

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



VARIBILIDAD DEL CARACTER "GLOSSY" Y CERA
EPICUTICULAR EN SORGO (*Sorghum bicolor* (L) Moench)
Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A SEQUIA.

P O R

Fernando Teal Rios

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA

Marin, N. L.

Junio de 1990

TM

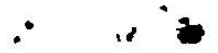
SB235

L4

C.1



1080062015



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



VARIBILIDAD DEL CARACTER "GLOSSY" Y CERA
EPICUTICULAR EN SORGO (*Sorghum bicolor* (L) Moench)
Y SU RELACION CON LA RESISTENCIA A SEQUIA.

P O R

APROBADA:

Fernando Teal Rios

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA

Marin, N. L.

Junio de 1990

10587^m

7M
SB 235
L4

045.633

FAJ

1990

C.5



Biblioteca Central
Nueva Solidaridad



UAMV
FONDO
TERRA MAESTRIA

F. tesis

VARIABILIDAD DEL CARACTER "GLOSSY" Y CERA EPICUTICULAR EN
SORGO [Sorghum bicolor (L) Moench] Y SU RELACION CON LA
RESISTENCIA A SEQUIA.

Tesis

Sometida al consejo de graduados como requisito
parcial para optar al grado de

Maestro en Ciencias

Especialidad en : Producción Agrícola.

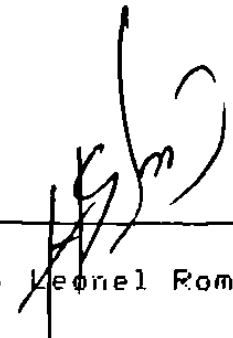
Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma
de Nuevo León

APROBADA:



Ph. D., D. Sc. Ratikanta Maiti

Asesor Principal



M.C. Leonel Romero H.

Asesor



M.C., J., Manuel Garza G.

Asesor

AGRADECIMIENTOS

A Dios, ya que gracias a él me fué posible la realización de estos estudios y siempre me fortalece, acompaña y nunca me abandona.

Al M.C. Humberto Filizola Haces, Srío. Gral. de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, por todo el apoyo brindado para la realización de mis estudios.

Al Ph. D. Ratikanta Maiti, por haber aceptado ser mi asesor , por su orientación, dirección, revisión y sugerencias de este trabajo.

AL M.C. Leonel Romero H. por sus sabios consejos y por su contribución en la realización de esta tesis.

Al M.C. J. Manuel Garza G. por sus valiosas sugerencias y la revisión de este trabajo.

A la Facultad de Agronomía de la U.A.T. y en forma particular al M. Sc. Jorge Karim González Rdz. por el apoyo brindado para la realización de estos estudios.

A la Unidad de Informatica de la Facultad por todas las facilidades brindadas para la realización de este escrito.

Al M.C. Hugo Silva Espinosa por su ayuda desinteresada en la orientación y el manejo de los paquetes computacionales.

Al personal Docente y Administrativo de la Subdirección de Estudios de Posgrado de la FAUANL, por su comprensión y apoyo durante la estancia en la misma.

Dedicatoria

A mi novia, hoy mi esposa

Ing. Celia E. Martínez Infante

Por su apoyo y comprensión en la
realización de mis estudios y
sobre todo por el amor que nos
une.

A la memoria de mi padre

Eleazar Leal Moreno

El cual un día me dijo " La única
herencia que te puedo dejar es el
estudio"

A mi madre y mis hermanos

Alicia, Enrique y Ricardo

Por la unión y armonía que han
hecho posible prevalezca en
nuestra familia.

A mis compañeros

José Camilo, Mario, Eugenio,
Gerardo, Alejandro, Félix, José
Manuel, Artemio, Lourdes,
Enrique, Enrique C, Roberto,
Jorge, L. Carlos, por la gran
amistad que nos unio.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Cd. de Monterrey, N.L. México, el 15 de Noviembre de 1959. Realizó sus estudios en Cd. Victoria, Tamps., la primaria en la Escuela Redención del Proletariado, sus estudios de secundaria los llevó a cabo en la Escuela Secundaria Federal No. 1 " Adolfo Ruiz Cortinez ". Los estudios de bachillerato los realizó en la escuela Preparatoria Nocturna para Trabajadores. En 1976 ingreso a la Facultad de Agronomía-Victoria de la U.A.T. donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en 1980.

En Agosto de 1985 ingresó como estudiante al Colegio de Graduados (hoy Subdirección de Estudios de Postgrado) de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. en Marín, N.L. egresando en Julio de 1987.

C O N T E N I D O

	PAGINA
I.- INTRODUCCION.....	1
II.- REVISION DE LITERATURA.....	5
2.1. El problema de la sequia.....	5
2.2. Mecanismos de resistencia a la sequia....	6
2.2.1. Escape a la sequia.....	7
2.2.2. Madurez temprana.....	7
2.2.3. Evasión de la sequia.....	7
2.2.4. Tolerancia a la sequia.....	8
2.2.5. La tolerancia al calor y a la deseccación y la habilidad para recuperarse del "stress".....	8
2.3. Respuesta del sorgo al déficit de hu- medad del suelo.....	9
2.3.1. Efectos en la fenología.....	9
2.3.2. Efectos en los componentes del rendimiento.....	9
2.4. Temperatura de la hoja.....	10
2.5. Diferenciación de la temperatura aire-hoja (grado de "stress" del día).....	10
2.6. Resistencia a la sequia en sorgo en base a características morfológicas y anatómicas.....	10
2.6.1. Descripción de la raíz.....	11
2.6.2. Descripción de la hoja.....	12
2.6.3. Epidermis de la hoja.....	13
2.6.4. Estomas de la hoja.....	13

2.6.5. Tricomos de la hoja.....	14
2.7. Resistencia a la sequia en	
base a características fisiológicas.....	15
2.7.1. Acido cianhidrico.....	15
2.7.2. Ceras.....	16
2.7.3. Carbohidratos.....	20
2.7.4. Fotosintesis.....	20
III.- MATERIALES Y METODOS.....	22
3.1. Ubicación del experimento.....	22
3.2. Material genético.....	22
3.3. Experimento I.....	23
3.3.1. Material genético.....	23
3.3.2. Diseño experimental.....	24
3.3.3. Métodos.....	24
3.3.3.1. Aspectos morfológicos.....	25
3.3.3.2. Aspectos anatómicos.....	26
3.4. Experimento II.....	26
3.4.1. Material genético.....	26
3.4.2. Métodos.....	27
3.4.2.1. Aspectos bioquímicos.....	27
3.5. Experimento III.....	29
3.5.1. Material genético.....	29
3.5.2. Diseño experimental.....	30
3.5.3. Métodos.....	30
3.5.3.1. Parámetros evaluados.....	31
IV .- RESULTADOS Y DISCUSION.....	32
V.- CONCLUSIONES.....	56
VI.- BIBLIOGRAFIA.....	58
VII.- APENDICE.....	67

INDICE DE TABLAS

TABLA		PAGINA
1	Valores de F. calculada para las variables morfológicas : altura de plántula, área foliar y número de hojas liguladas en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	32
2	Altura de plántula (cm) a los 30 días de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	33
3	Área foliar total (cm ²) en plántulas de 25 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	34
4	Número de hojas liguladas en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	35
5	Valores de F calculada para las variables morfológicas: número de raíces secundarias, longitud de la raíz seminal y peso seco en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	36
6	Número de raíces secundarias en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	37
7	Longitud de la raíz seminal (cm) en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	38
8	Peso seco (g) en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	39
9	Valores de F calculada para las variables anatómicas en conteos realizados en el haz y envés de las hojas en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	40

10	Número de células epidérmicas (mm ²) en la hoja de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía en almácigo.....	42
11	Número de estomas (mm ²) en hoja de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	43
12	Número de tricomas (mm ²) en hojas de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	45
13	Contenido de clorofila total (mg/g M.S.) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía en cámara bioclimática....	46
14	Contenido de carbohidratos no reductores (porcentaje / M.S.) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a dos niveles de humedad bajo condiciones de cámara bioclimática.....	48
15	Contenido de ácido cianhídrico (mg / .15 g M.F.) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de cámara bioclimática.....	50
16	Contenido de ceras epicuticulares (densidad óptica) en la hoja y agua perdida por transpiración (gramos de agua por planta) registrados a intervalos de tres días en plántulas de cuatro genotipos de sorgo "glossy".....	51
17	Valores de F calculada para las variables morfológicas de 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.....	55

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Contenido de clorofila total (mg/g M.S.) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequia en cámara bioclimática.....	47
2	Contenido de carbohidratos (porcentaje/MS) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequia bajo condiciones de cámara bioclimática.....	49
3	Contenido de ácido cianhídrico (mg/.15g MF) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequia en cámara bioclimática.....	50
4	Asociación entre el contenido de ceras epicuticulares y agua perdida por transpiración en plántulas de cuatro genotipos de sorgo "glossy" con 20 días después de la emergencia bajo condiciones de invernadero.....	52
5	Tasa de transpiración en cuatro genotipos de sorgo "glossy" estudiados a intervalos de tres días en cámara bioclimática.....	53
6	Plano de campo y distribución de los tratamientos del experimento No. 3 "Comportamiento de 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados bajo condiciones de temporal".....	95

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Relación de líneas "glossy" de sorgo con diferentes intensidades de brillantez y contenido de cera utilizados en los experimentos.....	22
2	Valores promedio acerca de la altura de plántulas (cm) a los 30 días de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	76
3	Valores promedio del área foliar total (cm ²) en plántulas de 25 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	77
4	Valores promedio acerca del número de hojas liguladas en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	78
5	Valores promedio sobre el número de raíces secundarias en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	79
6	Valores promedio sobre la longitud de la raíz seminal en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	80
7	Valores promedio del peso seco (g) en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	81
8	Valores promedio acerca del número de células epidérmicas (mm ²) en el haz de la hoja de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	82

9	Valores promedio del número de células epidérmicas (mm^2) en el envés de la hoja de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.....	83
10	Valores promedio del número de estomas (mm^2) en el haz de las hojas de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	84
11	Valores promedio del número de estomas (mm^2) en el envés de las hojas de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	85
12	Valores promedio del número de tricomas (mm^2) en el haz de las hojas en plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	86
13	Valores promedio del número de tricomas (mm^2) en el envés de las hojas de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo	87
14	Cuadro de concentración datos agronómicos de 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados bajo condiciones de temporal en campo.....	88
15	Valores promedio del número de hojas por planta en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.....	89
16	Valores promedio de la altura de plántulas (cm) en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.....	90
17	Valores promedio de longitud de la panoja (cm) en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.....	91
18	Valores promedio del peso de 100 semillas en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal....	92

19	Valores promedio de Kg/Parcela útil en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.....	93
20	Condiciones climáticas que se presentaron durante el desarrollo del experimento No. 3 "Comportamiento de 11 genotipos de sorgo "glossy " sembrados bajo condiciones de temporal" en Marín, N.L.....	94

RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en la Estación Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde se evaluó el comportamiento de 11 genotipos de sorgo "glossy" [Sorghum bicolor (L) Moench] con diferentes grados de brillantez y contenido de cera bajo condiciones de "stress" de humedad. El objetivo del presente estudio fué el de comparar algunas características morfológicas, anatómicas y bioquímicas entre estas líneas que pudieran representar un mecanismo de resistencia al "stress".

El trabajo fué dividido en tres experimentos : en el primero se estudiaron 11 genotipos manteniéndolos bajo condiciones de riego y sequía ; en el segundo se probaron cuatro líneas bajo dos niveles de humedad : óptimo y "stress" severo; el tercer experimento se llevó a cabo en el campo, donde se estudiaron las mismas 11 líneas del experimento uno.

El área foliar, número de hojas, número de raíces secundarias, la longitud de la raíz y el peso seco disminuyeron considerablemente en todos los genotipos bajo condiciones de "stress" de humedad, aunque en algunas líneas éste decremento fué menos severo. Bajo condiciones de sequía, la altura de plántulas no mostró reducciones en esta variable.

El número de células epidérmicas, el número de estomas y el número de tricomas en la hoja presentaron incrementos bajo condiciones de sequía, aunque en algunos

genotipos, IS-2263 (1, 0), el número de células y estomas se mantuvo estable. En el número de tricomas se presentó poca diferencia entre las líneas, excepto para IS-2146 (3, 0), IS-5528 (1, 1) y IS-5623 (3, 1) en el haz y envés de la hoja, donde disminuyó considerablemente. Con respecto a los genotipos "glossy" con mayor grado de brillantez IS-2263 (1, 0), IS-5528 (1, 1), IS-1119 (1, 2) y IS-5211 (1, 3) mostraron la tendencia a mantener el mismo número bajo "stress", en tanto que en las "glossy" de menor grado de brillantez, éstos disminuyeron.

Se observó en forma general que el "stress" tiene un efecto menos considerable en el cambio de las características anatómicas que el presentado en las características morfológicas.

El contenido de clorofila total resultó ser más alto, bajo stress severo en los genotipos IS-2263 (1,0) y IS-5211 (1, 3), la tendencia de ésta fue a disminuir, excepto para IS-2263 (1, 0) en el cual mantuvo una concentración estable.

El porcentaje de carbohidratos se incrementó bajo condiciones limitadas de agua, para las cuatro líneas en estudio.

El ácido cianhídrico mostró incrementos en su concentración al aumentar el "stress", pero éste fue proporcionalmente más alto para los genotipos con mayor grado de brillantez en comparación con los de menor grado, por lo que sugiere que éste puede estar relacionado con la adaptación a la sequía.

La línea "glossy" IS-2263 (1, 0), presentó una menor pérdida de agua por transpiración, así como el mayor contenido de ceras epicuticulares en las hojas en comparación con las demás líneas.

Se observó que las líneas "glossy" con mayor grado de brillantez presentaban una mayor cantidad de ceras epicuticulares. Así mismo el ácido cianhídrico también mostró una asociación con el grado de brillantez de la hoja.

En el experimento conducido en campo, los resultados indican que las líneas en estudio siguieron el mismo patrón de crecimiento. Lo anterior se puede apoyar en el hecho de que los valores obtenidos para cada uno de los tratamientos no presentan grandes diferencias en las variables estudiadas.

Se observó que las líneas "glossy" IS-5538, IS-5100 y IS-2146 presentaron el rendimiento de grano más alto en Kg/Ha de todos los tratamientos en estudio.

· INTRODUCCION

El mundo se surte de alimentos dependiendo pocos de una buena cosecha de los cultivos, entre los cuales el sorgo es quinto en importancia de área sembrada después del trigo, arroz, maíz y cebada.

En América el sorgo va ganando terreno, invadiendo las zonas límites del maíz, donde produce más que éste, incluso donde falla el maíz el sorgo todavía vegeta.

El crecimiento y desarrollo de un cultivo está altamente influenciado por las condiciones climáticas adversas que prevalecen en las regiones semiáridas del mundo, donde el sorgo es uno de los cultivos más importantes . Humedad del suelo inadecuada, pobre fertilidad del suelo y otros factores bióticos y ambientales son las principales limitantes del rendimiento en muchas regiones del mundo donde se cultiva el sorgo.

En base a cuestionarios obtenidos en 24 países fué posible identificar los factores más limitantes de la producción del sorgo, donde la sequía, el establecimiento del cultivo y los pájaros son los más sobresalientes (Maiti, 1986).

Los mejoradores de plantas han obtenido considerables progresos en el rendimiento para optimizar la situación de los insumos; sin embargo, mayores esfuerzos son necesarios para estabilizar los niveles de rendimiento bajo condiciones de "stress". Si un carácter

o combinación de caracteres pudieran ser identificados como aquellos que dieran la resistencia para diferentes factores, pudiera estabilizarse el rendimiento bajo condiciones de "stress".

Para la identificación de dichos caracteres asociados, una cuidadosa evaluación de germoplasma es requerida para los diferentes genes de sequía, que frecuentemente son encontrados en variedades criollas, o en las que han sido localmente adaptadas durante muchos años (Maiti, et.al., 1981).

En recientes años se han desarrollado nuevas técnicas confiables de campo, para la identificación de germoplasma de sorgo con resistencia a la sequía.

El germoplasma de sorgo puede ser distinguido por sus dos características fácilmente identificables en estado de plántula: 1) "glossy", 2) no "glossy", las plántulas de color verde pálido y hojas lustrosas son llamadas "glossy" y aquellas de hojas verde oscuro son llamadas no "glossy" o normales. En otras palabras las líneas "glossy" varían en características agronómicas y anatómicas, además se ha reportado que presentan resistencia a sequía, así como también a diferentes plagas (Maiti, et.al., 1984).

La identificación de caracteres morfológicos sencillos que guarden relación con la sequía pueden ser también de gran utilidad para los mejoradores. Por mucho tiempo los fisiólogos y genetistas han trabajado conjuntamente para identificar en plantas de sorgo un carácter simple de resistencia para incorporarlo en su

material genético, ya se han identificado características de este tipo (además de las antes mencionadas), como el carácter "bloom" (presencia de ceras) y el "bloomless" (ausencia de ceras) líneas con cera blanca en la vaina de las hojas (Blum, 1979; Chatterton, et.al.,1975; Maiti, et.al., 1986).

Existe variación en la intensidad de brillantez de las hojas, que tienen relación con la resistencia a la sequía, también existe variación en el contenido de cera, Acido cianhídrico y carbohidratos (Saucedo, 1986; Maiti, 1986).

Información reciente del Dr. Maiti, menciona que hay líneas "glossy" con carácter asociado con contenido de cera blanca, en las vainas de las hojas que también varían en diferente escala.

No existe información de como la combinación de diferentes grados de brillantez y contenido de cera de la hoja en lo que respecta a su respuesta a la sequía. Se ha reportado, por separado que estos caracteres contribuyen a la resistencia a la sequía (Chatterton, et.al., 1975; Blum, 1979; Maiti, 1986).

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron:

- 1.- Estudiar el efecto del "stress" de humedad sobre algunas características morfológicas, anatómicas, fisiológicas y bioquímicas en líneas "glossy" con diferente grado de brillantez y contenido de cera blanca en las hojas, en estado de plántula.

2.- Determinar que características morfológicas; anatómicas y bioquímicas tienen relación con la resistencia a la sequía.

3.- Estudiar el comportamiento de las líneas "glossy" con diferente grado de brillantez y contenido de cera en la hoja durante su desarrollo en el campo.

REVISION DE LITERATURA

El problema de la sequia.

Existe una creciente necesidad de incrementar la producción en las zonas áridas y semiáridas del mundo. En estas zonas la sequia afecta grandemente el establecimiento de los cultivos y su rendimiento. La sequia es un factor muy complejo que no implica solamente bajas precipitaciones, ya que conjuntamente se presentan otros problemas como las altas temperaturas ambientales y del suelo, formación de costra y bajas condiciones de retención de humedad (Jordán, 1983; Maiti, 1981; y Maiti, 1986).

En las zonas subtropicales la sequia periódica originada por una distribución irregular de las lluvias, causa severas reducciones en los rendimientos de los cultivos como el maíz y el sorgo (Wolf et.al., 1974). Algunas estimaciones revelan que la sequia es causa de un 15 % de pérdida en promedio en la producción de los cultivos; sin embargo, es necesario considerar que ésta también implica el uso de fertilizantes, insecticidas y otros insumos, por lo que seguramente éste factor sea responsable de mayores pérdidas económicas(Wolf et.al 1974 y Jordán, 1983).

La resistencia a la sequia se refiere a la capacidad de una planta para sobrevivir, reproducirse y rendir su producto económico con una disponibilidad limitada de agua. Al parecer, los mecanismos responsables de la sobrevivencia de una especie son diferentes de

aquellos que proporcionan una máxima producción económica en plantas bajo "stress" (Qualset, 1979).

Potencialmente el problema de las funciones del cultivo en situaciones limitadas de humedad se divide en dos componentes básicos. Un componente genético determina los límites de los mecanismos determinando cuando la planta hace frente a funciones de tensiones específicas, mientras que el otro componente influye igualmente, y es la cantidad de agua disponible para el cultivo. Aunque cada componente es tal vez expuesto a la distinción del otro. La expresión del componente genético controla los mecanismos que a menudo representan una forma de adaptación la cual depende de la naturaleza de la sequía. El eficiente uso de agua debe hacerse basándose en una cuidadosa comprensión del sistema de producción, incluyendo el clima, manejo y genotipo (Romero, 1986).

Para la solución de estos problemas se podrían utilizar tecnologías avanzadas de manejo del cultivo e irrigación, pero éstas solamente son posibles mediante fuertes gastos económicos, por lo que su utilización en las zonas áridas y semiáridas es muy difícil. En busca de otras opciones, muchos investigadores se encuentran realizando trabajos para la identificación de líneas de cultivos resistentes a estas condiciones adversas (Maitl, 1986).

Mecanismos de resistencia a la sequía.

Existen diferentes mecanismos en las plantas para resistir la tensión de humedad del suelo (Levitt, 1972)

Escape a la sequía.

Hay tres aspectos principales por los cuales operan los mecanismos de escape en el cultivo del sorgo: madurez temprana, plasticidad del desarrollo y removilización de las reservas del tallo almacenadas antes de la antesis del grano.

Madurez temprana.

En la mayor parte de la península India y México los híbridos que maduran temprano y las variedades con duración de 90 a 110 días se sabe que escapan a los efectos de la sequía tardía y han reemplazado al sorgo tradicional de 130 y 180 días. Esto ha dado como resultado un aumento notable en la producción de sorgo a pesar de la sequía intermitentes en los genotipos de maduración temprana.

Evasión de la sequía.

Para el mismo nivel de "stress" de humedad del suelo, algunos genotipos de sorgo mantienen consistentemente potenciales más altos de agua de la hoja (Blum, 1974 y 1975). Este fenómeno es independiente del enrollamiento de la hoja que sirve para reducir el área efectiva de la hoja por planta (Begg y Turner, 1976). El evitar la sequía se logra aumentando el crecimiento de la raíz o por la madurez antes del establecimiento de la sequía. Se ha encontrado que existen diferencias genotípicas en las raíces del sorgo (Blum, et.al., 1977). Maiti (1986) menciona que la madurez, diversidad en el sistema radicular, contenido de cera, osmo-regulación, tolerancia al calor y desecación juegan

un papel importante en el mecanismo de resistencia en sorgo.

Tolerancia a la sequía.

La respuesta y tolerancia de los tejidos de plantas a la reducción del potencial del agua en la hoja puede involucrar varios procesos fisiológicos y metabólicos. El mantenimiento del crecimiento bajo agotamiento de la humedad del suelo puede servir como una medida de la tolerancia de la planta bajo "stress". La medida del crecimiento y la interpretación de los resultados son difíciles de evaluar debido a las interacciones complejas en tamaño entre los órganos (Thomas, et.al., 1976 y Begg y Turner, 1976).

La tolerancia al calor y a la desecación y la habilidad para recuperarse del "stress".

Ajustes osmóticos diurnos y estacionales en respuesta al "stress" de humedad se han encontrado en sorgo por Jones y Turner en (1978) y las diferencias genotípicas para estos aspectos fueron estudiados por Stout y Simpson (1978). Bajo condiciones de una demanda alta de agua por la atmósfera, se demostró que existe una disminución en el potencial osmótico y que contribuye a la expansión foliar en el sorgo (Acevedo, et.al., 1971)

En consecuencia se encuentra que existen diferentes mecanismos en las plantas para soportar la sequía y los genotipos muestran un amplio rango de variabilidad (Blum, 1974; Seethrama, et.al., 1980).

Respuesta del sorgo al déficit de la humedad del suelo.

El déficit de la humedad del suelo tiene efectos en el contenido de agua en la hoja y en la conducta estomatal, y por consecuencia, en el crecimiento del cultivo Musick, et.al., en 1976 mostraron que hubo una buena correlación entre el déficit de agua en el suelo y la producción del sorgo durante sus ocho años de pruebas. De acuerdo con ellos el primer síntoma de deficiencia del agua del suelo es el marchitamiento, el enrollamiento y doblamiento de las hojas de las plantas. En la estación temprana del cultivo, el sorgo para grano tiene una notable habilidad para recuperarse de los efectos del déficit de la humedad del suelo cuando son irrigados después de un déficit severo.

Efectos en la fenología.

La temperatura alta reduce el periodo de llenado del grano. Chowdhury y Wardlaw (1978), observaron una reducción en el periodo de llenado de grano de 42 a 18 días. Castleberry (1973) informó que el periodo de más sensibilidad a la temperatura es cuando ocurre la diferenciación de las flores.

Efectos en los componentes del rendimiento.

Las temperaturas más altas (día/noche 33/28° C) de la germinación a la iniciación de la panoja, redujeron la producción de granos de sorgo así como lo hizo la temperatura alta en la última parte del desarrollo de la panoja causando el aborto de las flores (Quinby, 1972).

Temperatura de la hoja.

La temperatura de la hoja de la planta está influenciada por el proceso de intercambio de energía, la cual está controlada por la radiación, la convección y la transpiración. Un déficit de agua en la hoja provoca un cierre de los estomas, lo que causa una disminución en la transpiración y un aumento en la temperatura de la hoja. La temperatura de la hoja se baja considerablemente por la transpiración (Gates, 1968 y Van Bavel y Ehrlar, 1968)

Diferenciación de la temperatura aire - hoja
(grado de "stress" del día).

La sequía indica el cierre estomatal causado por la disminución del potencial del agua en la hoja, aumenta la temperatura de la hoja, arriba de la temperatura del aire la suma durante el periodo de medición del diferencial de la temperatura aire-hoja, fué definido por Peacock (1982) como el grado de "stress" diario (GSD). Se ha informado que las altas temperaturas causan la desecación y el marchitamiento de la hoja del sorgo (ICRISAT, 1982).

Resistencia a la sequía en sorgo en base a características morfológicas y anatómicas.

Evidentemente, las características morfológicas y anatómicas de una planta pueden contribuir a que ésta sea resistente o no a la sequía (Jordán, 1983 y Maiti, 1986) Entre estas características que retardan el desarrollo de los déficit de agua, están la raíz y las hojas básicamente (Steward, 1959).

Descripción de la raíz.

El sistema radical del sorgo está compuesto por dos tipos de raíces, el temporario y el permanente. El sistema temporario se encuentra comprendido por la raíz primaria, y por las raíces adventicias.

La raíz seminal resulta de la base del tallo y puede distinguirse de las raíces adventicias en que su eje principal es más delgado. Las raíces adventicias nacen sobre la región del mesocotilo (primer entrenudo del tallo), por debajo de la superficie del suelo y crecen rápidamente formando un sistema de ramificaciones secundarias y terciarias. Las raíces adventicias son la principal ruta de suministro de agua y nutrientes para la planta durante los primeros estados de desarrollo. El sistema permanente se forma durante la maduración de la planta y está constituido únicamente por raíces adventicias, las cuales tienen su origen en el coleoptilo (segundo entrenudo) (Chi, 1942).

Blum (1970) indica que el tamaño y desarrollo de la raíz depende del clima, de la frecuencia y duración de la sequía. Si la planta tiene una gran tolerancia a la desecación y el calor, un sistema radical pequeño o somero puede ser más deseable durante una sequía larga que un sistema radical profundo. Estas consideraciones fueron hechas tomando en cuenta que bajo una sequía moderada o severa , pero corta, el sistema radicular extenso provee a la planta de agua suficiente, pero en una sequía severa y prolongada, éste sistema radical, puede terminar con la humedad aprovechable.

Hackett (1973) reporta que al someter plantas de sorgo a condiciones limitadas de humedad, sus raíces presentan un menor diámetro y son más largas. La longitud de la raíz en estas plantas es de 0.8 cm diarios. Sin embargo, Merril (1976) menciona que las líneas de sorgo creciendo en condiciones óptimas de humedad presentan la mayor longitud radicular en comparación con plantas sometidas a "stress". Merril y Rawlins (1979) indican que la longitud de la raíz y la producción de peso seco son de un 20 a un 30 % más altos en los casos de la humedad óptima.

Jordán y Miller (1980) encontraron que el alto valor de raíz / tallo se correlaciona con la resistencia a la sequía y la variabilidad genética en maíz .

Descripción de la hoja.

Las hojas de una planta de sorgo se distribuyen en forma alterna y se encuentran dispuestas en dos hileras a lo largo del tallo. Consisten principalmente de una vaina foliar y una lámina o limbo, la vaina unida a un nudo rodea por lo común al entrenudo y también frecuentemente al nudo que le sigue arriba, antes de que el limbo se expanda totalmente, las hojas son anchas en su base y van disminuyendo gradualmente hacia arriba hasta llegar al ápice (House, 1982).

Entre las modificaciones de las hojas en plantas xeromórficas que pueden ayudar a una retención de agua, Steward (1959) menciona las siguientes: la presencia de una nervadura principal gruesa, un número de tricomas,

paredes celulares gruesas y la presencia de una cutícula que retarda la transpiración; si esto se combina con un cierre rápido de estomas, puede reducir grandemente la pérdida de agua y prolongar la supervivencia.

Epidermis de la hoja.

La epidermis típica de una planta presenta células largas y dos tipos de células cortas, que son las células de sílice y las células suberosas, las células de sílice se encuentran completamente llenas de óxido de sílice (SiO_2). El cual se solidifica en forma variada, las células suberosas poseen membranas suberificadas y frecuentemente contienen material creáñico solidificado (Esau, 1977).

Las células buliformes que se encuentran en el sorgo son muy grandes, de membranas delgadas y muy vacuoladas. Estas células contribuyen al enrollamiento de las hojas durante los periodos de sequía (Linsbaver, 1930 y Metcalf, 1960).

Mc Cree y Davis (1974) han observado que el tamaño y la división celular de las células epidérmicas en hojas de sorgo, disminuye al incrementarse el "stress", de humedad. El tamaño de estas células es más pequeño debido a la falta de turgencia ocasionada por la escasez de humedad. Como consecuencia de estos efectos, ocurre una disminución del área foliar.

Estomas de la hoja.

Los estomas son aperturas en la epidermis que se encuentran rodeadas por unas células llamadas oclusivas. Estas células controlan el tamaño de la apertura, la cual

se conecta al interior de un amplio espacio intercelular llamado subestomas que se continúa en los espacios intercelulares del mesófilo. En muchas plantas, dos o más células adyacentes a las oclusivas parecen estar asociadas funcionalmente a ellas (Esau, 1977).

Los estomas se localizan frecuentemente en las partes verdes y aéreas de las plantas; en las gramíneas, éstos se disponen en filas paralelas. Las cámaras subestomáticas de cada fila se unen y las células del mesófilo que limitan estas cámaras forman un arco sobre el canal intercelular o debajo de él (Esau, 1977).

Mc Cree y Davis (1974) indican que los estomas tienden a ser más pequeños y abundantes en las hojas que crecen en ambientes secos, que en hojas que se encuentran en un buen ambiente de humedad.

Meyer, et.al., (1970) mencionan que el número y tamaño de los estomas puede variar considerablemente entre las especies e inclusive dentro de una misma especie como un resultado de las condiciones ambientales.

Tricomas de la hoja.

Los tricomas son estructuras o protuberancias de las células epidérmicas frecuentemente llamados pelos. Estos exhiben diversas formas, y pueden ser de una o varias células. El tamaño y morfología de los tricomas difieren en las distintas especies y se encuentran más frecuentemente en la superficie superior de la hoja que en el interior (Esau, 1977).

En el sorgo se han reportado dos tipos de tricomas los no glandulares, terminados en punta y los

micropelos glandulares (Maiti, 1980). La abundancia de estas estructuras en asociaciones con el carácter "glossy" han sido utilizados los últimos años para seleccionar genotipos resistentes a la sequía en estado de plántula (Maiti, 1983 y Maiti, et.al., 1984).

Otra función importante que se les ha atribuido a los tricomas, es de que pueden ayudar a evitar la excesiva pérdida de agua por transpiración, aunque no existe uniformidad en estos resultados. También se ha sugerido que protegen al mesofilo de un excesivo calor (Esau, 1977).

Resistencia a la sequía en sorgo en base a características fisiológicas.

Acido cianhídrico.

El ácido cianhídrico es un compuesto que se presenta en plantas de sorgo. Es producido por una hidrólisis de un glicósido cianogénico conocido como dumina; la hidrólisis de ésta proporciona otros productos como el p-hidroxibencilaldehído y la glucosa. Los tres son producidos en cantidades equimolares (Mao, et.al., 1965).

Con el objeto de conocer en que parte de la célula se localiza este glicósido, Sanders y Conn (1977) aislaron vacuolas y protoplastos de plantas de sorgo, a ambas estructuras les realizaron pruebas para determinar la cantidad de ácido cianhídrico que poseían, sus resultados indicaron que es en la vacuola donde es producido este compuesto.

10587

El ácido cianhídrico se incrementa en las plantas cuando éstas se encuentran creciendo bajo condiciones de sequía (Saucedo, 1986). Franzke y Hume (1945) reportan que en las plantas que se encuentran creciendo sobre suelos con 15, 25 y 35 % de humedad, producen ácido cianhídrico aproximado a 1200, 500 y 250 ppm basadas sobre el peso seco respectivamente , Heinrichs y Anderson (1947) mencionan que el ácido cianhídrico es un 50 % mayor en plantas que crecen bajo condiciones de sequía que las que se encuentran creciendo en condiciones de humedad normal, de igual forma en un experimento en invernadero Hoog y Ahlgren (1943) observaron que existe un incremento en el ácido cianhídrico de 159 ppm en plantas creciendo bajo humedad normal, a 222 ppm para las plantas que se encuentran en el punto de marchitez permanente, además mencionan que los incrementos en las concentraciones del ácido cianhídrico causados por la sequía pueden ocurrir sin importar el estado de madurez de la planta.

Ceras.

Una de las características de las células epidérmicas de las partes aéreas de las plantas es la presencia de una capa cerosa llamada cutícula (Esau, 1977). Se considera que esta estructura puede ser de gran importancia como un factor que da resistencia a la sequía al disminuir la cantidad de agua que se pierde por transpiración (Blum, 1975).

En cuanto al sorgo, Maiti, et.al., (1981) catalogan dos tipos morfológicos de plántulas de acuerdo

a la brillantez de sus hojas: "glossy" y no "glossy". Las líneas que poseen el carácter "glossy" se distinguen por presentar en sus hojas un color amarillento brillante, en las líneas no "glossy", el color verde es oscuro; esta diferencia se debe a que las líneas "glossy" presentan una acumulación de cristales de cera grandes y de forma prismática; además, se presenta una capa lisa de ceras en adición a éstos: probablemente esta capa de ceras, aumente la reflectancia a la luz, disminuyendo de tal forma la transpiración, mientras que en las líneas no "glossy", sus cristales son pequeños y de forma de aguja (Maiti, et.al., 1984).

Se han encontrado diferencias entre estos dos tipos morfológicos en cuanto a su respuesta a la sequía. En general, las líneas "glossy" son más resistentes y se recuperan más rápidamente al "stress" de humedad que las no "glossy". Sin embargo, existen algunas líneas "glossy" que muestran un bajo nivel de resistencia así como algunas líneas no- "glossy" cuyo nivel es alto. Se piensa que el mecanismo para la resistencia a la sequía no puede atribuirse solo al carácter "glossy" y quizás otras características no identificadas también juegan un papel importante en esta resistencia (Maiti, et.al., 1984).

Se ha observado que existen diferencias entre los genotipos "glossy" en el grado de brillantez, así tenemos que algunos genotipos brillan más que otros, pues se cree que tienen una mayor cantidad de cera (Maiti, et.al., 1984).

Las líneas "glossy" contabilizan menos de 1 % del germoplasma del sorgo y son principalmente de origen hindú, otras son originarias de diferentes países africanos, tales como Etiopía, Nigeria, Camerón del Norte y Sudafrica, y juegan un papel importante en el mejoramiento del cultivo del sorgo (Maiti, et.al., 1984). Además del carácter "glossy", el sorgo puede presentar otro tipo de ceras, que forman una capa espesa y amorfa sobre el pedúnculo, la vaina foliar y la porción basal de la superficie abaxial de las hojas, dando a estos tejidos una apariencia blanca, a este tipo de ceras se le conoce como el carácter bloom y éste se encuentra controlado por un gen dominante de herencia simple, pero también se conocen plantas sin este carácter, o bien, con estas ceras distribuidas muy espaciadamente (Ayyangar, et.al., 1937; Ayyangar y Ponnaiya, 1941; Peterson, et.al., 1949).

En algunos experimentos se han comparado líneas con el carácter bloom y sin él, y se ha observado que los tipos normales (con carácter bloom) aumentan sus rendimientos, sobre todo en condiciones limitadas de agua (Ross, 1972; Webster, 1977 y Webster y Schmalzel, 1979). Estos resultados sugieren que el carácter bloom puede permitir una mayor eficiencia en el uso del agua en tierras secas (Chatterton, et.al., 1975). Se presume que la gran cantidad de ceras asociadas al carácter bloom, disminuye la radiación al incrementar la reflectancia de la luz visible y radiación cercana al infrarrojo, con lo cual se retarda y disminuye la transpiración (Blum, 1979).

Jordan, et.al., (1984) mencionan que existe una buena correlación entre la transpiración y el contenido de ceras epicuticulares. Por otro lado, Ebercon, et.al., (1977) indican que existe variabilidad en el contenido de ceras epicuticulares en diferentes genotipos de sorgo, pero que sin embargo, esto está influenciado por el medio ambiente en el cual se encuentra creciendo.

La presencia de las ceras epicuticulares " waxy bloom " aumentan la resistencia a la sequía. Líneas con "waxy bloom" tienen mejor rendimiento bajo condiciones de "stress" de humedad, con un alta eficiencia del uso del agua (Ross, 1972; Webster, 1977 y Webster y Schmalzel, 1979). Chatterton, et.al., 1975 reportó que el radio de transpiración es alto en isolíneas con "waxy bloom". Cultivares con un alto contenido de ceras epicuticulares se adaptan mejor bajo condiciones de "stress" de humedad (Ebercon, et.al., 1979; Powell, et.al., 1956; Jordan y Miller, 1980). Con un alto contenido de ceras epicuticulares se reduce la pérdida de agua por vía cuticular (Jordan y Miller, 1980). El papel de la osmo-regulación por acumulación de soluto (como ácido orgánico, amino-ácido y azúcares) como respuesta al "stress" de humedad, ha sido reportado por diferentes autores (Jordan, et.al., 1984 ; Jones y Turner, 1978). La tolerancia puede correlacionarse positivamente con el rendimiento (Sullivan y Ross, 1979), así como también la tolerancia al calor y a la desecación en sorgo es causada por variabilidad genética (Sullivan y Ross,

1979). Maiti, et.al., (1984) reportó que el carácter "glossy" está relacionado con "stress" múltiple.

Carbohidratos.

Las plantas en condiciones de sequía experimentar cambios en el contenido de sus carbohidratos como un reflejo de las alteraciones en su metabolismo (Maiti, 1986).

Iljin (1957) señala que en las hojas marchitas, el almidón desaparece y los azúcares se acumulan simultáneamente. En tres especies de Rumex después de perder un 20 % de agua, reportan incrementos en el contenido de azúcares de un 49 a un 96 %, después de algunas horas; cuando Inula viscosa fué sometida durante 36 horas a diferentes condiciones de humedad, las hojas mostraron una concentración de azúcares de 0.015, 0.021, 0.042 y 0.053m. Estos autores comentan que es posible modificar significativamente el contenido de azúcares en las especies vegetales manipulando la humedad de su hábitat.

Saucedo (1986) reporta que el contenido de carbohidratos aumenta con el incremento del "stress" de humedad.

Fotosíntesis.

Un déficit de humedad reduce la capacidad fotosintética de un cultivo en muchas formas comenzando con una inhibición del desarrollo del Área foliar, con lo que se reducen las actividades fotoquímicas y bioquímicas de los cloroplastos (Boyer, 1976).

Norcio (1976) menciona que existe variabilidad en la temperatura óptima para la fotosíntesis en líneas de sorgo, este autor observó que la máxima capacidad fotosintética del genotipo RS-626 se presentaba a los 35° C en tanto que para NB-9040 ésta ocurrió a los 42° C.

La selección de genotipos de altas capacidades fotosintéticas generalmente han producido un incremento en los rendimientos (Thorne, 1965); sin embargo, cuando algún tipo de "stress" está implicado, la habilidad de las plantas para continuar con una alta capacidad fotosintética, muy bien podría contribuir a aumentar la producción (Sullivan y Ross, 1979).

Slatyer (1973) mostró que la disminución en la fotosíntesis se puede atribuir a que la entrada de CO₂ se impide con el cierre de los estomas. En otro experimento. Boyer (1971) incrementó la concentración del CO₂ en el ambiente, con lo cual aumentó la disponibilidad de este gas para las células de las hojas, con estomas cerrados, debido al "stress" de humedad, la actividad fotosintética se incrementó. El "stress" de humedad reduce el contenido total de clorofila.

MATERIALES Y METODOS.

Ubicación del experimento.

Este trabajo se llevó a cabo en la Estación Agrícola Experimental, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín, N.L. Esta localidad se encuentra ubicada en los 25° 53' Latitud Norte y 100° 03' Longitud Oeste, a una altura de 367.5 msnm. La precipitación media anual es de 466 mm. La temperatura promedio de la región es de 22° C con una media anual máxima de 28° C y una mínima de 18° C, con una oscilación de 14° C.

Material genético.

El material genético fué proporcionado por el International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) y por el Programa de sorgo del Proyecto de mejoramiento de maíz, frijol y sorgo de la FAUANL. Este material constó de las siguientes líneas:

Cuadro 1. Relación de líneas "glossy" de sorgo con diferentes intensidades de brillantez y contenido de cera utilizados en los experimentos.

Genotipo	Brillantez	Cera
t1 IS-2263	1	0
t2 IS-5528	1	1
t3 IS-1119	1	2
t4 IS-5211	1	3
t5 IS-4521	2	0
t6 IS-5248	2	1
t7 IS-5538	2	2
t8 IS-5100	2	3
t9 IS-2146	3	0
t10 IS-5623	3	1
t11 IS-18360	3	2

Escala: 1= más brillante 0= sin cera
3= menos brillante 3= mayor contenido cera

El incluir líneas "glossy" con diferente intensidad de brillantez y contenido de cera fué con la finalidad de compararlas en sus características morfológicas, anatómicas, fisiológicas y bioquímicas en su adaptación a la sequía.

Este estudio fué dividido en tres experimentos, los cuales se describen a continuación. Tales experimentos se realizaron en el ciclo Primavera-Verano de 1986 (Exp. 3), en septiembre- octubre (Exp. 2) y el experimento 1 en febrero-marzo de 1987.

Experimento I (en almácigo).

El objetivo de este experimento fué comparar algunas características morfológicas y anatómicas en plántulas de sorgo con diferente intensidad de brillantez y contenido de cera, sometidas a tratamientos de riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

Material genético.

Para este experimento se utilizaron los 11 genotipos siguientes:

t1 IS-2263 (1, 0)	t7 IS- 5538 (2, 2)
t2 IS-5528 (1, 1)	t8 IS- 5100 (2, 3)
t3 IS-1119 (1, 2)	t9 IS- 2146 (3, 0)
t4 IS-5211 (1, 3)	t10 IS-5623 (3, 1)
t5 IS-4521 (2, 0)	t11 IS-18360 (3, 2)
t6 IS-5248 (2, 1)	

Diseño experimental.

El diseño que se utilizó para establecer este experimento fue un bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, correspondiendo al factor parcela grande, el nivel de humedad y al factor parcela chica, los genotipos, utilizando 3 repeticiones por tratamiento. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = M + B_k + T_i + E(a)_{ik} + D_j + (TD)_{ij} + E(b)_{ijk}$$

con $i = 1, 2$

$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$

$k = 1, 2, 3.$

donde :

Y_{ijk} = Es la observación del tratamiento i (nivel de humedad) con los tratamientos j en la k -ésima repetición.

M = Es el efecto de la media general.

B_k = Es el efecto del k -ésimo bloque.

T_i = Es el efecto del i -ésimo nivel de humedad.

D_j = Es el efecto del j -ésimo genotipo.

$E(a)_{ik}$ = Es el efecto del error entre el nivel de humedad y bloques.

$(TD)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre el nivel de humedad y genotipo.

$E(b)_{ijk}$ = Es el error entre nivel de humedad, genotipo y bloques.

Métodos.

Cada parcela estuvo constituida por una maceta de 15 cm de diámetro y 20 cm de altura a las cuales se les

agregó una porción de suelo de textura areno-arcillosa traída del campo equivalente a 2.5 Kg.

Las macetas fueron sembradas con 5 semillas a una profundidad de 5 cm. Las semillas fueron colocadas 24 horas en cajas petri con agua antes de sembrarlas para asegurar su germinación, después de la cual se hizo un aclareo dejando solamente 3 plantas por maceta.

El primer riego fué aplicado al momento de la siembra para todos los tratamientos, hasta capacidad de campo. Los riegos posteriores fueron aplicados cada 3 días sobre los tratamientos de riego hasta capacidad de campo. Los tratamientos de sequía fueron regados después de 25 días de no haber recibido agua.

Aspectos morfológicos.

Altura de la plántula. Se obtuvo midiendo la plántula de la base del tallo hasta el ápice de la última hoja expandida, se realizó un solo muestreo a los 30 días después de la emergencia.

Área foliar. Para la observación del desarrollo del área foliar, se efectuó un muestreo a los 25 días después de la emergencia. Se muestrearon dos plántulas por parcela, a las cuales se les midió el largo y ancho de cada una de sus hojas, con estos datos, el área foliar fué obtenida en base a la fórmula de Montgomery (1911); largo por ancho de la hoja por 0.75, ya obtenida el área de cada hoja, éstas fueron sumadas para determinar el área total de la plántula.

El número de hojas, número de raíces secundarias, longitud de la raíz seminal y peso seco de la parte aérea

de las 3 plántulas por maceta, fueron cuantificados a los 30 días después de la emergencia.

Aspectos anatómicos.

Cuando las plántulas cumplieron 30 días de haber emergido se colectó la cuarta hoja totalmente expandida de dos plántulas; posteriormente, a éste se le realizó un corte en la parte media de ambos lados de la nervadura central con el objeto de transparentarla (Johansen, 1940, Apendice 1). Una vez trasparenteada la muestra, se procedió a evaluar las características anatómicas tales como número de células epidérmicas, número de estomas y número de tricomas con un objetivo de 10x para la primera y de 40x para las dos últimas. Estos conteos se hicieron tanto en el haz como en el envés de la hoja, así como por ambos lados de la nervadura central.

Experimento II (en cámara bioclimática).

Esta parte del trabajo tuvo como objetivo el observar el comportamiento de algunas líneas "glossy", con diferente contenido de cera e intensidad de brillantez cuando tienen algunos factores controlados (temperatura y luz), en una cámara bioclimática a una temperatura de 35° C y 11 horas luz durante el día.

Material genético.

Los genotipos que se emplearon, fueron seleccionados de las 11 líneas estudiadas en el experimento 1. Se escogieron cuatro genotipos que tuvieran las condiciones de brillantez y contenido de cera más contrastantes y se incluyeron los siguientes :

Genotipo	Brillantez	Cera
t1 IS-2263	1	0
t2 IS-5211	1	0
t3 IS-2146	3	0
t4 IS-18360	3	2

Escala : 1= más brillantez 0= sin cera
3= menos brillantez 2= más cera

Métodos.

Cada parcela estuvo constituida por un frasco de unicel que tenía un tamaño de 13.5 cm y un diámetro de 12.0 cm que contenía tierra de campo donde se colocaron los tratamientos dentro de la cámara bioclimática, constando con 2 repeticiones cada uno. Cada frasco tenía 8 semillas y al momento de la emergencia se dejó solamente una por frasco. Estas plántulas estuvieron con un promedio de 11 horas luz durante el día y a una temperatura de 35° C. Se aplicaron riegos antes de la siembra, y fueron hasta capacidad de campo y después cada 8 días para los tratamientos de riego, suspendiéndose por completo el riego a los tratamientos de sequía.

Aspectos bioquímicos.

Las variables fisiológicas estudiadas fueron la concentración de clorofila, el porcentaje de carbohidratos y el contenido de ácido cianhídrico y de ceras.

Para la realización de este estudio, las hojas de las plántulas fueron colectadas a los 30 días después de la emergencia, cabe aclarar que en estas determinaciones no se llevó a cabo ningún análisis estadístico, debido a que fue necesario que las muestras de cada tratamiento se

juntaran para poder completar la cantidad de material vegetal, necesario para el análisis bioquímico.

Clorofila total. En la determinación de la clorofila total, ésta fué extraída de un gramo de materia seca, usando como solvente acetona al 80 %. La cantidad de clorofila fué obtenida en mg/ml mediante la fórmula indicada en el apéndice 2.

Porcentaje de carbohidratos. El porcentaje de carbohidratos se obtuvo mediante la técnica de revelación de azúcares no-reductores de Folin Wv (Quiroga, 1971 Apéndice 3). Este método se basa en la formación de un precipitado de óxido cuproso cuando reacciona con una solución libre de proteínas con una solución cáprica alcalina mediante la acción del calor. Las muestras consistieron en un gramo de materia seca molida.

Acido cianhídrico. Para calcular esta variable se empleó una muestra de 0.15 g de material vegetal fresco, cortado en piezas. La metodología usada para este análisis es la propuesta por Pethybridge (1919), la cual nos permite obtener resultados con valores aproximados a mg de HCN/peso de la muestra (Apéndice 4)

Tasa de transpiración. Para medir la tasa de transpiración, se sembraron 10 semillas de los cuatro genotipos ya mencionados en macetas sin orificios, de 15 cm de diámetro y 20 cm de altura a las cuales se les agregó una porción de suelo traída del campo, después se practicó un aclareo dejando 3 plántulas por maceta y éstas fueron cubiertas con plástico para evitar la evaporación. Todos los materiales fueron previamente

pesados y tapados para llevar a cabo un control del agua que se utilizó; la cantidad de agua fue de 40 mm en el primer riego cuando las plántulas cumplieron ocho días de haber emergido, las macetas volvían a su peso inicial agregándoseles el agua perdida.

Ceras epicuticulares. La cantidad de ceras se obtuvo mediante la técnica propuesta por Ebercon et.al., (1977), basada en el cambio de color producida por la reacción de la cera con el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) para este análisis se tomó de las hojas una muestra de 10 secciones de $1cm^2$ por plántula dando un total de área de $20 cm^2$ por ambas superficies, haz y envés (Apéndice 5).

Experimento III (en el campo).

En este trabajo se utilizaron 11 genotipos de líneas "glossy" cuyo grado de brillantez había sido previamente identificado mediante la escala visual propuesta por Maiti, et.al., (1984) en la que los genotipos son clasificados en una categoría que varía de 1 a 3, donde 1 es el más brillante y 3 es el menos brillante, en lo que se refiere al contenido de cera de la hoja la escala es de 0 a 3, donde 0 es sin cera y 3 mayor contenido de cera.

Material genético.

Las líneas "glossy" utilizadas en este experimento fueron las siguientes:

Genotipo	Brillantez	Cera
t1 IS-2263	1	0
t2 IS-5528	1	1
t3 IS-1119	1	2
t4 IS-5211	1	3
t5 IS-4521	2	0
t6 IS-5248	2	1
t7 IS-5538	2	2
t8 IS-5100	2	3
t9 IS-2146	3	0
t10 IS-5623	3	1
t11 IS-18360	3	2

1= más brillantez 3= menos brillantez
0= sin cera 3= mayor contenido de cera

Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue un bloque al azar con 11 tratamientos y 6 repeticiones. El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

con $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11$

$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6.$

donde :

Y_{ij} = Es la variable bajo estudio

M = Es el efecto de la media general

T_i = Es el efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Es el efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = es el error aleatorio asociado a la ij -ésima U.E.

Métodos.

La siembra se hizo a " tierra venida " a chorrillo en un suelo de textura arcillo-arenoso, después se practicó un aclareo a los 15 días, dejando una planta a cada 20 cm. Se realizaron las prácticas culturales

necesarias (control de malezas, aplicación de insecticidas, etc). Este trabajo se llevó a cabo bajo condiciones de temporal, cada parcela experimental fue constituida por 4 surcos separados .80 cm y con 5.00 m de longitud, siendo un área experimental de 16.00 m². La parcela útil fueron los surcos centrales, eliminando .50 m de cada cabecera y los surcos orilleros para contrarrestar su efecto, quedando un área de 6.40 m². El área total del experimento fue de 2,041.60 m².

Parámetros evaluados.

- a).- Número de hojas.
- b).- Altura de plantas(cm).
- c).- Longitud de la panoja(cm).
- d).- Peso de 100 semillas(g).
- e).- Días a floración.
- f).- Días a madurez fisiológica.
- g).- Kg/ Parcela útil(grano).
- h).- Kg/Ha(grano).
- i).- Temperatura y precipitación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Existe una gran variabilidad entre las líneas "glossy" con diferente grado de brillantez y contenido de cera de la hoja en cuanto a su respuesta al "stress".

Experimento I. En almácigo.

Los valores promedio obtenidos para los aspectos morfológicos altura de plántula, área foliar y número de hojas no presentaron diferencias significativas ($p > .05$) entre los genotipos sometidos a riego y sequía (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de F calculada para las variables morfológicas : altura de plántula, área foliar y número de hojas liguladas, en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

F. V.	g.l.	Altura de plantas (cm)	Area foliar (cm ²)	No. de hojas
A	1	13.21 NS	42.56 **	5.74 NS
B	10	2.19 *	2.90 **	3.68 **
I(A.B)	22	0.34 NS	0.88 NS	1.55 NS
C.V.(a)		5.42 %	13.03 %	15.86 %
C.V.(b)		32.19 %	19.91 %	10.74 %

F. Tab. .05 (A) = 18.51

.05 (B) = 2.19

.05 (A.B) = 1.96

** Alta significancia al nivel .05

NS No significativo al nivel .05

Una reducción en todas las variables morfológicas se presenta cuando los genotipos fueron sometidos a

sequía, lo cual ocurrió tanto en las líneas "glossy" con mayor grado de brillantez y mayor contenido de cera. En promedio, para las líneas "glossy" con mayor grado de brillantez y mayor contenido de cera, se observó una reducción proporcionalmente menor en la altura de la plántula, el área foliar y el número de hojas liguladas bajo sequía en comparación con las líneas "glossy" de menor grado de brillantez y mayor contenido de cera. El comportamiento de la plántula difiere entre las líneas "glossy" con mayor grado de brillantez y mayor contenido de cera en sequía, ya que las líneas IS-2263 (1,0), IS-5528 (1,1) , IS-1119 (1,2) y IS-5211 (1,3), presentan en promedio una altura mayor que IS-2146 (3,0), IS-5623 (3,1) y IS-18360 (3,2), ocurriendo el mismo comportamiento en los tratamiento de riego (Tabla 2).

Tabla 2 . Altura de plántula (cm) a los 30 días de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

Genotipos	Altura de plántulas (cm) a los 30 días					
	Riego	CM	I	Sequía	CM	I.T.
IS-2263 (1,0)	21.66	a	NS	19.22	a	0.88
IS-5528 (1,1)	17.99	a	NS	19.55	a	1.08
IS-1119 (1,2)	16.99	a	NS	16.33	a	0.96
IS-5211 (1,3)	16.85	a	NS	18.10	a	1.07
IS-4521 (2,0)	12.66	a	NS	14.55	a	1.14
IS-5248 (2,1)	11.88	a	NS	14.22	a	1.19
IS-5538 (2,2)	12.22	a	NS	13.33	a	1.09
IS-5100 (2,3)	10.10	a	NS	16.22	a	1.60
IS-2146 (3,0)	16.77	a	NS	13.22	a	0.78
IS-5623 (3,1)	10.99	a	NS	11.11	a	1.01
IS-18360 (3,2)	11.11	a	NS	11.33	a	1.01

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas.

I= Interacción.

I.T.= Índice de tolerancia.

El área foliar es fuertemente reducida en las líneas IS-2263, IS-5528 y IS-1119, mientras que en IS-5211, la reducción es en comparación con los restantes genotipos, más pequeña, de tal manera que al tener una mayor superficie transpirante, este genotipo puede ser más afectado por la falta de humedad (Tabla 3). Mc Cree y Davis (1974) y Blum y Naveh (1976) reportan que una reducción en el área foliar es una adaptación al "stress" de humedad, ya que al disminuir la superficie transpireante, la pérdida de agua también se reduce aunque es también afectada la capacidad fotosintética (Tabla 4).

Tabla 3. Área foliar total (cm²) en plántulas de 25 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

Genotipos	Área foliar (cm ²)		I	a los 30 días		
	Riego	CM		Sequía	CM	I.T.
IS-2263 (1,0)	22.89	a b c	NS	17.89	a	0.78
IS-5528 (1,1)	23.11	a b	NS	13.35	a	0.57
IS-1119 (1,2)	25.14	a	NS	17.34	a	0.68
IS-5211 (1,3)	21.72	a b c	NS	19.71	a	0.90
IS-4521 (2,0)	13.88	b c	NS	15.34	a	1.10
IS-5248 (2,1)	18.25	a b c	NS	15.14	a	0.82
IS-5538 (2,2)	14.65	b c	NS	14.73	a	1.00
IS-5100 (2,3)	13.80	b c	NS	15.64	a	1.13
IS-2146 (3,0)	21.37	a b c	NS	16.60	a	0.77
IS-5623 (3,1)	21.72	a b c	NS	16.15	a	0.74
IS-18360 (3,2)	18.73	b c	NS	12.44	a	0.66

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas.

I= Interacción.

I.T.= Índice de tolerancia.

Tabla 4. Número de hojas liguladas en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

Genotipos	Número de hojas por planta a los 30 días					
	Riego	CM	I	Sequía	CM	I.T.
IS-2263 (1,0)	4.00	a b c	NS	3.16	a	0.79
IS-5528 (1,1)	4.43	a b	NS	3.66	a	0.82
IS-1119 (1,2)	4.00	a b c	NS	3.73	a	0.93
IS-5211 (1,3)	5.00	a	NS	4.00	a	0.80
IS-4521 (2,0)	3.00	c	NS	3.86	a	1.28
IS-5248 (2,1)	4.00	a b c	NS	4.00	a	1.00
IS-5538 (2,2)	4.00	a b c	NS	3.66	a	0.91
IS-5100 (2,3)	4.00	a b c	NS	3.10	a	0.77
IS-2146 (3,0)	3.83	b c	NS	3.66	a	0.95
IS-5623 (3,1)	3.33	b c	NS	3.33	a	1.00
IS-18360 (3,2)	3.63	b c	NS	3.16	a	0.87

CM= Comparación de promedios al nivel .05
 Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas.
 I= Interacción.
 I.T.= Índice de tolerancia.

Al realizar la comparación de promedios para las variables, número de raíces secundarias, longitud de la

raíz seminal y peso seco, se encontró alta significancia ($p < .05$) entre los genotipos sometidos a riego y sequía (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de F calculada para las variables morfológicas : número de raíces, longitud de la raíz seminal y peso seco, en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

F.V.	g.l.	Número de raíces secundarias	Longitud de la raíz seminal (cm)	Peso seco (g)
A	1	4031.23 **	702.49 **	34946.47 **
B	10	16.77 **	9.43 **	11.30 **
I(A.B)	22	5.33 **	2.13 **	4.08 **
C.V.(a)		7.85 %	6.09 %	2.76 %
C.V.(b)		12.84 %	23.16 %	10.08 %

F. tab. .05 (A) = 18.51

.05 (B) = 2.19

.05 (A.B) = 1.96

** Alta significancia al nivel .05

NS No significancia al nivel .05

El número de raíces secundarias, la longitud de la raíz, el peso seco de la plántula mostraron reducción proporcionalmente menores en las líneas "glossy" de mayor grado de brillantez IS-5528(1,0), IS-1119 (1,2) y IS-5211 (1,3), en contraste con los genotipos de menor grado de brillantez y menor contenido de cera IS-2146 (3,0), IS-

5623 (3,1) y IS-18360 (3,2), pudiera determinarse que una asociación del mayor grado de brillantez y mayor contenido de cera de más resistencia a la sequía (IS-5211), aunque estas diferencias proporcionales son ligeras. Una reducción en el número de raíces secundarias originado por la falta de humedad, puede ser causada por una diferenciación más lenta en los meristemos que le dan origen (Tabla 6).

Tabla 6. Número de raíces secundarias en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

Genotipos	Número de raíces secundarias a los 30 días					
	Riego	CM	I	Sequía	CM	I.T.
IS-2263 (1,0)	5.43	b	**	1.20	a	0.22
IS-5528 (1,1)	6.21	b	**	1.47	a	0.23
IS-1119 (1,2)	6.54	a	**	1.53	a	0.23
IS-5211 (1,3)	7.66	a	**	1.42	a	0.18
IS-4521 (2,0)	5.43	b	**	1.31	a	0.24
IS-5248 (2,1)	5.42	b	**	1.10	a	0.20
IS-5538 (2,2)	4.16	c	**	1.00	a	0.24
IS-5100 (2,3)	3.75	c	**	1.15	a	0.30
IS-2146 (3,0)	3.87	c	**	1.21	a	0.31
IS-5623 (3,1)	3.87	c	**	1.31	a	0.33
IS-18360 (3,2)	4.68	b	**	1.00	a	0.21

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas.

I= Interacción.

I.T.= Índice de tolerancia.

El número de raíces secundarias y la longitud es mayor bajo condiciones de riego que en sequía para todos los genotipos.

El estudio de la raíz bajo "stress" nos muestra que la línea IS-1119 (1,2) presenta el mayor número de

raíces secundarias, pero una corta longitud radicular, en contraste, la línea IS-5100 (2,3) presenta un número reducido de raíces secundarias, pero una mayor longitud radicular. Estos datos nos indican que es posible la existencia de un mecanismo de compensación que contribuye en ambas líneas a la resistencia al "stress" (Tabla 7). Una reducción en la longitud de la raíz ha sido reportado por Merrill (1976) y Merrill y Rawlins (1979), quienes mencionan que las líneas de sorgo crecen bajo condiciones de humedad limitada presentan una menor longitud radicular en comparación con las que se encuentran creciendo en condiciones óptimas de humedad.

Tabla 7. Longitud de la raíz seminal (cm) en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

Genotipos	Longitud de la raíz seminal (cm) a los 30 días					
	Riego	CM	I	Sequia	CM	I.T.
IS-2263 (1,0)	22.60	a	**	11.53	b	0.51
IS-5528 (1,1)	25.53	a	**	15.87	a b	0.62
IS-1119 (1,2)	24.20	a	**	11.50	b	0.47
IS-5211 (1,3)	26.89	a	**	21.65	a	0.80
IS-4521 (2,0)	21.30	a	**	14.43	a b	0.67
IS-5248 (2,1)	19.65	a	**	18.75	a b	0.95
IS-5538 (2,2)	23.81	a	**	16.05	a b	0.67
IS-5100 (2,3)	21.47	a	**	18.76	a b	0.87
IS-2146 (3,0)	23.87	a	**	14.20	a b	0.59
IS-5623 (3,1)	21.86	a	**	11.60	a b	0.53
IS-18360 (3,2)	21.58	a	**	14.64	a b	0.67

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas.

I= Interacción.

I.T.= Índice de tolerancia.

La disminución en el contenido de materia seca es un indicador de una acumulación de reservas alimenticias

originadas por los disturbios fisiológicos que causa la falta de humedad. La disminución es proporcionalmente menor en las líneas "glossy" con mayor grado de brillantez, sugiere que en tales genotipos los efectos fisiológicos son menos alterados en comparación con las líneas de menor grado de brillantez, lo que indica que las primeras se adaptan mejor a las condiciones de "stress" (Tabla 8).

Tabla 8 . Peso seco (g) en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

Genotipos	Peso seco (g) a los 30 días					
	Riego	CM	I	Sequía	CM	I.T.
IS-2263 (1,0)	1.26	a b	**	0.36	a	0.28
IS-5528 (1,1)	1.23	a b	**	0.30	a	0.24
IS-1119 (1,2)	1.60	a	**	0.23	a	0.14
IS-5211 (1,3)	1.17	b	**	0.23	a	0.19
IS-4521 (2,0)	1.03	b	**	0.21	a	0.20
IS-5248 (2,1)	1.00	b	**	0.18	a	0.18
IS-5538 (2,2)	1.06	b	**	0.25	a	0.23
IS-5100 (2,3)	1.08	b	**	0.24	a	0.22
IS-2146 (3,0)	1.07	b	**	0.29	a	0.27
IS-5623 (3,1)	1.13	b	**	0.27	a	0.23
IS-18360 (3,2)	0.96	b	**	0.23	a	0.23

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas.

I= Interacción.

I.T.= Índice de tolerancia.

Como se mencionó anteriormente, el Área foliar de las plántulas es severamente reducido cuando los genotipos son sometidos a escasa humedad; lo cual debe estar influyendo sobre algunas características anatómicas de la hoja, es por ésto que se realizaron estudios a

nivel microscópico para observar el comportamiento de algunos caracteres anatómicos como son la frecuencia de las células epidérmicas, la frecuencia de estomas y el número de tricomas.

En general para los aspectos anatómicos: frecuencia de células epidérmicas, frecuencia de estomas y el número de tricomas presentó alta significancia ($p < .05$) tanto en los conteos realizados en el haz como en el envés de las hojas en los genotipos sometidos a riego y sequía (Tabla 9).

Tabla 9. Valores de F calculada para las variables anatómicas en conteos realizados en el haz y envés de las hojas de 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

F.V. g.l.	No. células epidérmicas (mm ²)		No. estomas (mm ²)		No. tricomas (mm ²)		
	haz	envés	haz	envés	haz	envés	
A	1	112359.1*	15849.12*	17.35NS	1.15NS	8958.03*	127.8*
B	10	1562.1*	625.66*	24.01*	5.16*	10555.3*	11418.9*
(AB)22		171.3*	205.43*	9.40*	8.91*	433.0*	438.2*
C.V.(a)		1.18%	3.55%	4.27%	8.91%	4.54%	2.7%
C.V.(b)		4.64%	6.50%	5.95%	6.63%	1.4%	9.6%

F. Tab. .05 (A) = 18.51

.05 (B) = 2.19

.05 (AB) = 1.96

* Alta significancia al nivel .05

NS No significancia al nivel .05

El número de células epidérmicas es incrementado cuando las líneas fueron sometidas a "stress" de humedad, esto puede ser debido a una reducción en la elongación celular (Tabla 10). Mc Cree y Davis (1974) reportan que al someter plantas de sorgo a la sequía, el número de células epidérmicas de la hoja se va incrementado, y mencionan que esto puede ser debido a la falta de humedad que origina una menor turgencia de éstas, lo cual ocasiona que éstas sean más pequeñas, lo que causa que exista un mayor número de éstas por unidad de área. La división celular deber ser también afectada por la sequía. En conjunto, la falta de turgencia y una menor división celular son las causas de que el área foliar se vea reducida bajo condiciones de "stress".

Las líneas "glossy" con mayor grado de brillantez mostraron menor número de células epidérmicas por mm² en el haz y envés en comparación con las líneas "glossy" de menor grado de brillantez, esto indica que estas líneas mantienen más estable su turgencia y división celular, lo que sugiere que los primeros presentan una mejor adaptación a las condiciones de "stress". En general se observo que una asociación de mayor grado de brillantez y mayor contenido de cera aumentan la resistencia.

En este trabajo se observó que la frecuencia de los estomas aumentan en las líneas que crecieron bajo condiciones de "stress" (Tabla 11). Resultados similares han sido reportados por Meyer et.al. (1970) y Mc Cree y Davis (1974), quienes indican que los estomas tienden a ser más pequeños y abundantes en plantas que

Tabla 10. Número de células epidérmicas (mm²) en la hoja de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

GENOTIPOS	NUMERO DE CELULAS EPIDERMICAS POR mm ²																
	HAZ DE LA HOJA				ENVES DE LA HOJA				I.T.								
	RIEGO	CM	I	SEQUIA	CM	I.T.	RIEGO	CM	I	SEQUIA	CM	I.T.					
IS-2263 (1,0)	255.00	b	**	239.00	h	0.93	225.33	a	**	229.33	d	1.01					
IS-5528 (1,1)	259.33	a	**	293.66	b	1.13	221.66	e	**	189.00	j	0.85					
IS-1119 (1,2)	250.33	c	**	301.66	a	1.20	219.00	b	**	238.66	c	1.08					
IS-5211 (1,3)	230.33	e	g**	253.33	e	1.09	203.33	d	e**	250.66	a	1.23					
IS-4521 (2,0)	233.33	e	**	279.00	c	1.19	205.00	d	**	248.00	a	1.20					
IS-5248 (2,1)	238.33	d	**	251.00	e	1.05	197.00	f	g**	205.33	h	1.04					
IS-5538 (2,2)	231.00	d	e	f**	250.33	e	f	g	1.08	193.33	g	h**	212.33	e	f	g	1.09
IS-5100 (2,3)	215.00	i	j	**	233.33	j	1.08	198.33	f	**	248.00	a	b	1.25			
IS-2146 (3,0)	213.33	j	**	231.33	j	1.08	171.00	j	**	211.66	e	f	g	h	1.23		
IS-5623 (3,1)	225.00	f	g	h**	261.33	d	1.16	180.66	h	i**	214.33	e	f	1.18			
IS-18360 (3,2)	216.66	i	**	238.00	h	1.09	193.33	g	h**	215.00	e	1.11					

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas

I= Interacción.

Tabla 11. Número de estomas (mm²) en hoja de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

GENOTIPOS	NUMERO DE ESTOMAS POR mm ²						
	HAZ DE LA HOJA		I.T.		ENVES DE LA HOJA		
	RIEGO	CM	HAZ DE LA HOJA	CM	ENVES DE LA HOJA	CM	
IS-2263 (1,0)	233.33	a b **	221.00	a b c 0.94	214.00	a b** 213.33	a b c d 0.99
IS-5528 (1,1)	243.66	a **	216.66	a b c 0.88	249.33	a ** 176.33	d 0.70
IS-1119 (1,2)	216.66	a b c**	249.66	a 1.15	231.32	a b** 204.66	a b c d 0.88
IS-5211 (1,3)	221.33	a b c**	231.33	a b 1.04	234.00	a b** 234.33	a 1.00
IS-4521 (2,0)	181.33	e f g**	172.00	g h 0.94	181.66	d e** 181.33	d 0.99
IS-5248 (2,1)	205.66	b c d**	211.00	b c d 1.02	186.00	d e** 221.33	a b 1.18
IS-5538 (2,2)	191.33	c d e**	205.66	b c d 1.07	191.00	d e** 211.00	a b c d 1.10
IS-5100 (2,3)	127.00	i **	174.66	f g h 1.37	177.66	d e** 205.66	a b c d 1.15
IS-2146 (3,0)	155.33	h i **	175.66	f g h 1.13	196.33	b c** 194.00	d 0.98
IS-5623 (3,1)	197.33	c **	163.33	h 0.82	205.33	c d** 204.66	a b c d 0.99
IS-18360 (3,2)	156.00	h i **	172.00	g h 1.10	126.66	j ** 182.33	d 1.43

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas

I= Interacción.

crecen en ambientes secos. El incremento en el número de estomas por unidad de área puede deberse a que con la falta de turgencia en las células epidérmicas, la elongación de éstas se reduce, originando que los estomas se concentren más.

En promedio, las líneas de mayor grado de brillantez y contenido de ceras presentaron una frecuencia menor de estomas bajo condiciones de sequía en comparación con las líneas de menor grado de brillantez y contenido de cera, cuyo número es mayor; lo que sugiere que éstas pueden adaptarse mejor a la falta de humedad pues un número menor de estomas debe reducir la cantidad de agua por transpiración.

En lo que respecta al número de tricomas, las líneas "glossy" de mayor grado de brillantez se mantuvieron muy estables bajo condiciones de "stress"; mientras que en las líneas de menor grado de brillantez la reducción es más drástica en promedio. Si el número de tricomas bajo condiciones limitadas de humedad estuviera en relación con una menor elongación celular, resultante de una falta de turgencia, cabría esperar que se registrara un incremento en el número de éstos; sin embargo los resultados obtenidos en este trabajo indican que la frecuencia de los tricomas se ve reducida cuando las plantas crecen bajo condiciones de sequía, esto nos sugiere que el "stress" puede estar afectando la diferenciación de estas estructuras (Tabla 12). Al presentarse en las líneas "glossy" de mayor grado de brillantez un número de tricomas estable, nos indica que

Tabla 12. Número de tricomas (mm²) en hojas de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

GENOTIPOS	HAZ DE LA HOJA						NUMERO DE TRICOMAS POR mm ² ENVES DE LA HOJA					
	RIEGO	CM	I	SEQUIA	CM	I.T.	RIEGO	CM	I	SEQUIA	CM	I.T.
IS-2263 (1,0)	154.00	d	**	160.33	c	1.04	180.33	d	e**	201.33	b	1.11
IS-5528 (1,1)	211.00	b	**	256.33	b	1.21	183.66	d	**	147.00	d	0.80
IS-1119 (1,2)	273.66	a	**	273.33	a	0.99	193.66	b	c**	200.66	b	1.03
IS-5211 (1,3)	195.33	c	**	160.66	c	0.82	218.66	a	**	224.66	a	1.02
IS-4521 (2,0)	66.33	h	**	69.66	g	1.05	72.66	i	**	78.66	i	1.08
IS-5248 (2,1)	51.66	j	**	52.33	h	1.01	61.33	j	**	83.00	h	1.35
IS-5538 (2,2)	40.00	k	**	40.33	k	1.00	62.66	j	**	69.33	j	1.10
IS-5100 (2,3)	60.33	i	**	115.00	e	1.90	163.66	f	**	96.33	h	0.58
IS-2146 (3,0)	149.33	d	f**	57.33	h	0.38	140.33	g	**	60.33	e	0.42
IS-5623 (3,1)	128.33	g	**	99.00	f	0.77	196.00	b	**	133.00	f	0.67
IS-18360 (3,2)	150.33	d	e**	47.00	j	0.31	77.33	i	**	141.00	e	1.82

CM= Comparación de promedios al nivel .05

Genotipos seguidos de la misma letra indica diferencias no significativas

I= Interacción.

la diferenciación de éstos no es afectada por el "stress", lo cual puede considerarse como un mejor comportamiento ante las situaciones adversas. Esau (1977) menciona que los tricomas pueden ayudar a evitar una pérdida excesiva de agua por transpiración y a proteger al mesófilo de la hoja de altas temperaturas ambientales.

Experimento II. En cámara bioclimática.

El contenido de clorofila total en las líneas IS-2146 y IS-18360 disminuye drásticamente al estar bajo condiciones de "stress" de humedad; esta reducción puede afectar significativamente la capacidad fotosintética de estos genotipos por lo que la acumulación de materia seca también debe ser afectada (Tabla 13).

Tabla 13. Contenido de clorofila total (mg/g M.S.) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía, en cámara bioclimática.

Líneas	Niveles	
	Riego	Sequia
t1 IS-2263 (1,0)	1.58	1.47
t4 IS-5211 (1,3)	1.56	1.10
t9 IS-2146 (3,0)	1.40	0.71
t11 IS-18360 (3,2)	1.08	0.67

En la línea IS-5211 también se presentó una disminución de la cantidad de clorofila cuando hubo "stress" de humedad a pesar de esto, este genotipo presenta un mayor contenido de clorofila en comparación

con las líneas antes mencionadas. En IS-2263(1,0) la concentración de clorofila total se puede considerar como estable (aunque disminuyó ligeramente), lo mismo ocurre en IS-5211 (1,3) en la cual se redujo más (Fig 1).

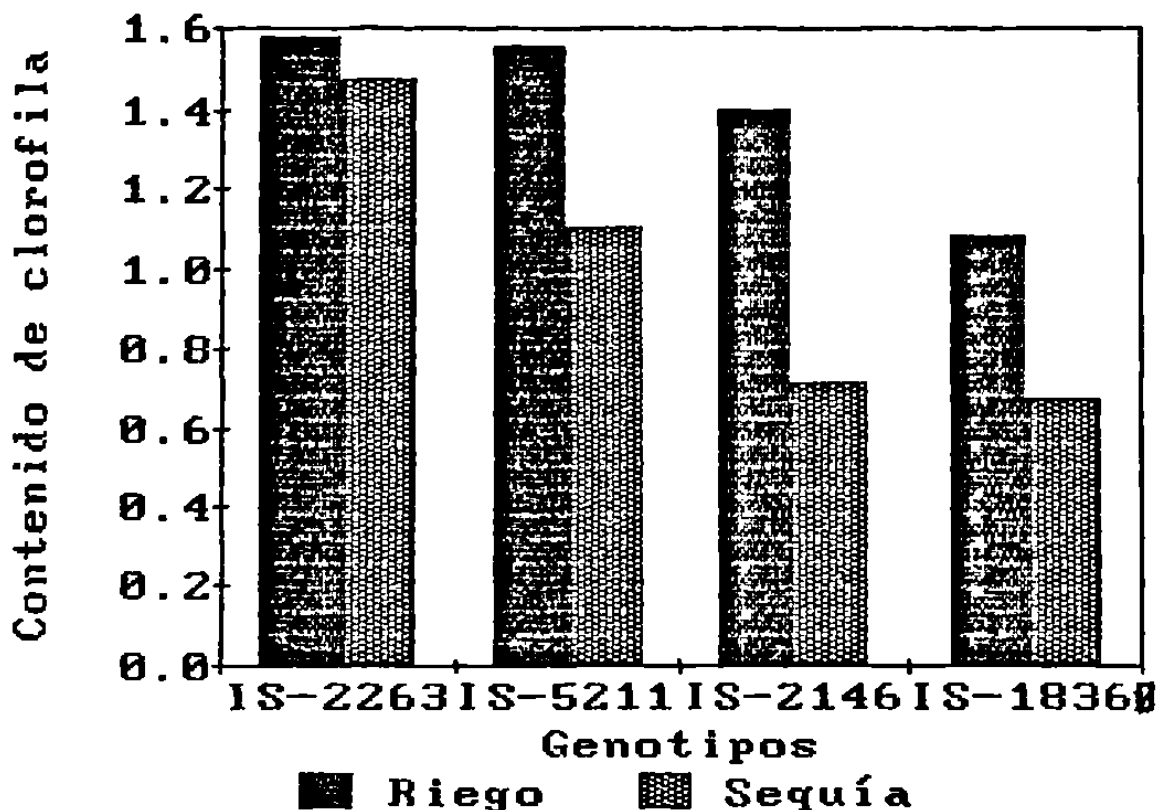


Fig-1 Contenido de clorofila total (mg/g/MS) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía en cámara bioclimática.

El comportamiento de estas líneas nos indica que puede mantener una alta capacidad fotosintética aún en condiciones de "stress", lo que puede resultar en mayor acumulación de materia seca, sin embargo el cierre de los estomas originado por la falta de humedad, puede afectar el mecanismo fotosintético debido a que la entrada de CO₂ se impide, lo que trae como consecuencia que la síntesis

de carbohidratos disminuya. Estos conceptos han sido reportados por Boyer (1971), Slatyer (1973) y Sullivan y Ross (1979), Maranville y Paulsen (1970) Virgin (1965) mencionan que la disminución en la concentración de clorofila ocasionada por la falta de humedad es originada por los efectos de ésta sobre la formación de la protoclorofila más que sobre la clorofila.

El contenido de carbohidratos en las líneas estudiadas, presentan un incremento al pasar de riego al "stress" de humedad; este aumento puede ser debido a que como la planta posee un menor contenido de agua, la concentración de azúcares se eleva de manera activa o bien, a que el "stress" induzca algún mecanismo de respuesta fisiológica que eleva esta concentración. Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con los mencionados por Julander (1945), Maranville y Paulsen (1970) y Larque, et.al., (1972), quienes indican que la concentración de azúcares se eleva con el "stress" (Tabla 14).

Tabla 14. Contenido de carbohidratos no reductores (porcentaje/M.S.), en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a dos niveles de humedad bajo condiciones de cámara bioclimática.

Líneas	Riego	Niveles	Sequia
t1 IS-2263 (1,0)	12.28		14.83
t4 IS-5211 (1,3)	11.16		13.57
t9 IS-2146 (3,0)	13.23		14.34
t11 IS-18360 (3,2)	11.39		14.07

Se observó que las líneas "glossy" que poseen un mayor grado de brillantez presentan una mayor concentración de carbohidratos en plantas creciendo bajo condiciones de "stress", es probable que los genotipos más brillantes presenten una mejor adaptación al "stress" si éstos elevan proporcionalmente su contenido de carbohidratos, IS-2263 (1,0). (Fig 2).

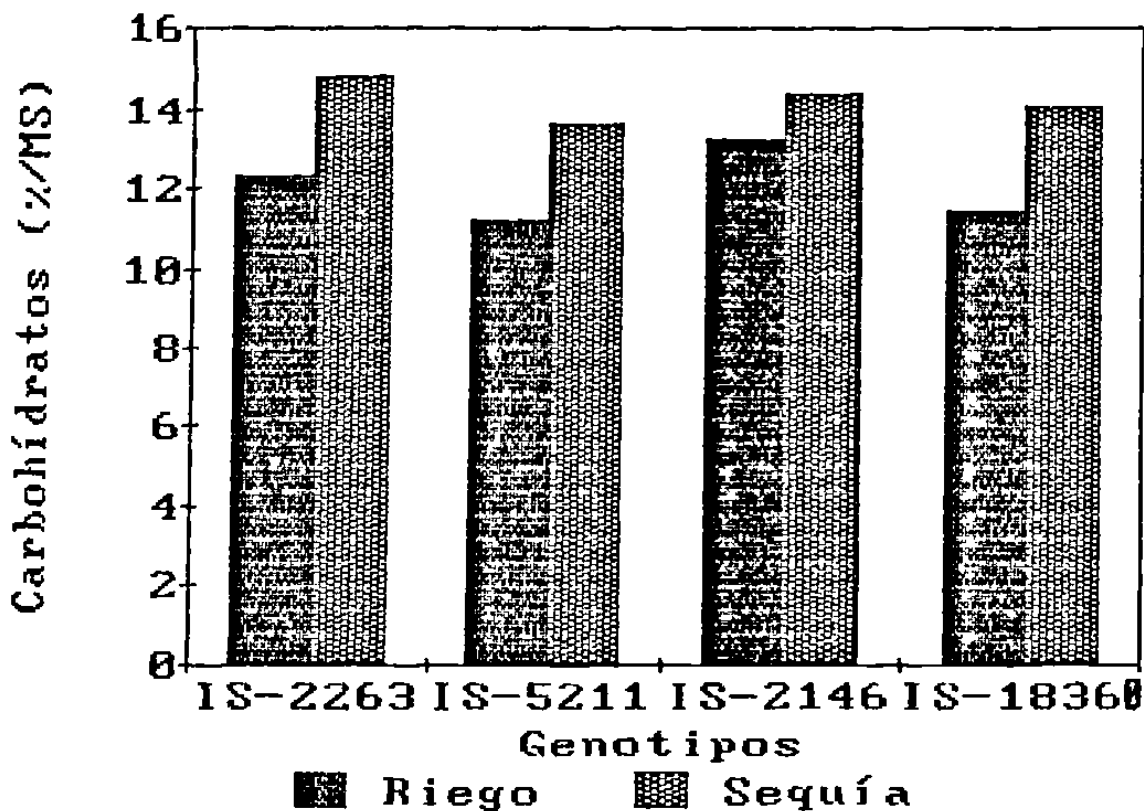


Fig. 2 Contenido de carbohidratos (porcentaje/MS) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de cámara bioclimática.

El estudio demostró que el "stress" de humedad origina un incremento en la concentración de HCN, lo cual ocurre tanto en las líneas más brillantes como en las menos brillantes. Datos similares han sido reportados por Hoog y Alhgren (1943), Franzke y Hume (1945) y Heinrichs y Anderson (1947), quienes mencionan que al someter

plantas de sorgo a condiciones de " stress" de humedad, ocurre un incremento en el contenido de HCN (Tabla 15).

Tabla 15. Contenido de ácido cianhídrico (mg/.15 g M.F.) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía .

Líneas	Riego	Sequía
t1 IS-2263 (1,0)	0.0075	0.06133
t4 IS-5211 (1,3)	0.0056	0.09530
t9 IS-2146 (3,0)	0.0084	0.01748
t11 IS-18360 (3,2)	0.0092	0.01765

En las líneas IS-2263 (1,0) y IS-5211 (1,3) el incremento en el HCN fué más alto en comparación con las líneas, IS-2146 (3,0) y IS-18360 (3,2) lo cual nos indica que un mayor contenido de éste, puede guardar relación con la resistencia a la sequía (Fig 3).

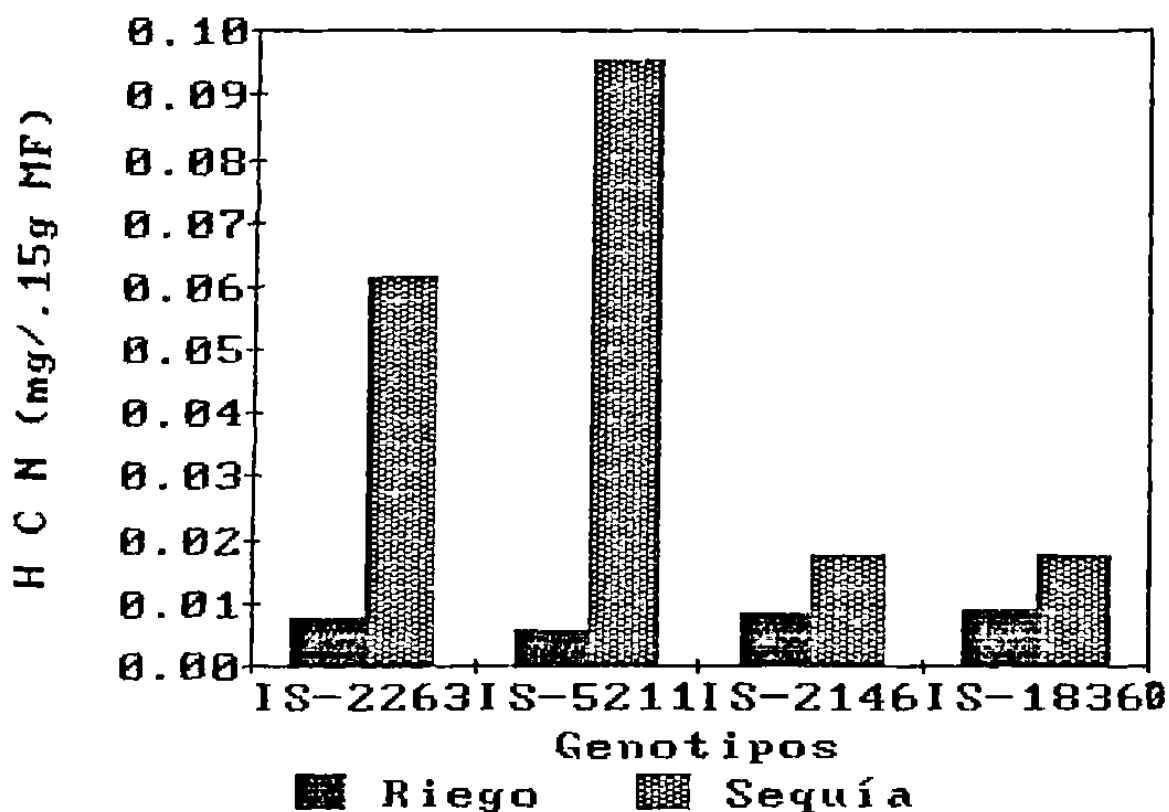


Fig. 3 Contenido de ácido cianhídrico (mg/.15 g MF) en cuatro genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía en cámara bioclimática.

Entre los genotipos "glossy" existen diferentes grados de brillantez en las hojas, las cuales son catalogadas mediante una escala visual en la cual se otorga un valor de 1 a 4 (Maiti, et.al., 1981). En este estudio se encontró que las líneas "glossy" que presentan mayor brillantez, poseen una cantidad de ceras epicuticulares más alta, la cual va disminuyendo conforme los grados de brillantez de las hojas va reduciéndose (Tabla 16).

Tabla 16. Contenido de ceras epicuticulares (densidad óptica) en la hoja y agua pérdida por transpiración (g de agua por planta) a intervalos de tres días en plántulas de cuatro genotipos de sorgo "glossy".

Genotipo	Contenido de ceras epicuticulares.	Días después de la emergencia.				
		8	11	14	17	20
		(g / agua por planta)				
t1 IS-2263	0.58	1.877	4.242	7.663	11.639	16.75
t4 IS-5211	0.23	2.83	5.366	10.001	16.67	24.87
t9 IS-2146	0.13	2.235	6.402	10.46	17.07	25.65
t11IS-18360	0.14	3.006	7.537	13.30	23.94	36.36

Se encontró también que en los genotipos IS-2263 (1,0) y IS-5211 (1,3) presentan una menor pérdida de agua por transpiración en comparación con los genotipos IS-2146 (3,0) y IS-18360 (3,2) y tal reducción en la pérdida de agua esta relacionada con una mayor concentración de ceras en las hojas; esto nos indica que un mayor contenido de cera y de brillantes de la hoja, es de gran

importancia, ya que presentándolo pueden tener una mejor eficiencia en el uso del agua, de tal forma que para la producción de un gramo de materia seca requieren una menor cantidad de agua. Estos resultados han sido reportados por Chatterton et.al., (1975), Blum (1975), Maitl (1986) y Jordan, et.al., (1984), quienes mencionan que al aumentar el contenido de ceras, la tasa de transpiración se ve disminuida (Fig. 4).

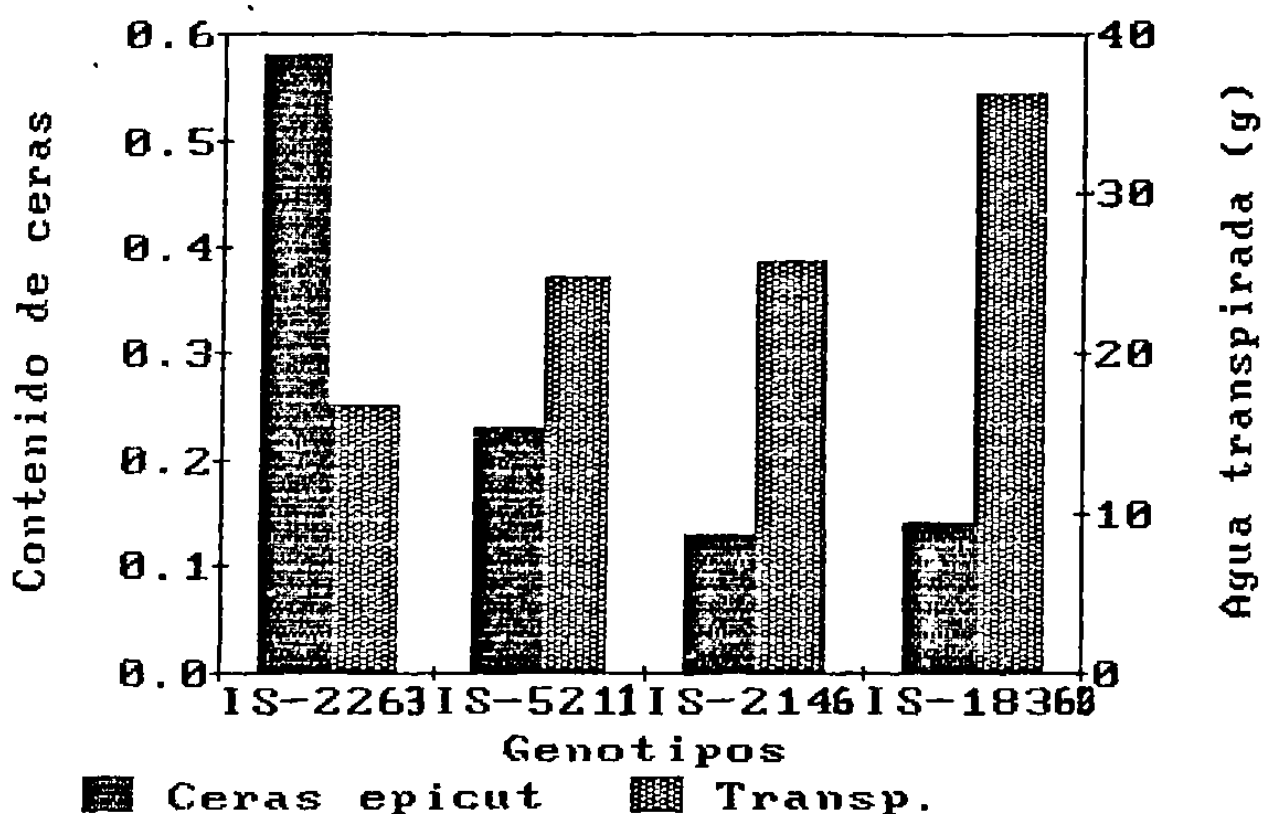


Fig. 4 Asociación entre el contenido de ceras epicuticulares y agua pérdida por transpiración en plántulas de cuatro genotipos de sorgo "glossy" con 20 días después de la emergencia bajo condiciones de invernadero.

Blum (1979) menciona que la alta cantidad de ceras asociadas al carácter bloom puede disminuir o retrasar la pérdida de agua por transpiración mediante

una disminución en la radiación al incrementarse la refractancia de la luz visible; es probable que en las líneas "glossy" se presente un mecanismo similar, ya que como se indicó, una mayor cantidad de ceras en las hojas reduce la tasa de transpiración (Fig 5).

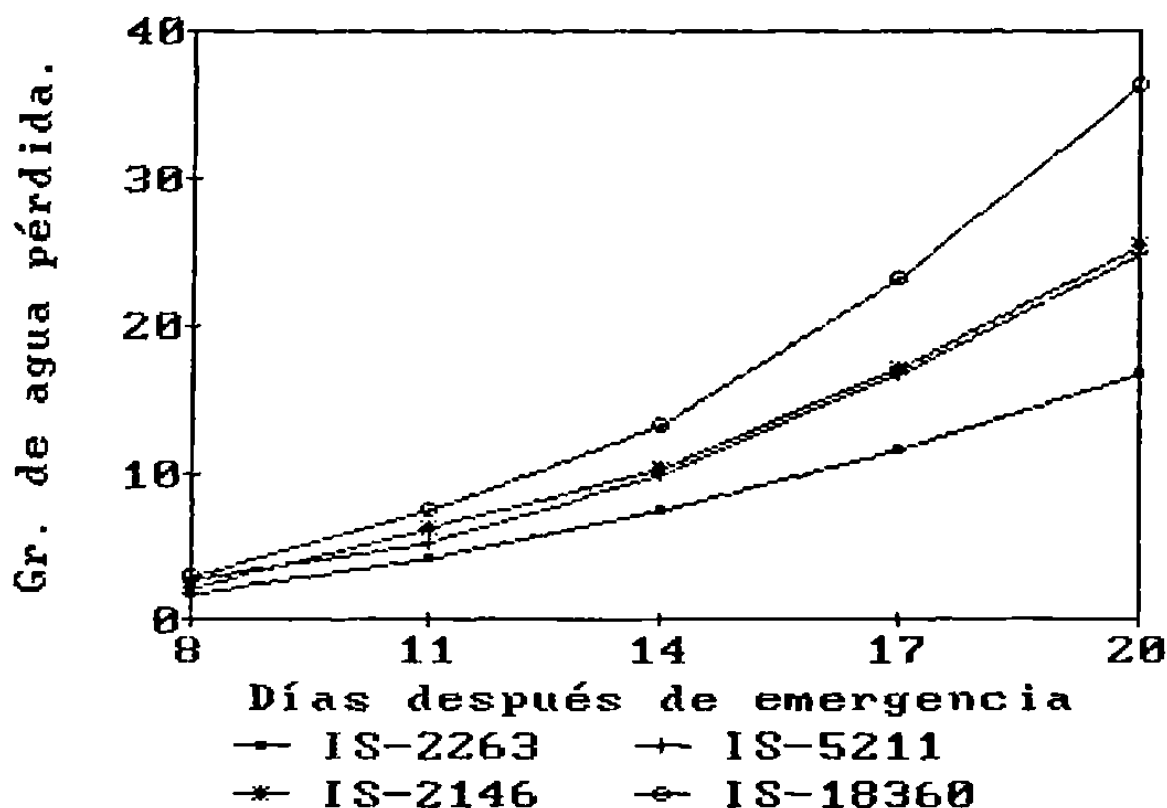


Fig. 5 Tasa de transpiración de cuatro genotipos de sorgo "glossy" estudiados a intervalos de tres días en cámara bioclimática.

Experimento III. En campo.

Los resultados indican, que los tratamientos en estudio siguieron el mismo patrón de comportamiento.

Para la variable número de hojas, aunque existieron diferencias en el número de ellas al realizar el análisis de varianza se encontró que no existe diferencias significativas ($p > .05$) en los tratamientos en estudio (Tabla 17).

En lo que respecta a la altura de plantas, ésta osciló entre 140 y 196 cm para las plantas de mayor y menor porte respectivamente, sin embargo no se encontraron diferencias significativas ($p > .05$), entre los genotipos (Tabla 17).

Los resultados obtenidos de la longitud de la panoja se observa que los genotipos estudiados presentan un tamaño de panoja variable dentro de un rango de 12 a 22 cm y el análisis de varianza reporta diferencias significativas ($p < .05$), entre los tratamientos en estudio (Tabla 17).

Con respecto a la variable peso de 100 semillas, los resultados indican diferencias estadísticas significativas ($p < .05$) entre los tratamientos sobresaliendo la línea IS-5623, que fué la que presentó un mayor peso mientras que los demás tratamientos tienen un comportamiento similar (Tabla 17).

En lo referente a las variables días a floración y a madurez fisiológica se considera que los genotipos presentan una floración uniforme excepto la línea IS-1119 que fué en la que inició la floración primero y la línea IS-2146 la más tardía.

Con lo que respecta a la variable rendimiento, en los resultados se observan diferencias en los tratamientos, aunque al realizar el análisis de varianza éste nos indica que no existen diferencias significativas ($p > .05$) entre los genotipos estudiados considerándose como de similar comportamiento (Tabla 17).

Tabla 17. Valores de F calculada para las variables morfológicas de 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.

F.V.	g.l.	No. de hojas	Altura de plantas (cm)	Longitud de panoja (cm)*	Peso 100 (g)	Kg/Ha
Bloq.	5	1.48 **	2.99 **	1.76 NS	3.62 **	2.59 *
Trat.	10	0.67 NS	1.32 NS	4.24 **	18.68 **	1.91NS
C.V.		13.92 %	19.12 %	23.70 %	4.91 %	47.48 %

F. Tab. .05 (Bloques) = 2.41

.05 (Trat.) = 2.03

** Alta significancia al nivel .05

NS No significativo al nivel .05

CONCLUSIONES

En base a los resultados que se presentaron en este trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Todas las variables morfológicas (altura, área foliar, número de hojas, número de raíces secundarias, longitud de la raíz seminal y peso seco de la plántula) se ven afectadas en forma adversa por la sequía.

- El número de células epidérmicas y la frecuencia estomática aumentó cuando los genotipos fueron sometidos a "stress" de humedad.

- El número de tricomas se ve reducido cuando las plantas crecen bajo condiciones de sequía.

- El contenido de clorofila bajo condiciones limitadas de humedad es más alto en las líneas IS-2263 y IS-5211 en comparación con IS-2146 y IS-18360.

- La concentración de carbohidratos se eleva conforme se pasa del riego al "stress" de humedad.

- Se incrementó la concentración de HCN cuando los genotipos son sometidos a sequía, siendo en forma general para los tratamientos estudiados.

- Las líneas con mayor grado de brillantez en sus hojas presentan un contenido mayor de ceras epicuticulares; una mayor concentración de ácido cinanhídrico y un porcentaje más alto de carbohidratos, bajo condiciones de "stress".

- Las líneas IS-2263 y IS-5211, pierden una menor cantidad de agua por transpiración en comparación con IS-18360 y IS-2146, lo que guarda relación con un mayor contenido de ceras epicuticulares en los primeros.

- En general los genotipos con mayor grado de brillantez y mayor contenido de cera son los que toleran mejor las condiciones limitadas de humedad.

- El comportamiento de las líneas en el campo se considera como similar, ya que siguieron el mismo patrón de crecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, E., T. C. Hsiao and D. W. Henderson. 1971. Immediate and subsequent growth response of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol.* 48:631-636.
- Ayyangar, G. N.R. and B. W. X. Ponnaiya. 1941. The occurrence and inheritance of bloomless sorghum. *Current Science.* 10:408-409.
- Ayyangar, G. N. R., V. P. Rao., A. K. Nambiar and B. W. X. Ponnaiya. 1937. The occurrence and inheritance of waxy bloom sorghum. En: *Proceeding of the Indian Academy os Science* 5B:4-15.
- Begg, J. E. and N. C. Turner. 1976. Crop water deficits. *Adv. in Agron.* 28:161-217.
- Blum, A. 1970. Effect of plant density and growth duration on grain sorghum yield under limited water supply. *Agron. J.* 62:33-336.
- Blum, A. 1974. Genotypic response in sorghum the drought stress. I. Response to soil moisture. *Crop. Sci.* 14:362-364.
- Blum, A. 1975. Effect of BM gene on epicuticular wax position and the spectral characteristics of sorghum. *Sabrao J.* 7:45-52.
- Blum, A., and M. Naveh 1976. Improve water-use efficiency in drayland grain sorghum by promoted plant competition. *Agron. J.* 68:111-116.

- Blum, A., G. F. Arkin and W. R. Jordan. 1977. Sorghum root morphogenesis and growth. II. Effect of maturity genes. *Crop. Sci.* 17:149-153.
- Blum, A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: cases for sorghum. En: Musellman R. C. staples (Ed); Stress physiology in crop plants. Wiley Enter-Science; New York. p 429-445.
- Boyer, J. S. 1971. *Plant Physiology.* 48:532-536.
- Boyer, J. S. 1976. Water deficit and photosynthesis. p 153-190. Volumen IV. Water deficit estand plant growth, ed. T. T. Rozlowsky. New York. U.S.A. Academic Press.
- Castleberry, R. M. 1973. Effects of thinning at different growth stages on morphology and yield of grain sorghum, Sorghum bicolor (L) Moench. Ph. D. Thesis. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska. U.S.A.
- Chatterton, N. J., W. W. Hanna., and J. B. Powel. 1975. Photosynthesis and transpiration of bloom and bloomless sorghum. *Can J. Plant Sci.* 55 641-643.
- Chi, Hsiu-Hui. 1942. Histogenesis in the roots of Holcus sorghum. Iowa State College. *J. Sci.* 16:189-205.
- Chowdhurry, S. I. and Wardlaw, I. F. 1978. The effect of temperature on kernel development in cereals. *Aust. J. Agric. Res.* 29:205-223.
- Ebercon, A., A. Blum. y W. R. Jordan. 1977. A rapid calorimetric method for epicuticular wax sorghum leaves. *Crop Sci.* 17:179-180.
- Esau, K. 1977. Anatomy of the seed plants. John Wiley and Sons. 2a. Edition. New York.

- Franzke, C. J. y A. N. Hume. 1945. Effect of manure and moisture on sorghum. J. Am. Soc. Agronomy 35:523-531.
- Gates, D. M. 1968. Transpiration and leaf temperature. Ann. Rev. Plant. Physiol. 19:211-238.
- Hackett, C. 1973. A growth analysis of young sorghum root system. Aust. J. 67:297-300.
- Heinrichs, O. H. y L. J. Anderson. 1947. Toxicity of sorghum in South Western Saskatchewan. Sci. Agri. 27:186-190
- Hoog. P. G. y H. L. Ahlgren. 1943. Enviromental, breeding inheritance studies of different parts of the sorghum plant. J. Amer. Soc. Agron. 30:725-734.
- House, L. R. 1982. El sorgo. Grupo editorial Gaceta. S.A. México. 425 pp.
- ICRISAT. 1982. ICRISAT. Annual Report. 1980/81. Patencheru, A. P., India.
- Iljin. W. S. 1957. Drought resistance in plants and physiological processes. Ann. Rev. Plant. Physiol. 8:257-274.
- Johansen, D. A. 1940. Plant. Microtechnique. MC. Graw Hill. Rock Co. New York. U.S.A. 523 pp.
- Jones, M. M. and N. C. Turner. 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. Plant Physiol. 61:122-126.
- Jordán, W. R. 1983. Whole plant responses to water deficit. Anoverview. En: H. M. Taylor., W. R. Jordán and T. R. Sinclair (Ed); Limitations to efficient water use in crop production. Am. Society of Agronomy; Madison, U.S.A.

- Franzke, C. J. y A. N. Hume. 1945. Effect of manure and moisture on sorghum. J. Am. Soc. Agronomy 35:523-531.
- Gates, D. M. 1968. Transpiration and leaf temperature. Ann. Rev. Plant. Physiol. 19:211-238.
- Hackett, C. 1973. A growth analysis of young sorghum root system. Aust. J. 67:297-300.
- Heinrichs, O. H. y L. J. Anderson. 1947. Toxicity of sorghum in South Western Sasktchewan. Sci. Agri. 27:186-190
- Hoog. P. G. y H. L. Ahlgren. 1943. Enviromental, breeding inheritance studies of different parts of the sorghum plant. J. Amer. Soc. Agron. 30:725-734.
- House, L. R. 1982. El sorgo. Grupo editorial Gaceta. S.A. México. 425 pp.
- ICRISAT. 1982. ICRISAT. Annual Report. 1980/81. Patencheru, A. P., India.
- Iljin. W. S. 1957. Drought resistance in plants and physiological processes. Ann. Rev. Plant. Physiol. 8:257-274.
- Johansen, D. A. 1940. Plant. Microtchnique. MC. Graw Hill. Rock Co. New York. U.S.A. 523 pp.
- Jones, M. M. and N. C. Turner. 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. Plant Physiol. 61:122-126.
- Jordán, W. R. 1983. Whole plant responses to water deficit. Anoverview. En: H. M. Taylor., W. R. Jordán and T. R. Sinclair (Ed); Limitations to efficient water use in crop production. Am. Society of Agronomy; Madison, U.S.A.

- Jordan, W. R., P. J. Shouse., A. Blum., F. R. Miller and R. L. Monk. 1984. Environmental physiology of sorghum II. Epicuticular wax load and cuticular transpiration. *Crop. Sci.* 24:1168-1173.
- Jordan, W. R. and F. R. Miller. 1980. Genetic variability in sorghum root systems: implications for drought tolerance. pp. 383-399. In: *Adaptation of plants to water and high temperature stress*, eds. N. C. Turner and P.J. Kramer. New York, U.S.A. Wiley Interscience.
- Julander, O. 1945. Drought resistance in range and pasture grasses. *Plant Physiology.* 20:573-599.
- Larque, S. A., M. I. Ortega y J. Kohasi. 1972. Variaciones en el contenido de carbohidratos en el maiz (Zea mays L) cuando disminuye la humedad aprovechable en el suelo. I. Maiz "Latente". *Agrociencia* 8:3-19.
- Levitt, J. 1972. *Responses of plants to environmental stress.* New York. Academy Press. 697 pp.
- Linsbaver, K. 1930. Die epidermis En K Linsbaver Handbuckder Pflanzenanatomie. Vol. 4 En: K. Esau. 1977. *Anatomy of the seed plants.* John Wiley and Sons; 2a Edition
- Maiti, R. K. 1980. The role "glossy" and "trichome" traits in sorghum crop improvement. Paper presented at the Annual Meeting of All India Sorghum Improvement Project, held at Coimbatore, 12-14th May.
- Maiti, R. K., P. S. Raju., and F. R. Bidinger., 1981. Evaluation of visual scoring for seedling vigour in sorghum seed *Sci. Technol.* 9:613-622.

- Maiti, R. K. 1981. Evaluación del sorgo para la resistencia al stress múltiple. Un enfoque pragmático dirigido al mejoramiento del sorgo en los trópicos semiáridos. Univ. Agrícola de Hydenbad ICRISAT. Patancheru, India. 502-324.
- Maiti, R. K., S. K. Manohar y P. S. Raju. 1981. Anatomía del sorgo. Facultad de Agronomía. U.A.N.L.
- Maiti, R. K., K. E. Rao., P. S. Raju and L. R. House. 1983. Glossy sorghum and its utilization in crop improvement. Field Crops. Res. (in press)
- Maiti, R. K. 1983. Evaluation of sorghum for multiples stress factors. Paper presented et the International Seminar "Plant Physiology in Coming years". Jan 20-23th, 1983. New Delhi, India.
- Maiti, R. K. 1983. Evaluación del sorgo bajo condiciones de stress múltiple en el Noreste de México. Boletín No. 1 Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Marín, N.L. México.
- Maiti, R. K., K. E. Prasad Rao., P. S. Raju and L. R. House. 1984. The "glossy" traits in sorghum: Its characteristics and significance in crop improvement. Field Crop Research. 9:279-288.
- Maiti, R. K. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. Facultad de Agronomía. U.A.N.L., p.448.
- Mao, C. A., J. P. Blocker., L. Anderson y D. C. Smith. 1965. Cyanogenesis in Sorghum vulgare and improved method for the insolation of dhurrin. Physical properties of dhurrin. Phytochem. 4:297-303.

- Mahanville, J. W. and G. M. Paulsen. 1970. Alternation of carbohydrate composition of corn (Zea mays L) seedlings during moisture stress. Agron. J. 62:605-608.
- Mc Cree, K. J. and S. D. Davis. 1974. Effect of water stress and temperature on leaf size and number of epidermal cells in grain sorghum. Crop Sci. 14:751-755.
- Merril, S. D. 1976. Distribution and growth of sorghum roots in response to irrigation frequency. Ph. D. Thesis. University of California. Riverside, California. U.S.A. 248 pp.
- Merril, S. D. and S. L. Rawlins. 1979. Distribution and growth of sorghum roots in response to irrigation frequency. Agron. 71:738-745.
- Metcalf, C. R. 1960. Anatomy of the monocotyledons I. Graminae. Oxford Clarendon. Press. London.
- Meyer, B. S. and Anderson-B. Donald. 1970. Plant Physiology. Second edition. D. Van Nostrand Company. Inc.
- Montgomery, E. G. 1911. Correlation studies of corn. Nebraska Agr. Exp. Sta. 24 th Ann rept.
- Musick, J. T., L. L. New and D. A. Dusek. 1976. Soil water depletion-yield relationships of irrigated sorghum, wheat and soybean. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. 19:489-503.
- Norcio, N. V. 1976. Effect of high temperature and water stress on photosynthesis and respiration rates of grain sorghum. Ph. D. Dissertation University of Nebraska, Lincoln, Nebraska. U.S.A.

- Peacock, J. M. 1982. Response and tolerance of sorghum to temperatures stress. pp 143-159. In: Sorghum in the eighties, eds. L. R. House., L. K. Mughogho, and J. M. Peacock. ICRISAT. Patancheru, A. P. India.
- Peterson, G. C., K. Suksayretrup and D. E. Weibel. 1979. Inheritance and interrelationships of bloomless and sparse bloom mutants in sorghum. Sorghum Newsletter 22:30.
- Pethydrige, G. H. 1919. Is it possible to distinguish the seed of wild white clover by chemical means during the germination. Test. Econ. Proc. Roy Dublin Soc. 2:248-258.
- Powell, L. M. and R. P. Pfeifer. 1956. The effect of controlled limited moisture on seedling growth of cheyenne winter wheat selections. Agron. J. 48:555-557.
- Qualset, C. O. 1979. Breeding for drought resistance in maize. Proc. SAFGRAD/International Institute for tropical Maize Qugadougou Upeer, Volta.
- Quinby, J. R. 1972. Effect of temperature on the phenology and grain yield of Sorghum bicolor. Aust. J. Agric. Res. 23:585-594.
- Quiroga, V. L. 1971. Análisis de alimentos utilizados en nutrición animal. Fac. de Agronomía. U.A.N.L.
- Romero, H. L. 1986. Manejo y Producción de cultivos. Apuntes Fac. de Agronomía. U.A.N.L.
- Ross, W. M. 1972. Effect of bloomless (blbl) on yield in combine kafir 60. Sorghum. Newsletter. 15:121.

- Sanders, J. A. and E. E. Conn. 1977. Presence of the cyanogenic glucoside dhurrin in isolated vacuoles of sorghum. *Plant Physiol.* 61:154-157.
- Saucedo, R. J. 1986. Comparación de algunas características anatómicas, morfológicas y fisiológicas en líneas "glossy" y no "glossy" de sorgo [Sorghum bicolor (L) Moench] para su resistencia a la sequía en estado de plántula. Tesis. Fac. de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. México.
- Seetharama, N. 1980. Growth stages of sorghum. Proc. collaborative multilocation sorghum modeling experiment, 2-4 April. ICRISAT. Patancheru, A. P., India,
- Slatyer, R. O. 1973. In: Symposium on Plant Responses to climatic factors. UNESCO. Proc. of the Uppsala Symposium (R. O. Slatyer, ed), U. K.
- Steward, F. C. 1959. *Plant Physiology*. Vol II. Academic Press. New York.
- Stout, D. G., and G. M. Simpson. 1978. Drought resistance of Sorghum bicolor. I. Drought avoidance mechanisms related to leaf water status. *Can. J. Plant Sci.* 58:213-224.
- Sullivan, C. Y. and W. M. Ross. 1979. Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum. p.p. 263-281. In: *Stress physiology in crop plants*, eds. H. Musell and R. C. Staples. New York, U. S. A.

- Thomas, J. G., K. W. Brown and W. R. Jordan. 1976. Stomatal response to leaf water potential as affected by preconditioning water stress in the field. *Agron. J.* 68:706-708.
- Thorne, G. N. 1965. Photosynthesis on ears and flag leaves of wheat and barley. *Ann. Bot. N. S.* 29:317-329.
- Van Bavel, C. H. M. and W. L. Ehrlar. 1968. Water loss from a sorghum field and stomatal control. *Agron. J.* 60:84-86.
- Virgin, H. I. 1965. Chlorophyll formation and water deficit. *Physiol. Plant.* 18:994-999.
- Webster, O. J. 1977. Sorghum studies in Arizona. *Sorghum News letter.* 20:61.
- Webster, O. J. and C. Schmalzel. 1979. Yield trials of isogenic lines, normal vs bloomless. *Sorghum Newsletter.* 22:24.
- Wolf, J. M., G. Levine., G. C. Noderman and E. González. 1974. Adverse soil water condition and corn production in central Brasil. Abstracts of the 66th Anu. meeting of the American Society.

APENDICE 1

Fijación y aclaramiento de tejidos para observación al microscopio óptico.

La muestra de la hoja se coloca en una solución formada por ácido acético, formol y alcohol al 70 %, en una proporción 5:5:90 por volumen.

Posteriormente, la muestra es lavada en agua destilada durante 30 minutos, en seguida se pasan a alcohol al 70 % durante 40 minutos a una temperatura de 70° C.

Finalmente la muestra es aclarada en ácido láctico por tres horas a una temperatura de 70° C.

A P E N D I C E

APENDICE 2

Determinación del contenido de Clorofila total

La muestra del tejido (1 g de materia seca) se coloca en 100 ml de acetona al 80 %. se filtra la preparación a través de una capa de papel filtro con un embudo Buchner en un matraz de succión, el proceso se puede acelerar con una bomba de vacío.

La muestra se vuelve a filtrar en otros 100 ml de acetona para extraer los pigmentos restantes. se filtra de nuevo en otros 100 ml de acetona al 80 % para volver a enjuagar.

El filtrado solo tiene clorofila a, b y carotenos como principales moléculas absorbentes de luz; se etiqueta como solución base, esta se transfiere a las celdas del espectrofotómetro.

El blanco se forma colocando 5 ml de acetona al 80 % en una celda. La lectura se hace a una longitud de onda de 660 nm, si esta es mayor que 0.4, se diluye la solución con una cantidad conocida de acetona al 80 % hasta que la absorbancia este entre 0.3 y 0.4. Esto sirve para que las medidas a otras longitudes de onda no esten fuera de la escala.

El contenido de clorofila total se determina mediante la siguiente fórmula:

$A = abc$, Donde:

A= Absorbancia.

a= Costante 0.36 ml/cm mg de absorptividad.

b= Diámetro interno de la celda en cm.

c= Contenido de clorofila total a+b.

APENDICE 3

Determinación de carbohidratos (No- Reductores)

La muestra (1 g/ materia seca) se coloca en matraces Erlenmeyer de 100 ml, se les agrega 50 ml de agua destilada y 1 ml de HCL concentrado.

Los matraces son cerrados con tapones de hule, no presionandolo mucho, agitándose suavemente y son llevados al autoclave a 15 libras de presión durante 30 minutos.

Se deja enfriar el autoclave, se saca el material y se deja enfriar.

Posteriormente se les agregan 100 gotas del indicador de rojo de metilo y se neutraliza el hidrolizado a un pH aproximadamente a cinco (vira el indicador) con una solución de NaOH al 30 % agregándose gota a gota hasta que la solución cambie a un color café amarillento.

En estas condiciones se agrega 1 ml de solución saturada de acetato de plomo, para precipitar las proteínas y dos puntas de espátula de CaCO_3 sólido para precipitar el plomo. Posteriormente, se filtra dos veces a través del papel filtro del No. 42 y se recibe el filtrado en un matraz de aforación de 100 ml (se afora con agua destilada).

Con una pipeta se toma una alícuota de 1 ml del filtrado libre de proteínas y se coloca en un tubo de folin, se rotula como M (muestra).

En un segundo tubo se toma 1 ml de agua destilada, se rotula como B (blanco).

En un tercer tubo se toma 1 ml de solución S-I ó S-II, se rotula como S (standard), el cual es preparado diluyendo una cantidad conocida de glucosa en agua.

A cada uno de los tubos se les agregan 2 ml de solución cáprica alcalina, posteriormente se trasladan a baño maría en ebullición durante ocho minutos. Luego los tubos son colocados a baño maría a temperatura ambiente durante 2-3 minutos para enfriarlos sin ser agitados.

Se colocan los tubos en gradillas y se les agrega 2 ml de solución de ácido fosfomolibdico. Se deja reposar durante tres minutos, posteriormente se aforan hasta la marca de 25 ml, luego los tubos son tapados y agitados (es importante esta agitación, ya que la mayor parte de la coloración azul se forma en el bulbo de los tubos). Se dejan reposar los tubos durante 10 minutos, luego se trasfiere la solución a las celdas del espectrofotómetro. Se toma la lectura en porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 520 nm, ajustándose a 100 % con el blanco, posteriormente el porcentaje de transmitancia se convierte a densidad óptica por medio de tablas.

El porcentaje de carbohidratos se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Porcentaje de carbohidratos = Densidad óptica x F.C.

de la muestra

Concentración standard

F.C. =

Densidad óptica del standard

APENDICE 4

Determinación de la cantidad de ácido cianhídrico.

El material verde vegetal (0.15 g) es colocado en un tubo de ensaye, se le adiciona de 3 a 4 gotas de cloroformo. Posteriormente, se le suspende una tira de papel filtro humedecida con una solución saturada de picrato de sodio sobre la mezcla. El papel filtro se sostiene con un tapón de hule o corcho, el cual sirve para sellar el tubo. Este, con su contenido, se incuba a temperatura ambiental por 12-24 horas. El picrato de sodio presente en el papel filtro es reducido a un compuesto en proporción a la cantidad de ácido cianhídrico envuelto. El color producido en el papel filtro es disuelto en un tubo que contiene 10 ml de agua destilada. Después el color que se produce es igualado con los colores standards.

Los resultados para este método son expresados en términos relativos como alto, medio y bajo o aproximadamente a ppm basándose en el porcentaje de la muestra de materia seca.

Reactivos y standards.

Solución picrato de sodio. Se disuelven 25 g de Na_2CO_3 y 5 g de ácido picrico en 1000 ml de agua destilada.

Colores standards. Son disueltos 0.241 g de KCN en 1000 ml de agua destilada, esta solución contiene 0.1 mg de HCN por cc. Se coloca 5 cc de la solución de picrato alcalino y 5 cc de solución de KCN en un tubo de ensaye. Se calienta por cinco minutos en baño maría. Se añaden las siguientes cantidades a tubos de ensaye.

Tubo No.	cc de solución	mgr de HCN
1	0.00	0.0000
2	0.05	0.0025
3	0.10	0.0050
4	0.15	0.0075
5	0.20	0.0100
6	0.30	0.0150
7	0.40	0.0200
8	0.50	0.0250
9	0.60	0.0300
10	0.70	0.0350
11	0.80	0.0400
12	0.90	0.0450
13	1.00	0.0500
14	1.30	0.0650
15	1.60	0.0800

Papel de prueba. El papel filtro es cortado en tiras de 10 a 12 cm de longitud y 0.5 cm de ancho.

APENDICE 5

Determinación del contenido de ceras epicuticulares.

La muestra es inmersa en 15 ml de cloroformo redestilado durante 15 segundos. El extracto es filtrado, evaporado y colocado en baño maría, hasta que el olor del cloroformo no sea detectado. Después son añadidos 5 ml de reactivo*, las muestras son puestas en baño maría por 30 minutos. Posteriormente se enfría, luego 12 ml de agua desionizada son añadidos. Algunos minutos son necesarios para el desarrollo del color. Enfriar.

la solución se vierte a las celdas del espectrofotómetro y la lectura se toma a una longitud de onda de 590 nm.

(*) Este reactivo se prepara con 40 ml de agua desionizada y 20 g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$). La solución resultante es mezclada vigorosamente con un filtro de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Calentar a baño maría sin ebullición hasta obtener una solución clara.

Cuadro 2. Valores promedio de la altura de plántulas (cm) a los 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo

BLOQUES	I	II	III	Z	X	I	II	III	Z	X
TRATAMIENTOS										
t1 18-2263	15.66	24.33	25.00	64.99	21.66	21.66	18.00	18.00	57.66	19.22
t2 18-5528	18.66	18.66	16.66	53.98	17.99	13.33	21.66	23.66	58.65	19.55
t3 18-1119	21.33	11.66	18.00	50.99	16.99	18.00	19.33	11.66	48.99	16.33
t4 18-5211	25.56	10.00	15.00	50.56	16.85	21.66	18.00	14.66	54.32	18.10
t5 18-4521	15.00	10.00	13.00	38.00	12.66	10.00	14.00	19.66	43.66	14.55
t6 18-5248	10.00	10.66	15.00	35.66	11.88	18.33	10.00	14.33	42.66	14.22
t7 18-5538	10.00	16.66	10.00	36.66	12.22	13.00	10.00	17.00	40.00	13.33
t8 18-5100	10.00	10.33	10.00	30.33	10.11	20.00	12.66	16.00	48.66	16.22
t9 18-2146	22.00	18.33	10.00	50.33	16.77	15.33	14.33	10.00	39.66	13.22
t10 18-5623	10.00	12.33	10.00	32.99	10.99	13.33	10.00	10.00	33.33	11.11
t11 18-18360	12.33	11.00	10.66	33.33	11.11	10.00	14.00	10.00	34.00	11.33
	170.54	153.96	153.32	477.82	159.23	174.64	161.98	164.97	501.59	167.18

Cuadro 3. Valores promedio del área foliar (cm²) en plántulas de 25 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 IS-2263	25.56	24.65	18.46	68.67	22.89	18.38	19.85	15.73	53.96	17.89
t2 IS-5528	25.19	29.59	14.57	69.35	23.11	12.55	13.58	13.93	40.06	13.35
t3 IS-1119	25.54	24.45	25.45	75.44	25.14	15.76	16.65	19.61	52.02	17.34
t4 IS-5211	22.41	18.64	24.11	65.16	21.72	20.18	19.30	19.67	59.15	19.71
t5 IS-4521	15.79	13.59	12.26	41.64	13.88	16.70	17.16	12.17	46.03	15.34
t6 IS-5248	19.04	14.53	21.20	54.77	18.25	10.49	16.30	18.65	45.44	15.14
t7 IS-5538	11.75	15.11	17.11	43.97	14.65	10.86	18.61	14.73	44.20	14.73
t8 IS-5100	12.96	11.65	16.80	41.41	13.80	15.43	17.34	14.17	46.94	15.64
t9 IS-2146	21.73	21.37	21.02	64.12	21.37	13.42	16.60	19.78	49.80	16.60
t10 IS-5623	21.20	21.76	22.21	65.17	21.72	17.47	15.59	15.41	48.47	16.15
t11 IS-18360	16.00	19.50	20.71	56.21	18.73	13.18	12.27	11.94	37.34	12.44
	217.17	214.84	213.90	645.91	215.30	164.42	183.25	175.79	523.46	174.48

Cuadro 4. Valores promedio acerca del número de hojas liguladas en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 IS-2263	4.00	4.00	4.00	12.00	4.00	3.00	3.50	3.00	9.50	3.16
t2 IS-5528	4.30	5.00	4.00	13.30	4.43	4.00	4.00	3.00	11.00	3.66
t3 IS-1119	4.00	4.00	4.00	12.00	4.00	4.00	36.00	36.00	11.20	3.73
t4 IS-5211	5.00	5.00	5.00	15.00	5.00	4.00	4.00	4.00	12.00	4.00
t5 IS-4521	3.00	3.00	3.00	9.00	3.00	4.00	3.60	4.00	11.60	3.86
t6 IS-5248	4.00	4.00	4.00	12.00	4.00	4.00	4.00	4.00	12.00	4.00
t7 IS-5538	4.00	4.00	4.00	12.00	4.00	3.00	4.00	3.00	11.00	3.66
t8 IS-5100	4.00	4.00	4.00	12.00	4.00	3.00	3.00	3.30	9.30	3.10
t9 IS-2146	3.50	4.00	4.00	11.50	3.83	4.00	4.00	3.00	11.00	3.66
t10 IS-5623	3.00	3.00	4.00	10.00	3.33	4.00	3.00	3.00	10.00	3.33
t11 IS-18360	3.60	4.00	3.00	10.90	3.63	3.00	4.00	2.50	9.50	3.16
	42.40	44.00	43.00	129.40	43.13	40.00	40.07	36.40	117.10	39.03

Cuadro 5. Valores promedio acerca del número de raíces secundarias en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	χ	I	II	III	Σ	χ
TRATAMIENTOS										
t1 IS-2263	5.41	5.52	5.36	16.29	5.43	1.18	1.22	1.20	3.60	1.20
t2 IS-5528	5.21	7.31	6.11	18.63	6.21	1.42	1.40	1.44	4.26	1.42
t3 IS-1119	6.50	6.51	6.61	19.62	6.54	1.50	1.63	1.46	4.59	1.53
t4 IS-5211	7.66	7.66	7.66	22.98	7.66	1.13	1.30	1.83	4.26	1.42
t5 IS-4521	5.39	5.53	5.37	16.29	5.43	1.31	1.21	1.41	3.93	1.31
t6 IS-5248	5.00	5.01	6.25	16.26	5.42	1.00	1.25	1.05	3.30	1.10
t7 IS-5538	4.16	4.16	4.16	12.48	4.16	1.00	0.98	1.02	3.00	1.00
t8 IS-5100	3.70	4.10	3.45	11.25	3.75	1.13	1.17	1.15	3.45	1.15
t9 IS-2146	3.50	3.72	4.39	11.61	3.87	1.20	1.23	1.20	3.63	1.21
t10 IS-5623	4.32	4.21	3.08	11.61	3.87	1.31	1.31	1.31	3.93	1.31
t11 IS-18360	4.65	4.65	4.74	14.04	4.68	1.00	1.00	1.00	3.00	1.00
	55.50	58.38	57.18	171.06	57.02	13.18	13.70	14.07	40.95	13.65

Cuadro 6. Valores promedio acerca de la longitud de la raíz seminal en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 18-2263	15.60	24.30	27.90	67.80	22.60	12.32	11.02	11.24	34.59	11.53
t2 18-5528	27.00	28.60	20.99	76.59	25.53	12.79	15.11	19.71	47.61	15.87
t3 18-1119	25.33	20.00	27.77	72.60	24.20	11.70	15.10	16.49	43.29	14.43
t4 18-5211	35.56	20.31	24.80	80.67	26.89	21.77	18.64	14.54	64.95	21.65
t5 18-4521	16.66	24.17	23.07	63.90	21.30	10.66	10.00	13.84	34.50	11.50
t6 18-5248	20.13	22.37	16.45	58.95	19.65	19.50	20.71	16.04	56.25	18.75
t7 18-5538	25.50	24.45	21.48	71.43	23.81	12.33	20.67	15.15	48.15	16.05
t8 18-5100	21.73	21.35	21.33	64.41	21.47	18.00	18.00	20.28	56.28	18.76
t9 18-2146	24.55	23.64	23.42	71.61	23.87	18.30	10.00	14.30	42.60	14.20
t10 18-5623	22.37	21.76	21.45	65.58	21.86	10.00	14.00	10.80	34.80	11.60
t11 18-18360	21.20	21.76	21.78	64.74	21.58	19.66	14.11	10.15	43.92	14.64
	255.63	252.71	250.44	758.78	252.92	167.03	167.36	172.54	506.93	168.97

Cuadro 7. Valores promedio acerca del peso seco (g) en plántulas de 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 18-2263	1.20	1.26	1.32	3.78	1.26	0.38	0.38	0.32	1.08	0.36
t2 18-5528	1.23	1.22	1.24	3.69	1.23	0.30	0.30	0.30	0.90	0.30
t3 18-1119	1.50	1.50	1.80	4.80	1.60	0.21	0.23	0.25	0.69	0.23
t4 18-5211	1.25	1.10	1.16	3.51	1.17	0.22	0.23	0.24	0.69	0.23
t5 18-4521	1.03	1.03	1.03	3.09	1.03	0.29	0.21	0.13	0.63	0.21
t6 18-5248	0.98	1.02	1.00	3.00	1.00	0.15	0.19	0.20	0.54	0.18
t7 18-5538	1.03	1.08	1.07	3.18	1.06	0.24	0.26	0.25	0.75	0.25
t8 18-5100	1.10	1.10	1.04	3.24	1.08	0.28	0.22	0.22	0.72	0.24
t9 18-2146	1.15	1.06	1.00	3.21	1.07	0.30	0.25	0.32	0.87	0.29
t10 18-5623	1.11	1.10	1.18	3.39	1.13	0.25	0.25	0.31	0.81	0.27
t11 18-18360	0.98	1.04	0.86	2.88	0.96	0.21	0.23	0.25	0.69	0.23
	12.56	12.51	12.7	37.77	12.59	2.83	2.75	2.79	8.37	2.79

Cuadro 8. Valores promedio acerca del número de células epidérmicas (mm²) en el haz de la hoja de plántulas de 30 días de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	x̄	I	II	III	Σ	x̄
TRATAMIENTOS										
t1 18-2263	256.00	255.00	254.00	765.00	255.00	239.00	240.00	238.00	717.00	239.00
t2 18-5528	259.00	260.00	259.00	778.00	259.33	294.00	293.00	294.00	881.00	293.60
t3 18-1119	250.00	250.00	251.00	751.00	250.33	302.00	301.00	302.00	905.00	301.66
t4 18-5211	230.00	231.00	230.00	691.00	230.33	253.00	254.00	253.00	760.00	253.33
t5 18-4521	235.00	234.00	231.00	700.00	233.33	278.00	279.00	280.00	837.00	279.00
t6 18-5248	238.00	239.00	238.00	715.00	238.33	252.00	251.00	250.00	753.00	251.00
t7 18-5538	232.00	231.00	230.00	693.00	231.00	250.00	251.00	250.00	751.00	250.33
t8 18-5100	214.00	215.00	216.00	645.00	215.00	233.00	234.00	233.00	700.00	233.33
t9 18-2146	218.00	214.00	212.00	640.00	213.33	231.00	232.00	231.00	694.00	231.33
t10 18-5623	224.00	225.00	226.00	675.00	225.00	261.00	262.00	261.00	784.00	261.33
t11 18-18360	215.00	217.00	218.00	650.00	216.66	237.00	238.00	239.00	714.00	238.00
	2571.00	2571.00	2565.00	7707.00	2569.00	2830.00	2831.00	8496.00	2832.00	2832.00

Cuadro 9. Valores promedio acerca del número de células epidérmicas (mm²) en el envés de la hoja de plántulas con 30 días de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 IS-2263	225.00	226.00	225.00	676.00	225.33	229.00	229.00	230.00	688.00	229.33
t2 IS-5528	220.00	222.00	223.00	665.00	221.66	189.00	189.00	190.00	567.00	189.00
t3 IS-1119	219.00	218.00	220.00	657.00	219.00	238.00	238.00	240.00	716.00	238.66
t4 IS-5211	202.00	203.00	205.00	610.00	203.33	251.00	250.00	251.00	752.00	250.66
t5 IS-4521	206.00	205.00	204.00	615.00	205.00	247.00	250.00	244.00	744.00	248.00
t6 IS-5248	196.00	197.00	198.00	591.00	197.00	208.00	209.00	208.00	625.00	208.33
t7 IS-5538	193.00	192.00	195.00	580.00	193.33	212.00	212.00	213.00	637.00	212.33
t8 IS-5100	198.00	200.00	197.00	595.00	198.33	247.00	250.00	247.00	744.00	248.00
t9 IS-2146	171.00	172.00	170.00	513.00	171.00	211.00	212.00	212.00	635.00	211.66
t10 IS-5623	182.00	180.00	180.00	542.00	180.66	214.00	215.00	214.00	643.00	214.33
t11 IS-18360	193.00	192.00	195.00	580.00	193.33	214.00	214.00	217.00	645.00	215.00
	2205.00	2207.00	2212.00	6624.00	2208.00	2460.00	2468.00	2466.00	7394.00	2464.66

Cuadro 10. Valores promedio acerca del número de estomas (mm²) en el haz de las hojas de plántulas con 30 días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometido a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	x̄	I	II	III	Σ	x̄
TRATAMIENTOS										
t1 IS-2263	223.00	241.00	236.00	700.00	233.33	22.00	221.00	220.00	663.00	221.00
t2 IS-5528	242.00	246.00	243.00	731.00	243.66	217.00	215.00	218.00	650.00	216.66
t3 IS-1119	220.00	212.00	218.00	650.00	216.66	267.00	232.00	250.00	749.00	249.66
t4 IS-5211	213.00	235.00	216.00	664.00	221.33	232.00	232.00	230.00	694.00	231.00
t5 IS-4521	183.00	180.00	181.00	544.00	181.33	178.00	170.00	168.00	516.00	172.00
t6 IS-5248	223.00	174.00	220.00	617.00	205.66	211.00	210.00	211.00	633.00	211.00
t7 IS-5538	191.00	192.00	191.00	574.00	191.33	207.00	206.00	204.00	617.00	205.66
t8 IS-5100	126.00	125.00	130.00	381.00	127.00	178.00	176.00	170.00	524.00	174.66
t9 IS-2146	153.00	153.00	160.00	466.00	155.33	176.00	175.00	176.00	527.00	175.66
t10 IS-5623	194.00	202.00	196.00	592.00	197.33	165.00	163.00	162.00	490.00	163.33
t11 IS-18360	149.00	168.00	151.00	468.00	156.00	170.00	178.00	168.00	516.00	172.00
	2117.00	2128.00	2142.00	6387.00	2129.00	2223.00	2178.00	2177.00	6578.00	2192.66

Cuadro 11. Valores promedio acerca del número de estomas (mm²) en el envés de hojas de plántulas con treinta días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 18-2263	197.00	248.00	197.00	642.00	214.00	213.00	215.00	212.00	640.00	213.33
t2 18-5528	255.00	243.00	250.00	748.00	249.33	168.00	170.00	191.00	529.00	176.23
t3 18-1119	232.00	232.00	230.00	694.00	231.33	206.00	205.00	203.00	614.00	204.66
t4 18-5211	227.00	248.00	227.00	702.00	234.00	236.00	234.00	233.00	703.00	234.33
t5 18-4521	178.00	187.00	180.00	545.00	181.66	183.00	180.00	181.00	544.00	181.33
t6 18-5248	150.00	212.00	296.00	558.00	186.00	222.00	220.00	222.00	664.00	221.33
t7 18-5538	197.00	179.00	197.00	573.00	191.00	212.00	210.00	211.00	633.00	211.00
t8 18-5100	166.00	187.00	180.00	533.00	177.66	205.00	205.00	207.00	617.00	205.66
t9 18-2146	203.00	210.00	176.00	589.00	196.33	206.00	205.00	203.00	614.00	204.66
t10 18-5623	190.00	216.00	210.00	616.00	205.33	179.00	201.00	202.00	582.00	194.00
t11 18-18360	126.00	124.00	130.00	380.00	126.66	182.00	180.00	185.00	547.00	182.33
	2121.00	2286.00	2173.00	6580.00	2193.33	2212.00	2225.00	2250.00	6687.00	2229.00

Cuadro 12. Valores promedio acerca del número de tricomas (mm2) en haz de las hojas de plántulas con treinta días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almácigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 IS-2263	150.00	155.00	157.00	462.00	154.00	160.00	161.00	160.00	481.00	160.33
t2 IS-5528	210.00	211.00	212.00	633.00	211.00	256.00	257.00	256.00	769.00	256.33
t3 IS-1119	276.00	270.00	275.00	821.00	273.66	273.00	274.00	273.00	820.00	273.33
t4 IS-5211	194.00	195.00	197.00	586.00	195.33	161.00	160.00	161.00	482.00	160.66
t5 IS-4521	65.00	66.00	68.00	199.00	66.33	68.00	70.00	71.00	209.00	69.66
t6 IS-5248	50.00	52.00	53.00	155.00	55.66	51.00	52.00	54.00	157.00	52.33
t7 IS-5538	40.00	39.00	41.00	120.00	40.00	40.00	39.00	42.00	121.00	40.33
t8 IS-5100	59.00	60.00	62.00	181.00	60.33	114.00	115.00	116.00	345.00	115.00
t9 IS-2146	150.00	150.00	149.00	448.00	149.33	60.00	55.00	57.00	172.00	57.33
t10 IS-5623	128.00	129.00	128.00	385.00	128.33	97.00	99.00	102.00	297.00	99.00
t11 IS-18360	150.00	151.00	150.00	451.00	150.00	45.00	46.00	50.00	141.00	47.00
	1471.00	1478.00	1492.00	4441.00	1480.33	1325.00	1328.00	1341.00	3994.00	1131.33

Cuadro 13. Valores promedio acerca del número de tricomas (mm²) en el envés de hojas de plántulas con treinta días después de la emergencia en 11 genotipos de sorgo "glossy" sometidos a riego y sequía bajo condiciones de almacigo.

BLOQUES	I	II	III	Σ	\bar{x}	I	II	III	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS										
t1 IS-2263	180.00	180.00	181.00	541.00	180.33	201.00	201.00	202.00	604.00	201.33
t2 IS-5528	184.00	184.00	183.00	551.00	183.66	145.00	146.00	150.00	441.00	147.00
t3 IS-1119	194.00	194.00	193.00	581.00	193.66	200.00	201.00	201.00	602.00	200.66
t4 IS-5211	218.00	218.00	220.00	656.00	218.66	225.00	225.00	224.00	674.00	224.66
t5 IS-4521	71.00	72.00	75.00	218.00	72.66	78.00	79.00	79.00	236.00	78.66
t6 IS-5248	61.00	63.00	64.00	188.00	62.66	70.00	68.00	70.00	208.00	69.33
t7 IS-5538	61.00	63.00	64.00	188.00	62.66	70.00	68.00	70.00	208.00	69.33
t8 IS-5100	162.00	165.00	164.00	491.00	163.66	96.00	97.00	96.00	289.00	96.33
t9 IS-2146	141.00	140.00	140.00	421.00	140.33	60.00	59.00	62.00	181.00	60.33
t10 IS-5623	195.00	197.00	196.00	588.00	196.00	133.00	133.00	133.00	399.00	133.00
t11 IS-18360	76.00	77.00	79.00	232.00	77.33	142.00	141.00	140.00	423.00	141.00
	1543.00	1553.00	1559.00	4655.00	1551.66	1420.00	1418.00	1427.00	4265.00	1421.66

Cuadro 14. Cuadro de concentración de datos agronómicos de 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados bajo condiciones de temporal en campo.

GENOTIPOS	No. DE HOJAS	ALTURA DE PLANTAS (cm)	LONGITUD LA PANOJA (cm)	PESO DE 100 SEMILLAS	DIAS A FLORACION	DIAS A MADUREZ FISIOLOGICA	RDTA. Kg/P.U.	RDTA. Kg/Ha.
IS-2263	9	140	15	2.4	62	105	2.622	682.81
IS-5528	9	157	14	2.1	69	115	3.165	824.21
IS-1119	9	189	14	2.7	52	92	2.276	592.7
IS-5211	9	181	17	2.6	70	114	3.654	951.56
IS-4521	10	179	22	2.7	70	112	2.311	601.82
IS-5248	8	167	17	2.5	70	116	3.532	919.79
IS-5538	9	183	20	2.3	66	108	5.258	1369.27
IS-5100	10	170	16	2.5	72	115	4.520	1177.08
IS-2146	9	167	12	2.3	75	114	4.000	1041.66
IS-5623	10	159	12	3.0	70	115	3.121	812.76
IS-18360	9	196	19	2.6	72	115	3.144	818.75

Cuadro 15. Valores promedio del número de hojas por planta en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.

REPETICIONES	I	II	III	IV	V	VI	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS								
t1 IS-2263	11.00	8.00	11.00	9.00	8.00	8.00	55.00	9.16
t2 IS-5528	8.00	8.00	9.00	8.00	8.00	10.00	51.00	8.50
t3 IS-1119	12.00	10.00	8.00	8.00	8.00	8.00	54.00	9.00
t4 IS-5211	8.00	10.00	10.00	8.00	8.00	10.00	54.00	9.00
t5 IS-4521	11.00	10.00	9.00	10.00	8.00	10.00	58.00	9.66
t6 IS-5248	9.00	10.00	7.00	8.00	8.00	8.00	50.00	8.35
t7 IS-5538	9.00	9.00	10.00	9.00	9.00	8.00	54.00	9.00
t8 IS-5100	9.00	10.00	10.00	10.00	8.00	11.00	58.00	9.66
t9 IS-2146	8.00	8.00	8.00	12.00	10.00	8.00	54.00	9.00
t10 IS-5623	12.00	9.00	8.00	12.00	8.00	8.00	57.00	9.50
t11 IS-18360	8.00	10.00	8.00	10.00	8.00	10.00	54.00	9.00
	105.00	102.00	98.00	104.00	91.00	99.00	599.00	99.83

Cuadro 16. Valores promedio de la altura de plantas (cm) en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.

REPETICIONES	I	II	III	IV	V	VI	Σ	̄
TRATAMIENTOS								
t1 IS-2263	153.00	114.00	194.00	127.00	150.00	101.00	839.00	139.83
t2 IS-5528	162.00	58.00	166.00	173.00	215.00	170.00	944.00	157.33
t3 IS-1119	177.00	207.00	202.00	138.00	257.00	150.00	1131.00	188.50
t4 IS-5211	177.00	198.00	160.00	201.00	210.00	140.00	1086.00	181.00
t5 IS-4521	144.00	170.00	158.00	164.00	252.00	187.00	1075.00	179.16
t6 IS-5248	132.00	162.00	154.00	135.00	210.00	210.00	1003.00	167.16
t7 IS-5538	215.00	219.00	165.00	123.00	208.00	167.00	1097.00	182.33
t8 IS-5100	178.00	146.00	169.00	183.00	170.00	173.00	1019.00	169.83
t9 IS-2146	131.00	136.00	164.00	193.00	181.00	196.00	1001.00	166.83
t10 IS-5623	168.00	92.00	160.00	100.00	212.00	221.00	953.00	158.83
t11 IS-18360	161.00	218.00	184.00	212.00	187.00	212.00	1174.00	195.66
	1798.00	1720.00	2040.00	1794.00	2252.00	1927.00	11486.00	1886.96

Cuadro 17. Valores promedio de la longitud de la panoja (cm) en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.

REPETICIONES	I	II	III	IV	V	VI	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS								
t1 IS-2263	11.00	15.00	19.00	15.00	13.00	15.00	88.00	14.66
t2 IS-5528	12.00	11.00	14.00	16.00	14.00	17.00	84.00	14.00
t3 IS-1119	16.00	11.00	12.00	13.00	18.00	14.00	84.00	14.00
t4 IS-5211	15.00	15.00	15.00	21.00	25.00	12.00	103.00	17.16
t5 IS-4521	21.00	19.00	21.00	27.00	20.00	21.00	129.00	21.50
t6 IS-5248	15.00	15.00	20.00	26.00	14.00	11.00	101.00	16.83
t7 IS-5538	18.00	32.00	20.00	20.00	15.00	13.00	118.00	19.66
t8 IS-5100	23.00	16.00	13.00	16.00	16.00	13.00	97.00	16.16
t9 IS-2146	10.00	12.00	12.00	12.00	11.00	12.00	69.00	11.50
t10 IS-5623	12.00	10.00	12.00	13.00	12.00	12.00	71.00	11.83
t11 IS-18360	14.00	15.00	26.00	23.00	23.00	13.00	114.00	19.00
	167.00	171.00	184.00	202.00	181.00	153.00	1058.00	176.30

Cuadro 18. Valores promedio del peso de 100 semillas en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.

REPETICIONES	I	II	III	IV	V	VI	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS								
t1 IS-2263	2.50	2.60	2.40	2.30	2.60	2.50	14.90	2.40
t2 IS-5528	2.20	2.30	2.10	2.00	2.30	2.20	13.10	2.10
t3 IS-1119	2.80	2.90	2.70	2.60	2.90	2.70	16.70	2.70
t4 IS-5211	2.80	2.70	2.80	2.60	2.70	2.40	16.00	2.60
t5 IS-4521	2.70	2.80	2.60	2.80	2.70	2.60	16.20	2.70
t6 IS-5248	2.50	2.50	2.40	2.70	2.60	2.40	15.10	2.10
t7 IS-5538	2.40	2.50	2.30	2.60	2.20	2.30	14.30	2.30
t8 IS-5100	2.60	2.60	2.40	2.80	2.30	2.50	15.20	2.50
t9 IS-2146	2.40	2.50	2.20	2.10	2.70	2.40	14.30	2.30
t10 IS-5623	3.00	3.10	2.90	3.10	3.00	2.90	18.00	3.00
t11 IS-18360	2.60	2.90	2.70	2.80	2.50	2.50	16.00	2.60
	28.50	29.40	27.50	28.10	28.90	27.40	27.70	169.80

Cuadro 19. Valores promedio de Kg/Parcela ótil en 11 genotipos de sorgo "glossy" sembrados en campo bajo condiciones de temporal.

REPETICIONES	I	II	III	IV	V	VI	Σ	\bar{x}
TRATAMIENTOS								
t1 IS-2263	0.106	0.554	0.850	0.160	0.792	0.160	2.622	0.437
t2 IS-5528	0.124	0.842	0.968	0.280	0.452	0.499	3.165	0.527
t3 IS-1119	0.374	0.478	0.342	0.476	0.281	0.325	2.276	0.379
t4 IS-5211	0.138	0.234	0.878	1.170	0.892	0.342	3.654	0.609
t5 IS-4521	0.875	0.139	0.385	0.131	0.396	0.385	2.311	0.385
t6 IS-5248	0.449	0.792	0.160	0.316	1.119	0.696	3.532	0.588
t7 IS-5538	0.630	0.852	0.876	0.876	1.683	0.341	5.258	0.876
t8 IS-5100	0.835	0.612	0.969	0.753	0.753	0.598	4.520	0.153
t9 IS-2146	0.865	0.132	0.684	0.397	0.946	0.976	4.000	0.666
t10 IS-5623	0.520	0.224	0.276	0.630	0.897	0.574	3.121	0.520
t11 IS-18360	0.333	0.284	0.310	1.090	0.720	0.417	3.144	0.524
	5.249	5.143	6.698	6.269	8.931	5.313	37.603	6.264

Cuadro 20. Condiciones climatológicas presentadas durante el desarrollo del experimento No. 3 " Comportamiento de 11 genotipos de sorgo glossy sembradas bajo condiciones de temporal " en Marín, N.L.

DATOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
TEMPERATURA	22.4	26.1	28.8	32.0	32.2	31.9	33.0
MEDIA MIN.	6.3	9.9	13.9	19.0	20.0	22.3	22.2
MEDIA MES	14.4	2.0	21.4	25.5	26.1	27.1	27.6
EXTREMA MAX	32.0	39.0	23.5	38.0	38.0	37.0	39.0
EXTREMA MIN	-2.0	1.5	2.0	14.5	13.0	19.0	21.2
PRECIPITACION	0 mm	2.5 mm	9.8 mm	23.9 mm	106.5 mm	151.7 mm	23.7 mm
H. R. PROM	66%	65%	61%	69%	72%	79.5 %	78.3 %
HORAS LUZ	11.23	11.31	12.20	13.32	13.40	14.26	13.23
No. DIAS CON TEMP. < 10° C	22	16	7	0	0	0	0

Fuente : Estación climatológica " Marín " .

PLANO DE CAMPO

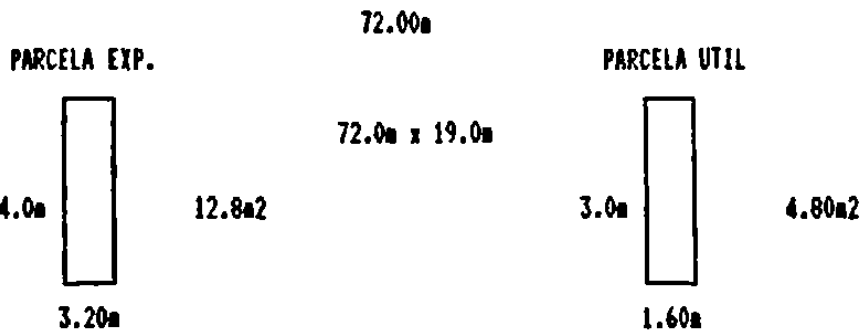
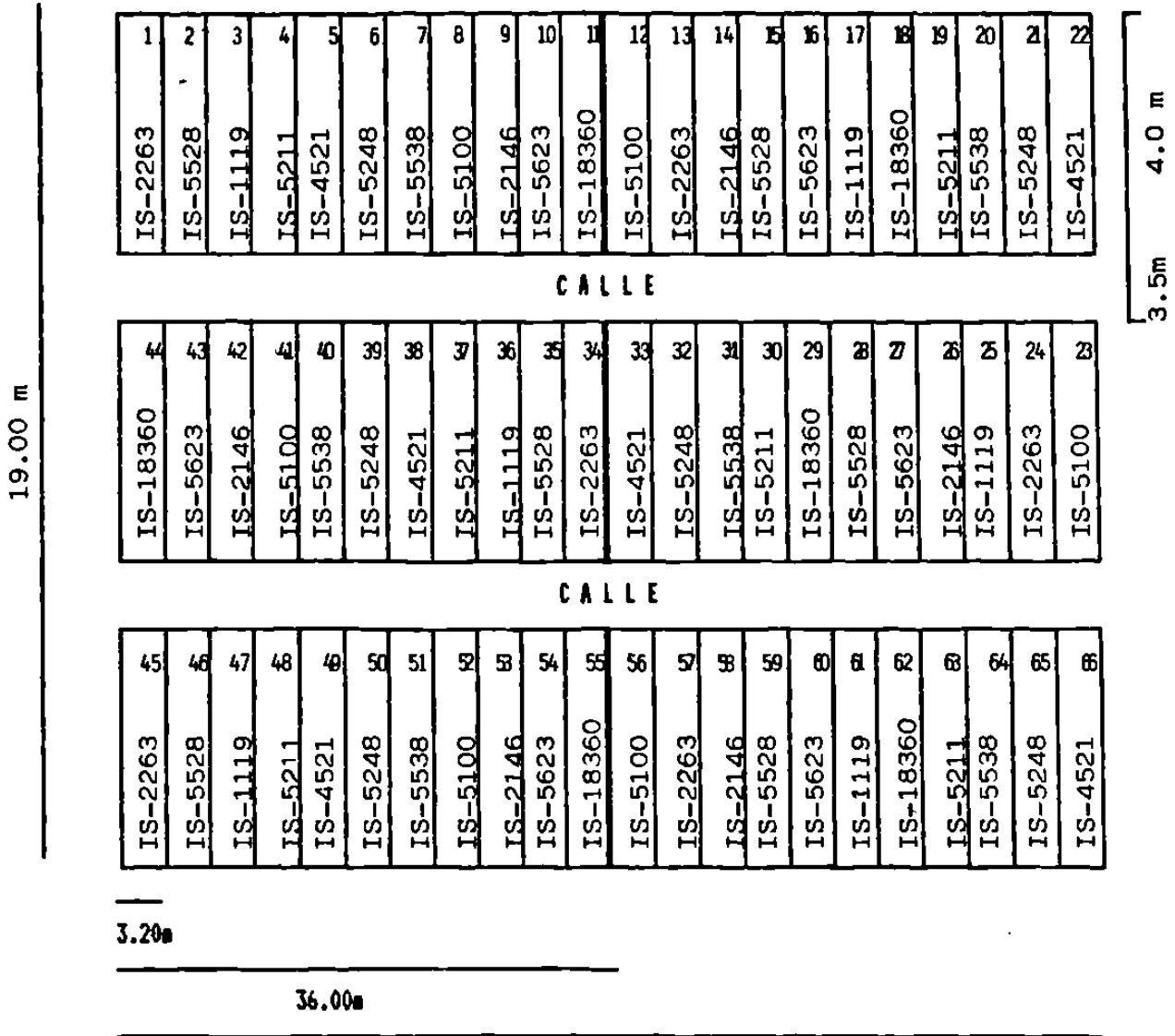


FIGURA No. 6. PLANO DE CAMPO Y DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO (No. 3) "COMPORTAMIENTO DE 11 GENOTIPOS DE SORGO "GLOSSY" SEMBRADO BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL" EN MARIN, N.L.

10587

