

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS



ESTUDIO DE PARAMETROS DE ESTABILIDAD Y RENDIMIENTO
EN SORGO (Sorghum vulgare),
EN JALISCO, GUANAJUATO Y MICHOACAN.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
ORIENTACION FITOTECNIA
P R E S E N T A
JOSE LUIS GUZMAN GARCIA
LAS AGUJAS ZAPOPAN, JAL. JUNIO 1995

17415 / 016739
A3223
G2



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS

COMITE DE TITULACION
SOLICITUD Y DICTAMEN

CLAVE: 0F189074/95

SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION
PRESENTE.

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento Interno de la División de Ciencias Agronómicas, he reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicito su autorización para realizar mi TRABAJO DE TITULACION, con el tema:

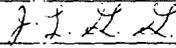
ESTUDIO DE PARAMETROS DE ESTABILIDAD Y RENDIMIENTO EN SORGO
(Sorghum vulgare), EN JALISCO, GUANAJUATO Y MICHOACAN

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DE TITULACION.

MODALIDAD: Individual.

NOMBRE DEL SOLICITANTE: JOSE LUIS GUZMAN GARCIA COD:GO: 060401493

GRADO: _____ PASANTE: X GENERACION: 84-89 ORIENTACION O CARRERA: FITOTECNIA

Fecha de Solicitud: 2 DE JUNIO DE 1995 
Firma del Solicitante

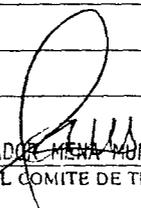
DICTAMEN

APROBADO () NO APROBADO ()

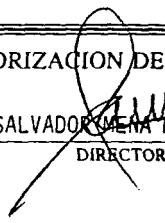
DIRECTOR: M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA

ASESOR: M.C. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA

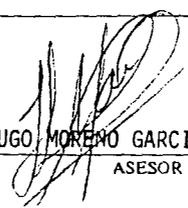
ASESOR: M.C. HUGO MORENO GARCIA


M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION


M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA
DIRECTOR


M.C. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA
ASESOR


M.C. HUGO MORENO GARCIA
ASESOR


Vo.Bo. Pde. del Comité.

FECHA: 25 DE JULIO DE 1995

DEDICATORIA

A DIOS Gracias por darme salud y permitirme lograr una meta importante.

A MI MADRE MARIA (Q.P.D.) Con amor, agradecimiento y admiración, por todo su esfuerzo, sus consejos y apoyo incondicional.

A MI PADRE JOSE Con respeto y agradecimiento.

A MIS HERMANOS Jesús
 Adolfo
 Paulina
 Mary
 Ana
 Rosario
 Juan
 Julia
 Isabel
 Lupita y
 Carlos

Quienes siempre me apoyaron.

A MI NOVIA María Luisa ^(S) Con profunda admiración, cariño y respeto.

A G R A D E C I M I E N T O S

Agradezco a la Universidad de Guadalajara, especialmente a la Facultad de Agronomía, hoy División de Ciencias Agronómicas por mi formación profesional.

Al M.C. Milton Alvarez Baus del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), por su apoyo y amistad.

Al Dr. Mujib Kazi Mujeeb del Centro Internacional de Mejoramiento en Maíz y Trigo (CIMMYT), por su disponibilidad y atención que me permitieron laborar en el área de investigación de éste Centro.

Al M.C. Salvador Mena Munguia y al Dr. Hugo Moreno, por su asesoría durante la elaboración del trabajo de tesis.

Al M.C. Salvador Hurtado de la Peña , por compartir sus experiencias profesionales, despertar la inquietud constante de superación y su gran amistad.

Al grupo de Trigo de Fitotecnia, Generación 1981, especialmente al Ing. Adolfo Guzmán , al Dr. Edgar Haro y al Dr. Guillermo A. Briseño, por su gran entusiasmo y apoyo en cualquier momento.

Muy especialmente a la M.C. María Luisa García Sahagún por su esfuerzo y confianza en la realización de éste trabajo.

A los maestros, compañeros y amigos con quienes conviví durante la carrera.

A TODOS ELLOS GRACIAS

CONTENIDO

Pág.

Dedicatoria	
Agradecimientos	
Indice de cuadros	
Indice de figuras	
I.- RESUMEN	
II.- INTRODUCCION	1
III.- OBJETIVOS E HIPOTESIS	2
IV.- REVISION DE LITERATURA	3
4.1 Descripción Botánica.	3
4.2 Interacción genotipo-ambiente.	4
4.3 Parámetros de Estabilidad.	8
V.- MATERIALES Y METODOS	16
5.1 Ambientes de Prueba.	16
5.2 Material genético.	16
5.3 Trabajo de Campo.	19
5.3.1 Siembra.	19
5.3.2 Fertilización.	19
5.3.3 Control de malas hierbas.	19
5.3.4 Control de plagas.	20
5.3.5 Cosecha.	21
5.4 Datos tomados durante el desarrollo del cultivo.	22

	Pág.
5.4.1 Floración.	22
5.4.2 Altura de la planta.	22
5.4.3 Enfermedades.	22
5.4.4 Rendimiento.	22
5.5 Diseño de Tratamientos.	23
5.6 Diseño Experimental.	23
5.7 Análisis Estadístico.	24
5.7.1 Análisis de varianza por localidad.	24
5.7.2 Análisis de varianza combinado.	25
5.7.3 Parámetros de Estabilidad.	27
VI.- RESULTADOS Y DISCUSION	33
6.1 Resultados del Análisis de varianza por localidad.	33
6.2 Resultados del Análisis de varianza combinado.	37
6.3 Resultado de Parámetros de Estabilidad.	40
VII.- CONCLUSIONES	44
VIII.- LITARATURA CITADA	45
IX.- APENDICE	49

LISTA DE CUADROS

No.	C U A D R O	Pág.
1	DESCRIPCION DE MATERIALES DE ACUERDO A SUS PARAMETROS DE ESTABILIDAD.	11
2	LOCALIZACION GEOGRAFICA Y CARACTERISTICAS DE LOS AMBIENTES DE PRUEBA EN LOS QUE SE EVALUARON LAS VARIETADES DE SORGO.	18
3	ANALISIS DE VARIANZA POR LOCALIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR.	25
3a.	ANALISIS DE VARIANZA CONJUNTO Y CUADRADOS MEDIOS ESPERADOS PARA UN MODELO CON AMBIENTES AL AZAR Y VARIETADES FIJAS.	27
4	ANALISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD.	32
5	ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE 5 EXPERIMENTOS EN SORGO.	38
6	RENDIMIENTO EN KG / HA DE 10 VARIETADES DE SORGO EVALUADAS EN 5 LOCALIDADES DE LOS ESTADOS DE GUANAJUATO, MICHOACAN Y JALISCO.	39
7	ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR PARAMETROS DE ESTABILIDAD.	42
8	RENDIMIENTO PROMEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD ESTIMADO PARA 10 VARIETADES DE SORGO EVALUADAS EN 5 LOCALIDADES.	43

LISTA DE FIGURAS

No.	F I G U R A	Pág.
1	LOCALIZACION DE LOS AMBIENTES EN QUE SE ESTABLE- CIERON LOS CINCO EXPERIMENTOS.	17

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

No.	C U A D R O	Pág.
1a.	ANALISIS DE VARIANZA DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO.	50
2a.	ANALISIS DE VARIANZA DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN ZACOALCO DE TORRES, JALISCO.	50
3a.	ANALISIS DE VARIANZA DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN SAN JOSE CASAS CAIDAS, JALISCO.	51
4a.	ANALISIS DE VARIANZA DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN LA PIEDAD. MICHOACAN.	51
5a.	ANALISIS DE VARIANZA DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN YURECUARO, MICHOACAN.	52
6a.	RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO.	53
7a.	RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN ZACOALCO DE TORRES, JALISCO.	54
8a.	RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN SAN JOSE CASAS CAIDAS, JALISCO.	55

No.	C U A D R O	Pág.
9a.	RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN LA PIEDAD, MICHOACAN.	56
10a.	RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN YURECUARO, MICHOACAN.	57
11a.	ALTURA (cm) PROMEDIO DE PLANTAS DE SORGO EVALUA- DAS EN CINCO LOCALIDADES.	58
12a.	PROMEDIO DE DIAS A FLORACION EN 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN CINCO LOCALIDADES.	59

R E S U M E N

Con el fin de evaluar la estabilidad de rendimiento se sembraron las variedades de sorgo RA-747, NK-308, ASGROW ZAFIRO, WARNER-628W, WAC-696R, WAC-698, D-64, RUBY, D-55 Y B-816 en las localidades de San José Casas Caídas y Zacoalco de Torres en Jalisco, Valle de Santiago en Guanajuato , La Piedad y Yurécuaro en Michoacán.

El estudio consistió en describir el comportamiento de cada variedad en una serie de ambientes mediante un modelo propuesto por Eberhart y Rusell (1966) que definen como parámetros de estabilidad, permitiéndonos recomendar los mejores genotipos para ambientes ricos, ambientes pobres o que muestren un alto comportamiento promedio al cultivarlo en un amplio rango de ambientes.

El ambiente de prueba donde se obtuvieron los mayores rendimientos fué Valle de Santiago, Gto. y la localidad con el índice ambiental más bajo fué San José Casas Caídas, Jal. en el que se registraron los menores rendimientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos al calcular los parámetros de estabilidad $b_i < 1$ (coeficiente de regresión) y $S^2_{di}=0.0$ (desviaciones de regresión) considerando los altos rendimientos promedio, las variedades más estables resultaron ser ASGROW ZAFIRO, RUBY Y WAC 698; (por tanto muy adecuadas para sembrar en todas las localidades de prueba.

INTRODUCCION

El cultivo de sorgo tiene importancia económica en México en particular el destinado a la producción de grano y forraje.

El área cultivada se ha incrementado en los últimos años; para 1988 la superficie cosechada fué de 1 799 537 hectáreas (ha.) y la producción de 5 894 949 toneladas (ton.) (INEGI, 1988). Los principales estados productores de sorgo por orden de importancia son: Tamaulipas, Guanajuato, Jalisco y Michoacán (Anuario, 1988).

Debido a la diversificación de ambientes que existe en el área sorguera y en particular para los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato se ha manifestado la necesidad de obtener variedades que sean estables para que el agricultor obtenga altos rendimientos con la seguridad de que el ambiente no afecte a las variedades, pues el efecto producido por el fenómeno de interacción genético-ambiental en toda evaluación de variedades propicia diversidad en su respuesta a los ambientes.

Eberhart y Rusell (1966) propusieron un modelo para medir la estabilidad y definieron los parámetros que pueden usarse para describir el comportamiento de una variedad en una serie de ambientes.

La importancia de conocer los parámetros de estabilidad nos permite recomendar los mejores genotipos para un buen manejo (ambiente rico), manejo deficiente (ambiente pobre), o bien de

genotipos que muestren un alto comportamiento promedio cuando se les cultiva en un amplio rango de ambientes.

Considerando lo anterior la presente investigación plantea los siguientes objetivos:

- 1.- Evaluar la estabilidad de rendimiento de 10 variedades de sorgo en localidades de Jalisco, Guanajuato y Michoacán.
- 2.- Identificar a las variedades con estabilidad satisfactoria en los diferentes ambientes.
- 3.- Ubicar a las variedades en las localidades correspondientes de acuerdo a los valores de sus parámetros de estabilidad y alto rendimiento.

Para el logro de los objetivos señalados, se plantea la siguiente hipótesis:

Al menos una de las variedades evaluadas puede adaptarse a los diferentes ambientes de prueba, sin disminuir su rendimiento.

IV.- REVISION DE LITERATURA

4.1 Descripción Botánica

El Sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers.) es una planta herbácea anual robusta, de la familia de las gramíneas originaria de Africa y Asia cultivada en varios lugares semicálidos de México.

Se considera que derivó de una especie perene *S. halapense* (L) Pers., de la región del Mediterráneo, cultivada como forraje y para fijar suelos erosionados en zonas áridas.

Su aspecto es semejante al del maíz antes de florecer; alcanza 4 o 5 metros (m); el tallo es articulado y envainado, con la parte central jugosa o seca. Las hojas son largas, anchas, planas y suculentas; presentan en la base una vaina larga que envuelve al tallo y tiene una lígula corta o lengüeta axilar.

Las flores están dispuestas en espiguillas vellosas, grandes y anchas que se agrupan por pares una sésil y fértil y la otra pedicelada y estéril; el conjunto de estas espiguillas constituyen una densa y gran inflorescencia en panícula; las espiguillas fértiles son graníferas y cada una contiene una flor hermafrodita; las estériles son unisexuales masculinas (sólo con estambres) y caducas; las flores hermafroditas están protegidas por dos glumas papiráceas que cubren a las glumelas y a las glumélulas y presentan tres estambres y un ovario globoso con dos estilos cortos y estigmas plumosos.

Los frutos son granos o cariósides subglobosos, aovados,

ovado oblongos, obovados o elípticos, de 3 a 4 milímetros (mm) de largo por 2 a 3.5 mm de ancho.

4.2 INTERACCION GENOTIPO - AMBIENTE.

La amplia variación ecológica de las regiones productoras y la diversidad de genotipos mejorados y en proceso de mejoramiento hacen extensiva la labor del fitomejorador en la evaluación de estos materiales y necesario el entendimiento de sus respuestas al interaccionar con los ambientes.

Muchos son los autores que han escrito sobre la importancia de la interacción genético-ambiental, a continuación se mencionan algunos de los trabajos que se han realizado.

Márquez (1974) señala que la interacción genotipo-ambiente no es sino el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes ambientes. Este autor señala que para el agricultor que necesita planear la producción estableciendo rotaciones de cultivos, calculando costos de producción, estimando las posibilidades del futuro mercado, planeando sus facilidades de almacenamiento, transporte, mano de obra, etc., parece ser que lo más conveniente será una variedad estable, ya que las predicciones que hiciera con respecto al rendimiento le permitiría hacer una mejor planeación general de su producción que con una variedad inestable.

Poehlman (1965) menciona que en el rendimiento de una variedad de sorgo influyen tanto las características de la planta que son hereditarias como también los factores ambientales. Estos

están influyendo día con día; en ocasiones el hombre las modifica mediante sus prácticas culturales, aunque en algunas, no ha sido posible su participación.

Patanothai y Atkins (1974) estudiaron los efectos genéticos y la respuesta del rendimiento de cruzas simples y de tres líneas de sorgo en nueve ambientes durante tres años.

Los resultados indicaron que las variaciones en la media de rendimiento entre las fuentes de variación fueron atribuibles grandemente a efectos genéticos de aditividad y dominancia.

La interacción de los efectos genéticos con el ambiente (lineal) son explicados por una acción genética aditiva, siendo de menor importancia los efectos de dominancia.

Los análisis no indicaron que los efectos epistáticos y del citoplasma fueran factores significativos en determinar la respuesta diferencial en los ambientes. Las desviaciones de regresión pueden ser explicadas por un pequeño grado de efectos genéticos de dominancia, sin embargo, los resultados señalan que la herencia de las desviaciones es compleja. Los híbridos de tres líneas tuvieron pequeñas desviaciones de regresión, siendo relacionada esta capacidad de amortiguamiento con la heterogeneidad y heterocigosidad de la población.

Según Allard y Bradshaw (1974), las variaciones ambientales pueden ser divididas en dos grupos: predecibles e impredecibles. Dentro de las primeras se encuentran las características permanentes del medio ambiente tales como: caracteres generales

del clima tipo de suelo, etc., en tanto que al segundo grupo corresponden: cantidad y distribución de la lluvia, temperatura, entre otros factores. Ellos denominan una variedad como "buena amortiguadora" o con buena flexibilidad, cuando puede ajustar su condición genotípica y fenotípica a las fluctuaciones transitorias del medio ambiente, y distinguen dos tipos de flexibilidad : a).- "Flexibilidad individual", cuando el individuo por sí mismo posee buena flexibilidad, de tal forma que cada miembro de la población tiene una buena adaptación al rango de medios ambientes en donde han sido probados; b).- "Flexibilidad poblacional" que surge de la interacción de los diferentes genotipos, cada uno de ellos adaptado a un determinado rango de condiciones ambientales.

Comstock y Moll (1963) mencionan en su trabajo relativo a la interacción genético-ambiental que el desarrollo del fenotipo es influenciado por causas genéticas y no genéticas y que estos dos factores no actúan independientemente; por lo tanto, este interjuego entre lo genético y lo no genético sobre el desarrollo es lo que se conoce como interacción genético-ambiental. Uno de los efectos importantes de esta interacción es que reduce la correlación entre el fenotipo y el genotipo con el resultado que las inferencias se vuelven más complicadas.

Sprague y Federer (1951) en un análisis de los datos de maíz obtenido en varios ambientes, presentaron evidencias que las cruza dobles interactúan menos con el ambiente que las cruza simples. Los datos sugirieron que las cruza dobles son

superiores a las cruzas simples para estabilidad de rendimiento.

Allard (1961) trabajó con tres niveles de diversidad genética en poblaciones de haba, para determinar la relación de esta diversidad con la productividad y la estabilidad de esta misma característica. Las comparaciones hechas dentro de un mismo nivel de diversidad genética sobre una serie de ambientes indicaron que el orden de productividad fue: población en masa de híbridos, líneas puras y mezclas de líneas puras. El orden de estabilidad en productividad fue: población en masa, mezclas de líneas puras y líneas puras.

Hubo pequeñas diferencias en estabilidad en la población de mezclas si solamente dos o muchos genotipos fueron incluidos, lo cual sugiere que la dotación de la diversidad genética intraespecífica de las mezclas en relación con la capacidad para producir consistentemente, es más o menos independiente del número o atributos de los componentes.

Los factores genético y ambientales que producen estabilidad no necesariamente dotan a las mezclas de una alta capacidad de producción, sin embargo, existe la posibilidad de incrementar el rendimiento formando mezclas de líneas puras escogidas por uniformidad de apariencia, calidad y estabilidad.

Miller et al (1962) evaluaron variedades de algodón en 11 localidades por un período de tres años. La interacción variedad

x localidad x año fue altamente significativa, indicando que las variedades muestran una respuesta diferencial cuando crecen en ambientes distintos. La interacción variedad x localidad también resultó estadísticamente significativa, lo cual representa que al menos algunas variedades tendieron, en el rango, a diferenciarse consistentemente en rendimiento en ciertas localidades. La interacción variedad x año fue de menor importancia en relación a las anteriores. Estos autores señalan que para hacer recomendaciones de variedades es esencial que sean evaluadas sobre una adecuada muestra de ambientes. Una muestra razonable podría ser la siguiente:

- 1.- Una serie de localidades en un año.
- 2.- Una serie de años en una localidad.
- 3.- Cualquier combinación de años y localidades, incluyendo un número de pruebas moderadas.

4.3 PARAMETROS DE ESTABILIDAD

Se han propuesto y aplicado diversos criterios para determinar la "estabilidad" y "deseabilidad" de las variedades que, estando en proceso de mejoramiento, se someten a pruebas en una serie de ambientes, ya sean localidades y/o años, cuyos resultados son influidos por efectos de la variedad (genéticos), del medio en que se desarrollan (ambientales) y por la interacción de ambos (genético-ambiental). La estimación de ellos forman dichos criterios para definir la superioridad de una variedad sobre otra.

Finlay y Wilkinson en 1963 desarrollaron una técnica estadística para comparar el funcionamiento de un grupo de variedades de cebada en varias localidades y estaciones. Para cada variedad se obtuvo una regresión lineal del rendimiento sobre la media de rendimiento de todas las variedades en cada sitio y estación. En estos cálculos el rendimiento básico fue medido sobre una escala logarítmica induciendo un alto grado de linealidad. Dos índices importantes son considerados:

1.- El coeficiente de regresión.

2.- El rendimiento de la variedad sobre todos los ambientes.

La media de la población tiene por definición un coeficiente de regresión igual a uno. Incrementos de los valores de regresión respecto a uno, describen variedades con alta sensibilidad a cambios ambientales y gran especificidad de adaptación a ambientes de alto rendimiento. Coeficientes de regresión abajo de uno poseen una gran resistencia a cambios ambientales, por lo tanto incrementan su especificidad de adaptación en ambientes de bajo rendimiento. El segundo índice, o sea la media de rendimiento de la variedad sobre todos los ambientes provee una medida comparativa del funcionamiento de la variedad individualmente.

El modelo matemático más utilizado para determinar la interacción genético-ambiental de un grupo de materiales es el propuesto por Eberhart y Rusell en 1966. Estos autores usan como índice ambiental el promedio de rendimiento de las variedades en

un medio ambiente particular, menos la media general. En este modelo los parámetros son: un coeficiente de regresión, estimado como la regresión del rendimiento individual de cada variedad sobre los distintos índices ambientales, y el cuadrado medio de las desviaciones de la regresión; valores de 1.0 y 0 respectivamente definen una variedad estable.

El modelo que éstos autores plantean es:

$$Y_{ij} = U_i + B_i I_j + d_{ij}$$

en donde:

Y_{ij} = Media varietal de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente.

U_i = Media de la i-ésima variedad sobre todos los ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i-ésima variedad a diferentes ambientes.

I_j = Índice ambiental obtenido por sustraer el rendimiento promedio de todas las variedades en un ambiente particular.

$$I_j = \left(\sum_i Y_{ij} / v \right) - \left(\sum_{ij} Y_{ij} / vn \right).$$

Carballo (1970) en un estudio que realizó en variedades de maíz, empleó los parámetros de estabilidad propuestos por Eberhart y Rusell, bajo condiciones de El Bajío y zonas de transición de los Valles Altos y llega a las siguientes conclusiones:

a).- La selección de variedades a través de esta metodología fue eficaz para la recomendación de variedades para siembras comerciales.

b).- Es de gran utilidad para estratificar los ambientes en sub-regiones en lugar de una sola región por varios años como ambiente de prueba para fines experimentales.

c).- Con el uso de dicha metodología, se puede definir consistencia y estabilidad más no deseabilidad, esta última la debe definir el mejorador de acuerdo a las características del medio ambiente de su región.

Por último complementa dicha metodología, al integrar el Cuadro 1 que hace más comprensible y fácil la identificación de materiales sobresalientes de acuerdo a sus valores de B_i (coeficiente de regresión) y $S^2 d_i$ (Desviación de regresión):

CUADRO NO.1 . DESCRIPCION DE MATERIALES DE ACUERDO A SUS PARAMETROS DE ESTABILIDAD.

CATEGORIA	B_i	$S^2 d_i$	DESCRIPCION
1	=1	=0	Variedad Estable.
2	=1	>0	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente.
3	<1	=0	Responde mejor en ambientes desfavorables.
4	<1	>0	Responde mejor en ambientes desfavorables e inconsistente.
5	>1	=0	Responde mejor en buenos ambientes y es consistente.
6	>1	>0	Responde mejor en buenos ambientes, pero es inconsistente.

Reich y Atkins (1970) estudiaron el comportamiento de cuatro tipos de estructura de poblaciones en sorgo en nueve ambientes durante un período de dos años. Las poblaciones estuvieron representadas por líneas homogéneas y homocigóticas, híbridos homogéneos y heterocigóticos, mezclas de líneas heterogéneas y heterocigóticas. Los parámetros para rendimiento de grano indicaron que las mezclas de híbridos fueron las más productivas y estables y en términos de bajas desviaciones de regresión tuvieron el segundo lugar respecto a las demás poblaciones.

Jowett (1972) realizó una evaluación sobre el comportamiento de líneas, cruzas simples y de tres líneas de *Sorghum bicolor*, Moench en diversos ambientes utilizando dos técnicas, una en escala aritmética y la otra logarítmica. La comparación de coeficientes de regresión del rendimiento sobre el índice ambiental muestra que los híbridos son más estables, sin embargo, no existen diferencias entre las cruzas de tres líneas y las simples. En cuanto se refiere a las desviaciones de regresión, las cruzas de tres líneas son más estables que las simples, interpretando que se debe al amortiguamiento o flexibilidad poblacional. Sin embargo, una crusa simple mostró desviaciones particularmente bajas, indicando que esta puede ser una característica heredable. Consideran que el uso de la escala logarítmica en comparación con la escala aritmética, es preferible si las variedades difieren marcadamente en rendimiento.

Juárez (1977) realizó un estudio con sorgos híbridos experimentales establecidos en varias localidades y años. Obtuvo las siguientes conclusiones; el promedio de testigos no es una buena base para la selección de las mejores variedades, y menos si se toma como único criterio; el promedio de testigos como criterio de selección implicó la selección de materiales cuyo potencial de rendimiento está por debajo del grupo superior estadísticamente; en base a los parámetros de estabilidad la prueba en una serie de localidades en un año resultó más convincente que la prueba en una localidad por varios años; el número de ambientes y principalmente la heterogeneidad de los mismos, son factores importantes en la estimación de la medida de rendimiento y los parámetros de estabilidad; el comportamiento estable del promedio de los testigos puede ser útil como punto de referencia en programas de mejoramiento en donde se necesita medir el avance del mismo a través del tiempo y también en el caso de trabajos preliminares de observación y selección en que generalmente se establecen los materiales en una repetición.

Gómez (1977), evaluó sorgos híbridos experimentales en 10 localidades, 3 años y dos ciclos por año. Indica que el modelo propuesto por Eberhart y Rusell (1966) resultó efectivo para caracterizar variedades por estabilidad de rendimiento, puesto que detectaron sorgos ubicados en las 6 situaciones que propone Carballo (1970). En general, se observó que los materiales adaptados a ambientes favorables presentaron los más altos

rendimientos; los que se adaptaron a ambientes desfavorables fueron los menos rendidores y los que tuvieron una adaptación a todos los ambientes, mostraron un rendimiento intermedio; también considera que el método de selección por estabilidad resulta más eficiente y económico que el procedimiento de selección basado en el comportamiento promedio obtenido en una localidad a través de varios años y que considera la ubicación de los mismos materiales en otros ambientes de prueba. Sin embargo, sugiere discriminar posteriormente los materiales seleccionados por estabilidad, en base a las mejores características agronómicas.

Camacho (1981) citado por Castillo (1982) evaluó un grupo de 39 variedades de trigo de las cuales 8 fueron mezclas, 25 líneas puras y 6 testigos en 6 localidades distribuidas en el Norte de México. Los parámetros de estabilidad varietal se determinaron por el método de Eberhart y Rusell (1966) modificado por Cruz (1980). Los resultados indicaron que las mezclas y sus componentes responden igual a los cambios ambientales y que la predicción del rendimiento en una mezcla es semejante a la de sus componentes. En general se observó que las mezclas más rendidoras están compuestas por líneas más rendidoras.

Castillo (1982) evaluó 6 variedades de girasol, 4 híbridos y 2 variedades, en 6 fechas de siembra a intervalos de 20 días. Los parámetros de estabilidad varietal se determinaron por el método de Eberhart y Rusell (1966) modificado por Cruz (1980). Los

coeficientes de regresión para todos los genotipos fueron estadísticamente iguales a uno, sin embargo, pudo observarse que las variedades se adaptan mejor a medios ambientes malos ($B > 1$); además todos los genotipos mostraron inconsistencia en el rendimiento excepto uno de los híbridos.

V.- MATERIALES Y METODOS

5.1 Ambientes de Prueba.

El presente estudio se realizó en algunos municipios de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato, señalados en el CUADRO 2 y su ubicación geográfica se observa en la FIGURA 1.

Los experimentos para evaluar el rendimiento se sembraron durante el ciclo de verano en 1988 y las localidades de prueba fueron consideradas como representativas de las regiones de temporal para la siembra de sorgo.

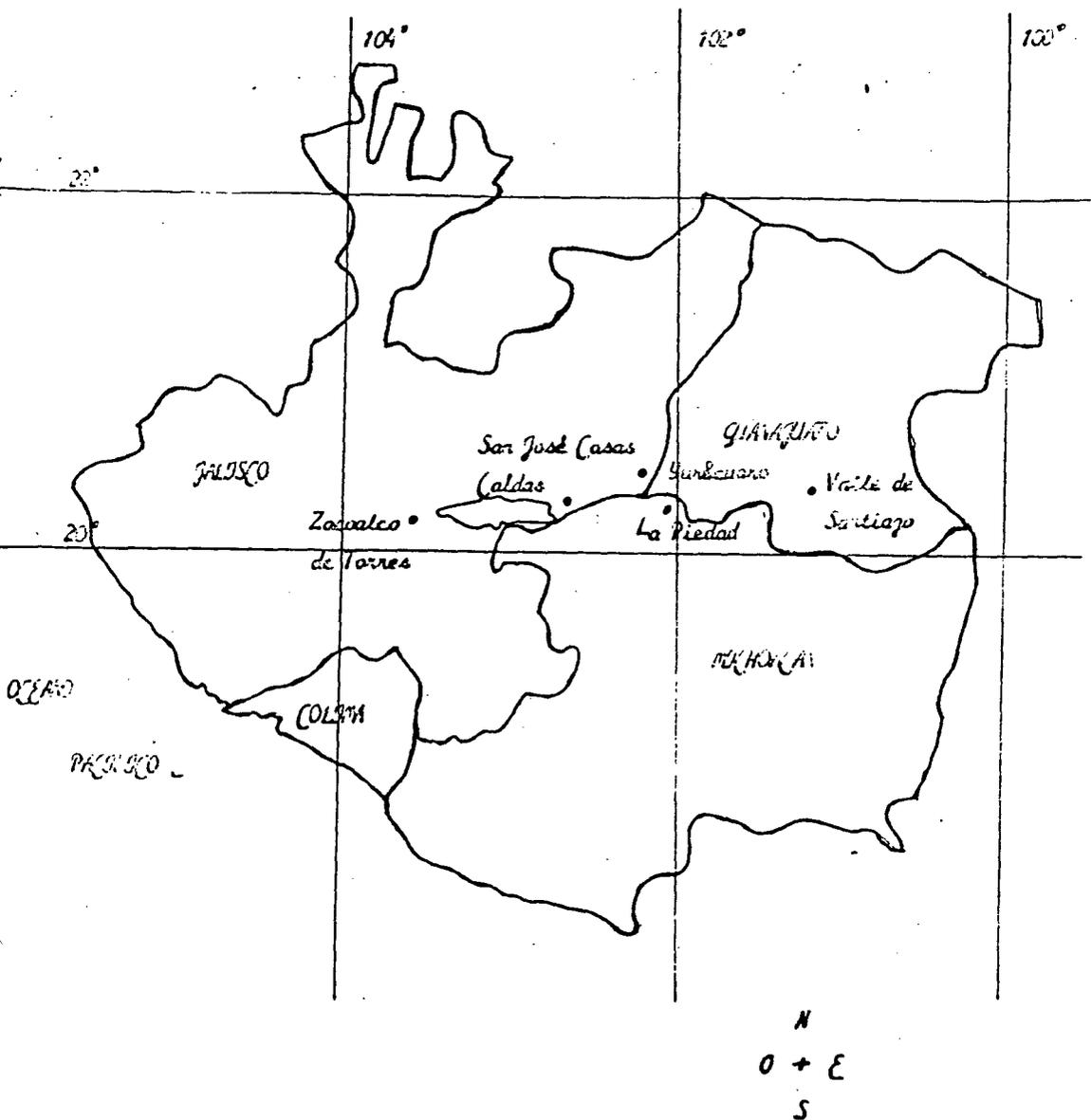
5.2 Material genético.

El material utilizado en las diferentes localidades se compuso de 10 variedades comerciales de sorgo (*Sorghum vulgare*).

Estas fueron creadas por varias empresas productoras de semillas incluyéndose:

RA747	WAC-698
ASGROW ZAFIRO	D-64
NK 308	RUBY
WARNER 628W	D-55
WAC 696R	B-816

FIGURA 1. Localización de los ambientes en que se establecieron los cinco experimentos



CUADRO 2. LOCALIZACION GEOGRAFICA Y CARACTERISTICAS DE LOS AMBIENTES DE PRUEBA EN LOS QUE SE EVALUARON LAS VARIEDADES DE SORGO.

AMB.	ESTADO	MUNICIPIO	LATITUD	LOGITUD	ALTURA m.s.n.m
1	Guanajuato	Valle de Santiago	20° 23' 31" N	101° 11' 21" O	1700
2	Michoacán	La Piedad	20° 21' 00" N	102° 02' 00" O	1675
3	Michoacán	Yurécuaro	20° 28' 30" N	102° 16' 30" O	1540
4	Jalisco	Zacoalco	20° 02' 30" N	103° 30' 30" O	1500
			20° 21' 05" N	103° 41' 25" O	
5	Jalisco	San José casas caídas	20° 15' 30" N 20° 26' 45" N	102° 21' 20" O 102° 20' 40" O	1530

(CONTINUACION DEL CUADRO 2)

AMBIENTE	MUNICIPIO	PRECIPITACION milímetros	TEMPERATURA x °C	CLIMA
1	Valle de Santiago	675.8	19.4	Templado
2	La piedad	700	Oscila entre 3 a 38.5 °C	Templado
3	Yurécuaro	700	Oscila entre 3 a 38 °C	Templado
4	Zacoalco	578.7	22.7	Semiseco y semicálido
5	San José casas caídas	862.7	19.7	Semiseco

Dichas variedades constituyeron buenas alternativas para el cultivo en las regiones mencionadas.

5.3 Trabajo de Campo.

5.3.1 Siembra.

Las fechas de siembra estuvieron regidas por el establecimiento de las lluvias. Se hizo en forma mecánica en todas las localidades y la densidad de siembra para todos los ensayos fué de 18 kg/ha.

Localidad	Fecha
Valle de Santiago, Gto.	1 de junio de 1988.
La Piedad, Mich.	14 de julio de de 1988.
Zacoalco, Jal.	19 de junio de 1988.
Yurécuaro, Mich.	14 de junio de 1988.

5.3.2 Fertilización.

La fertilización se realizó aplicando el tratamiento de 200-46-00 para todas las localidades, utilizando como fuente de Nitrógeno Urea y como fuente de Fósforo Superfosfato de calcio triple.

5.3.3 Control de malas hierbas.

Se realizaron aplicaciones de productos en las siguientes localidades:

- Valle de Santiago:

Se aplicó 1 litro (1) de Hierbamina y 1 1/2 l de Gesaprim 500 a los 40 días de la nacencia. También se realizó un deshierbe a mano a los 80 días durante la floración.

- San José Casas Caídas:

Se realizaron deshierbes manuales durante todo el ciclo de cultivo.

- La Piedad:

Se aplicó Hierbamina (1 l) junto con 1 1/2 l de Gesaprim 500 por hectárea, se realizó una sola aplicación post-emergente. También se hicieron deshierbes manuales a los 70 días.

- Zacoalco:

Se realizó aplicación pre-emergente de Gesaprim Combi en dosis de 4 l / ha. y un deshierbe manual a los 80 días de siembra.

- Yurécuaro:

Se aplicaron 4 l de Gesaprim Combi /ha. en pre-emergencia y se realizó un deshierbe manual a los 90 días de siembra.

5.3.4 Control de Plagas.

Las plagas que se presentaron en los localidades fueron controladas con los siguientes productos:

-Valle de Santiago:

Se realizó una aplicación de Diazinón 25 E en dosis de 1 l / ha. contra pulgón y 2 aplicaciones de Nuvacrón 40 en dosis de 1 l /ha. contra chinche.

- San José Casas Caídas:

Se aplicó 1 l /ha. de Nuvacrón en dos ocasiones contra chinche.

- La Piedad:

Se hicieron 2 aplicaciones de Diazinón en dosis de 1 l /ha. para combatir gusano cogollero y chinche.

- Zacoalco:

Se controló el gusano cogollero y la chinche con aplicaciones de Diazinón 25 en dosis de 1 l / ha.

- Yurécuaro:

Se realizó una aplicación de Diazinón en dosis de 1 l /ha. contra gusano cogollero y dos aplicaciones de Nuvacrón en la misma dosis para combatir a la chinche.

5.3.5 Cosecha.

La cosecha se realizó en forma mecánica en las siguientes fechas:

Localidad	Fecha
Valle de Santiago, Gto.	21 de noviembre de 1988.

Localidad	Fecha
San José Casas Caídas, Jal.	1 de diciembre de 1988.
La Piedad, Mich.	3 de enero de 1988.
Zacoalco, Jal.	29 de noviembre de 1988.
Yurécuaro, Mich.	18 de noviembre de 1988.

5.4 Datos tomados durante el desarrollo del cultivo:

5.4.1 Floración.

De la floración sólo se observó su aparición, contando los días a partir de siembra.

5.4.2 Altura de la planta.

La altura en centímetros se tomó midiendo desde la superficie del suelo donde se localizaba la base del tallo, hasta las últimas flores de la panoja.

5.4.3 Enfermedades.

Las notas sobre enfermedades que se tomaron en los ensayos correspondieron a *fusarium* y *H. tursicum*.

5.4.4 Rendimiento.

Una vez llegada la madurez de corte, se procedió a trillar la parcela; el rendimiento se tomó en kilogramos de sorgo por parcela, cada parcela midió 12 m².

5.5 Diseño de Tratamientos:

Las 10 variedades comerciales se distribuyeron al azar en cada una de las cuatro repeticiones evaluadas en cada localidad.

5.6 Diseño Experimental.

El diseño empleado en las evaluaciones fué el de bloques al azar con cuatro repeticiones en cinco localidades. El modelo empleado se describe a continuación:

$$Y_{ijk} = U + A_j + R_{(j)k} + V_i + AV_{ij} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observación de la i -ésima variedad en el k -ésimo bloque del j -ésimo ambiente.

U = Media general.

A_j = Efecto del j -ésimo ambiente.

$R_{(j)k}$ = Efecto del k -ésimo bloque en el j -ésimo ambiente.

V_i = Efecto de la i -ésima variedad.

AV_{ij} = Efecto de la interacción variedad por ambiente.

E_{ijk} = Error asociado a la observación Y_{ijk} .

5.7 Análisis Estadístico.

El análisis estadístico de los resultados consta de tres partes: análisis de varianza por localidad, análisis combinado y análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad.

5.7.1 Análisis de varianza por localidad.

El análisis de varianza por cada localidad, se utilizó para detectar las diferencias entre las variedades en el ambiente considerado.

El modelo empleado se describe a continuación:

$$Y_{ij} = M + B_i + V_j + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Observación de la j-ésima variedad en el i-ésimo bloque.

M = Media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

V_j = Efecto de la j-ésima variedad.

E_{ij} = Error asociado a la observación Y_{ij} .

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA POR LOCALIDAD PARA UN DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR .

F.V.	G.L.	S.C.
Bloques	1-1	SCB
Variedades	j-1	SCT
Error	(i-1) (j-1)	$\sum \sum Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{r t} - SCB - SCT$
Total	ij - 1	$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^t Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{rt}$

5.7.2 Análisis de varianza combinado

Se hizo a partir de los análisis por localidad para detectar la variabilidad de las variedades.

El modelo estadístico en que se basa es:

$$Y_{ijk} = U + A_j + R_{(j)k} + V_i + A V_{ij} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observación de la i-ésima variedad en el k-ésimo bloque del j-ésimo ambiente.

U = Media general.

A_j = Efecto del j-ésimo ambiente.

$R_{(j)k}$ = Efecto del k-ésimo bloque en el j-ésimo ambiente.

V_i = Efecto de la i-ésima variedad.

AV_{ij} = Efecto de la interacción variedad por ambiente.

E_{ijk} = Error asociado a la observación Y_{ijk} .

Suposiciones del Modelo:

- i) Los errores no están correlacionados.
- ii) Media cero y varianza constante.

El análisis de varianza del modelo anterior se presenta en el CUADRO 3a. En éste análisis, el cuadrado medio de variedades resulta influido por tres componentes: la varianza del error experimental, la varianza de la interacción de variedades-ambientes y, la varianza entre las medias verdaderas de variedades.

CUADRO 3a. ANALISIS DE VARIANZA CONJUNTO Y CUADRADOS MEDIOS ESPERADOS PARA UN MODELO CON AMBIENTES AL AZAR Y VARIEDADES FIJAS.

F. V.	G.L.	C.M.
Rep (amb)	n(r-1)	
Variedades	(v-1)	$\sigma^2 e + r \sigma^2 nv + rn vi^2 / (v-1)$
Ambientes	(n-1)	
Var x Amb	(v-1) (n-1)	$\sigma^2 e + r \sigma^2 v n$
Error	n (v-1) (r-1)	$\sigma^2 e$
Total	(vnr - 1)	

Para determinar si existen diferencias entre los efectos de variedades, y para probar la hipótesis de que no hay interacción el denominador para F será el cuadrado medio del error combinado.

5.7.3 Parámetros de Estabilidad.

La estabilidad de las variedades fue estudiada utilizando el modelo propuesto por Eberhart y Rusell (1966), el cual se describe a continuación:

$$Y_{ij} = U_i + B_i I_j + \sigma_{ij}$$

Y_{ij} = Promedio del caracter medido en la variedad i en la localidad j .

U = Es el promedio de la variedad i en todos los ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en varias localidades.

σ_{ij} = Desviaciones de regresión de la variedad i en el ambiente j .

I_j = Índice ambiental que resulta de restar el promedio general al promedio del ambiente j , considerado este sobre todas las variedades, es decir:

$$I_j = (\sum_i Y_{ij} / v) - (\sum_j \sum_j Y_{ij} / v n)$$

En el cual:

$$\sum_j I_j = 0$$

El primer parámetro de estabilidad es un coeficiente de regresión estimado por la formula:

$$b_i = \sum_j Y_{ij} I_j / \sum_j I_j^2$$

El análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad, se presentan en el CUADRO 4. En este análisis, la

suma de cuadrados es debida al medio ambiente (lineal) y a la interacción variedad-ambiente (lineal) y desviaciones del modelo de la regresión.

El comportamiento de cada variedad puede predecirse utilizando los estimadores de los parámetros y dado por la fórmula:

$$y_{ij} = \bar{X}_i + b_i I_j$$

Donde \bar{X} es un estimador de la media varietal U_i y b_i es una estimación de B_i .

El segundo parámetro de estabilidad se obtiene de las desviaciones $d_{ij} = (Y_{ij} - \bar{Y}_{ij})$, que elevados al cuadrado y sumados proveen un estimador de s^2_{di} que es:

$$s^2_{di} = \sum_j d^2_{ij} / (n - 2) - s^2_e / r$$

Donde: s^2_e / r es el estimador del error conjunto, r es el número de repeticiones y s^2_{el} es promedio conjunto de los errores de todos los experimentos involucrados en cada análisis de varianza que interviene en la estimación de los parámetros de estabilidad.

También:

$$\sum_j d^2_{ij} = \sum_j Y^2_{ij} - Y^2_i/n - (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$$

Pruebas de hipótesis: Las hipótesis a probar en un análisis de este tipo y las pruebas correspondientes son:

i) La hipótesis nula (Ho) de que no hay significancia diferencial entre las medias de cada variedad.

$$Ho: U_1 = U_2 \dots \dots \dots = U_v$$

Se prueba mediante:

$$F = CM_1 / CM_3 \quad \text{CUADRO 4}$$

ii) Hipótesis nula(Ho) de que no hay diferencias entre los coeficientes de regresión de las variedades sobre los índices ambientales.

$$Ho: B_1 = B_2 \dots \dots \dots = B_v$$

Se prueba mediante:

$$F = CM_2 / CM_3$$

iii) Hipótesis nula (Ho) de que el coeficiente de regresión para cada variedad no es diferente de la unidad.

Ho: $B_i=1$, para $i = 1,2 \dots\dots, v$

Esta hipótesis se prueba con la t siguiente:

$$t = \frac{b_i - 1}{s_{b_i}} \quad \text{donde:} \quad s_{b_i} = s_{d_i} / \sum_j I_j^2$$

iv) Hipótesis nula (Ho) de que las desviaciones de las regresión para cada variedad es cero.

Ho: $\sum d_i = 0$, para $i = 1,2,\dots\dots\dots v$

Esta se prueba mediante:

$$F = (\sum_j d_{ij} / n-2) / \text{error conjunto}$$

Para la interpretación de los resultados, utilizando estos parámetros de estabilidad, y de acuerdo a las diferentes situaciones que pueden presentarse en el comportamiento de una variedad determinada, cuando es probada en una serie de ambientes, se siguió el criterio propuesto por Carballo (1970) que aparece en el CUADRO 1.

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA DETERMINAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO
Total	nv-1	$\sum_i \sum_j Y^2 - FC$	
Variedades (v)	v-1	$\frac{1}{n} \sum_i Y^2_i - FC$	CM ₁
Medios Ambientes (E) E x V	n-1 v (n-1) (v-1) (n-1)	$\sum_i \sum_j Y^2_{ij} - Y^2_i/n$	
Medios Ambientes (lineal)	1	$\frac{1}{v} (\sum_j Y_j \cdot I_j)^2 / \sum_j I^2_j$	
V x E (lineal)	v-1	$\sum_i (\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2 - SC \text{ medio ambiente lineal}$	CM ₂
Desviación conjunta v(n-2)		$\sum_i \sum_j \sigma^2_{ij}$	CM ₃
Variedad 1	n-2	$\sum_j Y^2_{ij} - \frac{(Y_{1.})^2}{n} - (\sum_j Y_{1j} I_j)^2 / \sum_j I^2_j$	
Variedad 2	n-2		
⋮	⋮		
Variedad v	n-v	$\sum_j Y^2_{vj} - \frac{(Y_{v.})^2}{n} - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j I^2_j$	
Error Conjunto	n(r-1) (v-1)	$= \sum_j \sigma^2_{vj}$	CM ₄

VI.- RESULTADOS Y DISCUSION.

Con los datos de rendimiento obtenidos en las localidades de Valle de Santiago Guanajuato, Zacoalco de Torres y San José Casas Caídas en Jalisco, La Piedad y Yurécuaro en Michoacán, se procedió al análisis de varianza cuyos resultados se presentan en los CUADROS 1a, 2a, 3a, 4a y 5a del apéndice respectivamente.

En dichos análisis se encontraron diferencias significativas entre las variedades en prueba a través de todas las localidades. Los promedios de rendimiento de las variedades se compararon mediante la prueba de Tukey al 1% y 5% de probabilidad. Los resultados se muestran en los CUADROS 6a, 7a, 8a, 9a y 10a del apéndice.

6.1 Resultados del Análisis de varianza por localidad.

Valle de Santiago, Guanajuato.

Durante el ciclo de verano de 1988 y bajo las condiciones ambientales de esta localidad, los mayores rendimientos obtenidos por las variedades de sorgo fueron de 17,725 kg/ha. para ASGROW ZAFIRO, 17,858.3 kg/ha. para D-66, 16,416 kg/ha. para WAC 698 y 15,891 kg/ha. para la variedad RUBY.

Estas variedades fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al resto según la prueba de Tukey, formándose dos grupos de significancia. Los rendimientos más bajos correspondieron a la variedad WAC 696R con 14,058 kg/ha. y RA-747 con 14,041 kg/ha.

Zacoalco de Torres, Jalisco.

En ésta localidad se formaron dos grupos de significancia (0.05) entre las variedades evaluadas y los mayores rendimientos los presentaron ASGROW ZAFIRO (17,058 kg/ha.), NK-308 (10,250 kg/ha.), D-55 (10,200 kg/ha.), WAC 698 (9.691 kg/ha.) y D-64 (16,416 kg/ha.), los rendimientos más bajos correspondieron a RA-747 (8,416 kg/ha.) y WARNER 628 (7,916.6 kg/ha.).

San José Casas Caídas, Jalisco.

Las pruebas de comparación de medias entre las variedades de ésta localidad indican que las mejores variedades incluyen a RUBY (7,250 kg/ha.), WAC 698 (6,983.3 kg/ha.), WAC 696R (7,000 kg/ha.), B-816 (6,791.6 kg/ha.) y WARNER 628W (6,708 kg/ha.), pues integran el grupo de significancia (5%).

La Piedad , Michoacán.

Los resultados obtenidos en ésta localidad indican que el grupo de significancia estadística, de acuerdo con Tukey está integrado por casi todas las variedades a excepción de NK-308 (5,208 kg/ha.) . Los mayores rendimientos fluctúan entre 8,233.3 kg/ha. y 7,608 kg/ha. que corresponden a las variedades RUBY y WARNER 628W respectivamente.

Yurécuaro, Michoacán.

En las evaluaciones de rendimiento durante el mismo ciclo se encontró diferencia estadística entre variedades , formándose 2 grupos de significancia, sobresaliendo el primero integrado por RUBY, ASGROW ZAFIRO, D-55, WARNER 628W, WAC 696R, B-816, WAC 698 y D-64. Los rendimientos fluctuaron entre 13,875 kg/ha. y 12,416 kg/ha. Los promedios más bajos correspondieron a RA-747 y NK 308 con 11,250 kg/ha. y 9,758 kg/ha. respectivamente.

En la evaluación de las variedades de sorgo para las cinco regiones y de acuerdo a los rendimientos promedio de todas las localidades, se detectaron zonas con ambientes favorables y zonas con ambientes menos favorables.

De ellos, fué V. de Santiago, Guanajuato, donde el rendimiento promedio resultó ser el más elevado ya que con respecto a la media general ($\bar{x} = 15,000 \text{ kg/ha.}$) se obtuvieron rendimientos del 168.6% , mientras que, en donde las condiciones fueron menos favorables como San José Casas Caídas en Jalisco, se obtuvieron rendimientos de un 69% comparativamente al promedio general. Sin embargo, no debe considerarse a San José Casas Caídas como un ambiente desfavorable, porque los bajos rendimientos probablemente se debieron a una interacción genético ambiental.

En los cinco ambientes se tomaron datos además del

rendimiento referentes a días a floración y altura de la planta.

En los CUADROS 11a y 12a se observa que donde se obtuvieron los mayores rendimientos, como en V. de Santiago, Guanajuato y Yurécuaro Michoacán, se registraron variedades con mayor altura de planta. En estos ambientes, se observó una tendencia a mejorar la respuesta por parte de las variedades; en condiciones más favorables de clima se estimula la capacidad genética en las variedades para producir rendimientos altos; además la floración fué más temprana.

Por otro lado en localidades como San José Casas Caídas , Jalisco y La Piedad, Michoacán, donde las condiciones fueron menos favorables, estas características se vieron afectadas por las condiciones adversas como altas temperaturas en los primeros 30 días, sequía y suelos pobres, provocando una aceleración en el desarrollo de las plantas y acortando su ciclo vegetativo lo que ocasionó una disminución en el rendimiento.

Resultados similares encontraron Rusell y Eberhart (1968), al comparar líneas de maíz de una y dos mazorcas y cruza simples, encontraron que los genotipos de una mazorca presentaron los más bajos rendimientos en ambientes pobres y los más altos en ambientes favorables, mientras que en los genotipos de dos mazorcas sucedió lo contrario.

Con respecto al comportamiento comparativo de las variedades en las localidades de prueba se observa que en las localidades de

V. de Santiago en Guanajuato, Yurécuaro en Michoacán , Zacoalco en Jalisco y La Piedad en Michoacán, hubo un grupo de variedades superiores que se diferenciaron estadísticamente del resto: ASGROW ZAFIRO, D-64 y WAC-698 fueron las sobresalientes. Resultados similares al probar variedades en diferentes ambientes obtuvieron Villalpando (1976), Huerta (1978), Urbina et al (1978), Coutiño (1980) en maíz, Cortés (1980) en trigo, Garza (1986) en sorgo y Casales (1987) en colza.

La variedad RA-747 con menor rendimiento se manifestó en Valle de Santiago Guanajuato, San José Casas Caídas y Zacoalco en Jalisco y Yurécuaro en Michoacán .

En base a los señalamientos anteriores, se puede concluir que la diferencia estadística de las variedades por localidad estuvo asociada de una manera importante con la diferencia contrastante de las localidades de prueba, beneficiándose dicha diferencia a los ambientes favorables, formándose grupos más pequeños de variedades con rendimientos altos; por el contrario cuando el comportamiento general de las variedades fue mas bajo que el promedio hubo una menor probabilidad de reconocimiento de las mejores variedades.

6.2 Resultados del Análisis de varianza combinado.

Los resultados del análisis de varianza combinado de las cinco localidades utilizadas en este estudio de presentan en el CUADRO 5.

CUADRO 5. ANALISIS COMBINADO DE CINCO EXPERIMENTOS EN SORGO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Ambientes	4	205.61	51.40	36.45 **
B (ambiente)	15	35.43	2.36	1.67 *
Variedades	9	10.42	1.16	0.82 NS
V x A	36	317.08	8.81	6.25 **
Error	135	190.80	1.41	
Total	199	759.34		

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

NS No significativo

Este análisis muestra que existe diferencia altamente significativa; entre ambientes, y para la interacción variedad por ambientes y sólo es significativa para la fuente de ambientes anidado en bloques.

Los rendimientos de las diez variedades manifestaron fluctuaciones al evaluarse en las cinco localidades.

En el CUADRO 6 se muestran los rendimientos promedio de cada variedad en cada localidad de prueba y el rendimiento promedio de cada variedad en todos los ambientes, así como el grupo de variedades superiores y estadísticamente iguales.

CUADRO 6. RENDIMIENTO EN kg/ha. DE DIEZ VARIEDADES DE SORGO
EVALUADAS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS ESTADOS DE
GUANAJUATO, MICHOACAN Y JALISCO.

VARIEDAD	SANTIAGO GTO.	LA PIEDAD MICH.	SAN JOSE JAL.	ZACOALCO JAL.	YUTECUARO MICH.	Yi
ASGROW Z.	17725 *	8208 *	6316	10325 *	13708 *	9166
D-64	17058	8025	6125	9691	12416	11333
WAC 698	16416 *	7833 *	6983 *	9691 *	12483	8641
RUBY	15891 *	8233 *	7250 *	8958	13875 *	10133
WARNER 628W	15308	7608 *	6416 *	7916	13150 *	9925
D-55	14516	6650 *	6290	10166 *	13166 *	10683
NK-308	14391	5208	3583	10250 *	9750	10658
B-816	14208	6525 *	6791 *	9158	12666 *	10833
WAC 696R	14058	6650 *	7000 *	9041	12899 *	10175
RA-747	14041	7125 *	5400	8416	11250	9858

* SIGNIFICATIVO AL 5%

Con respecto al comportamiento comparativo de las variedades en todos los ambientes de prueba y de acuerdo con los resultados del análisis combinado se encontró que la interacción variedad por ambiente fué altamente significativa, Miller et al (1962), Murray y Verhalen (1970), también reportan esta interacción y mencionan que bajo esta condición , las variedades tendieron en un rango de ambientes a diferenciarse en ciertas localidades. En éste estudio en los ambientes de San José, Yurécuaro, La Piedad , Zacoalco y

Valle de Santiago, la interacción fué elevada , lo cual indica que las variedades respondieron de diferente manera; la similitud de rendimiento en estas localidades fué influenciada por condiciones ambientales. También se encontró variabilidad genética entre las variedades utilizadas y de nuevo el ambiente tuvo que ver en ésta respuesta, permitiendo formar dos grupos de variedades en base a la media general de rendimiento:

En el grupo de variedades con rendimiento promedio superior a la media general se encuentran ASGROW ZAFIRO, D-64 Y WAC-698, que siempre integraron a los grupos de mayor rendimiento y fueron superiores al resto de las variedades en cada una de las localidades, indicando que son variedades con amplia adaptabilidad.

En el grupo de promedios inferiores a la media general se encuentran las variedades RA-747, NK-308 Y B-816. El bajo rendimiento de estas es un reflejo de su falta de adaptación. Resultados similares reportan en trigo Briseño (1981), en girasol Castillo (1982) y en sorgo Garza (1986).

6.3 Resultados de Parámetros de Estabilidad.

Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad:

Los resultados de éste análisis se presentan en el CUADRO 7. En ellos se observa diferencia altamente significativa para la fuente de variación de ambientes y no significativa para las variedades.

Al aplicar los parámetros de estabilidad a las variedades evaluadas, no se detectaron diferencias en el comportamiento que tuvieron en los distintos ambientes, por lo tanto la relación entre el coeficiente de regresión (b_i) y las desviaciones de regresión (S^2_{di}) son:

$$b_i < 1 \quad \text{y} \quad S^2_{di} > 0.0$$

En el CUADRO 8 se observa el rendimiento medio y los parámetros de estabilidad obtenidos en el experimento.

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTIMAR PARAMETROS DE ESTABILIDAD EN 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN 5 AMBIENTES.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	
TOTAL	49	904.1			
VARIEDAD	9	41.66	4.63	0.29	NS
AMBIENTE	4	862.4	215.61	3.69	**
A X V	36				
A (LINEAL)	1	369.76	369.76		
A X V (LINEAL)	4	6.75	1.69		
DESVIACION CONJUNTA	30	485.93	16.20	0.10	
VAR. 1	3	65.76	21.92	0.38	
2	3	117.86	39.29	0.67	
3	3	107.12	35.71	0.61	
4	3	84.81	28.27	0.48	
5	3	66.24	22.08	0.38	
6	3	85.86	28.62	0.49	
7	3	104.45	34.82	0.60	
8	3	82.98	27.66	0.47	
9	3	78.35	26.12	0.45	
10	3	68.97	22.99	0.39	
ERROR CONJUNTO	135		58.40		

* SIGNIFICATIVO AL 5%

NS NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 8. RENDIMIENTO MEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE 10
 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN 5 AMBIENTES.

VARIEDAD	RENDIMIENTO kg/ha. PROMEDIO	b1 COEFICIENTE DE REGRESION	S ² di DESVIACION DE REGRESION
RA-747	9166	0.59	0.92
ASGROW ZAFIRO	11333	0.82	7.49
NK 308	8641	0.78	6.09
WARNER 628W	10133	0.66	3.30
WAC 696R	9925	0.55	0.98
WAC 698	10683	0.66	3.43
D-64	10658	0.76	5.76
RUBY	10833	0.69	3.07
D-55	10175	0.62	2.49
B-816	9858	0.58	1.32

De acuerdo con Carballo (1870) dentro del tipo de variedades que muestren un b1 menor a 1 y una S²di mayor a cero tienen buena respuesta en ambientes desfavorables pero son inconsistentes; ésta respuesta manifestaron todas las variedades evaluadas.

En general existió una tendencia del material bajo estudio a incrementar el rendimiento proporcionalmente conforme va mejorando el ambiente, Gómez (1977) reporta resultados similares en sus estudios.

VI.- CONCLUSIONES

- 1.- La evaluación de las diez variedades de sorgo sembradas en cinco localidades manifestó interacción genético-ambiental.
- 2.- De las localidades de prueba fué en Valle de Santiago, Guanajuato donde se obtuvieron los mejores rendimientos.
- 3.- El material evaluado manifestó la tendencia a incrementar el rendimiento proporcionalmente conforme va mejorando el ambiente.
- 4.- De acuerdo a los parámetros de estabilidad $b_i < 1y S^2 di > 0.0$ y alto rendimiento promedio, las variedades de mejor respuesta en ambientes desfavorables fueron ASGROW ZAFIRO, RUBY, WAC 698, y D-64.
- 5.- Los rendimientos de las variedades de sorgo evaluadas fueron altos, aún en ambientes desfavorables.
- 6.- La localidad con el índice ambiental más bajo fué San José Casas Caídas, lugar donde se manifestaron los rendimientos menores de todas las variedades en los cinco ambientes.

LITERATURA CITADA

- Allard, R.W. 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. *Crop Science* 1:127-131.
- Allard, R.W. & A.D. Bradshaw, 1964. Implications of genotype environment interactions in applied plant breeding. *Crop Science* 4:503-504.
- Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1988. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 309 p.
- Carballo C., A. 1970. Comparación de medias de maíz del bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis de Maestro en Ciencias. CP., ENA. Chapingo, México.
- Casales G., D. 1987. Parámetros de estabilidad de 12 genotipos de colza (*Brassica napus* L.)(*Brassica campestris*) en ambientes del estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
- Castillo T., N. 1982. Parámetros de Estabilidad para el rendimiento de híbridos y variedades de Girasol (*Helianthus annuus* L.) en diferentes fechas de siembra. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
- Comstock, R.E. and R.H. Moll, 1963. Genotype-environment interactions. Symposium on statistical genetics and

plant breeding. NAS - NAC Pub. 982. pp.154-196.

- Cortés A., J. 1980. Parámetros de estabilidad en la determinación del período óptimo de siembra de trigo (*Triticum aestivum*, L.) de invierno en Aguascalientes. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- Coutiño E., B.J. 1980. Parámetros de Estabilidad en la Selección de variedades comerciales y experimentales de maíz e interacción genético-ambiental en el centro de Chiapas. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Eberhart, S.A. and W.A. Rusell, 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Science 6:36-40.
- Enciclopedia de México, 1978. Tomo II. Tercera Edición. Impresora y Editora Mexicana S.A. de C.V. p. 498.
- Finlay, K.W. ; G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programs. Plant Breeding Abs. (1964). 34 (3) P. 496 Abs. 4050
- Garza S., 1986. Parámetros de estabilidad de 35 híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.) para 3 caracteres. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Gómez M., N. 1977. Estabilidad del rendimiento y delimitación de áreas del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor*, Moench) para grano en México. Tesis de Maestro en Ciencias. CP. ENA. Chapingo, México.
- Huerta E., J. 1978. Informe del programa de trigo Tepatitlán,

Jalisco, México. SARH-INIA. Campo Agrícola Experimental de los Altos de Jalisco pp.1T-12T.

INEGI, 1988. El Sector Alimentario en México. Edición 1990. Talleres del Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática. p. 24.

Jowett, D. 1972. Yield stability parametrers for sorghum in East Africa. Crop. Science 12:314-217.

Juárez E., R. 1977. Interacciones genotipo-ambiente a la selección y recomendación de híbridos de sorgo para grano. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, E.N.A., Chapingo, México.

Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal. Chapingo, México. PATENA, A.C.

Miller, P.A., H.F. Robinson and Pope, O.A. 1962. Cotton variety testing: additional information on variety environment interactions. Crop. Science 2:349-352.

Murray, J.E. and Verhalen L.H., 1970. Genotype by environment interactions study of cotton in Oklahoma. Crop. Science 10:197-199.

Patanothai, A. and R.E. Atkins, 1974. Genetic effects for mean yield response to environment in three-way and single-cross híbridos of grain sorghum. Crop. Science 14:485-488.

Poehlman, J.M. 1965. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa Wiley, S.A. México.

- Reich, V.H. and Atkins. 1970. Yield stability of four population types of grain sorghum (Sorghum bicolor (L)Moench) in different environments. Crop. Science 10: 511-517.
- Sprague, G.F. and W.T. Foderer, 1951. A Comparison of variance components in corn yield trials: II. Error, year x variety, location x variety and variety components. Agronomy Journal 43:535-541.
- Urbina A.,R., Maya L.J., Rojas S.,E. 1978. Informe del programa de trigo. Guanajuato, México. Campo Agrícola Experimental Norte de Guanajuato. SARH-INIA. pp.2T.
- Villalpando I., F. 1976. Informe del programa de trigo Tepatitlán, Jal. México. SARH-INIA. Campo Agrícola Experimental de Los Altos de Jalisco pp. 3T.

CUADRO 1a. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN VALLE DE SANTIAGO GUANAJUATO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	
Bloque	3	3.58	1.19	1.06	NS
Variedades	9	94.66	10.51.	9.38	**
Error	27	30.42	1.12		
Total	39	128.66			

** SIGNIFICATIVO AL 1%

NS NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 2a. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN ZACOALCO DE TORRES, JALISCO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	
Bloque	3	1.03	0.34	0.36	NS
Variedades	9	39.89	4.43	4.71	**
Error	27	25.42	0.94		
Total	39	66.34			

** SIGNIFICATIVO AL 1%

NS NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 3a. ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO DE 10 VARIETADES DE SORGO EVALUADAS EN SAN JOSE CASAS CAIDAS, JALISCO.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	
Bloque	3	13.49	4.50	2.53	NS
Variedad	9	60.64	6.70	3.81	**
Error	27	48.07	1.78		
Total	39	122.2			

** SIGNIFICATIVO AL 1%

NS NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 4a. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE 10 VARIETADES DE SORGO EVALUADAS EN LA PIEDAD, MICHOACAN.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	
Bloques	3	10.71	3.57	1.62	NS
Variedades	9	48.17	5.35	2.42	**
Error	27	59.80	2.21		
Total	39	118.68			

** SIGNIFICANCIA AL 1%

NS NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 5a. ANALISIS DE VARIANZA DEL RENDIMIENTO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN YURECUARO, MICHOACAN.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Bloque	3	6.62	2.21	2.21 NS
Variedades	9	84.14	9.35	9.35 **
Error	27	27.09	1	
Total	39	117.85		

** SIGNIFICATIVO AL 1%

NS NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 6a. RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIETADES DE SORGO EVALUADAS EN VALLE DE SANTIAGO, GUANAJUATO.

VARIETADE	RENDIMIENTO KG/HA	SIGNIFICANCIA ESTADISTICA
ASGROW ZAFIRO	17725	
D-64	17058	
WAC-698	16416	
RUBY	15891	
WARNER 628W	15308	
D-55	14516	
NK-308	14391	
B-816	14208	
WAC 696R	14058	
RA-747	14041	

Las variedades unidas con la misma línea continua son estadísticamente iguales entre sí. (Tukey al 0.5%)

CUADRO 7a. RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN ZACOALCO DE TORRES, JALISCO.

VARIEDAD	RENDIMIENTO KG/HA	SIGNIFICANCIA ESTADISTICA
ASGROW ZAFIRO	10325	
NK-380	9691	
D-55	9691	
WAC 698	8958	
D-64	7916	
B-816	10166	
WAC- 696R	10250	
RUBYB-816	9158	
RA-747	9041	
WARNER 628W	8416	

Las variedades unidas con la misma línea continua son estadísticamente iguales entre sí. (Tukey al 0.5)

CUADRO 8a. RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS
SAN JOSE CASAS CAIDAS, JALISCO.

VARIEDADES	RENDIMIENTO KG/HA	SIGNIFICANCIA ESTADISTICA
RUBY	7250	
WAC-698	6983	
WAC-696R	7000	
B-816	6791	
WARNER-628W	6416	
D-55	6290	
ASGROW ZAFIRO	6316	
D-64	6125	
RA-747	5400	
NK-308	3583	

Las variedades unidas con la misma línea continúa son estadística-
mente iguales entre sí. (Tukey 0.5)

CUADRO 9a. RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN LA PIEDAD, MICHOACAN.

VARIEDADES	RENDIMIENTO KG/HA	SIGNIFICANCIA ESTADISTICA
RUBY	8233	
ASGROW ZAFIRO	8208	
D-64	8025	
WAC-698	7833	
WARNER-628W	7608	
RA-747	7125	
D-55	6650	
WAC-696R	6650	
B-816	6525	
NK-308	5208	

Las variedades unidas con la misma línea continua son estadísticamente iguales entre sí. (Tukey 0.5)

CUADRO 10a. RENDIMIENTO PROMEDIO DE 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN YURECUARO, MICHOACAN.

VARIEDADES	RENDIMIENTO KG/HA	SIGNIFICANCIA ESTADISTICA
RUBY	12416	
ASGROW ZAFIRO	13708	
D-55	13875	
WARNER-628W	12483	
WAC-696R	12899	
B-816	13166	
WAC-698	12483	
D-64	12416	
RA-747	11250	
NK-308	9750	

Las variedades unidas con la misma linea continua son estadísticamente iguales entre sí. (Tukey 0.5)

CUADRO 11a. ALTURA (cm) PROMEDIO DE PLANTAS DE SORGO EVALUADAS EN CINCO AMBIENTES.

VARIETADES	A M B I E N T E S				
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
1.- RA-747	130.0	136.2	133.7	132.5	115.0
2.- ASGROW Z.	157.5	161.2	157.7	148.7	128.7
3.- WAC-696R	147.5	157.5	148.7	147.5	128.7
4.- WAC-698	148.7	150.0	153.7	146.2	125.0
5.- D-64	136.2	140.0	136.2	136.2	101.2
6.- RUBY	140	147.5	137.5	141.2	118.7
7.- B-816	150	153.7	161.7	147.5	135.0
8.- NK-308	171.2	183.7	180.0	177.5	147.5
9.- D-55	142.5	151.2	146.2	140.0	126.2
10.- WARNER 628W	162.5	176.2	156.2	162.5	146.0

- L₁ Valle de Santiago, Gto.
L₂ Yurécuaro, Mich.
L₃ Zacoalco de Torres, Jal.
L₄ San José Casas Caldas, Jal.
L₅ La Piedad, Mich.

CUADRO 12a. PROMEDIO DE DIAS A FLORACION EN 10 VARIEDADES DE SORGO EVALUADAS EN CINCO LOCALIDADES.

VARIEDADES	A M B I E N T E S				
	L1	L2	L3	L4	L5
1.- RA-747	76	74	71	83	81
2.- ASGROW Z.	78	77	72	83	83
3.- WAC-696R	76	74	69	81	85
4.- WAC-698	78	75	72	83	81
5.- D-64	77	74	71	78	80
6.- RUBY	77	74	69	79	81
7.- B-816	78	75	72	83	81
8.- NK-308	76	71	68	75	76
9.- D-55	73	73	73	77	81
10.- WARNER 628W	68	69	68	75	78

L1 Valle de Santiago, Gto.

L2 Yurécuaro, Mich.

L3 Zacoalco de Torres, Jal.

L4 San José Casas Caldas, Jal.

L5 La Piedad, Mich.