

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE SORGO  
(Sorghum bicolor (L.) Moench) BAJO CONDICIONES  
DE SEQUIA TEMPORAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA  
ENRIQUE ACOSTA CASTILLO

MARIN, N. L.

MAYO DE 1988

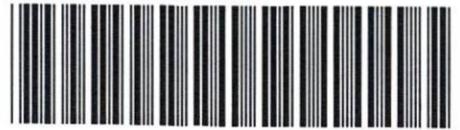


T

SB235

A2

C.1



1080060566

**Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada, su retención más allá de la fecha de vencimiento, lo hace acreedor a las multas que fija el reglamento.**

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMIA



COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE SORGO  
(*Sorghum bicolor* (L) Moench) BAJO CONDICIONES  
DE SEQUÍA TEMPORAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA  
ENRIQUE ACOSTA CASTILLO

MARIN, N. L.

MAYO DE 1988

07819

T  
SB235  
A2

040.633

FA16

1988

C.5



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad

F. tesis.

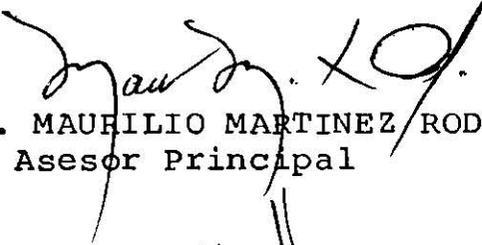


UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

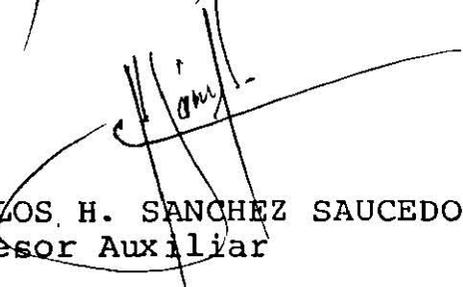
COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE SORGO (SORGHUM  
BICOLOR (L) MOENCH) BAJO CONDICIONES  
DE SEQUIA Y TEMPORAL

TESIS QUE PRESENTA, ENRIQUE ACOSTA CASTILLO, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMISION REVISORA



ING. M.C. MAUHILIO MARTINEZ RODRIGUEZ  
Asesor Principal



ING. CARLOS H. SANCHEZ SAUCEDO  
Asesor Auxiliar



ING. NAHUM ESPINOZA MORENO  
Estadístico

A MIS PADRES:

SR. LEOPOLDO ACOSTA URIBE

SRA. MA. INES CASTILLO DE ACOSTA

Con honor, respeto y amor, que por  
su ejemplo para superarse en la vida  
me han enseñado al sacrificio  
y en creer en si mismo lo que uno puede  
ser capaz. Es un humilde tributo a su  
esfuerzo y gran amor.

A MIS HERMANOS:

HECTOR LEOPOLDO (✓)

MARTHA

ADRIANA

DANIEL

NORA ALICIA

Por su apoyo en todo momento difícil.

AL ING. M.C. MAURILIO MARTINEZ RODRIGUEZ

Por su amistad y que con su orientación,  
dirección y seriedad brindada fue posible  
la culminación de este trabajo.

MI SINCERO AGRADECIMIENTO A LOS  
ING. CARLOS H. SANCHEZ SAUCEDO e  
ING. NAHUM ESPINOZA MORENO

Por su valiosa contribución en  
la elaboración del presente es  
tudio.

## INDICE

	Página
INTRODUCCION .....	1
LITERATURA REVISADA.....	4
Origen y generalidades.....	4
Estadística.....	4
Nomenclatura y clasificación.....	5
Características botánicas.....	6
Condiciones ecológicas.....	8
Usos de sorgo.....	9
La transpiración en la planta.....	9
Tolerancia a la sequía.....	12
Efectos fisiológicos principales de la se	
quía en las plantas.....	16
Tensión hídrica en la planta.....	18
Efectos del déficit de agua en la planta.	19
Mecanismos de adaptación a la tensión hí-	
drica.....	21
MATERIALES Y METODOS.....	23
Aspectos generales.....	23
Ubicación del experimento.....	23
Clima de la región.....	23
Materiales.....	25
Material no genético.....	25
Material genético.....	25

	Página
Métodos.....	27
Tratamientos.....	27
Diseño experimental.....	27
Métodos de campo .....	28
Toma de datos.....	32
Muestreos de humedad y temperatura del suelo.....	36
Análisis estadístico .....	37
· RESULTADOS.....	38
Sequía .....	38
Temporal.....	42
Análisis combinado .....	46
DISCUSION.....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
Conclusiones.....	63
Recomendaciones.....	64
RESUMEN.....	66
BIBLIOGRAFIA CITADA .....	69
APENDICE.....	74

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Temperaturas medias (máxima, mínima y mensual) durante el desarrollo del experimento. Marín, N.L. 1986.....	24
2	Humedad relativa promedio y precipitación mensual durante el desarrollo del experimento. Marín, N.L. 1986...	25
3	Aplicación de insecticidas al cultivo durante su desarrollo, Marín, N.L. 1986.....	32
4	Concentración de los cuadrados medios de tratamientos y del error de los análisis de varianza de las variables consideradas. Condición de sequía. Marín, N.L. 1986.....	39
5	Concentración de medias de las variables consideradas y comparación estadística de las que resultaron significativas en el ANVA. Condición de sequía. Marín, N.L. 1986.....	40
6	Concentración de los cuadrados medios de tratamientos y del error de los análisis de varianza de las variables consideradas. Condición de temporal. Marín, N.L. 1986.....	43
7	Concentración de las medias de las variables consideradas y comparación estadística de las que resultaron significativas en el ANVA. Condición de temporal. Marín, N.L. 1986.....	44
8	Concentración de los cuadrados medios de la interacción genotipo X condiciones de humedad y del error de los análisis combinados en las variables consideradas en la investigación. Marín, N.L. 1986.....	48

9	Concentración de medias de las variables consideradas y comparación estadística de las que resultaron significativas en el análisis combinado. Interacción genotipo X condiciones de humedad. Marín, N.L. 1986.....	49
10	Días a floración y diferencias presentadas por los genotipos evaluados bajo el esquema sequía-temporal.....	50

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE

Cuadro		Página
1	Temperatura del suelo obtenidas durante el desarrollo del experimento bajo el esquema sequía-temporal. Marín, N. L. 1986.....	75
2	Numero de plantas y porcentaje de fallas obtenidas por parcela bajo la condición de sequía (plásticos), en el trabajo de tolerancia a la sequía de sorgo. Marín, N.L. 1986.....	76
Figura		
1	Contenido de humedad en suelo (0-30 cm) y subsuelo (30-60 cm) obtenidos durante el desarrollo del experimento bajo el esquema sequía-temporal. Marín, N.L. 1986.....	77

## INTRODUCCION

La República Mexicana posee, entre otros, dos problemas críticos que dificultan el desarrollo óptimo de la agricultura, éstos son: a) la basta extensión de zonas áridas y semiáridas localizadas dentro del territorio nacional, las cuales representan el 40.5% y b) la emigración de campesinos, principalmente de estas zonas afectadas por aridificación, a las ciudades (Andrade, 1974)

El Estado de Nuevo León está clasificado como un territorio ciertamente árido o seco en base a sus condiciones climáticas (SARH, 1980). No obstante, debido a la importancia que posee el cultivo del sorgo y a la adaptabilidad potencial a zonas con deficiencias hídricas, en el Estado de Nuevo León se ha incrementado el área de cultivo destinada a este cereal; empero el rendimiento no se ha incrementado en forma significativa bajo temporal, esto a causa, además de otras limitaciones, de la irregularidad de las lluvias y de la poca cantidad con que se manifiestan en la región, todo lo cual tiene efectos negativos en genotipos no adaptados.

Al generar o existir genotipos que se adapten a dichas zonas, existe la posibilidad de que el cultivo del sorgo sea una alternativa para sortear los problemas expuestos, principalmente por ser una especie cuyas características, tales como el gran desarrollo radical y la presencia de cera que limita la transpiración y por lo tanto, la pérdida excesiva de agua, le

pueden permitir adaptarse a condiciones de humedad limitada.

El presente trabajo se efectuó dentro del Programa de Sorgo del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo que se desarrolla en la Facultad de Agronomía de la UANL; consistió en evaluar un grupo de genotipos bajo dos condiciones de humedad en el suelo.

Los objetivos perseguidos fueron los siguientes:

1. Observar el efecto del déficit de humedad en el suelo sobre algunos de los componentes del rendimiento del sorgo.
2. Determinar las características, tanto morfológicas como fisiológicas, con influencia mayor sobre la tolerancia a la sequía en el cultivo del sorgo.
3. Elegir de entre los genotipos evaluados aquellos con tolerancia mayor a la sequía.

Las hipótesis experimentales bajo las cuales se desarrolló el presente trabajo fueron:

1. Existen componentes del rendimiento que son afectados diferencialmente por el déficit de humedad en el suelo.
2. Existen características en la planta con influencia mayor sobre la tolerancia a la sequía en el cultivo del sorgo.

3. Existen respuestas diferentes al déficit de humedad en el suelo por parte de los distintos genotipos estudiados.

## LITERATURA REVISADA

### Origen y generalidades

El sorgo se considera originario de la región de Etiopía en el noreste de Africa. Su distribución a otras partes del mundo se le atribuye a la mano del hombre. Se asume que tiene alrededor de 5000 años como especie cultivada; además, se sabe que aproximadamente 700 años a.C. el sorgo crecía en los bancos del Río Tigris alrededor del Nínive, Asiria, en lo que hoy es Mosul, Turilia (Huckay, 1970).

En Estados Unidos de América (EUA) el cultivo del sorgo para jarabe o melaza y forraje, fue posterior a la introducción (desde China) del sorgo ámbar chino por intermedio de Francia en 1853, y de 15 variedades traídas en 1857 desde Sudáfrica por un productor inglés. Algunas de estas variedades dieron origen a las de sorgo dulce o azucarado, todavía muy apreciadas hasta hace pocos años (Robles, 1982).

La producción de sorgo granífero en EUA aumentó como consecuencia de la introducción de dos tipos de Durras traídos desde Egipto en 1874 y dos de Kafires proveniente de Sudáfrica en 1876 (Wall y Ross, 1975).

### Estadística

El cultivo del sorgo se introdujo a México en 1944 por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG); no obstante que

este cultivo es relativamente nuevo en el país, ha tenido una adaptabilidad buena y desarrollo adecuado, pues en 1983 se obtuvo el cuarto lugar mundial en producción con más de cinco millones de toneladas (SARH, 1985)

En México, la superficie destinada al cultivo de sorgo se ha incrementado en los últimos 25 años, ya que de 116,000 hectáreas sembradas en 1960 y con rendimientos de 1.8 ton/ha, se pasó a 1,600,000 hectáreas con un rendimiento unitario de 3.2 ton/ha en 1985. Este cultivo ocupa actualmente el tercer lugar en México en cuanto a superficie de siembra, después del maíz y el frijol; las entidades productivas más importantes por la superficie sembrada son: Tamaulipas, Guanajuato, Jalisco, Sinaloa, Michoacán y Nuevo León, las que en conjunto cubren el 85% de la producción nacional de sorgo (Swanson y Laude, 1951; BANAMEX, 1981)

#### Nomenclatura y clasificación

Robles (1982) menciona para el sorgo la clasificación taxonómica siguiente:

Reino . . . . .	Vegetal
División . . . . .	Tracheophyta
Subdivisión . . . . .	Pteropsidae
Clase . . . . .	Angiosperma
Subclase . . . . .	Monocotiledonea
Grupo . . . . .	Glumiflora

Orden	. . . . .	Graminales
Familia	. . . . .	Graminae
Subfamilia	. . . . .	Panicoideas
Tribu	. . . . .	Andropogonea
Género	. . . . .	<u>Sorghum</u>
Especie	. . . . .	<u>bicolor</u>

### Características botánicas

El sorgo presenta un hábito de crecimiento anual y un rango muy amplio en ciclo vegetativo, según las variedades y la región en general, habiendo variedades precoces, intermedias y tardías con un ciclo de 100, 120 y 140 días, respectivamente. Tiene un número cromosómico de  $2n=20$  (Robles, 1982) y presenta las características botánicas siguientes:

**Raíz:** Su sistema radical es fibroso con raíces adventicias emergiendo de los primeros tres nudos basales del tallo. La ramificación profunda y la distribución que presenta la raíz es una de las causas principales por la cual es bastante tolerante a la sequía (Robles, 1975).

**Tallo:** El tallo es erecto, sólido y alcanza alturas de 0.45 a 4.5 m; está dividido longitudinalmente por canutos cuyas uniones las forman los nudos y de los cuales emergen hojas y cada una está provista de una yema lateral (Robles, 1982).

En algunas variedades las yemas laterales generalmente

tienden a producir hijuelos, lo cual es indeseable. Un aumento en la distancia entre plantas o duración mayor del ciclo vegetativo determina una producción más alta de hijuelos. El número de hijuelos en el rebrote parece estar condicionado por factores ambientales (Schery, 1956).

**Hojas:** Las hojas son alternas, las vainas foliares largas, variable en tamaño. En condiciones adversas sufren un enrollamiento longitudinal que reduce el área expuesta a la acción del medio, permitiéndole controlar más efectivamente la evapotranspiración causada por el ambiente, además de poseer una capa externa cerosa (Villarreal, 1969).

**Inflorescencia:** La inflorescencia del sorgo se denomina con el nombre de panícula; puede ser compacta, abierta o semi-abierta. Las espiguillas son de dos clases, sésiles o pediceladas; éstas últimas pueden ser estaminadas o estériles. Cada panícula llega a tener hasta 6,000 espiguillas fértiles (Hughes, et al., 1982).

**Grano:** El grano del sorgo es esférico y oblongo, pequeño y el color puede ser blanco, rojo, amarillo y pardo, éstos últimos contienen una gran cantidad de taninos. La mayor parte del endospermo está compuesto de almidón, por lo cual es una semilla amilácea (García, 1971).

El grano de sorgo presenta diferencias de tamaño y densidad entre las variedades e híbridos existentes, variando de

26,000 a 66,000 granos por kilogramo (Robles, 1982).

### Condiciones ecológicas

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas por su tolerancia a la sequía; el sorgo es propio de cultivarse en las áreas donde la lluvia es insuficiente para el cultivo del maíz, como en aquellas que tengan una precipitación de 400 a 600 mm anuales (Wall y Ross, 1975).

Como es un cultivo que se siembra en diversos países del mundo, es una especie que se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas. Dado que es muy tolerante a la sequía se cultiva principalmente en las regiones pobres y semiáridas o en áreas grandes de temporal cuya explotación requiere forraje y grano (Nuñez, 1982).

La altitud donde puede cultivarse el sorgo satisfactoriamente va de 0 a 1500 msnm, pudiendo crecer desde los 45° latitud norte hasta los 35° latitud sur (Robles, 1982).

En cuanto a la temperatura, el sorgo exige que ésta no sea demasiado baja. Se tiene un crecimiento continuo con temperaturas que van de los 25° a los 35°C (Juscafresa, 1974).

La germinación puede tener lugar a partir de temperaturas ambientales superiores a los 7°C; sin embargo, se recomienda

sembrar hasta que las temperaturas sean de 20°C para obtener una germinación segura (Juscafresa, 1974).

### Usos del sorgo

En algunas partes de Africa, el endospermo del sorgo es utilizado para elaborar una excelente harina o para elaborar cerveza, haciéndose germinar primeramente para producir la malta (Dogget, et al., 1975).

En Estados Unidos y México este cereal es utilizado para la elaboración de alimentos concentrados en la alimentación pecuaria, como es el ganado para engorda, ganado lechero o para la nutrición de aves de corral o cerdos, ya que tiene un contenido alto de proteínas, vitaminas y minerales. Además, se ha empezado a industrializar, obteniéndose el almidón de sorgo que es utilizado como ingrediente de los lodos de perforación en los pozos petroleros (Hahn, 1975).

### La transpiración en la planta

La importancia ecológica del agua se debe a su importancia fisiológica. El único medio por el cual un factor ambiental, como el agua, puede afectar el crecimiento vegetal consiste en afectar los procesos fisiológicos y condiciones internas (Kramer, 1974).

Según Loomis, Miller y Thut, citados por Kramer (1974),

el crecimiento de las plantas está controlado por los coeficientes de división y ensanchamiento de las células y por el abastecimiento de los componentes orgánicos e inorgánicos necesarios para la síntesis del protoplasma y paredes celulares nuevas. El ensanchamiento de la célula depende especialmente de un grado mínimo de turgencia, y el alargamiento del tallo y la hoja es controlado o detenido por un déficit de agua.

Una parte de la superficie epidérmica de la hoja está constituida por un número grande de poros llamados estomas. Los estomas son los órganos principales de transpiración de la planta, el agua se pierde también en forma de vapor directamente a través de las superficies de las hojas y de los tallos herbáceos y por las lenticelas; éstas son pequeñas aberturas existentes en el tejido suberoso que recubre a los tallos, ramas y frutos. La segunda recibe el nombre de transpiración cuticular y la última de transpiración lenticular (Rojas, 1972; Kramer, 1974; Devlin, 1975).

La cantidad de agua perdida a través de la transpiración lenticular y cuticular es insignificante, en comparación con la cantidad de agua perdida en la transpiración estomática. Solamente en tiempos muy secos, cuando los estomas se encuentran cerrados, las pérdidas de agua lenticular y cuticular pueden alcanzar un nivel de importancia (Devlin, 1975).

Meyer, Anderson y Bohning (1970) observaron que el grosor de la capa de cutina varía con la especie vegetal y con las

condiciones ambientales en que se ha desarrollado la hoja. Por ejemplo, la capa de cutina es más gruesa en las hojas desarrolladas con luz abundante que en las hojas de la misma especie crecidas a la sombra. También encontraron que por la epidermis y capas cuticulares se producen pequeños intercambios de gases, además del de los estomas.

Gola, Negri y Cappalleti, citados por Salinas (1975), indican que los estomas están constituidos por células reniformes (células oculsivas) acopladas, simétricas respecto a su plano medial, no ajustadas, sino dejando entre ambas un ojal elíptico o alargado llamado aríolo; a través de esta abertura se produce el intercambio de gases.

El tamaño del poro estomático presenta variaciones grandes según la especie vegetal, no ocurriendo lo mismo en los estomas individuales de una misma planta. Estas aberturas, que parecen diminutas en relación con la escala humana de valores, son enormes si se les considera con el tamaño de las moléculas gaseosas que se difunden a través de ellas (Meyer, Anderson y Bohning, 1970).

Los estomas tienden a ser más pequeños y abundantes en las hojas que crecen a pleno sol y ámbitos secos, que en las hojas sombreadas y que viven en un ambiente húmedo (Kramer, 1974).

La reducción de la presión de turgencia de las células

estomáticas por disminución de volumen acuoso, produce un cierre parcial o completo. En consecuencia, éstos pueden cerrarse aún en condiciones favorables de luz y temperatura, en cualquier momento en que en la hoja se produzca un déficit hídrico interno considerable (Meyer, Anderson y Bohning, 1970).

### Tolerancia a la sequía

Esto puede definirse en términos generales, como la habilidad de las plantas a permanecer vivas bajo condiciones desfavorables de humedad durante alguna fase de su ciclo de vida y finalmente desarrollar y producir cosecha (Muñoz, 1975).

El término tolerancia es utilizado en lugar de resistencia para evitar confundir la sequía, que es un factor ambiental, con las reacciones de la planta ante la carencia de agua (déficit de agua), así también, describe con mayor precisión la respuesta de la planta a la sequía (Kramer y Kozlowski, 1979).

May y Miltrohophe, citados por Kramer (1980), consignan a la sequía como un evento meteorológico y ambiental, definido sin exactitud como la ausencia o falta de lluvias por un período de tiempo bastante largo, lo suficientemente grande para causar un déficit en la humedad del suelo y consecuentemente un daño en las plantas. La duración de tiempo sin lluvias para causar daño en las plantas depende de: a) la clase de planta, b) el retenimiento del agua por parte del sue-

lo, c) características del suelo cultivado y d) las condiciones atmosféricas que afectan las tasas de evaporación y transpiración.

Para Nuñez (1982), sequía agrícola es una deficiencia ambiental de agua que está determinada por dos factores primordiales, variaciones en el potencial hídrico ambiental y las variaciones en la duración de tales sucesos.

La tolerancia a la sequía en las plantas anuales es muy alta al inicio del desarrollo y va disminuyendo a medida que se van diferenciando los órganos reproductivos, hasta la ocurrencia de la floración, en cuya etapa la tolerancia es mínima. Esta tolerancia variable a través de las etapas del ciclo de vida de las plantas es denominada ontogénica (Muñoz, 1980).

Robins y Domingo (1953) comentan que una deficiencia de humedad del suelo en un experimento realizado en maíz, en ciertos estados de desarrollo, causaron abatimiento en la producción de grano; tales déficits de humedad en el período anterior a la floración y en la floración redujeron el rendimiento del grano en 22% y 50%, respectivamente.

En un experimento realizado en maíz, aplicando el sistema riego-sequía, se eligieron tanto una variedad obtenida bajo condiciones de riego, como otra obtenida bajo sequía. Al estudiarse la fotosíntesis y la transpiración en relación al potencial hídrico de las hojas y a la apertura estomática, se encon

tró que la selección de sequía cerró sus estomas con mayor fa  
cilidad que la de riego, lo que le permite administrar mejor  
su agua; al mismo tiempo, con este proceso de cierre estomáti  
co se aumenta la eficiencia del uso del agua, es decir, se au  
mentan los miligramos de  $CO_2$  fotosintetizados por cada gramo  
de agua transpirada. De aquí surge el término de hipersensibil  
idad estomática (habilidad para cerrar los estomas con mayor  
facilidad) (Palacios, 1978).

La tolerancia a la sequía está determinada por el poten  
cial genético promedio de una variedad y por su interacción  
con las variaciones de la sequía (Muñoz, 1980).

Durante el día, la alta tasa de transpiración produce un  
déficit de agua debido a que la tasa de absorción permanece  
relativamente constante. Este es un tipo de déficit temporal,  
ya que al reducirse la transpiración la planta vuelve a su es  
tado hídrico normal. Otras causas del déficit temporal que se  
pueden observar son: competencia entre órganos, edad de la  
planta y el efecto estacional que se presenta en determinadas  
épocas (Beeg y Turner, 1976).

Slayer (citado por Castillo, 1980), afirma que mientras  
no se cause la muerte del meristemo, no hay modificaciones de  
importancia provocadas por sequía durante el período de creci  
miento vegetativo, pues en cebada sólo se retrazó la diferenci  
ación y no obstante, el número de hojas fue igual al testigo;  
en tanto que en sorgo, con tratamiento similar, se sus-

pendió totalmente la diferenciación floral con la diferencia de que el crecimiento del cultivo se alargó diez días, mas no se presentó diferencia para el tamaño de la panoja ni para el rendimiento respecto al testigo.

Muñoz (1980) evaluó selecciones de maíz hechas en invernadero para tolerancia a marchitez permanente en comparación con los compuestos originales. Las evaluaciones las realizó bajo condiciones de campo siguiendo el esquema riego-sequía, encontrando que la floración se retrasa por efecto de la sequía y que los sintéticos seleccionados muestran mayor recuperación después de la sequía que las variedades originales.

Blum (1976) afirma que la acumulación de prolina libre en las hojas de plantas de sorgo de grano bajo deficiencia de humedad, está asociada positivamente con la recuperación de las plantas después que la deficiencia de agua termina; la prolina sirve como una fuente de energía respiratoria al recuperarse la planta.

Miller (1916), al comparar al maíz y al sorgo, encontró que el maíz tiene el doble del área foliar expuesta que el sorgo y un sistema radical la mitad de eficiente para absorber agua del suelo, juzgado por el número de raíces secundarias.

Blum (1970) encontró que los estomas del maíz son mas sensibles que los del sorgo al decrecimiento del potencial hídrico del suelo. El sorgo, al parecer, posee una habilidad para

mantener una condición relativamente alta de agua en las hojas y una tasa de transpiración superior, al incrementarse la tensión hídrica, en comparación con el maíz.

Beardsell y Cohen (1975) mencionan que bajo sequía el nivel de ácido abscísico se incrementa, encontrando que este aumento influye en el cierre estomático; dicho nivel continuó aumentando aún después de que ocurrió el cierre de los estomas, tanto en maíz como en sorgo. Los efectos posteriores a la sequía difirieron en las dos grandes especies; en sorgo los niveles normales de ácido abscísico y de resistencia estomática se recobraron dentro de las 24 horas siguientes después del suministro de agua; en maíz ocurrió lo mismo después de 48 horas; la función de los estomas dañados parece que no estuvo relacionada con los niveles residuales de ácido abscísico después de la tensión.

Efectos fisiológicos principales de la sequía en las plantas

Núñez (1976) señala que los efectos fisiológicos principales de la sequía en las plantas son:

- a) Los estomas pueden morir parcialmente o perder sus funciones por efecto de la sequía.
- b) Las células estomáticas disminuyen su apertura ocasionando una reducción en la penetración de  $CO_2$  y en la capacidad de difusión del estoma, por lo tanto se reduce la actividad fotosintética de la planta.

- c) Hay especies que con una pérdida de humedad del 2 al 3% descomponen todo su almidón, en especies tolerantes a la sequía el fenómeno puede ocurrir bajo pérdidas del 50 al 60% de humedad.
- d) Las hojas marchitas respiran 62% más rápido que las túrgidas. Se ha demostrado también que la oxidasa del ácido ascórbico, la catalasa, la peroxidasa y otras enzimas son más activas.
- e) Tanto por la descomposición de los polisacáridos como por la pérdida de agua, la presión osmótica aumenta. Este fenómeno puede favorecer la mejor provisión de agua en donde hay deficiencias.
- f) La deshidratación protoplásmica puede alterar la actividad fisiológica, principalmente por provocar cambios en la configuración de las proteínas. El efecto de los diferentes grados de hidratación protoplásmica sobre la actividad fisiológica, es particularmente notable en la semilla.
- g) Bajo condiciones de sequía, la síntesis de proteínas disminuye y la descomposición de las existentes aumenta.
- h) Los efectos de la sequía sobre el rendimiento varían de acuerdo con la etapa de desarrollo en que ésta se presente.

Mendoza y Ortiz (1972) indican que no solamente debe tomarse en cuenta el rendimiento económico por unidad de super-

ficie como índice para seleccionar el material sobresaliente de los programas de mejoramiento, sino que es necesario considerar el fenotipo de la planta, es decir, desarrollo vegetativo, precocidad, relaciones de peso seco, respuestas a los distintos ambientes, etc., y criterios de eficiencia en los procesos fisiológicos de la planta para lograr la producción de grano.

Fisher y Kertesr (1976) trabajando con trigo de primavera concluyeron que el índice de cosecha obtenido en plantas aisladas es un buen indicador para predecir el rendimiento económico, cuando el cultivo está sembrado en parcelas tradicionales.

Sims (1963) encuentra que el aumento en el rendimiento de grano que se obtuvo en avena sembrada en Australia se debe al incremento en el índice de cosecha, sin que se realicen incrementos significativos en la materia seca total producida.

Syme (1970) encontró que el rendimiento de grano en trigo correlacionó positivamente con índice de cosecha, número de granos por espiga y peso de paja; no encontró correlación entre peso de 1000 granos y longitud de tallo con rendimiento.

#### Tensión hídrica en la planta

Kramer (1980) define este término como un déficit que se genera a consecuencia de un exceso de transpiración que sobrepasa la velocidad de absorción y agota el agua de los tejidos

que circundan el xilema.

La mayoría de los autores señalan que existen diferencias entre los conceptos de tensión hídrica y sequía, debido a que el primero se refiere al déficit de agua en la planta causada por la velocidad excesiva de la transpiración, la cual sobrepasa a la absorción, mientras que el segundo término se refiere a un déficit de humedad en el suelo. Se puede reconocer a la tensión como un efecto primario de la sequía.

Las principales causas que provocan este fenómeno son: transpiración excesiva o porque la absorción del agua es inhibida por el suelo frío, por un exceso de sales en la solución del suelo, por una falta en la aireación del suelo o por daños en el sistema radical (Kramer, 1980).

Las hojas son indicadores muy sensibles de la tensión de agua; su estado hídrico es temendamente dinámico, variando con la edad, hora del día, ángulo de exposición y su localización en la planta. Es por ello que la expresión del estado hídrico de la planta se vuelve un proceso sumamente complejo (Kramer y Kozlowski, 1979).

Efectos del déficit de agua en la planta

Los déficits de agua afectan cada aspecto del crecimiento modificando la anatomía, fisiología y bioquímica de la planta. El efecto depende del grado y duración de la tensión hídrica

así como del estado fenológico de la planta (Kramer y Kozlowski, 1979).

- a) Efectos sobre el crecimiento. Se considera que el crecimiento está directamente relacionado con la disponibilidad de agua. El alargamiento celular se reduce considerablemente por la tensión de agua y esto se debe a que se necesita una turgencia mínima para que haya expansión celular (Hsiao, 1973).

Vinall y Reed (1918) indican que las condiciones adversas de humedad afectan características agronómicas como el número de hojas y la tasa de crecimiento.

McCree (1974) comenta que una deficiencia de humedad afecta el crecimiento de una planta por dos causas: por la pérdida de turgor de las hojas y por el decrecimiento de la fotosíntesis, ambos influenciados por el cierre estomático.

- b) Efectos sobre la productividad o rendimiento de la planta. Los procesos fisiológicos principales que contribuyen a la formación del grano en los cultivos son: la fotosíntesis y traslocación de fotosintatos al grano, la división y alargamiento celular y la acumulación y transporte de elementos nutritivos para su almacenamiento en el grano o su metabolismo. Estos procesos deben ocurrir en los estadios apropiados y consecuentemente, la contribución de cada uno es importante (Boyer y McPherson, 1975).

Medina (1978) estudió la resistencia a sequía en arroz y trigo bajo el esquema riego-sequía; este autor concluye que en ambos cultivos la sequía abatí el rendimiento según la etapa de desarrollo en que se encuentren, que hay variación en la respuesta bajo sequía entre genotipos y que la mayor parte de las características estudiadas presentaron reducción en su expresión por efecto de sequía.

Wong (1979) al trabajar con el esquema riego-sequía en sorgo, observó que la etapa de desarrollo de floración se vió adelantada por la influencia de la sequía y que el rendimiento económico y biológico fueron los más afectados por ella en el orden del 20%.

#### Mecanismos de adaptación a la tensión hídrica

La capacidad de adaptación de una planta a la tensión de agua, depende de poseer una serie de características que en alguna forma minimizan el daño de la sequía, algunas de estas características son la reducción del área foliar, el gran desarrollo radical, la presencia de cera que limita la transpiración y por lo tanto la pérdida excesiva de agua, etc. (Kramer, 1980).

Las adaptaciones que han desarrollado las plantas para enfrentarse a la sequía se pueden agrupar en dos tipos principales; el primero incluye a todas aquellas adaptaciones que se presentan en las plantas que se desarrollan en las zonas ári-

das (xerófitas), tales como una cutícula gruesa, determinados tipos de sistema radical, modificaciones en las hojas, tolerancia a la deshidratación, etc. El otro tipo de adaptaciones frecuentemente no se manifiesta a menos que la planta que de expuesta a determinadas condiciones de sequía, este tipo de adaptaciones depende de la plasticidad que se tenga para tales características (Kramer, 1980).

Se considera que el sorgo es más tolerante a la sequía que otros cultivos, debido principalmente a que tiene un sistema radical más desarrollado, un control de la transpiración mas eficiente, una reducción menor de la turgencia de las hojas, habilidad mayor para mantener una condición relativamente alta de agua en las hojas y un poder mayor de recuperación.

De acuerdo con la literatura revisada, cabe concluir que una deficiencia de humedad en el suelo en los períodos vegetativos de floración o de llenado de grano de las plantas ocasiona abatimientos en la producción de grano. La sequía afecta también otras características agronómicas como producción de materia seca, número de hojas, altura de planta, etc. También se encuentra que en la mayoría de los casos la floración se retrasa por efecto de la sequía.

## MATERIALES Y METODOS

### Aspectos generales

#### Ubicación del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), localizado en el municipio de Marín, N.L. Su ubicación geográfica corresponde a los 25° 53' Latitud Norte y 100° 03' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, teniendo una altura sobre el nivel del mar de 367 m.

#### Clima de la región

El clima de la región, según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973) es del tipo semiárido BS<sub>1</sub>(h')hx'(e') con temperaturas medias anuales de 22°C; en los meses más fríos (Diciembre y Enero) éstas son inferiores a los 18°C, siendo en ocasiones extremosas, ya que entre el día y la noche puede oscilar hasta 14°C; las temperaturas más altas se presentan en los meses de Julio y Agosto, siendo éstas mayores de 28°C.

La precipitación promedio anual es de 500 mm, donde la mayor parte se distribuye entre los meses de Agosto a Octubre; el resto ocurre en forma eventual durante los otros meses. Las heladas se presentan desde el mes de Noviembre hasta el mes de Marzo, siendo éstas de tres a cuatro en promedio, registrándo-

se las más severas en el mes de Enero. Las granizadas ocurren con una intensidad promedio de un día al año, siendo generalmente en la época de lluvias. La nubosidad se presenta en promedio de 90 a 110 días al año, principalmente en los meses de mayor precipitación pluvial (García, 1973).

El suelo predominante del área es del tipo arcilloso, de color café amarillento con un contenido de materia orgánica pobre y un pH de 7.8, considerado medianamente alcalino.

Los datos de temperatura (Cuadro 1), humedad relativa y precipitación (Cuadro 2) que prevalecieron durante el desarrollo del experimento se presentan a continuación, los cuales fueron obtenidos en la Estación Climatológica de la Facultad en Marín, N.L.

Cuadro 1. Temperaturas medias (máxima, mínima y mensual) durante el desarrollo del experimento. Marín, N.L. 1986.

Mes	Temperaturas medias (°C)		
	Máxima	Mínima	Mensual
Abril	32.0	19.0	25.5
Mayo	32.2	20.0	26.1
Junio	31.9	22.3	27.1
Julio	34.5	23.5	29.0

Cuadro 2. Humedad relativa promedio y precipitación mensual durante el desarrollo del experimento. Marín, N.L. 1986.

Mes	H.R. (%)	Precipitación (mm)
Abril	69.0	23.9
Mayo	72.0	106.5
Junio	79.5	151.7
Julio	67.0	35.7

### Materiales

#### Material no genético

Dentro del material no genético utilizado en el experimento se pueden mencionar los implementos necesarios para la preparación del terreno, como lo son: tractor, arado, rastra y bordeador, además de los necesarios para la medición del terreno y trazo de las parcelas.

Otros materiales de importancia fueron: un rollo de polietileno negro de 2.5 m de ancho por 100 m de largo, barrena para muestreos de humedad (Beymeyer), pegamento, geotermómetro, mochilas aspersoras, insecticidas y balanza.

#### Material genético

Para el presente trabajo se utilizaron tres genotipos de

sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) denominados Líneas Experimentales de Sorgo (LES), las cuales fueron proporcionadas por el Programa de Sorgo del Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo; dichos genotipos han sido desarrollados y evaluados en la FAUANL. También se incluyó un híbrido comercial (RB-3030) y una línea "glossy" (lustroso) introducida del ICRISAT<sup>1/</sup>, la cual fue eliminada al resultar fotosensible.

A continuación se citan las características más relevantes de los cuatro genotipos utilizados:

LES 88-R. Presenta 60 días a floración y 96 días a madurez fisiológica, longitud de panoja de 18 cm, longitud de excursión de 14 cm, altura de planta de 82 cm, grano color rojo, gluma negra y panoja con ramificaciones primarias dobladas y semilibres.

LES 30-R. Posee una altura de planta promedio de 145 cm, 69 días a floración, longitud de excursión de 31 cm, longitud de panoja de 23 cm, 107 días a madurez fisiológica, grano y gluma color blancos y una panoja con ramificaciones primarias erectas y semilibres.

LES 11-R. Tiene una altura promedio de 95 cm, 70 días a floración y 98 días a madurez fisiológica, longitud de excursión de 10 cm, longitud de panoja de 21 cm, grano color oro y una panoja con ramificaciones primarias erectas y cerradas.

<sup>1/</sup> International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

RB-3030. Posee una altura promedio de 110 cm, 64 días a flora ción y 100 días a madurez fisiológica, longitud de panoja de 28 cm, longitud de excursión de 15 cm, color de grano y gluma rojos y panoja con ramificaciones primarias dobladas y semilibres.

## Métodos

### Tratamientos

Inicialmente los genotipos a estudiar se establecieron ba jo tres condiciones de humedad por separado: sequía, temporal y riego, sin embargo, esta última fue eliminada ya que las llu vias que se presentaron durante el desarrollo del experimento en el campo (Cuadro 2) impidieron efectuar el primero y segun do riego de auxilio al cultivo; por lo tanto, las repeticiones correspondientes a esta condición fueron anexadas a las de tem poral quedando ésta con un total de seis repeticiones y la con dición de sequía con las tres repeticiones originales.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar en cada condición de humedad por separado, realizándose posteriormente un análi sis combinado para observar el efecto en forma conjunta (la in teracción) de los genotipos con las condiciones de humedad es tablecidas.

De acuerdo con Cochran y Cox (1980) el modelo estadístico

para el diseño de bloques al azar en el primer análisis es el siguiente:

$$Y_{ij} = M + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = es la variable en estudio.

$M$  = es la media general.

$\tau_i$  = es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (genotipos).

$\beta_j$  = es el efecto de  $j$ -ésimo bloque o repetición.

$\epsilon_{ij}$  = es el error experimental.

El modelo estadístico utilizado en el análisis combinado es el siguiente:

$$X_{ij} = M + \pi_i + \tau_j + \mu_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

donde:  $X_{ij}$  = es la media observada por el  $j$ -ésimo tratamiento de la  $i$ -ésima condición de humedad.

$M$  = es la media general.

$\pi_i, \tau_j$  = representa los efectos de la condición de humedad y el tratamiento, respectivamente.

$\mu_{ij}$  = es la interacción de los factores en estudio (condiciones de humedad X genotipos)

$\bar{\epsilon}_{ij}$  = es el error experimental combinado.

### Métodos de campo

El presente trabajo de tesis se realizó en el ciclo temprano de 1986, el cual tuvo una duración aproximada de cuatro meses, de la fecha de siembra a la cosecha. La razón por la

cual se seleccionó este ciclo se debe a que en él es donde se acondiciona mejor el desarrollo del sorgo en la región, además de ser en esta época del año en la que se presenta el número menor de precipitaciones.

El trabajo de campo se inició con la preparación del terreno, la que consistió primeramente en la roturación del suelo con una anticipación de 20 días a la siembra, durante ese período se dieron además dos pasos de fastra con el fin de tener las condiciones óptimas en la cama de siembra. Posteriormente se procedió a hacer el surcado a un espaciamiento de 0.80 m entre surcos. Finalmente se formaron las regaderas para dar el riego de siembra, el cual se realizó los días 25 y 26 de Marzo de 1986.

Cada parcela o unidad experimental fue formada por cuatro surcos de 5 m de longitud y una separación de 0.80 m entre ellos, considerando como parcela útil los dos surcos centrales, eliminando además 1.m de cada extremo de las parcelas para reducir el efecto de orilla.

Para asegurar la humedad suficiente en el suelo para la germinación de las semillas en ambas condiciones de humedad (sequía y temporal), el riego de siembra aplicado fue de una lámina de agua de 15 cm, realizando la siembra siete días después de dar punto la tierra.

Con la finalidad de evitar la filtración de agua al suelo

al presentarse precipitaciones durante el desarrollo del experimento en el campo, para la condición de sequía se procedió a cubrir con polietileno las parcelas correspondientes, permaneciendo así desde la siembra hasta el final de la cosecha.

El polietileno fue colocado antes de la siembra y al nivel del suelo, tirándose tierra en la parte baja del surco para evitar el movimiento del plástico provocado por el viento. Se utilizaron pedazos dobles de 2.5 m de ancho por 5 m de largo, los cuales fueron unidos con pegamento.

La siembra se realizó durante los días 2 y 3 de Abril de 1986, la cual fue de por sí una siembra tardía y fuera del período normal, lo que se debió a la no oportuna preparación del terreno.

Para las condiciones tanto de temporal, como para la que inicialmente fue riego, la semilla se tiró a chorrillo y a una profundidad de 5 cm, utilizándose el tiro animal para abrir los surcos y azadones para tapar la semilla.

Para la siembra en la condición de sequía fue necesario utilizar varas de madera de 2 cm de diámetro, las cuales sirvieron para perforar el polietileno colocado sobre el surco. Las perforaciones se hicieron en el lomo del surco a una distancia de 10 cm una de otra y a una profundidad de 5 cm cada una de ellas, colocándose de dos a tres semillas por punto de siembra, siendo posteriormente tapadas con tierra húmeda.

Las labores culturales se realizaron durante el desarrollo del experimento según como se fueron requiriendo.

- a) **Deshierbe:** Se efectuaron con azadón y a mano, uno a los 30 días de establecido el cultivo y otros dos a los 40 y 50 días respectivamente.
- b) **Aporque:** El aporque se realizó con azadón a los 30 días de establecido el cultivo en las parcelas sometidas tanto a la condición de riego (después consideradas como temporal) como a las de temporal, esto para evitar el acame de las plantas por el viento y las lluvias.
- En las parcelas establecidas bajo la condición de sequía fue necesario trasladar tierra a las mismas utilizando carretillas y aplicar dicha tierra con palas en la parte basal de las plantas.
- c) **Aclareo:** Se realizó un aclareo cuando el cultivo se encontraba en estado de plántula, dejándose una planta por cada 10 cm de distancia igualando así las densidades de población de los tratamientos.
- d) **Control de plagas:** Los insectos plaga en los que se requirió control químico fueron: gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) y Limothrips cerealium (trips), durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, además se presentó un ataque ligero de mosquita de panoja (Contarinia sorghicola) durante la floración.

Las aplicaciones para el control de plagas hechas al cultivo durante su desarrollo, así como también la dosis y producto aplicado se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Aplicación de insecticidas al cultivo durante su desarrollo. Marín, N.L. 1986.

Fecha de aplicación	Producto	Plaga	Dosis
10 de Abril	Malathión	Pulgón y trips	1.5 lt/ha
21 de Abril	Folimat	Cogollero	1.0 lt/ha
15 de Mayo	Badecitrina	Mosquita	1.0 lt/ha
4 de Junio	Diazinón	Mosquita	1.0 lt/ha
13 de Junio	Diazinón	Mosquita	1.0 lt/ha
16 de Junio	Diazinón	Mosquita	1.0 lt/ha
23 de Junio	Diazinón	Mosquita	1.0 lt/ha

#### Toma de datos

Para poder establecer las diferencias en el desarrollo de los distintos genotipos estudiados, así como la tolerancia o susceptibilidad de los mismos a las condiciones de humedad a que fueron expuestos, en el transcurso del experimento se midieron características morfológicas y fisiológicas del cultivo, sobre cuyo análisis se obtendrían los resultados del experimento y la comprobación de las hipótesis de trabajo sobre las que se efectuó la investigación. Las características medidas fueron las siguientes:

- a) Rendimiento por parcela (g). Este carácter es sin duda uno de los mas importantes para evaluar los materiales. El procedimiento para medirlo fue el considerar sólo a las plantas establecidas dentro de la parcela útil. Después de trillar cada parcela, se procedió a pesar el grano obtenido. Se tomó en cuenta la cantidad de plantas cosechadas y el porciento de humedad del grano.
- b) Altura de planta (cm). Esta característica se midió en un tamaño de muestra de 10 plantas con competencia completa elegidas al azar dentro de parcela útil. Se consideró a esta variable como la distancia que hay entre el cuello o primer nudo basal de la planta hasta el ápice de la panoja.
- c) Longitud de panoja (cm). Esta variable fue medida en las mismas plantas de la muestra anterior, considerándola como la longitud existente desde la base (inicio de las ramificaciones) hasta el ápice de la panoja.
- ch) Longitud de excursión (cm). En base a la muestra ya definida se obtuvieron las mediciones individuales de la excursión, siendo ésta la distancia existente desde la hoja bandera a la base de la panoja.
- d) Peso de 100 semillas (g). El peso promedio de las semillas se determinó mediante el conteo de 100 semillas por parcela pesándose las mismas cuando éstas alcanzaron el 12% de humedad (mediante el secado en estufa).
- e) Volumen de 100 semillas (ml). Para la determinación de esta variable se utilizó una probeta de 50 ml, en la cual se vir

tió un volumen de agua conocido y en ella se vaciaron las 100 semillas. El volumen de agua desplazada se midió y la diferencia entre ambas medidas fue considerado como el volumen de 100 semillas.

- f) Densidad del grano ( $\text{g/cm}^3$ ). Posteriormente al pesado y de hacer el ajuste del rendimiento al 12% de humedad, se procedió a calcular la densidad del grano (peso del grano/volumen de agua desplazada) auxiliándose de las dos variables anteriores (d y e).
- g) Días a floración. Se contaron los días transcurridos desde la fecha de siembra, hasta cuando el 50% de las plantas de la parcela útil tuvieron el 50% de la panoja en antesis.
- h) Días a madurez fisiológica. Se cuantificaron los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta cuando el 50% de las plantas de la parcela útil presentaron en el 50% de la panoja un punto negro en los granos que la forman.
- i) Rendimiento biológico (g). Para la determinación de este carácter se colocó una muestra de cinco plantas por parcela útil en el cuarto de secado, a una temperatura de 70°C por un período de cinco días, realizándose posteriormente el pesado de dicha muestra (sólo el follaje), obteniendo finalmente el promedio de las cinco plantas.
- j) Rendimiento económico (g). Se utilizó el mismo procedimiento que en la variable anterior y con la misma muestra de plantas, pero aquí sólo se tomó el peso del grano de la muestra y al igual que en la anterior, se promedió dicho pe

so.

- k) Area foliar de la hoja bandera (cm<sup>2</sup>). Para la determinación de esta variable se tomó un tamaño de muestra de 10 plantas por parcela útil, midiendo el largo y ancho de la hoja bandera de cada una de las plantas, posteriormente se calculó el promedio de las mediciones obtenidas para cada parcela. El área foliar se calculó mediante la fórmula:

Largo de hoja bandera X ancho de hoja bandera X 0.75.

- l) Índice de cosecha. El índice de cosecha está definido como la relación del peso seco del grano (rendimiento económico) sobre el peso seco del follaje (rendimiento biológico). Se utilizó la ecuación siguiente:

$$I.C. = \frac{\text{rendimiento económico}}{\text{rendimiento biológico}}$$

- ll) Hojas por planta. Se cuantificó el número de hojas por planta en un tamaño de muestra de 10 plantas por parcela, tomándose el promedio de estas muestras como valor para esta variable.
- m) Período de llenado y maduración de grano (días). Se consideró esta variable como los días transcurridos desde el inicio de la floración a la madurez fisiológica del cultivo.
- n) Rendimiento individual (g). Para la determinación de este carácter se obtuvo primero el rendimiento por parcela, el cual fué dividido entre el número de plantas del que se obtuvo dicho rendimiento.

## Muestreos de humedad y temperatura del suelo

Se tomaron muestras del suelo para determinar el contenido de humedad presente en las condiciones de sequía y temporal; dichas muestras fueron tomadas a nivel de suelo (0-30 cm) y subsuelo (30-60 cm). El contenido de humedad de las muestras se determinó mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de H}^{\circ} = \frac{\text{P.S.H.} - \text{P.S.S.}}{\text{P.S.S.}} \times 100$$

donde:      % de H<sup>o</sup> = Porcentaje de humedad del suelo.

    P.S.H. = Peso del suelo húmedo.

    P.S.S. = Peso del suelo seco.

En la Figura 1 del Apéndice se presentan las curvas del contenido de humedad del suelo y subsuelo en base a las muestras tomadas, tanto en sequía, como en temporal.

Se tomó además, la temperatura del suelo en las condiciones de humedad establecidas. Las lecturas fueron obtenidas con la ayuda de un geotermómetro. La finalidad de esta práctica fue la de observar la influencia que tiene el polietileno sobre el incremento en la temperatura del suelo en la condición de sequía, respecto a la de temporal.

En el Cuadro 1 del Apéndice se consignan los datos de temperatura del suelo obtenidos.

## Análisis estadístico

El análisis estadístico de los factores y variables en estudio se realizó por medio de computadora, utilizando el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) en el Centro de Informática de la FAUANL. Para la comparación de medias de las variables con respuesta significativa se empleó el método de Tukey.

Se realizó el análisis de varianza de cada una de las variables en estudio, para determinar su grado de significancia o efecto en el experimento realizado.

Se efectuó un ajuste por covarianza sobre las variables rendimiento por parcela (variable dependiente) y la cantidad de plantas por parcela (variable independiente) de la cual se obtuvo el rendimiento, debido a la variación simultánea entre estas dos variables.

En el Cuadro 2 del Apéndice se presenta el número de plantas y porcentaje de fallas por parcela obtenidos bajo la condición de sequía (polietileno), en un conteo realizado 15 días después de establecido el cultivo. En temporal se obtuvo una emergencia del 100% en las parcelas.

## RESULTADOS

### Sequía

En el Cuadro 4 se presenta la concentración de los cuadros medios de tratamientos y del error de los análisis de varianza realizados a las variables consideradas bajo la condición de sequía.

Las variables que presentaron respuesta significativa a los tratamientos fueron: altura de planta, longitud de excersión, área foliar, días a floración, días a madurez fisiológica, rendimiento económico, hojas por planta, período de llenado y maduración de grano e índice de cosecha.

Para cada variable que resultó significativa en esta condición de humedad, se procedió a realizar la comparación de medias utilizando la prueba de rango múltiple de Tukey (Cuadro 5). Los resultados obtenidos en las comparaciones fueron los siguientes:

Altura de planta. El genotipo LES 30-R presentó una altura mayor con respecto a los demás, siendo estadísticamente superior y diferente con un promedio de 139.70 cm.

Longitud de excersión. Para esta variable el genotipo LES 30-R fue el que presentó mayor longitud de excersión, siendo estadísticamente superior y diferente a los demás genotipos con un promedio de 31.10 cm.

Cuadro 4. Concentración de los cuadrados medios de tratamientos y del error de los análisis de varianza de las variables consideradas. Condición de sequía. Marín, N.L. 1986.

	Altura pl. (cm)	Log. de excesión (cm)	Long. de panoja (cm)	Area foliar de hoja ban- dera (cm <sup>2</sup> )	Floración (días)	Madurez fisiol. (días)	Rendimiento por parcela (g)
COV							1010340.87 **
CMT	2048.01 **	506.39 **	74.95 NS	2092.06 **	46.31 **	114.75 **	16006.73 NS
CME	59.85	3.36	23.05	179.24	0.14	2.67	35285.25
$\bar{X}$ G	101.32	11.88	23.09	140.50	60.25	86.42	544.15
CV (%)	7.63	15.43	20.78	9.52	0.52	1.90	34.52

	Densidad de grano (g/cm <sup>3</sup> )	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (g)	Hojas por planta	Período de llenado y madu- ración de grano (días)	Rendimiento individual (g)	Índice de cosecha
CMT	0.011 NS	5717.57 NS	7292.97 *	16.246 **	24.55 **	74.5 NS	0.065 *
CME	0.009	2213.47	1131.47	0.40	2.31	100.12	0.005
$\bar{X}$ G	1.29	164.33	89.58	10.25	26.17	24.20	0.35
CV (%)	7.35	28.62	37.55	6.17	5.80	41.34	20.20

\* Significativa

\*\* Altamente significativa

NS No significativa

Cuadro 5. Concentración de medias de las variables consideradas y comparación estadística de las que resultaron significativas en el ANVA. Condición de sequía. Marín, N.L. 1986.

Genotipo	Altura pl. (cm)	Long. de excersión (cm)	Long. de panoja (cm)	Area foliar de hoja bandera (cm <sup>2</sup> )	Floración (días)	Madurez fisiol. (días)	Rendimiento por parcela (g)
LES 88-R	82.07 (b)	3.57 (b)	23.80	165.70 (a)	56.00 (d)	79.67 (b)	553.00
LES 30-R	139.70 (a)	31.10 (a)	21.33	154.43 (a)	61.67 (b)	91.67 (a)	255.73
LES 11-R	95.00 (b)	4.37 (b)	17.67	105.17 (b)	65.00 (a)	91.67 (a)	1023.67
RB-3030	88.50 (b)	8.50 (b)	29.57	136.70 (a,b)	58.33 (c)	82.67 (b)	344.23
DMSH (0.05)=	21.88	5.49		37.87	1.05	4.62	

Genotipo	Densidad de grano (g/cm <sup>3</sup> )	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (g)	Hojas por planta	Período de lle- nado y madura- ción de grano (días)	Rendimiento individual (g)	Índice de cosecha
LES 88-R	1.30	109.00	66.33 (a,b)	8.60 (c)	23.67 (b)	29.33	0.36 (a)
LES 30-R	1.37	214.67	35.67 (b)	10.37 (b)	30.00 (a)	17.48	0.14 (b)
LES 11-R	1.22	210.33	149.00 (a)	13.50 (a)	26.67 (a,b)	24.01	0.40 (a)
RB-3030	1.27	123.33	107.33 (a,b)	8.53 (c)	24.33 (b)	25.93	0.49 (a)
DMSH (0.05)=			95.16	1.76	4.29		0.20

Area foliar de la hoja bandera. En esta variable el genotipo LES 88-R presentó el valor más alto con un promedio de 165.70 cm<sup>2</sup>, pero estadísticamente igual a los genotipos LES 30-R y RB-3030 con 154.43 y 136.70 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Días a floración. El genotipo LES 11-R presentó una floración más tardía con un promedio de 65.00 días a floración, mientras que el genotipo LES 88-R tuvo una floración más temprana con promedio de 56.00 días.

Días a madurez fisiológica. Los genotipos LES 30-R y LES 11-R presentaron una maduración más tardía con un promedio de 91.67 días para ambos, mientras que el LES 88-R presentó la maduración más temprana con un promedio de 79.67 días.

Rendimiento económico. El genotipo LES 11-R presentó el valor mayor con un promedio de 149.00 g, siendo estadísticamente igual a los genotipos RB-3030 y LES 88-R con promedios de 107.33 y 66.33 g, respectivamente.

Hojas por planta. El genotipo LES 11-R presentó el mayor número de hojas por planta con un promedio de 13.50, mientras que el híbrido comercial RB-3030 presentó el valor más bajo con promedio de 8.53 hojas por planta.

Período de llenado y maduración de grano. El genotipo LES 30-R presentó el mayor período de maduración con un promedio de 30.00 días, siendo estadísticamente igual al genotipo

LES 11-R con un promedio de 26.67 días.

Índice de cosecha. Para esta variable, el híbrido comercial RB-3030 presentó el mayor valor con un promedio de 0.49, siendo estadísticamente igual los genotipos LES 11-R y LES 88-R con valores de 0.40 y 0.36 respectivamente.

### Temporal

En el Cuadro 6 se presenta la concentración de los cuadros medios de tratamientos y del error de los análisis de varianza realizados a las variables consideradas bajo la condición de temporal.

Las variables que presentaron respuesta significativa a los tratamientos fueron: altura de planta, longitud de excresión, longitud de panoja, área foliar, días a floración, días a madurez fisiológica, rendimiento por parcela, hojas por planta, período de llenado y maduración de grano y rendimiento individual.

Para cada variable que resultó significativa en esta condición de humedad se procedió a realizar la comparación de medias utilizando la prueba de rango múltiple de Tukey (Cuadro 7). Los resultados obtenidos en dichas comparaciones fueron los siguientes:

Altura de planta. El genotipo LES 30-R presentó una altu-

Cuadro 6. Concentración de los cuadrados medios de tratamientos y del error de los análisis de varianza de las variables consideradas. Condición de temporal. Marín, N.L. 1986.

	Altura pl. (cm)	Long. de excursión (cm)	Long. de panoja (cm)	Area foliar de hoja ban- dera (cm <sup>2</sup> )	Floración (días)	Madurez fisiol. (días)	Rendimiento por parcela (g)
COV							483629.78 **
CMT	4177.56 **	535.05 **	80.18 **	3653.08 **	94.37 **	151.44 **	92176.28 **
CME	18.08	3.87	6.06	480.19	0.27	3.08	12973.26
$\bar{X}$ G	107.22	17.18	23.25	139.96	66.63	99.83	686.56
CV (%)	3.96	11.45	10.58	15.65	0.78	1.75	16.58

	Densidad de grano (g/cm <sup>3</sup> )	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (g)	Hojas por planta	Período de lle- nado y madura- ción de grano (días)	Rendimiento individual (g)	Índice de cosecha
CMT	0.014 NS	6047.15 NS	1988.94 NS	13.98 **	119.48 **	274.54 **	0.013 NS
CME	0.011	8334.12	1144.48	0.39	2.72	33.90	0.012
$\bar{X}$ G	1.22	231.29	155.75	9.81	33.21	31.13	0.42
CV (%)	8.66	39.47	21.72	6.36	4.96	18.70	26.08

\* Significativa

\*\* Altamente significativa

NS No significativa

Cuadro 7. Concentración de las medias de las variables consideradas y comparación estadística de las que resultaron significativas en el ANVA. Condición de temporal. Marín, N.L. 1986.

Genotipo	Altura pl. (cm)	Long. de excersión (cm)	Long. de panoja (cm)	Area foliar de hoja bandera (cm <sup>2</sup> )	Floración (días)	Madurez fisiol. (días)	Rendimiento por parcela (g)
LES 88-R	80.00 (d)	15.57 (b)	19.33 (b)	156.35 (a)	62.00 (d)	94.32 (c)	590.32 (b,c)
LES 30-R	141.30 (a)	30.55 (a)	25.53 (a)	155.22 (a)	68.83 (b)	106.33 (a)	548.48 (c)
LES 11-R	94.77 (c)	8.38 (c)	21.05 (b)	103.83 (b)	70.83 (a)	98.17 (b)	739.77 (a,b)
RB-3030	112.82 (b)	14.22 (b)	27.08 (a)	144.43 (a)	64.83 (c)	100.50 (b)	867.68 (a)
DMSH (0.05)=	7.08	3.27	4.10	36.50	0.86	2.92	189.71

Genotipo	Densidad de grano (g/cm <sup>3</sup> )	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (g)	Hojas por planta	Período de llenado y maduración de grano (días)	Rendimiento individual (g)	Índice de cosecha
LES-88 R	1.29	194.33	137.50	8.82 (b)	32.33 (b)	24.43 (b)	0.42
LES 30-R	1.18	268.67	161.33	9.30 (b)	37.50 (a)	18.07 (b)	0.38
LES 11-R	1.22	242.50	145.50	12.08 (a)	27.33 (c)	26.32 (a,b)	0.38
RB-3030	1.20	219.67	178.67	9.05 (b)	35.67 (a)	35.71 (a)	0.48
DMSH (0.05)=				1.04	2.74	9.70	

ra mayor con un promedio de 141.30 cm, siendo estadísticamente superior y diferente a los demás. El LES 88-R fue el más bajo con una altura promedio de 80.00 cm.

Longitud de excursión. Para esta variable, al igual que en la anterior, el genotipo LES 30-R presentó el valor máximo con promedio de 30.55 cm, siendo además estadísticamente superior y diferente a los otros. El LES 11-R fue el más bajo con un promedio de 8.38 cm.

Longitud de panoja. El híbrido comercial RB-3030 presentó el mayor valor para esta variable con un promedio de 27.08 cm, siendo estadísticamente igual al genotipo LES 30-R con un promedio de 25.53 cm. El valor más bajo lo presentó el genotipo LES 88-R con 19.33 cm.

Días a floración. El genotipo LES 11-R presentó una floración más tardía con respecto a los demás, con un valor promedio de 70.83 días, mientras que el LES 88-R fue el de floración más temprana con un promedio de 62.00 días.

Area foliar de la hoja bandera. En esta variable el genotipo LES 88-R presentó el valor más alto con promedio de 156.35 cm<sup>2</sup>, siendo estadísticamente igual a los genotipos LES 30-R y RB-3030 con 155.22 y 144.33 cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Días a madurez fisiológica. El genotipo LES 30-R presentó la maduración más tardía con un promedio de 106.33 días, sien-

do estadísticamente mayor y diferente a los demás, mientras que el LES 88-R fue el de maduración más corta con un promedio de 94.33 días.

Rendimiento por parcela. Para esta variable el híbrido comercial RB-3030 presentó el rendimiento mayor con un promedio de 867.68 g por parcela, siendo estadísticamente igual al genotipo LES 11-R con 739.77 g por parcela. El genotipo LES 30-R presentó el rendimiento mayor con 548.48 g por parcela.

Hojas por planta. El genotipo LES 11-R presentó la media superior con un valor de 12.08 hojas por planta, siendo estadísticamente superior y diferente a los demás.

Período de llenado y maduración de grano. El genotipo LES 30-R presentó el período más largo de maduración con un promedio de 37.50 días, siendo estadísticamente igual al híbrido comercial RB-3030 con 35.67 días. El genotipo LES 11-R presentó el período más corto con 27.33 días.

Rendimiento individual. El mayor rendimiento individual lo presentó el híbrido comercial RB-3030 con 35.71 g por planta, siendo estadísticamente igual al genotipo LES 11-R con 26.32 g por planta.

#### Análisis combinado

Se realizó un análisis combinado para observar el efecto y significancia de los genotipos estudiados en las condiciones

de humedad establecidas, es decir, la interacción de los dos factores en estudio (genotipos X condiciones de humedad) Los resultados obtenidos se mencionan a continuación.

Las variables que presentaron respuesta significativa al análisis combinado fueron: altura de planta, longitud de excersión, longitud de panoja, días a floración, días a madurez fisiológica, rendimiento por parcela, rendimiento económico, hojas por planta, período de llenado y maduración de grano y rendimiento individual (Cuadro 8).

Se realizó la comparación de medias de las variables anteriormente mencionadas por el método de Tukey (DMSH), obteniendo los resultados siguientes (Cuadro 9).

Altura de planta. Sólo el híbrido comercial RB-3030 presentó diferencia, siendo en temporal donde obtuvo el valor mayor con un promedio de 112.82 cm contra 89.50 cm en sequía.

Longitud de excersión. Los genotipos LES 88-R, LES 11-R y el híbrido comercial RB-3030 presentaron diferencia, siendo en los tres casos en temporal donde tuvieron el promedio mayor para cada genotipo con 15.57 cm, 8.38 cm, y 14.22 cm, respectivamente, contra 3.57 cm, 4.37 y 8.50 cm para cada uno en sequía.

Longitud de panoja. Fueron tres los genotipos que presentaron diferencia en las condiciones de humedad, de los cuales el LES 30-R y LES 11-R presentaron el promedio mayor en tempo-

Cuadro 8. Concentración de los cuadrados medios de la interacción genotipo X condiciones de humedad y del error de los análisis combinados en las variables consideradas en la investigación. Marín, N.L. 1986.

	Altura pl. (cm)	Long. de excersión (cm)	Long. de panoja (cm)	Area foliar de hoja ban dera (cm <sup>2</sup> )	Floración (días)	Madurez fisiol. (días)	Rendimiento por parcela (g)
CMI	340.75 **	151.77 **	113.97 **	98.98 NS	2.38 **	66.05 **	240362.50 **
CME	32.00	3.70	11.72	379.87	0.23	2.94	20410.60
CV (%)	5.42	13.23	17.27	13.70	0.75	1.84	23.21

	Densidad de grano (g/cm <sup>3</sup> )	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (g)	Hojas por planta	Período de llenado y maduración de grano (días)	Rendimiento individual (g)	Índice de cosecha
CMI	0.013 NS	1749.6 NS	5598.35 **	2.15 **	41.27 **	225.50 *	0:026 NS
CME	0.015	6293.91	1140.14	0.389	2.22	55.98	0.0096
CV (%)	9.12	40.10	27.52	6.21	5.19	27.04	25.78

\* Significativa

\*\* Altamente significativa

NS No significativa

Cuadro 9. Concentración de medias de las variables consideradas y comparación estadística de las que resultaron significativas en el análisis combinado. Interacción genotipo X condiciones de humedad. Marín, N.L. 1986.

Genotipo	Altura de planta (cm)	Long. de excersión (cm)	Long. de panoja (cm)	Area foliar de hoja ban-dera (cm <sup>2</sup> )	Días a floración	Madurez fisiol. (días)	Rendimiento por parcela (g)
LES 88-R	S- 82.07 a T- 80.00 a	3.57 b 15.57 a	23.80 a 19.33 b	165.70 156.35	56.00 b 62.00 a	79.67 b 94.33 a	553.0 a 590.32 a
LES 30-R	S- 139.70 a T- 141.30 a	31.10 a 30.55 a	21.33 b 25.53 a	154.43 155.22	61.67 b 68.83 a	91.67 b 106.33 a	255.73 b 548.48 a
LES 11-R	S- 95.00 a T- 94.77 a	4.37 b 8.38 a	17.67 b 21.05 a	105.17 103.83	65.00 b 70.83 a	91.67 b 98.17 a	1023.63 a 739.77 b
RB-3030	S- 88.50 b T- 112.82 a	8.50 b 14.22 a	29.57 a 27.98 a	136.70 144.43	58.33 b 64.83 a	82.67 b 100.50 a	344.23 b 867.68 a
DMSH =	5.54	1.88	3.35		0.47	1.68	140.96
Genotipo	Densidad de grano (g/cm <sup>3</sup> )	Rendimiento biológico (g)	Rendimiento económico (g)	Hojas por planta	Período de lle-nado y madura-ción de grano (días)	Rendimiento individual (g)	Índice de cosecha
LES 88-R	S- 1.30 T- 1.29	109.00 194.33	66.33 b 137.56 a	8.60 a 8.82 a	23.67 b 32.33 a	29.33 a 24.43 a	0.36 0.42
LES 30-R	S- 1.37 T- 1.18	214.67 268.67	35.67 b 161.33 a	10.37 a 9.30 b	30.00 a 37.50 a	17.48 b 38.07 a	0.14 0.38
LES 11-R	S- 1.22 T- 1.22	210.33 242.50	149.00 145.50 a	13.50 a 12.08 b	26.67 a 27.33 a	24.01 a 26.32 a	0.40 0.38
RB-3030	S- 1.27 T- 1.20	123.33 219.67	107.33 b 219.67 a	8.53 a 9.05 a	24.33 b 35.67 a	25.93 b 35.71 b	0.49 0.48
DMSH =			33.11	0.61	1.46	7.33	

ral con 25.53 cm y 21.05 cm, respectivamente, contra 21.33 cm y 17.67 cm, estos mismos en sequía. El tercer genotipo fue el LES 11-R, el cual tuvo un promedio mayor en sequía con 23.80 cm contra 19.33 cm en temporal.

Días a floración. Los cuatro genotipos en estudio presentaron diferencia en las condiciones de humedad establecidas, siendo en temporal donde se observó el promedio mayor para los cuatro casos. Los genotipos y sus valores en temporal fueron: LES 88-R con 62.00 días, LES 30-R con 68.83 días, LES 11-R con 70.83 días y RB-3030 con 64.83 días contra 56.00 días, 61.67 días, 65.00 días y 58.33 días, respectivamente para cada genotipo en sequía.

Los días a floración que presentaron los genotipos evaluados bajo el esquema sequía-temporal y sus diferencias entre una y otra condición de humedad se muestran a continuación en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Días a floración y diferencias presentadas por los genotipos evaluados bajo el esquema sequía-temporal.

Genotipos	Días a floración		Diferencias
	Sequía	Temporal	
LES 88-R	56.00	62.00	-6.00
LES 30-R	61.67	68.83	-7.16
LES 11-R	65.00	70.83	-5.83
RB-3030	58.83	64.83	-6.50

Días a madurez fisiológica. Al igual que en la anterior, los cuatro genotipos presentaron diferencia en esta variable, siendo en temporal donde se observaron los promedios mayores, los cuales fueron: LES 88-R con 94.33 días, LES 30-R con 106.33 días, LES 11-R con 98.17 días y RB-3030 con 100.50 días, contra 79.67 días, 91.67 días, 91.67 días y 82.67 días, respectivamente en la condición de sequía.

Rendimiento por parcela. Fueron tres los genotipos que presentaron diferencia, siendo dos de ellos el LES 30-R y el híbrido comercial RB-3030 que tuvieron el promedio mayor en temporal con 548.48 g y 867.68 g, respectivamente, contra 255.73 g y 344.23 g en sequía. El tercer genotipo fue el LES 30-R, el cual tuvo el promedio mayor en sequía con 1023.65 g contra 739.77 g en temporal.

Rendimiento económico. Los genotipos LES 88-R, LES 30-R y el híbrido comercial RB-3030 presentaron los promedios mayores bajo la condición de temporal con 137.56 g, 161.33 g y 219.67 g, respectivamente, contra 66.33 g, 35.67 g y 107.33 g estos mismos en sequía.

Hojas por planta. En esta variable sólo los genotipos LES 30-R y LES 11-R presentaron diferencia obteniendo promedios mayores en sequía con 10.37 y 13.50 hojas por planta, respectivamente, contra 9.30 y 12.08 hojas en temporal.

Período de llenado y maduración del grano. Los genotipos

que presentaron diferencia fueron el LES 88-R, LES 30-R y el híbrido comercial RB-3030, los cuales tuvieron los promedios mayores en temporal con 32.33, 37.50, y 35.67 días, respectivamente, contra 23.67, 30.00 y 24.33 bajo la condición de sequía.

Rendimiento individual. En esta variable fueron dos los genotipos que presentaron diferencia siendo éstos el LES 30-R y el híbrido comercial RB-3030, los que presentaron los promedios mayores en la condición de temporal con 380.07 g y 35.71 g, respectivamente, contra 17.48 g y 25.93 g en sequía.

Las temperaturas del suelo , sus diferencias presentadas durante el desarrollo del experimento en las condiciones de humedad establecidas (sequía-temporal), se presentan en el Cuadro 1 del Apéndice. Se observó una diferencia promedio de 6.1°C entre una condición de humedad y otra, siendo en sequía en donde se presentó el promedio mayor de temperatura provocado por el polietileno; esto, aunado a la humedad conservada por el mismo al inicio del cultivo provocó una emergencia rápida de las plántulas sometidas a esta condición de humedad.

En el Cuadro 2 del Apéndice se muestra el número de plantas y porciento de fallas obtenidas en las parcelas establecidas bajo la condición de sequía (polietileno), donde los genotipos presentaron fallas en la emergencia del orden del 32.3% para el genotipo LES 88-R, 62.5% para el LES 30-R, 22.1% para el LES 11-R y 46.5% para el híbrido RB-3030 (testigo).

En la Figura 1 del Apéndice se muestran los contenidos de

humedad en el suelo (0-30 cm) y subsuelo (30-60 cm) que presentaron durante el desarrollo del experimento las condiciones de humedad establecidas (sequía-temporal), a partir de muestras tomadas en fechas diferentes.

En dicha figura se observa un abatimiento continuo en el contenido de humedad del suelo donde se estableció la condición de sequía. Por otro lado, en la condición de temporal el abatimiento se presentó durante los primeros 20 días de establecido el cultivo; posteriormente se fue incrementando el contenido de humedad en este suelo, a partir de las primeras lluvias presentadas a finales de Abril, las cuales siguieron presentándose en forma espaciada y con intensidad mayor durante el desarrollo de campo del experimento, lo cual provocó la saturación de humedad en el suelo durante la etapa de floración en esta condición de humedad.

## DISCUSION

Enseguida se discuten los resultados obtenidos en base a los genotipos empleados y a las condiciones en las que se evaluaron.

Altura de planta. En esta variable, cada uno de los genotipos estudiados presentaron respuestas semejantes entre una condición de humedad y otra (sequía-temporal), siendo sólo el híbrido comercial RB-3030 el que tuvo diferencias en sus promedios. Estas semejanzas en los resultados, a pesar de las diferencias de humedad en el suelo presentadas en las dos condiciones (Figura 1 del Apéndice), se debieron a la humedad conservada en el suelo por el polietileno colocado en sequía, por lo que no se afectó el desarrollo de esta característica agronómica en la etapa vegetativa de crecimiento. En temporal se presentaron lluvias desde los primeros meses de establecido el cultivo (Cuadro 2), por lo que en esta condición de humedad no hubo deficiencia hídrica en el suelo en esta etapa.

Los resultados obtenidos en esta variable se explican con lo establecido por Muñoz (1980), quien afirma que la tolerancia a la sequía en las plantas anuales es muy alta al inicio del desarrollo y va disminuyendo a medida que se van diferenciando los órganos reproductivos.

Longitud de excursión. En sequía, los genotipos estudiados presentaron reducciones en los valores de esta característica exceptuando al genotipo LES 30-R, el cual varió muy poco

entre una condición de humedad y otra, no afectando la diferencia de humedades. En trabajos anteriores realizados bajo el esquema riego-sequía (Medina, 1978) se encontró que la mayor parte de las características estudiadas presentaron una baja en su expresión por efecto de sequía, por lo que se considera como un comportamiento normal y esperado el obtenido en esta variable.

Longitud de panoja. Esta variable sólo resultó significativa en temporal, siendo el genotipo LES 30-R y el híbrido comercial RB-3030 (testigo) los que presentaron mayor longitud de panoja. Además, no en todos los genotipos se observó una reducción por sequía en sus valores, ya que al comparar cada genotipo por separado en ambas condiciones de humedad, sólo el LES 30-R y LES 11-R presentaron esta reducción en la variable, mientras que el LES 88-R tuvo el valor más bajo en temporal, por lo que no se observó en esta variable una respuesta definida de los genotipos hacia una condición de humedad en particular.

Los resultados anteriores se asemejan a los obtenidos en un experimento realizado en sorgo al ser sometido a sequía, donde se suspendió totalmente la diferenciación floral, con la diferencia de que el crecimiento del cultivo se alargó diez días, mas no se presentó diferencia significativa para el tamaño de la panoja ni para el rendimiento respecto al testigo (Slayer, citado por Castillo, 1980).

Area foliar de la hoja bandera. Cada uno de los genotipos estudiados presentaron respuestas semejantes, tanto en sequía como en temporal, siendo además estadísticamente significativas estas respuestas en cada una de las condiciones de humedad establecidas. Por lo tanto, no hubo una alteración o diferencia significativa de los genotipos en la expresión de esta variable provocada por las condiciones de sequía y temporal, siendo los valores obtenidos sólo una expresión de su potencial genético, de ahí que no hubo diferencias en el análisis combinado.

Días a floración. Los genotipos estudiados presentaron diferencias significativas, tanto en sequía como en temporal, siendo en ambos casos el genotipo LES 88-R el que presentó la precocidad mayor y el LES 11-R el más tardío.

Los genotipos tuvieron una precocidad mayor bajo la condición de sequía en relación a la de temporal, por lo que estos resultados difieren de los obtenidos en otros trabajos donde se ha encontrado que toda sequía retrasa la floración (Muñoz, 1980). Sin embargo, Wong (1979) al trabajar bajo el esquema riego-sequía en sorgo, observó que la etapa de desarrollo de floración se vió adelantada por influencia de la sequía, lo cual se asemeja a los resultados obtenidos en este trabajo para esta variable.

Dicha respuesta también se puede explicar con lo establecido por Muñoz (1980) quien afirma que la tolerancia a la se-

guía está determinada por el potencial genético promedio de una variedad y por su interacción con las variaciones de la sequía. Además, la germinación y emergencia rápidas de los genotipos sometidos a la condición de sequía (tres días), influenciada por la temperatura alta del suelo (Cuadro 2 del Apéndice) y la humedad conservada en el mismo por el polietileno colocado en esta condición de humedad, influyeron en la precocidad presentada por estos genotipos.

Días a madurez fisiológica. En esta variable, al igual que en la anterior, los genotipos estudiados presentaron diferencias significativas, tanto en sequía como en temporal, siendo en ambos casos el genotipo LES 88-R el que resultó más precoz. Al igual que en días a floración, los genotipos bajo sequía tuvieron un período menor de maduración, en relación a temporal, esto debido a la precocidad presentada por el cultivo en esta condición de humedad, además de la temprana emergencia de las plántulas.

Rendimiento por parcela. Los genotipos presentaron diferencias significativas sólo en temporal, donde el híbrido comercial RB-3030 (testigo) presentó el rendimiento mejor, seguido por el genotipo LES 11-R el cual tuvo un buen comportamiento fisiológico, ya que además en sequía presentó un rendimiento mayor por su tolerancia a las condiciones de humedad a que fueron sometidos todos los genotipos y su adaptabilidad al presentar un enrollamiento en sus hojas, lo que supone le permitió disminuir su tasa de transpiración y tener un aprovecha-

miento mejor del agua en la planta.

Estos genotipos presentaron durante su desarrollo características favorables que les permitieron obtener un buen rendimiento, siendo éstas la longitud de panoja, rendimiento económico, hojas por planta y el índice de cosecha.

La diferencia en rendimiento de un genotipo a otro bajo una misma condición de humedad fue muy notoria en sequía, donde el genotipo LES 11-R aventajó hasta en un 50% al que le seguía en rendimiento (LES 88-R), debido a la variación alta presentada en la densidad de plantas de las parcelas sometidas a esta condición de humedad, lo cual se debió al polietileno colocado a nivel del suelo, el cual no permitió la emergencia de muchas plántulas al desviarlas en su crecimiento quedando atrapadas bajo este material plástico, mientras que en temporal se tuvo un 100% de emergencia en sus parcelas por lo que ahí se obtuvo la densidad esperada de 100 plantas por parcela, después del aclareo.

Densidad de grano y rendimiento biológico. En estas dos variables, los genotipos estudiados no presentaron diferencias significativas en sus promedios en ninguna de las condiciones de humedad a que fueron sometidos, además de no presentar diferencias entre una condición y otra (sequía-temporal) al comparar cada uno de estos genotipos por separado.

Rendimiento económico. Los genotipos presentaron diferen-

cias significativas sólo en la condición de sequía, siendo, al igual que en rendimiento por parcela, el genotipo LES 11-R y el híbrido comercial RB-3030 en los que se observó el comportamiento mejor en esta variable. Así, el híbrido RB-3030 es un genotipo ya seleccionado y adaptado a condiciones de la región, mientras que el LES 11-R aparte de su buen comportamiento fisiológico observado presentó un enrollamiento en sus hojas, lo que supone le permitió una tasa de transpiración más baja y aprovechamiento mejor de la humedad disponible:

En forma general, los genotipos presentaron reducción por sequía en esta variable, a excepción del LES 11-R. Esta reducción en el rendimiento por sequía se relaciona con la precocidad presentada por los genotipos en esta condición de humedad, ya que en sorgos tardíos se tiene la tendencia a una producción mayor de grano, pues en temporal los genotipos presentaron un ciclo de desarrollo más largo aunado a las diferencias de humedad presentadas entre una condición de humedad y otra (Figura 1 del Apeñdice). Así también, Wong (1979) al trabajar bajo el esquema riego-sequía, en sorgo, observó que la etapa de desarrollo de floración se vio adelantada por influencia de la sequía y que el rendimiento económico se vio afectado en un 20%.

Hojas por planta. Los materiales genéticos presentaron diferencias significativas en la expresión de esta variable en las condiciones de humedad a que fueron sometidos (sequía-temporal), siendo en ambos casos el genotipo LES 11-R el que pre-

sentó el promedio mayor. Sin embargo, en los genotipos no se encontró una variación muy alta por las diferencias presentadas en las condiciones de humedad a que fueron sometidos, por lo que estos resultados no se asemejan a los de Vinall y Reed (1918) quienes indican que las condiciones adversas de humedad (sequías) afectan la expresión de esta característica agronómica en la planta.

Por ser el genotipo LES 11-R el que presentó el número mayor de hojas y el que tuvo uno de los rendimientos mejores, se puede suponer una relación positiva entre el incremento de esta variable y el incremento en el rendimiento o producción de grano.

Período de llenado y maduración de grano. Los genotipos presentaron diferencias significativas en cada una de las condiciones de humedad a que fueron sometidos. Además, se observó una reducción por sequía en esta variable, exceptuando al genotipo LES 11-R, por lo que los genotipos sometidos a la condición de temporal tuvieron un período de llenado de grano mas largo, el cual también influyó en su rendimiento en esta última condición de humedad.

Este período está directamente relacionado con la precocidad presentada por los genotipos, ya que en sequía los períodos de floración y madurez fisiológica fueron más cortos, donde también se redujo el rendimiento, por lo cual se observa una relación positiva entre estas características fisiológicas

y el rendimiento, además del número de hojas por planta presentado por cada genotipo en temporal.

Rendimiento individual. Los genotipos presentaron diferencia significativa sólo en temporal, donde al igual que en rendimiento por parcela y rendimiento económico, fueron los genotipos RB-3030 y LES 11R los que obtuvieron el promedio mayor. Con esto se puede concluir que fueron estos genotipos los que mejor comportamiento presentaron en su desarrollo, y consecuentemente en la producción de grano o rendimiento.

Índice de cosecha. Los genotipos presentaron diferencias significativas sólo en la condición de sequía, siendo además el híbrido comercial RB-3030 y el genotipo LES 11-R los que obtuvieron los promedios mayores al igual que en el carácter rendimiento. En temporal no se presentaron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, el híbrido comercial RB-3030 fue el que tuvo el promedio mayor en esta condición de humedad.

Por lo anterior, se puede observar una relación positiva entre la variable índice de cosecha y el rendimiento, ya que los mismos genotipos que presentaron el valor mayor en esta variable fueron los que obtuvieron los rendimientos mejores. Lo anterior concuerda con resultados obtenidos en otros trabajos de investigación, ya que Sims (1963) encontró que el aumento en el rendimiento de grano en avena se debió al incremento en

el índice de cosecha presentado, además, Syme (1970) encontró también que el rendimiento de grano en trigo correlaciona positivamente con índice de cosecha, número de grano por espiga y peso de paja.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, y para los materiales y condiciones experimentales en que se desarrolló, se derivan las conclusiones y recomendaciones siguientes.

### Conclusiones

1. Se observó una reducción por sequía respecto a temporal, provocada por el déficit de humedad en el suelo en algunas de las características estudiadas en el cultivo, siendo estas la longitud de excursión, días a floración, días a madurez fisiológica, rendimiento económico y período de llenado y maduración de grano.
2. Como respuesta a las condiciones de humedad a que fueron sometidos, los genotipos evaluados presentaron un comportamiento diferente durante su desarrollo en sus características, tanto agronómicas como fisiológicas.
3. Las características del cultivo que presentaron reducción por sequía, influyeron directamente sobre el rendimiento de los genotipos sometidos a esta condición de humedad.
4. El genotipo LES 11-R presentó un enrollamiento en las hojas durante su desarrollo vegetativo bajo las dos condiciones de humedad a que fueron sometidos los genotipos (sequía-temporal), esta característica fue determinante en su tolerancia al déficit de humedad en el suelo, la cual se vio expresada en el rendimiento obtenido por este genotipo en la

condición de sequía.

5. Considerando al rendimiento como índice total de tolerancia a la sequía, el híbrido comercial RB-3030 presentó el comportamiento mejor en temporal, mientras que en sequía el genotipo LES 11-R fue el que sobresalió en esta característica. Lo anterior demuestra el comportamiento diferente de una variedad o genotipo ante condiciones diferentes de humedad a que es sometido.
6. En sequía, los genotipos estudiados presentaron una precocidad mayor en relación a temporal, por lo que se concluye que la sequía adelanta la etapa de desarrollo de floración, por lo tanto el ciclo de vida del cultivo, mas no así en temporal.

#### Recomendaciones

1. Se recomienda seguir evaluando las líneas en años y localidades diferentes, para determinar en forma más precisa cuáles son superiores en comportamiento y las condiciones ambientales de su área potencial de distribución.
2. Para la obtención de resultados más precisos en cuanto a rendimiento, se recomienda establecer el cultivo en la fecha de siembra adecuada al mismo, disminuyendo así el error experimental provocado por un manejo inadecuado del experimento.
3. Es importante establecer en forma correcta las condiciones de humedad deseadas, conservando éstas durante el desarro -

llo del experimento.

4. Usar más de dos condiciones de humedad (sequía-temporal y riego) para obtener un criterio más amplio, así como un número mayor de niveles de comparación de los resultados obtenidos.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), localizado en el municipio de Marín, N.L., donde el clima es del tipo semidesértico con una precipitación promedio anual de 500 mm. El suelo predominante es de tipo arcilloso, con un contenido de materia orgánica pobre y un pH de 7.8 considerado medianamente alcalino.

Los materiales genéticos utilizados en el experimento los proporcionó el Programa de Sorgo de la FAUANL, siendo éstos tres Líneas Experimentales de Sorgo (LES 88-R, LES 30-R y LES 11-R) y el híbrido comercial RB-3030 como testigo. Dichos genotipos fueron sometidos a dos condiciones de humedad por separado (sequía y temporal). Las parcelas correspondientes a la condición de humedad de sequía fueron cubiertas con polietileno a nivel del suelo, para evitar la filtración de agua al presentarse lluvias durante el desarrollo del experimento.

Se utilizó un diseño de bloques al azar para cada condición de humedad; además se efectuó un análisis combinado para observar el efecto de la interacción genotipos X condiciones de humedad.

En la condición de sequía, los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias significativas por los genotipos en las variables altura de planta, longitud de excursión, área foliar, días a floración, días a madurez fisiológica, ren

dimiento económico, hojas por planta, período de llenado y maduración de grano e índice de cosecha.

Bajo la condición de temporal se encontraron diferencias significativas para los genotipos en los caracteres altura de planta, longitud de excursión, longitud de panoja, área foliar, días a floración, días a madurez fisiológica, rendimiento por parcela, hojas por planta, período de llenado y maduración de grano y rendimiento individual.

En el análisis combinado, la interacción genotipos X condiciones de humedad resultó significativa para las variables altura de planta, longitud de excursión, longitud de panoja, días a floración, días a madurez fisiológica, rendimiento por parcela, rendimiento económico, hojas por planta, período de llenado y maduración de grano y rendimiento individual.

Los genotipos estudiados presentaron entre sí un comportamiento diferente en sus características, tanto morfológicas como fisiológicas, al ser sometidas a las condiciones de humedad establecidas (sequía-temporal). Además, se observó una precocidad mayor en los genotipos sometidos a la condición de sequía en relación a la de temporal.

Se presentó una reducción por sequía en las características longitud de excursión, días a floración, días a madurez fisiológica, rendimiento económico y período de llenado y maduración de grano.

Considerando al rendimiento como índice total de tolerancia a la sequía, el híbrido comercial RB-3030 presentó el comportamiento mejor en temporal, mientras que en sequía el genotipo LES 11-R fue el que sobresalió en esta característica.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Andrade, A. 1974. El desierto mexicano. Colección Testimonios del Fondo. México, D.F. LITTOARTE.
- BANAMEX, 1981. Sector agropecuario. Examen de la situación económica de México. México. pp. 42.
- Bearsell, M.F., and D. Cohen. 1975. Relationships between leaf water status, abscisic acid levels and stomatal resistance in maize and sorghum. *Plant Physiology* 56:207-212.
- Beeg, J.E., and N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agronomy* 28:161-217.
- Boyer, J.S., and H.G. McPherson. 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. *Adv. Agronomy* 27:1-22.
- Blum, A. 1970. Effect of plant density and growth duration of grain sorghum yield under limited water supply. *Agronomy Journal* 62:333-336.
- Blum, A. 1976. Improved water use efficiency in dryland grain sorghum by promoted plant competition. *Agronomy Journal* 68:111-112.
- Castillo G., F. 1980. El rendimiento del grano de sorgo (Sorghum bicolor L.) su relación con los períodos de desarrollo y otros caracteres, efectos en aptitud combinatoria. Tesis M.C., Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Cochran, W.G. y G.M. Cox. 1980. Diseños experimentales. Sexta reimpression de la primera edición en Español. Ed. Trillas, S.A. México.

- Devlin, R.M. 1975. Fisiología vegetal. Editorial Omega, S.A. Barcelona, España. pp. 55-99.
- Doggett, H.D.L, F.X. Laubscher, and J.W. Orrin. 1975. El sorgo en Africa. En: Producción y usos del sorgo. Ed. J.S. Wall y W.M. Ross. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Fisher, R.A., and Z. Kertesz. 1976. Harvest index in spaced populations and grain weight in microplots as indicators of yielding ability in spring wheat. Crop Sci. 16:55-59.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- García, I.I. 1971. Cultivos herbáceos. Primera Edición. Agrociencia. Zaragoza, España. p. 185.
- Hahn, R.R. 1975. Elaboración en seco y productos del sorgo granífero. En: Producción y usos del sorgo. Ed. J.S. Wall y W.M. Ross. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 325-244.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiology 24:519-570.
- Huckay, J.P. 1970. The origin of cultivated sorghum. Ed. Crop Abstract 23(3);321.
- Hughes, H.D., E.H. Maurice, and S.M. Darrek, 1982. Forages; the science of grassland agriculture. 2ed. Ames, Iowa, Iowa State University. USA.
- Juscáfresa, B. 1974. Maíz y sorgo. Serrahimy Urp. S.A. Barcelona. España. pp. 86-97.

- Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas del suelo y plantas. Centro Regional de Ayuda Técnica. México - Buenos Aires. pp. 1-6 y 357-364.
- Kramer, P.J. 1980. Drought, stress and the origin of adaptations. In: Adaptations of plants of water and high temperature stresses. Ed. by N.C. Turner and P.J. Kramer.
- Kramer, P.J., and T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press. London.
- McCree, K.J. 1974. Changes in the stomatal response characteristics of grain sorghum produced by water stress during growth. Crop Sci. 14:273-278.
- Medina CH., S. 1978. Interacciones variedades por riego-sequía en arroz y trigo. Tesis M.C., Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Mendoza O., L.E. y J. Ortiz C. 1972. Estimadores del área foliar e influencia del espaciamiento entre surcos, la densidad de siembra y la fertilización sobre el área foliar en relación con la eficiencia en la producción de grano de dos híbridos de maíz. Agrociencia 11:57-71.
- Meyer, B.S., D.B. Anderson y R.H. Bohning. 1970. Introducción a la fisiología vegetal. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina. pp. 80-96 y 167-170.
- Miller, E.C. 1916. Comparative study of the root systems and leaf areas of corn and the sorghum. Journal Agronomy Res. 6:311-331.
- Muñoz O., A. 1975. Relaciones agua-planta bajo sequía en varios sintéticos de maíz resistentes a sequías y heladas. Tesis Doctor en Ciencias, C.P. Chapingo, México.

- Muñoz O., A. 1980. Resistencia a la sequía y mejoramiento genético. *Ciencia y Desarrollo*. Año VI pp. 33-35.
- Núñez J., P. 1982. Evaluación de nueve variedades de sorgo forrajero bajo condiciones de temporal en el norte de Veracruz, verano de 1980. Tesis Profesional, Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L.
- Núñez S.M., J. 1976. Supervivencia de las plantas de maíz bajo diversos tratamientos a resistir sequía. Tesis profesional, Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L.
- Palacios, V.E. 1978. Respuesta de los cultivos a los diferentes niveles de humedad en el suelo. Rama de Riego y Drenaje, Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Robins, J.S., and C.E. Domingo. 1953. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. *Agronomy Journal* 45:618-621.
- Robles S., R. 1975. Producción de granos y forrajes. Primera Edición. Editorial Trillas, S.A. México, D.F.
- Robles S., R. 1982. Producción de granos y forrajes. Tercera Edición. Editorial Limusa. México. pp. 29-31 y 39-45.
- Rojas G., M. 1972. Fisiología vegetal aplicada. Libros McGraw-Hill. Monterrey, N.L. México. pp. 29-31 y 39-45.
- Salinas G., S.A. 1975. Inducción a resistencia a sequía en avena forrajera. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L.
- SARH. 1980. Agenda técnica agrícola. Nuevo León. Cultivos INV-PV. México.

- SARH. 1985. Guía para producir sorgo de grano en el norte de Nuevo León y Noreste de Tamaulipas. Cd. Anáhuac, N.L. Méx.
- Schery, R.W. 1956. Plantas útiles al hombre. Editorial Salvat, S.A. p. 526.
- Sins, H.J. 1963. Changes in the production and the harvest index of Australian oat varieties. Aust. J. of Exp. Agr. and An. Husb. 3:198-202.
- Swanson, A.F., and H.H. Laude. 1951. Grain and forraje sorghum for Kansas. Bull # 349. Agriculture.
- Syme, J.R. 1970. A high-yielding mexican semi-dwarf wheat and the relationship of yield to harvest index and other varietal characteristics. Aust. J. of Exp. Agric. and An. Husb. 10:350-353.
- Villarreal, J.M. 1969. Prueba de rendimiento de variedades introducidas de sorgo escobero (Sorghum bicolor L.) var. technicum. Apodaca, N.L. Tesis Profesional. ITESM.
- Vinall, H.N., and H.R. Reed. 1918. Effect of temperature and other meteorological factors on the growth of sorghums. J. Agr. Res. 13:133-147.
- Wall, J.S. y W.M. Ross. 1975. Producción y Usos del Sorgo. Primera Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Wong R., R. 1979. Comportamiento de las características agronómicas, índices fisiológicos y patrones de crecimiento en 50 genotipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), bajo el esquema riego-sequia. Tesis M.C., Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

**A P E N D I C E**

Cuadro 1. Temperaturas del suelo obtenidas durante el desarrollo del experimento bajo el esquema sequía-temporal. Marín, N.L. 1986.

Fecha	Temperatura (°C)		Diferencia
	Sequía	Temporal	
8 Abril	38.0°	31.5°	6.5
11 Abril	37.5°	31.0°	6.5
28 Abril	36.0°	31.7°	4.3
12 Mayo	41.0°	35.0°	6.0
16 Mayo	34.0°	29.0°	5.0
21 Mayo	37.0°	32.0°	5.0
2 Junio	32.0°	28.0°	4.0
9 Junio	43.0°	37.0°	6.0
13 Junio	37.0°	31.0°	6.0
16 Junio	40.0°	33.0°	7.0
25 Junio	38.0°	31.0°	7.0
2 Julio	40.0°	32.0°	8.0
7 Julio	39.0°	31.0°	9.0
	$\bar{X} = 37.8$	31.6	6.2

Cuadro 2. Número de plantas y porcentaje de fallas obtenidas por parcela bajo la condición de sequía (plásticos), en el trabajo de tolerancia a la sequía de sorgo. Ma<sub>r</sub>ín, N.L. 1986.

Genotipo	Plantas por parcela	% de fallas
LES 30-R	87	56.5
RB-3030	118	41.0
LES 88-R	138	31.0
LES 11-R	164	18.0
RB-3030	88	56.0
LES 88-R	130	35.0
LES 11-R	149	25.5
LES 30-R	108	46.0
LES 11-R	154	23.0
RB-3030	115	42.5
LES 88-R	138	31.0
LES 30-R	30	85.0

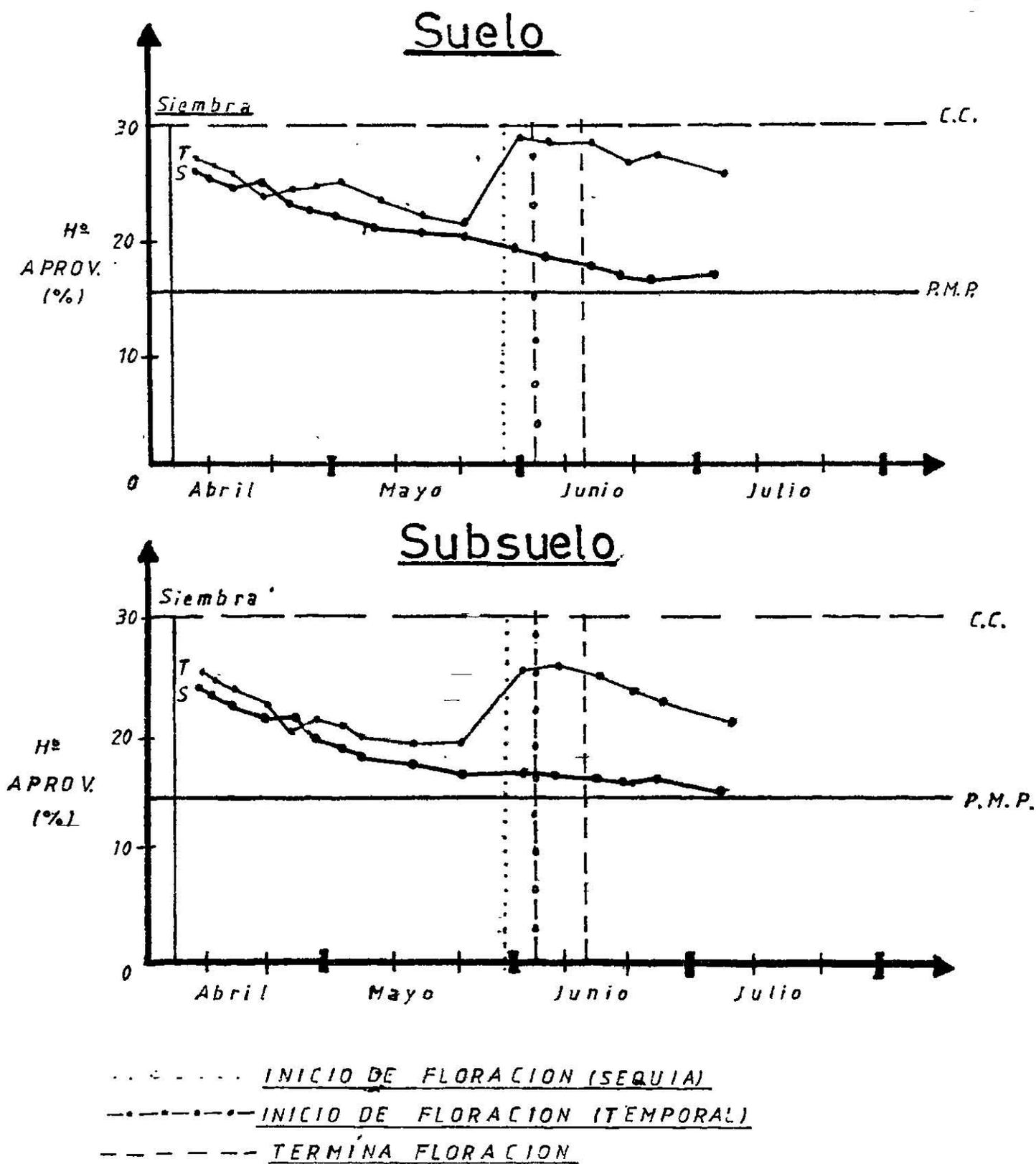


Figura 1. Contenido de humedad en suelo (0-30 cm) y subsuelo (30-60 cm) obtenidos durante el desarrollo del experimento bajo el esquema sequía-temporal. Marín, N.L. 1986.

