finilanina en la proteína, mientras que reduce la de licina, histidina, arginina, treonina, y glicina. Se demostró que las variaciones del contenido proteico, debidas al lugar de siembra, también influyen sobre el contenido de aminoácidos del grano.

### **Tipos de proteínas del Sorgo**

El sorgo tiene muchas proteínas que presentan distintas propiedades físicas, actividades biológicas y valores nutritivos. Aunque generalmente las proteínas vegetales están compuestas solo por 20 aminoácidos diferentes, esos aminoácidos se pueden enlazar en distintas proporciones y secuencias para formar grandes cadenas proteicas; la forma, solubilidad, digestibilidad y el valor nutritivo de las moléculas de proteínas dependen de la composición y disposición de sus aminoácidos. Wall, (1975)

Osborne (1924) observó que se deben utilizar sucesivamente varios solventes distintos para extraer casi todas las proteínas de los cereales, incluyendo el sorgo. Utilizando este método clasificó a esas proteínas en: 1) albúminas, solubles en agua; 2) globulinas, solubles en soluciones salinas; 3) prolaminas; solubles en soluciones de alcohol etílico, y 4) glutelinas, solubles en álcalis diluidos. La mayor Parte de las proteínas del sorgo se extraen con soluciones acuosas o salinas.

### **Distribucion de las Proteínas en el Grano**

Las distintas partes del grano (germen, endospermo y afrecho) difieren en cantidades de proteína y en la proporción de los diversos tipos de esta. En el germen y en la cascara casi no hay prolaminas, mientras que predominan en el endospermo. En consecuencia, las proteínas del germen tienen mayor valor nutritivo que las del endospermo. En las proteínas del germen los aminoácidos esenciales (lisina, treonina, metionina, y cistina) alcanzan niveles de 4.1, 3.4, 1.5, 1.0 % ; mientras que en las proteínas del endospermo, constituyen sólo el 1.1, 2.8, 1.0 y 0.8 % respectivamente Picket, (1967). El sorgo tiene una amplia variación en cuanto a su contenido de proteína como lo demostraron varios autores Deyoe (1963); Miller et al., Sastry y Virupaksha (1969). En México, Cuca y Avila (1974) informaron un rango de proteína de 6.5 a 12%. Entre los aminoácidos limitantes de la proteína del sorgo han sido señalados por varios investigadores, la lisina, metionina, triptofano, treonina, arginina y glicina. Baptist (1954); Vavich, et al. (1959); Wagle, et al. (1967); Sastry y Virupacksha (1969).

### **Taninos del Sorgo**

Una característica común de todos los sorgos es que poseen pigmentos fenólicos que le dan un color determinado al grano de cada variedad, en estos grupos fenólicos se encuentran los taninos, que pueden afectar el valor alimenticio del sorgo. Se ha asociado el alto contenido de taninos en el grano de sorgo con resistencia al ataque de pájaros. York y Thurman, (1962); Harris, (1969).

Han sido realizados algunos trabajos sobre los efectos que pueden tener los taninos sobre el desarrollo de las aves cuando se alimentan con sorgos de este tipo y en ellos se han obtenido menores ganancias de peso y conversión alimenticia cuando se usaron sorgos de alto contenido de taninos en la dieta, Chang y Fuller (1964); Connor et al. (1969); Rostagno et al. (1973). Armstrong et al. (1973) encontraron que al aumentar el nivel de proteína y metionina en dietas para aves, se reduce la toxicidad del ácido tánico.

### **El Sorgo en la Industria**

Pieher et al (1955). Comenta que además del variado número de usos que tiene en la alimentación humana y animal, el grano de sorgo puede ser utilizado también en la industria y casi en la misma forma que el maíz. La mayor parte del sorgo industrializado se emplea en la producción de almidón, dextrosa, miel de dextrosa, aceites comestibles y otros derivados. Otro producto importante es el alcohol, en

resumen, casi todos los usos que tiene el maíz en la industria puede ser duplicado por el sorgo. Anualmente en Estados Unidos, las industrias del molido en húmedo, de molido en seco y de la fermentación, consumen 275,000 ton. de sorgo granífero. No se posee una composición detallada de esta cifra, pero se ha calculado que el molido en húmedo consume de 100,000 a 150,000 ton, 65,000 ton. la fermentación y el resto el molido en seco. Majors, (1961).

Se ha difundido el uso de harinas de cereales para espesar los productos alimenticios enlatados. Las pastas fabricadas con cereales como el sorgo ceroso son más estables que los derivados de los almidones comunes. Davis y Otros, (1955).

Hace más de cincuenta años, se realizaron intentos para remplazar en el pan el 25 % de harina de trigo por harina de sorgo granífero. LeClerc y Wessling, (1918). Boren (1962). Indico que es posible reemplazar con harina de sorgo hasta la mitad de la harina de trigo en los panes para hornear con levadura. Hay informes de que en el oeste de Estados Unidos se ofrece harina de sorgo a la industria panadera. Gerrish, (1967).

Otro uso comestible para la harina de sorgo granífero es en la elaboración de carne. Anualmente se consumen unos 16 millones de kilogramos de harinas y de almidones de cereal como ligantes para la carne Kraybill, (1955). Su función, reducir el costo de las salchichas y ligar los ingredientes. La harina de sorgo granífero ha recibido la aprobación correspondiente como ingrediente permitido de la división de inspección de carnes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

De los productos de cereal molido en seco se ha obtenido jarabe de glucosa y dextrosa cristalina comestible Kroyer (1966); Miescher (1966). El grano descortezado y sin germen es lavado para eliminar los constituyentes hidrosolubles y tratado con ácido o con una enzima que licúa el almidón.

El grano de sorgo molido se ha usado con éxito para producir ácido cítrico, ácido láctico, riboflavina, antibióticos y polisacáridos microbianos. Cadmus y Otros, (1966).

En los últimos años aumentaron considerablemente los usos industriales de las harinas de sorgo. Muy importantes para captar mercados entre los usos encontramos sorgo molido en seco en la fabricación de bloques de pared de yeso. Martín y MacMaster (1967), Aglomeración de carbón de leña, almidón para perforación, fabricación de papel, adhesivo corrugante, etc., son los muchos usos industriales donde el sorgo es de gran ayuda.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Area de Estudio.**

El trabajo experimental se llevó a cabo en la localidad de Derramadero, Coahuila en el ciclo primavera-verano 1998. Las coordenadas geográficas de esta localidad son 25° 11' 9" latitud norte y 101° 13' 4" longitud Oeste del meridiano de Greenwich con altitud de 1840 msnm; de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García; al área le corresponde el clima BWhW" el cual es muy seco o desértico, semicálido con invierno fresco extremo con temperaturas medias entre 18 y 22° C. Tiene lluvias en verano que exceden en diez veces más al mes más seco.

Los meses prácticamente libres de heladas son Abril a Septiembre, presentándose con mayor incidencia en los meses de Noviembre a Marzo y ocasionalmente en octubre.

### **Material Genético Utilizado.**

Para la realización del presente trabajo, fueron utilizadas 15 líneas de sorgo blanco para grano; son líneas seleccionadas en 1996 en la localidad de Celaya, Guanajuato; de una población original de 1,800 líneas establecidas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro "UAAAN" para ser utilizadas con doble propósito en la alimentación humana como grano y el forraje para la alimentación animal.

La genealogía de estos 15 genotipos se describe a continuación.

Tratamiento	Genealogía
1	Cel 95N 317
2	Cel 95 N 744
3	Cel 95 N 745
4	Cel 95 N 746
5	Cel 95 N 750
6	Cel 95 N 752
7	Cel 95 N 754
8	Cel 95 N 755
9	Cel 95 N 756
10	Cel 95 N 757
11	Cel 95 N 758
12	Cel 95 N 812
13	Cel 95 N 898
14	Cel 95 N 997
15	Cel 95 N 1000

## **Desarrollo del Experimento**

### **Preparación del terreno.**

Se realizaron labores de preparación del terreno, las cuales fueron: barbecho, rastreo, nivelación y surcado, para una buena cama de siembra y buena germinación.

### **Siembra**

La semilla de cada material se depositó en los surcos (a chorrillo); depositando la misma cantidad por tratamiento. La siembra se realizó en seco y posteriormente se aplicó el riego de nacencia.

### **Fertilización**

La formula de fertilización utilizada fue de 140-60-00 aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra; y la otra mitad del nitrógeno al momento del primer cultivo.

### **Labores culturales**

Los riegos que se le dieron al cultivo fueron de acuerdo a las necesidades hídricas de la planta, así evitando que cayera en condiciones de estrés; se mantuvo libre

de malezas durante todo su ciclo vegetativo; para controlar plagas y enfermedades, se hizo todo lo posible para su control mediante el auxilio de productos químicos.

### **Diseño de campo**

Los genotipos se sembraron bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones; la parcela experimental constó de tres surcos por genotipo de cinco metros de largo a una distancia entre surcos de 0.80 metros y la parcela útil fue de dos metros del surco central.

### **Análisis Estadístico.**

Se efectuaron análisis de varianza individuales, con el propósito de detectar diferencias estadísticas entre los genotipos en estudio; bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor de la i-j-ésima variable

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error experimental

Para obtener el coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula.

$$C.V. = \sqrt{\frac{C.M.E.}{X}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de Variación.

C.M.E.E. = Cuadrado medio del error experimental

X. = Media general.

Se efectuaron comparaciones de las medias de los tratamientos utilizando la prueba de rango múltiple (DMS) con la siguiente fórmula.

$$D.M.S. = t_{\alpha / 2, G.L.E.} \sqrt{\frac{2C.M.E.}{r}}$$

Donde:

G.L. E. = Grados de libertad del error experimental.

C.M.E. = Cuadrado medio del error experimental.

r = Repeticiones

Para el estudio de las correlaciones entre las variables, se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}} = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

Donde:

r = Coeficiente de correlación.

$(X - \bar{X}) = X$ , desviación de la variable X con respecto a su media.

$(y - \bar{Y}) = y$ , desviación de la variable Y con respecto a su media.

$\sum xy$  = Suma de los productos de las desviaciones.

$\sum X^2$  = Suma de los cuadrados de las desviaciones de X.

$\sum Y^2$  = Suma e los cuadrados de las desviaciones de Y.

### **Variables Evaluadas**

**Días a floración.** Para este carácter se consideró los días que transcurrieron desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas en cada parcela tenían la mitad superior de la panoja en anthesis.

**Altura de planta.** Medida en centímetros de la planta; considerando desde la superficie del suelo hasta la punta de la panoja.

**Excursión de la panoja.** Se midió en centímetros y fue la distancia de la unión de la lámina de la hoja bandera con el tallo a la base de la panoja.

**Longitud de la panoja.** De 10 plantas tomadas al azar se midió esta longitud en centímetros desde la base de esta, hasta su ápice.

**Rendimiento.** De la parcela útil en el experimento se obtuvo en (g) para cada uno de los tratamientos y posteriormente se convirtió en kg/ha, mediante un factor de corrección.

**Porcentaje de proteína.** Se determinó el contenido de proteína por el método de Kjeldahl en el laboratorio.

**Peso de 1000 semillas.** Se contaron y pesaron 1000 granos por tratamiento.

## RESULTADOS Y DICUSION

Se obtuvieron resultados que reflejan el comportamiento de las 15 líneas experimentales de sorgo blanco.

Los resultados del análisis de varianza y la comparación de medias por el método (DMS) , se realizó para todas las variables (altura de planta, floración, peso de 1000 semillas, excersión, rendimiento, proteína); las cuales se discutirán primero en forma individual.

### Altura de planta

En el análisis de varianza se observó que existe diferencia significativa, esto indica la existencia de variabilidad genética entre los materiales evaluados. Con valores extremos se identificó Cel95N 1000 como más alto con 1.5200 m y 1.1880 a Cel95N 812 como más bajo, se tiene un rango de 0.332 m, y la media es de 1.2777 m (Cuadro 1), y por encima de éste se encuentran 5 tratamientos, los de menor altura fueron Cel95N 317, Cel95N 755, Cel95N 8121, se obtuvo un coeficiente de variación de 4.83 por ciento, la dispersión de los datos con respecto a este valor es baja.

En la comparación de medias (Cuadro A3) existen 4 grupos diferentes que comprenden valores estadísticamente iguales dentro de cada grupo.

De la Loma y Ayard coinciden en considerar la altura de la planta como una manifestación de la heterosis, pero consideran erróneo medir el vigor por la observación de un carácter morfológico. No se puede entonces afirmar que el material más alto Cel95N 1000 sea mejor, ya que el objetivo es tener materiales de buena producción de grano, buena altura y buen contenido proteínico, además de que si la planta es alta y con buenas características agronómicas se puede utilizar tanto el grano como el forraje para ganado.

### **Floración**

Esta variable también resultó ser significativa. El tratamiento con menos días a floración le corresponde a Cel95N 757 con 79.3333 días, contrariamente el tratamiento Cel95N 997 es el más tardío con 83.6667 días, dando un rango de 4.3333 días con una media de 81.389 días (Cuadro 1) y el coeficiente de variación de 1.82 por ciento por lo que la dispersión de los datos es aceptable.

En la comparación de medias (Cuadro A5) se aprecian 5 grupos y considerado que la media es de 81.3891 días existen 6 tratamientos (Cel95N750, Cel95N752, Cel95N744, Cel95N898, Cel95N317, Cel95N757) que pueden considerarse de floración precoz dentro de los 15 evaluados.

Es muy importante este carácter para levantar una cosecha más rápida o para librarnos de bajas temperaturas ya que su periodo sería corto.

Cuadro 1. Rango, Media general ( $\bar{x}$ ), Coeficiente de variación (C.V), Nivel de significancia y Cuadrados medios de las variables evaluadas en Derramadero, Coahuila.

<b>Carácter</b>	<b>Rango</b>	$\bar{X}$	<b>C.V (%)</b>	<b>Nivel Signif.</b>	<b>C.M</b>
Proteína (%)	15.7767-13.0567 = 2.72	14.5397	4.94	**	1.9769
Excursión (cm)	2.3533-1.4100 =0.9433	1.716	18.21	*	0.2629
Alt. Pta. (cm)	1.5200-1.1880 =0.332	1.2777	4.83	*	0.0213
Long. Panoja (cm)	25.263334-15.800001 =9.463333	20.4421	9.86	N.S	7.250140
Rendim. (kg/ha)	3721.8933-1718.4135 =2003.4798	2683.50687	22.97	*	1045433.1
Florac. (días)	83.6667-79.3333 =4.3334	81.3891	1.82	*	5.200893
Pes 1000 sem. (gr)	38.2633-32.4800 =5.7833	34.9356	5.29	*	8.5574

House (1982) incluye a factores que influyen en el periodo de siembra la floración, señalando que en diferentes variedades de sorgo, el período antes mencionado varía con la fecha de siembra, manejo del cultivo, latitud y la temperatura. Indica que la floración de líneas diferentes es más temprana conforme los días se hacen más cortos; el tiempo de floración será diferente conforme los días aumenten en longitud y que florecen de entre 55 a 70 días en climas cálidos, pero su floración puede variar entre 30 a más de 100 días debido a que no todas las panículas de un campo florecen al mismo tiempo, usualmente hay polen disponible por un período de 10 a 15 días.

#### **Peso de 1000 semillas**

En este carácter existe variabilidad genética ya que en el análisis de varianza fue significativo; el tratamiento Cel95N 317 fue el que obtuvo el mayor peso con 38.2633 gramos, mientras que Cel95N754 con 32.48000 gramos es el más bajo dándonos un rango de 5.7833 gramos con una media en este carácter que es de 34.9356 gramos (Cuadro 1) y por encima de esta se encuentran 8 tratamientos.

El comportamiento en la comparación de medias (Cuadro A7) podemos apreciar 5 grupos estadísticamente diferentes.

Castañón (1986); Menciona que el peso de la semilla es importante, ya que si se tiene un peso mayor el grano será más grande y por lo tanto más grande su endospermo y tendrá más reservas para una mejor germinación de los materiales. Loya (1986), Menciona que la variable peso de 1000 semillas es un componente importante para la

estimación de rendimiento ya que entre mayor peso tenga la semilla el rendimiento va a ser mayor, aunque también va a depender de otros componentes.

### **Excursión**

En el análisis de varianza se observaron diferencias significativas. Este carácter inicialmente presentó un coeficiente de variación muy alto, por lo que se procedió a transformar los datos mediante la fórmula  $\sqrt{x + 2}$  para reducir el coeficiente de variación a un nivel aceptable.

Se observó que existen materiales muy bajos en excursión ya que el tratamiento más alto con datos transformados es Cel95N 758 con 2.3533 cm y el más bajo es de 1.4100 cm es Cel95N 754, dando un rango de 0.9433 con la media para este carácter de 1.716 (Cuadro 1) y la dispersión de los datos con respecto a este valor es aceptable, pues el coeficiente de variación es de 18.21 por ciento.

En la comparación de medias (Cuadro A8) se observan 3 grupos diferentes de valores estadísticamente iguales dentro de cada grupo.

Casas (1983), separa el rendimiento en sorgo de grano en tres componentes principales, que son número de granos por panoja, peso de grano, y panojas por unidad de superficie, pero también habla de otros componentes que pueden afectar el rendimiento como el número de ramas, longitud de la panoja, anchura y diámetro del

pedúnculo. Asociaciones positivas con el rendimiento han sido demostradas con otros factores como altura de planta, días a floración, días a madurez fisiológica, duración del llenado de grano y área foliar.

En lo que respecta a que a excersión es una característica que se le concede importancia relativa; pero muchos agricultores prefieren aquellos materiales que aparte de ser rendidores muestran una buena excersión; ya que asume que la trilla es más limpia evitando de esta manera las impurezas. Dzib (1987).

Analizando a esta variable de este punto de vista anterior la excersión es muy baja y se les tiene que mejorar.

### **Rendimiento**

El análisis de varianza identificó a esta variable como significativa, el valor más alto de rendimiento es Cel95N 750 con 3,721.8933 kg /ha y el valor más bajo es Cel95N 317 con 1,718.4135 kg/ha, esto da una amplitud de rango de 2,0003.4798 kg/ha con una media que es de 2,683.5068 kg/ha (Cuadro 1) y la dispersión de los datos con respecto a este valor es aceptable pues el coeficiente de variación es de 22.97 por ciento.

En la comparación de medias (Cuadro A10) se observan 6 grupos diferentes de valores estadísticamente iguales dentro de cada grupo; en el grupo de sobresalientes se encuentran 8 tratamientos superiores a la media que es de 2,683.5068 kg/ha.

Cabe mencionar que la media de los 15 tratamientos es superior a la media nacional de 1997 cuando alcanzo un promedio de 3,306 kg/ha y también a la del estado de Coahuila 2,141 kg/ha según SAGAR (1999).

Aguilar y Fescher (1975) mencionan que los rendimientos de las plantas no solamente dependen de la capacidad productora de un genotipo si no también de la interacción genotipo-ambiente, por variaciones de genotipos, años y localidades de siembra.

### **Proteína**

Los análisis de varianza identificaron a esta variable como altamente significativa, los valores más altos de contenido de proteína es Cel95N 317 con porcentaje de 15.7767 por ciento y el más bajo Cel95N 745 con 3.0567 por ciento esto da un rango de 2.72 con una media para este carácter que es de 14.5397 por ciento y por encima de ella se encuentran todos los integrantes del grupo 1 compuesto por 9 tratamientos con buen porcentaje de proteína. La dispersión de los datos es aceptable ya que se tiene un coeficiente de variación de 4.94 por ciento.

El comportamiento en la comparación de medias (Cuadro A13) se aprecian 4 grupos.

Si bien la eficiencia en la producción por parte de un cultivo, se ha enfocado a la obtención de mayores rendimientos, en los últimos años se ha reconocido la necesidad de considerar también la calidad del producto pensando en términos de alimentación humana. Los enfoques básicos han sido incremento del rendimiento, incremento en la cantidad de proteína en la semilla , o una mezcla de ambos. Los resultados de muchos estudios indican la presencia de una relación inversa entre el rendimiento y el contenido de proteína tanto en leguminosas como en cereales. Kwon y Torrie, (1964); Hartwing, (1969).

Se ha encontrado que la relación inversa entre el rendimiento y el contenido de proteína se debe sobre todo a factores ambientales y fisiológicos; más que a factores energéticos o genéticos, Adams (1967). Bahatia y Rabson (1976). Indicaron que las correlaciones entre diferentes componentes del rendimiento surgen bajo varios tipos de estrés ambiental y que se derivan de la acción de sistemas genéticamente independientes pero que interactúan uno con otro a través del desarrollo de la planta.

Johnson et al. (1969) menciona que esta relación inverza no es constante y que en general depende de la fertilidad del suelo, de la disponibilidad de agua y otros factores ambientales.

Sinclair y Dewit (1975, 1976), Hanson et al. (1961) Indicaron que existe la posibilidad de conseguir incrementos tanto en contenido de proteína como en rendimiento de grano. Según estos autores, no existe una contradicción energética entre ambos caracteres y la relación inversa resulta más bien de restricciones ambientales y

fisiológicas. Aunque existe controversia a este respecto, la tendencia a través de los años es aceptar como correcto lo marcado por Hamson et al (1965).

En estudios con trigo Kibite y Evans (1984) y Cox et al. (1985) obtuvieron como conclusión que existe la posibilidad de seleccionar líneas con alto rendimiento y alto contenido de proteína en las semillas y que la relación inversa aunque fenotípicamente real, no fue causada al parecer por factores genéticos.

### **Análisis de Correlación**

EL resultado de las correlaciones correspondientes entre los caracteres de estudio se presentan en el cuadro A14 . En estos análisis se encontró una correlación altamente significativa pero negativa entre rendimiento y peso de 1000 semillas, se entiende que a mayor rendimiento menor peso de 1000 semillas, esta asociación entre ellas no es aceptable, ya que siendo peso de 1000 semillas componente de rendimiento por lo general se obtiene una significancia pero positiva (a mayor rendimiento mayor peso de 1000 semillas), Syme (1970); Bohac y Hraska (1961), en maíz; Peter y Frey (1966), en avena; Montero (1990), en sorgo. El resultado de esta correlación en este experimento pueden ser atribuidas a: mal peso de las muestras, mal conteo de las muestras, fallas en la balanza para medir los pesos. Proteína se correlacionó significativamente con rendimiento en forma negativa (a mayor rendimiento menor porcentaje de proteína). Al respecto Johson, Robinson y Comstock (1955), consideran que el porcentaje de proteína o porcentaje de aceite, tiene poco valor como indicadores

de rendimiento. En diversos estudios se han encontrado correlaciones negativas entre rendimiento de grano y los contenidos de proteína. De ahí que varios autores hayan considerado que estos resultados dificultan la obtención de variedades con buen rendimiento y alta calidad proteínica.

Carbonell y Bartual (1983) llevaron a cabo un estudio sobre las relaciones entre 25 variables fenológicas y morfológicas con el rendimiento y la calidad de la semilla en 125 líneas de soya sembradas en dos años consecutivos. Los resultados indicaron que los caracteres relacionados fuertemente con el rendimiento de grano fueron; la longitud del periodo de desarrollo de la semilla, el número de nudos reproductivos, la altura de planta y la altura en la que aparece el primer fruto en la madurez; por otro lado los caracteres relacionados con el contenido de proteína en la semilla fueron: longitud del periodo vegetativo, tamaño y calidad de la semilla, diámetro foliar en el momento de la formación de la semilla y encamado temprano. Los demás caracteres no presentaron ninguna correlación, lo cual indica que no existió asociación entre estas ya que según Doggett (1970), menciona que alguno componentes de rendimiento no están correlacionados significativo entre si, porque esto dependerá de la influencia del medio ambiente en la expresión fenotípica de la variable según Loya (1986); algunos tenderán a causar una correlación positiva, otras una negativa.

## CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Considerando los objetivos del presente trabajo y en función de los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- 1.- En el análisis de varianza para cada carácter, las diferencias estadísticas observada entre los tratamientos indica la existencia de variabilidad entre las líneas evaluados, ya que el carácter proteína fue altamente significativo, algunas mostraron solo significancia como son: (excursión, altura de planta, longitud de panoja, rendimiento floración, peso de 1000 semillas), y no significancia en longitud de panoja.
- 2.- Existen líneas que se expresaron con potencial para ser utilizadas como progenitores en la formación de híbridos o variedades.
- 3.- El estudio de correlaciones nos mostró que existe una correlación altamente significativa pero negativa entre las características rendimiento y peso de 1000 semillas, así como significancia negativa entre rendimiento y por ciento de proteína.
- 4.- Los mejores tratamientos experimentales son los siguientes: **Cel 95N 812, Cel.95N 752, Cel.95N 758, Cel.95N 746, Cel.9N 756, Cel.95N 997.**

5.- Los resultados del presente trabajo servirán como base para estudios futuros que se recomiendan deberán realizarse; como análisis de aceite, fibra, cenizas; calidad de la harina, mezcla con otros cereales como el maíz, trigo y soya; que nos permita definir las diferentes formas de aprovechamiento del sorgo dada la poca presencia de sorgos blancos y pocos híbridos y variedades que son aprovechados para consumo humano en nuestro país.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, M.I. y R.M. Fischer. 1975. Análisis del rendimiento y crecimiento de 30 Genotipos de trigo bajo condiciones ambientales óptimas de cultivo. *Agro Ciencia* 21: 185-198. Chapingo, México.
- Benson, C., and Subba-Rao, C.I. 1906. The great miletor Sorghum in madras. *Madras Dept. Agr. Bull.*
- Betancourt, A. 1983. Métodos convencionales y procedimientos teóricos del mejoramiento del sorgo. In: *Proceeding of the plant breeding methods and approaches in Sorghum Workhop for Latin America*. México.
- Carbonell Guevara, E.A. y R. Bartual Pastor. 1983. Valoración agronómica y clasificación de una colección de líneas de soja sembrados en el bajo Guadolquivir. *Publicación del instituto Nacional de investigaciones Agrarias*. Madrid, España.
- 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, México.
- Castillo G., E. 1980. El rendimiento de grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Su relación con los periodos de desarrollo y otros caracteres. Tesis M.C. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Cox, M.C., C.O Qualset and D.W Rains, 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and traslocation in wheat. II. Nitrogen Assimilation in relation to grain yiel and protein. *Cropsci.* 25(3) : 435-440. United states of America.
- Delorit, R.J., Ahlgren, H.L. 1970. *Producción Agrícola*. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. Novena Edición. México, D.F.
- Dzib, E.R. 1987. Respuesta del sorgo de grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) Variedad AN-RS-9, a la fertilización organica en la región de Derrdero, Coahuila. Tesis demaestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahula. México.
- Gaona, R.J. 1985. Comportamiento de 200 familias seleccionadas de sorgo para grano no (*Sorghum bicolor* L. Moench) en zonas de bajas temperaturas. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Gerrero, D.J. 1984. Estimación de correlaciones genotípicas y fenotípicas en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Gerrish, O.B. 1967. Potential for food use of grain sorghum. 5 th Bien. Grain sorghum Producers Association, Amarillo, Texas.
- Hanson. W.D., R.C. Leffel and R.H. Howell 1961. Genetic Analyssis of energy Production soybean. Crop Sci. 1(2) : 121-126. United States of America.
- Harwing, E.E. 1969. Breeding Soybeans for high protein content and Quality In: FAO/IAEA Division of Atomic Energy in food an Agriculture (ed.) New Approachehes to Breeding for inproved plant protein. International Atomic Energy Agency (IAEA). Viena, Austria. P. 67-70.
- 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.
- Johson, H.W, F.H. Robinson, and R.E. Comstock. 1955. Genotipic and phenotypic Correlations in soybeans and their implication in selection Agrom. J . 47: 447-483.
- Johnson, W.A., W.L. Pan, R.H. Moll and E.J. Kamprath. 1986. Uptake, Translocation and reduction of nitrate. In : Neyra, C.A. (ed) Biochemical Basis of plant Breeding. C.RC. press, inc Boca Ro, Florida United States of America. P. 73-108.
- Jordán, H.L. 1957. Fruticultura y pasticultura. SARH. México.
- Kent, D.W. and A.J Amos. 1956. Química moderna de los cereales. Ed. Aguilar, Madrid España.
- Kibite, S. And L.E. Evans. 1984. Causes of negative correlations Between Grain yeild and Grain Protin consentration in common wheat. Euphytica 33(3) 801-810. The Nether Land.
- Kroyer, K. 1966. Extracción of stacch from grits and conversion intosyrup.
- Kwon, S.H and J.H. Torrie 1964. Heritability of and interrelationship Among Traits of Two soubean population. Crop Sci 4(2) : 196-198. United States of America.
- LeClerc, J.A., And Wessling, H.L. 1918. The chemical analysis of wheat-flour subs Titutes and the breads made therefrom. U.S. Dept. Agr. Bull.
- Majors, K.R. 1961. Industrial potential four grain sorghum. Zand Bien Grain Sorghum Res. Util Conf. Grain sorghum producers Assoc., Amarillo. Texas.

- Maiti, R. Ph. D., D. Sc. 1986. Morfología, crecimiento, y desarrollo del sorgo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L, México.
- Montero C., J de J. 1990. Estimación de parámetros genéticos y correlaciones en 200 familias de medios hermanos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L Moench). Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Ochse, J.J; M.J. Soule, M.J. Dijkman y C. Wehlurg. 1980. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Volumen 2. Editorial Limusa. México
- Pitner, J.B; Lazo, J.L; Sánchez; N. 1955. El cultivo del sorgo. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F.
- Rieman, A. 1940. Memoria del distrito de riego 04 “ Don Martín” Coahuila y Nuevo León. Comisión Nacional de Irrigación, México.
- SARH. 1999. Centro Estadístico Agropecuario. Estadística actual de la producción de sorgo años 1998. México.
- SARH.1982. Resumen del programa nacional agropecuario y forestal. 1981. NOTI SARH, No. 3. SARH. México.
- Sánchez, R.R. 1976. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México.
- Tamayo, J.L. 1980. Geografía moderna de México. 9a Edición. Editorial Trillas S.A. México.
- Tenopala, H.F. 1994. Estudio comparativo de 4 características en 52 híbridos experimentales de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) Evaluados en dos ambientes. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Van Soest, P.J. 1967. Derelopment of a comprehensive system of feed analysis and Its application to forages. J. Animal Sci.
- Vega, Z.G. 1983. Futuro del sorgo en México. In: Resúmenes del taller sobre producción y calidad del sorgo. Irapuato, Guanajuato, México.
- Walton, E.V. 1962. Cosechas productivas. Compañía editorial Continental S.A., México, D.F.
- Wall, J.S., W.M. Ross. 1975. Producción y usos del sorgo. Edición Hemisferio sur Argentina.

## **APENDICE**

Cuadro A2. Análisis de varianza para el carácter altura de planta.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	14	0.298241	0.02133	5.5928 *	0.00
Bloques	2	0.014061	0.007030	1.8458	0.175
Error	28	0.106651	0.003809		
Total	44	0.418953			

C.V.= 4.83

Cuadro A3. Comparación múltiple de medias para el carácter altura de planta

Tratamiento	Media (cm)
15	1.5200 A
7	1.3673 B
14	1.3450 BC
2	1.3240 BCD
4	1.2767 BCDE
11	1.2760 BCDE
5	1.2653 BCDE
10	1.2640 CDE
13	1.2447 CDE
3	1.2387 DE
6	1.2310 DE
9	1.2300 DE
1	1.2093 E
8	1.2010 E
12	1.1880 E

Nivel de significancia = 0.05

DMS = 0.1032

Cuadro A4. Análisis de varianza para el carácter floración.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	14	72.812500	5.200893	2.3703 *	0.025
Bloques	2	6.562500	3.281250	1.4954	0.240
Error	28	61.437500	2.194196		
Total	44	140.812500			

C.V.= 1.82%

Cuadro A5. Comparación múltiple de medias para el carácter floración.

Tratamientos	Media (días)
14	83.6667 A
7	82.6667 AB
12	82.6667 AB
4	82.6667 AB
15	82.6667 AB
3	82.3333 ABC
8	82.0000 ABCD
9	82.0000 ABCD
11	82.0000 ABCD
5	81.3333 ABCDE
6	81.0000 BCDE
2	80.0000 CDE
13	79.6667 CDE
1	79.6667 DE
10	79.3333 E

Nivel de significancia = 0.05

DMS = 2.4770

Cuadro A6. Análisis de varianza para el carácter peso de 1000 semillas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	14	119.804688	8.557478	2.5055 *	0.09
Bloques	2	14.097656	7.048828	2.0638	0.14
Error	28	95.632813	3.415457		
Total	44	229.535156			

C.V. = 5.29 %

Cuadro A7. Comparación múltiple de medias para el carácter peso de 1000 semillas.

Tratamientos	Media (gramos)
1	38.2633 A
15	37.1300 AB
10	36.4036 ABC
6	33.3300 ABC
14	35.7100 ABCD
12	35.4700 ABCDE
4	35.4167 ABCDE
13	35.3367 ABCDE
11	34.6233 BCDE
8	33.9233 CDE
9	33.7300 CDE
3	33.7000 CDE
5	32.9967 DE
2	32.7500 DE
7	32.4800 E

Nivel de significancia = 0.05

DMS = 3.0904

Cuadro A8. Análisis de varianza para el carácter excersión.

FV	GL	SC	CM	F	PF
Tratamientos	14	3.680893	0.262921	2.690 *	0.013
Bloques	2	0.198715	0.097732	1.0666	0.376
Error	28	2.736496	0.097732		
Total	44	6.616104			

C.V.= 18.21 %

Cuadro A9. Comparación múltiple de medias para el carácter excersión.

Tratamiento	Media (cm)
11	2.3533 A
10	2.3400 AB
1	1.8567 ABC
13	1.8300 BC
7	1.7767 C
12	1.7400 C
8	1.6967 C
2	1.6833 C
5	1.6500 C
6	1.5767 C
15	1.5400 C
4	1.4767 C
9	1.4100 C
14	1.4100 C
3	1.4100 C

Nivel de significancia = 0.05

DMS = 0.5228

Cuadro A10. Análisis de varianza para el carácter rendimiento

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	14	14636064.000000	1045433.125000	2.7515 *	0.011
Bloques	2	1476544.000000	738272.000000	1.9431	0.160
Error	28	10638624.000000	379950.843750		
Total	44	26751232.000000			

C.V. = 22.97 %

Cuadro A11. Comparación múltiple de medias para el carácter rendimiento.

Tratamiento	Media (kg/ha)
5	3721.8933 A
8	3590.3733 AB
7	3315.8701 ABC
14	3131.3701 ABCD
9	2922.8503 ABCDE
2	2874.9402 ABCDE
6	2754.3733 ABCDE
4	2643.0566 BCDEF
3	2519.2268 CDEF
15	2514.1833 CDEF
11	2311.6833 CDEF
13	2239.0168 DEF
12	2086.4968 EF
10	1910.4135 EF
1	1718.4135 F

Nivel de significancia = 0.05

DMS = 1030.7374

Cuadro A12. Análisis de varianza para el carácter proteína.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	14	27.677734	1.976981	1.976981 * *	0.001
Bloques	2	0.843750	0.421875	0.421875	0.545
Error	28	14.445313	0.515904	0.515904	
Total	44	42.966797			

C.V. = 4.94 %

Cuadro A13. Comparación múltiple e medias para el carácter proteína.

Tratamiento	Media (%)
10	15.7767 A
13	15.3733 AB
6	15.2433 AB
1	15.2300 AB
11	15.0600 ABC
4	15.0333 ABC
9	14.8567 ABCD
14	14.7933 ABCD
12	14.6700 ABCD
2	14.1733 BCDE
15	13.9733 CDE
5	13.7633 DE
8	13.7133 DE
7	13.3600 E
3	13.0567 E

Nivel de significancia = 0.05

DMS = 1.2011

Cuadro A14. Correlaciones de los siguientes caracteres evaluados en Derramadero, Coah.

	Florac.	Peso 1000 Semillas	Prot.	Alt. Pta.	Rendim.	Excursión
Florac.	1	-0.2163 NS	-0.4583 NS	0.3256 NS	0.4257 NS	-5131
Peso 1000 semillas		1	0.6261 NS	0.0481 NS	-0.6921**	0.16 NS
Prot.			1	-0.2764 NS	-0.6077*	0.436 NS
Alt. Pta.				1	0.1571 NS	-0.1400 NS
Rendim.					1	-0.4514 NS
Excursión						1