

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EXPRESION FENOPTICA DE SORGO

(Sorghum bicolor L. MOENCH)

"TROPICAL ADAPTADO"

BAJO CUATRO CONDICIONES DE HUMEDAD

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA**

PRESENTA:

RODRIGO TENIENTE OVIEDO

MARIN, N. L.

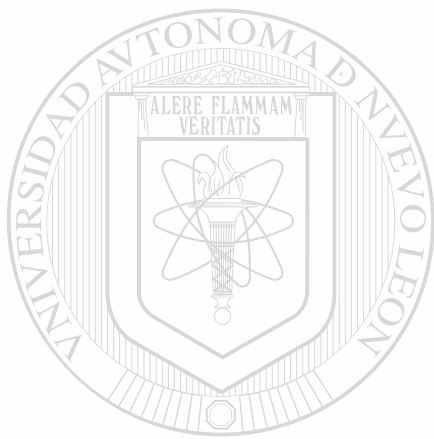
DICIEMBRE DE 1991

7A

SB235

T4

01



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

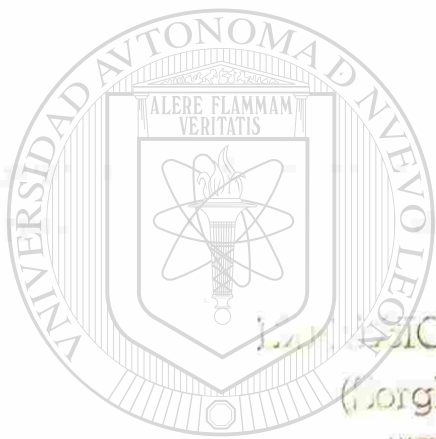


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICAS

ESTUDIO SOCIOLÓGICO DEL COMERCIO EXTERNO (I)



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN DE BIENES

PRESENTA:

RODRIGO TENIENTE OVIEDO



Biblioteca
Fondo de Investigación y Estadística

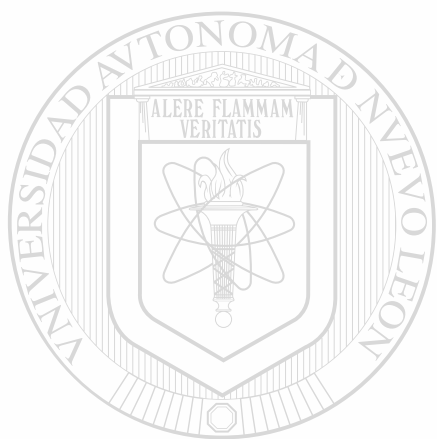
MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1991

TM/

SB

T4



045.633

FA1

1991

C.5

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



UANL
FONDO
TESIS MAESTRIA

F. Lopez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EXPRESIÓN FENOTÍPICA DE SORGO (*Sorghum bicolor* L MOENCH)
"TROPICAL ADAPTADO" BAJO CUATRO CONDICIONES DE HUMEDAD

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

RODRIGO TENIENTE OVIEDO

EXPRESION FENOTIPICA DE SORGO (*Sorghum bicolor* L Moench) "TROPICAL ADAPTADO " BAJO CUATRO CONDICIONES DE HUMEDAD

Tesis

Sometida al comité particular como requisito parcial para optar el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALISTA EN PRODUCCION AGRICOLA

revisada y aprobada por el Comité particular

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS


MC Leonel Romero Herrera

CONSEJERO


Ph D. Rigoberto E. Vázquez A.

ASESOR


MC Nahum Espinoza M.

ASESOR



**Tesis realizada con apoyo del Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología (CONACYT) e INTSORMIL**

**Proyecto: Utilización de sorgo tropical para doble
proposito en los sistemas de
de producción de Nuevo Leon**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

ROSALIO TENIENTE NAVA
ANDREA OVIEDO GONZALEZ

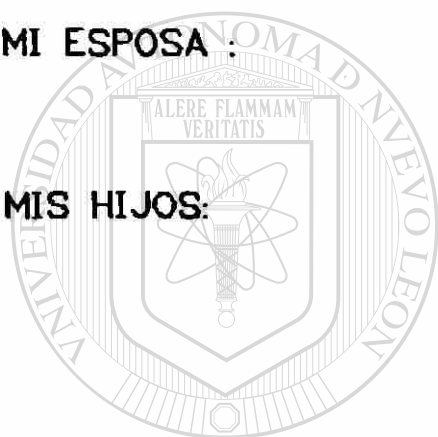
A MIS SUEGROS:

EDUARDO GAONA
MA. SOCORRO GARCIA

A MI ESPOSA:

FRANCISCA

A MIS HIJOS:

LALO
DAVID
RODRIGO
XITLALLI

UANL

A MIS HERMANOS:

FELIPE †[®]
FELICITAS
MA. LUISA
SARA
JOSE T.
MINERVA
GENOVEVA
ROBERTO
MARIO
IRENE
FRANCISCO

A TODOS GRACIAS

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento al MC Leonel Romero Herrera, consejero principal, por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente estudio y por su amistad.

Al Ph. D. Rigoberto Vázquez A. y MC Nahum Espinoza M. por sus acertadas sugerencias en el desarrollo del trabajo de tesis y por la revisión del escrito.

Al MC Jesus Pedroza F. por sus valiosas sugerencias en el desarrollo del estudio y escrito de tesis, así como su amistad.

Al proyecto de Sorgos tropical adaptado dentro del cual se desarrollo el presente trabajo, recibiendo apoyo financiero.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico recibido durante los cursos de maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y agropecuarias por el apoyo para obtener la beca CONACYT y apoyo financiero otorgado en el tiempo no considerado por CONACYT.

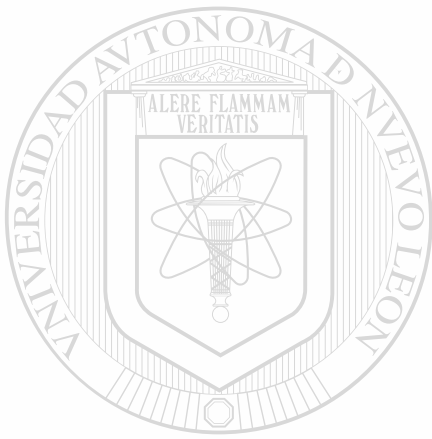
A la facultad de Agronomía de la UANL por las facilidades brindadas para el desarrollo del estudio y al personal que en forma directa o indirecta influyó en ello.

Al ing. Antonio Durón A. por su amistad y colaboración en el manejo de la información en el equipo de computo.

A los catedráticos que imparten los cursos en la maestría en producción agrícola de SDEP-FAUANL por la aportación de sus conocimientos, su amistad y consejos.

A los compañeros de la maestría integrantes de la generación

Melchor y Valente gracias por su apoyo, amistad, aportaciones y consejos.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

BIOGRAFIA

El autor nació en Mazapil Zac. el 13 de marzo de 1956. en donde desarrolló sus estudios primarios en la Escuela estatal Ignacio López Rayón (1963-1969), sus estudios secundarios los realizó en la escuela Secundaria del Sindicato de Trabajadores del Seguro Social en Monterrey N.L. (1969-1972).

Los estudios de bachiller en Biología en la Preparatoria No. 8 de la U.A.N.L (1972-1974) en Monterrey N.L.. Los estudios de licenciatura de Ingeniero agrónomo fitotecnista lo llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. (1974-1979), en Monterrey N.L.

En 1979 desempeñó su primer trabajo como Instructor Agrícola en los Centros de Capacitación Campesina de CONASUPO A.C., asignado al edo. de Hidalgo.

En el año de 1980 se incorporó al Instituto Nacional de Investigaciones agrícolas (INIA), como investigador encargado del programa de Maíz y Sorgo en el Campo Experimental Costa de Guerrero con sede en San Marcos Gro. En el año de 1984 INIA lo comisiona por seis meses para recibir un curso de entrenamiento en Mejoramiento y producción de sorgo y mijo en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo en Texcoco Méx. becado por el Instituto Internacional de cultivos para Tropicos Semiáridos (ICRISAT).

En enero de 1985 es adscrito como investigador del programa de sorgo en el Campo Experimental Valle de Apatzingan Mich. (INIA).

Ingresó al programa de Maestría en Producción Agrícola en Agosto de 1989 en la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

INDICE

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
BIOGRAFIA.....	vi
INDICE.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INDICE DE CUADROS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
Abstract.....	xv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Adaptación de las plantas a diferentes condiciones ambientales.....	4
2.2. Clasificación de las plantas de acuerdo a su ambiente hídrico de adaptación.....	4
2.3. El flujo del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera.....	6
2.3.1. El potencial de agua en el suelo.....	6
2.3.2. El potencial hídrico dentro de la planta.....	7
2.3.3. El potencial de agua en la atmósfera.....	7
2.3.4. Flujo de agua.....	7
2.3.5. Métodos para medir el potencial hídrico.....	8
2.4. Conceptos generales.....	9
2.4.1. Sequía.....	9
2.4.2. Resistencia a sequía.....	10
2.5. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y el rendimiento de grano.....	10
2.6. Mecanismos de resistencia a sequía en sorgo.....	12
2.6.1. Escape a sequía.....	13
2.6.1.1. Precocidad.....	13
2.6.1.2. Plasticidad fenotípica.....	13
2.6.1.3. Removilización de asimilados.....	14
2.6.2. Resistencia a sequía manteniendo alto el potencial hídrico en los tejidos.....	14
2.6.2.1. Reducción de pérdida de agua.....	14

2.6.2.2. Mantener alto el nivel de absorción de agua.....	17
2.6.3. Resistencia a sequía con bajo potencial de agua en los tejidos.....	19
2.6.3.1. Mantener la turgencia de los tejidos.....	19
2.6.3.2. Tolerancia a la desecación y altas temperaturas..	20
2.7. Índices de crecimiento.....	21
2.8. Sorgo tropical adaptado.....	24
3. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1. Descripción del sitio.....	27
3.1.1. Ubicación.....	27
3.1.2. Clima.....	27
3.1.4. Suelos.....	27
3.2. Tratamientos y diseño experimental.....	29
3.3. Establecimiento del experimento.....	33
3.4. Manejo del cultivo.....	33
3.5. Variables medidas.....	36
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
4.1. Estado de Agua en suelo y planta.....	41
4.1.1. Dinámica de agua en suelo.....	45
4.1.2. Dinámica del potencial de agua en las hojas.....	44
4.1.3. Contenido de agua.....	47
4.2. Efecto en el área foliar e índices de crecimiento....	50
4.2.1. Efectos sobre área foliar y sus índices.....	50
4.2.2. Índices de crecimiento.....	52
4.3. Efectos sobre la fenología y características de planta y variables de producción.....	58
4.3.1. Fenología.....	58
4.3.2 Efectos sobre características de planta.....	60
4.3.3. Comportamiento de las variables de producción.....	64
5. CONCLUSIONES.....	79
6. BIBLIOGRAFIA.....	80
7. APENDICE.....	92

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
1. Distribución de tratamientos de acuerdo con el diseño experimental y distribución de riego.....	32
2. Dinámica de la lámina de agua disponible por condición de humedad: a) híbrido RB-3030, b) M-35585 y c) UANL-187.....	42
3. Abatimiento final del nivel de humedad por genotipo y condición de humedad.....	43
4. Dinámica de: a) déficit de presión de vapor, potencial hídrico de (b) híbrido RB-3030, c) M-35585 y d) UANL-187].....	45
5. Contenido de agua en porcentaje y Peso: a) porcentaje de agua en antesis, b) peso de agua en antesis c) porcentaje de agua a madurez y d) peso de agua a madurez.....	48
6. Area foliar en las etapas de a). antesis, b) madurez fisiológica y C) área foliar senescente.	51
7. a) Índice de área foliar en diferenciación-antesis, b) índice de área foliar de antesis-madurez, c) duración del área foliar diferenciación-antesis y duración del área foliar antesis-madurez.....	53
8. Índices de crecimiento de antesis a Madurez: a) tasa relativa decrecimiento, b) tasa de crecimiento del cultivo, y c) tasa de asimilación neta.....	55
9. Efecto de las condiciones de humedad sobre: a) la etapa de madurez y b) periodo de llenado de grano...	59
10. Dinámica de altura por genotipo y ambiente. a) híbrido RB-3030, b) M-35585 y c) UANL-187.....	61
11. Efecto de las condiciones de humedad sobre la excursión de los genotipos.....	63
12. Efecto de las condiciones de humedad sobre la longitud de la panoja en los genotipos.....	63
13. Efecto de las condiciones de humedad sobre el número de panojas por genotipo.....	65

	x
14. Efecto de las condiciones de humedad sobre el número de granos por panoja por genotipo.	65
15. Efecto de las condiciones de humedad en el peso de grano por genotipo.....	67
16. Comportamiento del peso de la panoja por condición de humedad y genotipo.....	67
17. Comportamiento del peso de grano por panoja por condición de humedad y genotipo.....	70
18. Efecto de los niveles de humedad sobre el peso seco removilizado hacia el llenado de grano.....	70
19. Comportamiento del peso fresco por genotipo a través de las condiciones de humedad.....	72
20. Efecto de las condiciones de humedad sobre el rendimiento biológico y su dinámica.....	73
21. El índice de cosecha su expresión por genotipo a través de las condiciones de humedad.....	72
22. El rendimiento de grano por hectárea por día: a) período de antesis a llenado de grano, b) ciclo completo y c) rendimiento absoluto ton/ha	75

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Comportamiento de las variables climáticas durante el desarrollo del experimento	28
2. Características físicas del suelo en el sitio experimental.....	29
3. Características de los genotipos evaluados, comportamiento mostrado en el ciclo tardío en Marín N.L.....	32
4. Calendario de distribución de riegos y lámina de agua aplicada.....	36
5. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables consideradas en el estudio.....	93
<hr/>	
6. Comportamiento de las variables consideradas en el estado de agua, en la evaluación de tres genotipos en cuatro condiciones de humedad.....	94
7. Comportamiento del área foliar en tres cultivares de sorgo evaluados en cuatro condiciones de humedad	95
8. Comportamiento de los índices foliares de los tres cultivares en las cuatro condiciones de humedad	96
9. Índices de crecimiento en los tres genotipos evaluados en cuatro condiciones de humedad. Etapa de antesis a Madurez.....	97
10. Efecto de las condiciones de humedad sobre las características fenológicas en los cultivares evaluados.....	98

11. Efecto de las condiciones de humedad sobre la duración de las etapas fenológicas en los cultivares evaluados	99
12. Efecto de las condiciones de humedad sobre las variables relacionadas con el rendimiento de grano.	100
13. Comportamiento de las variables de producción en las diferentes condiciones de humedad.....	101
14. Duración del período de antesis a Madurez de grano y eficiencia en producción de grano por tiempo.....	102



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESUMEN

En las tierras bajas del Noreste de México y en particular en el estado de Nuevo León, el agua es el principal factor limitante del rendimiento en los cultivos, situación que se agudiza en condiciones de temporal y no deja de ser importante aún bajo condiciones de riego por la disponibilidad limitada de agua. Con el fin de ofrecer una alternativa para incrementar la producción de forraje y de mantener estabilidad en el rendimiento de grano se comparó la eficiencia de Sorgo tropical adaptado con respecto al sorgo templado bajo diferentes condiciones de humedad, con el fin de observar el potencial de sorgo tropical el cual muestra tendencia a incrementar su eficiencia en producción de grano/ha/día conforme se desplace hacia el norte, además de que se trata de sorgo de la raza caudatun que cuenta con adaptación a los ambientes de humedad más críticos.

Con el fin de cumplir con el objetivo planteado, se estableció un experimento en el ciclo tardío 1990 bajo condiciones de campo, en un suelo Feosem calcárico (FAO); en el Campo experimental de la facultad de Agronomía de la U.A.N.L. ubicado en Marín N. L., se evaluaron tres cultivares dos tropical adaptados (UANL-187 y M-35585) y un templado (RB-3030), en cuatro condiciones de humedad: a) Humedad disponible superior al 50 % durante todo el ciclo, b) Riego de presembrado-temporal, c) Sequía en etapa de antesis d) Sequía en etapa de llenado de grano. Las condiciones de humedad en temporal y sequía en antesis fueron benignas para el cultivar RB-3030, el cual escapó a un agobio severo por sequía en etapa de antesis, en cambio los genotipos tropicales fueron severamente afectados por sequía durante la etapa señalada afectándose en mayor grado las variables evaluadas. Las condiciones de Humedad Testigo (50 %) y sequía en etapa de grano fueron homogéneas para los tres genotipos. El potencial hídrico bajo condiciones similares de humedad no varió significativamente entre genotipos, la variación fue en función de la dinámica de humedad en el suelo, el nivel crítico para esta

variable se observó abajo de -1.9 MPa, los valores más bajos se presentaron en la condición de humedad de temporal -3.5 MPa. En sequía en antesis sólo los cultivares tropicales mostraron descensos inferiores al nivel crítico - 1.9 MPa. La removilización de asimilados (acumulados en preantesis) para el llenado de grano, se observó cuando la humedad en el suelo descendió a un nivel crítico durante la etapa de llenado de grano en los tres genotipos; RB-3030 y UANL-187 mostraron tendencia a removilizar asimilados en las cuatro condiciones de humedad, en cambio M-35585 sólo bajo sequía en etapa de llenado de grano. El cultivar UANL-187 mantuvo su crecimiento al mismo nivel que el observado en la condición de humedad testigo, cuando sufrió sequía en etapa de grano, que se manifestó en el rendimiento de grano, peso seco acumulado y en las TRC Y TCC. M-35585 sobresalió por su capacidad de recuperación después de sufrir sequía en etapa de antesis, al restablecerse el suministro de agua logró acumular una cantidad de materia seca superior a la producida por el híbrido RB-3030 y UANL-187 bajo la misma condición de humedad. Además observó buen comportamiento en la condición de humedad de temporal, ya que su peso de grano no disminuyó significativamente y mantuvo estable su índice de cosecha a través de la condiciones de humedad. En general los sorgos tropical adaptado tienden a incrementar su tasa de crecimiento durante la etapa de llenado de grano, aún bajo condiciones de sequía, cuando ésta ocurre en la misma etapa; lo cual se manifiesta en la producción de grano por unidad de tiempo.

ABSTRACT

On the low lands of the Northern México and in particular in the state Nuevo León, the water is the main limiting factor in crop yield, it is a critical factor in dryland agriculture and it is important even under irrigation due the low water availability. On The purpose offering another alternative to increment forge yield and mantain grain yield stability, the efficiency tropical adapted sorghum to temperate sorghum was compared under different moisture conditions. This was done to the tropical adapted sorghum potential since it shows a tendency to increse yield efficiency on day/ha/grain as it moves northward. besides the breed under study was caudatum which is adapted to critical moisture estress.

It was established an experiment in the late season 1980 under conditions of on a calcareus feosem soil (FAO). In the experimental station of the college of the agriculture of UANL in Marín N.L., three genotypes were evaluated, two tropical adapted (UANL-187, M35585) and a temperate hybrid (RB-3030), under four conditions soil moisture a) disponibilidad of humedity above 50 % through all the season, b) Watering before planting under conditions of low rainfall, c) Drough during anthesis and d) drought in the grain filling. The condition of low rainfall and drought anthesis was benign to the RB-3030, which escaped from a severe water srstress in the anthesis. The tropical adapted genotypes were severely affected by drought during the anthesis, affecting in high degree the evaluated variables. The conditions of the control moisture (50 %) and drought in the period of grain filling were homogenous for the three genotypes. It was no variation of the water potential among genotypes water similar conditions of moisture. The variation was in function of the dynamic of the moisture soil. The critical level of this variable was observed under -1.9 MPa, The lowest values were observed under in conditons of low rainfall -3.5 MPa. In drought in anthesis only the tropical adapted

showed lower values than critical level -1.9 MPa. The movility the acumulated in preanthesis for the grain filling was observed when the moisture on the soil descended to a critical level during grain filling on the three genotypes. RB-3030 and UANL-187 showed tendency to movility of asimilates under the four conditions of moisture soil, on the other hand M-35585 did only under conditions of water stress in the grain filling. UANL-187 maintained the growth the same level that was observed in the condition control, under drought in the period of grain filling reflected on the yield of grain, accumulated dry weight, relative growth rate (RGR) and the crop growth rate (CGR). The M-35585 after sufering drought during anthesis showed of its high capacity to recover in after restablishing of water is was reached on amount of dry matter above that produced by the hybrid RB-3030 and UANL-187 under same condition of moisture. it was observed a good performance in condition of rainfall the fact that grain weight did not get lower significatively and maintained stable the harvest index throughout the conditions of moisture soil. In general the tropical adapted sorghums have a tendency to increase the growth rate during the period of grain filling which increments under conditions of drought in the same period and reflects on the production of grain for time unit.

1. INTRODUCCION

El agua es el factor que más limita el rendimiento de los cultivos en México, debido a que la mayor parte de su agricultura se desarrolla en condiciones de temporal, las cuales muestran una rango de variación muy aleatoria a través del tiempo y el espacio (García y Hernández 1989). Entre las alternativas de solución al problema, se contemplan en el manejo de cultivos la selección de especie y/o cultivares con mayor eficiencia en el aprovechamiento del agua superiores a los cultivares que actualmente se siembran, con mayor estabilidad en el rendimiento, además de su compatibilidad con las necesidades de los sistemas de producción considerados. En este aspecto el sorgo es una de las especies cultivadas que ha mostrado alta eficiencia en la producción de materia seca por volumen de agua consumido.

En la actualidad en el país se siembra 1 603 972 ha con una producción de 5 919 822 toneladas y con una producción promedio superior a las tres toneladas por hectárea, INEGI (1991). A pesar de los volúmenes de producción logrados no alcanza a cubrir las necesidades de la demanda del mercado nacional, por lo que se tiene que importar grandes volúmenes de grano de sorgo; en 1990 se importaron 1 603 762 ton con un valor de 187 576 000 dolares. Para alcanzar a cubrir la demanda es necesario incrementar la superficie de siembra y/o incrementar la productividad del cultivo, siendo una de las posibles alternativas el uso de genotipos más eficientes en el uso de agua.

En Nuevo León el sorgo es uno de los cultivos más importante, ya que se siembra en una superficie alrededor de 50 000 hectáreas en el sistema de producción de doble proposito; esto es granos para la venta a la industria pecuaria y esquilmo para los sistemas de engorda de novillos, donde se usa como suplemento; además, durante la época seca es fuente de forraje de mantenimiento en el sistema de explotación de producción de becerros al destete.

Si en general la disponibilidad de agua es el principal problema de la agricultura nacional, en las regiones del norte entre ellas Nuevo León por su ubicación geográfica la limitante de agua se agudiza aún más, ya que la mayoría de los climas se caracterizan por su baja precipitación escasamente distribuidas en todo el año y la poca aportación de agua por las corrientes pluviales. Por lo anterior se propone la introducción de germoplasma tropical adaptado, cuyos patrones genéticos han evolucionado bajo ambientes donde la precipitación se distribuye en forma irregular (250- 1300 mm), suponiendo que cuentan con mecanismos que los hacen más eficientes en condiciones de humedad limitada en comparación a los sorgos templados. El objetivo es incrementar la eficiencia en el uso de agua cuyo efecto se refleje en el rendimiento de grano y forraje disminuyendo el riesgo de producción a través de la introducción de germoplasma tropical adaptado.

Objetivo General

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Análisis el potencial de producción de grano y forraje de germoplasma de sorgo "tropical adaptado" en diversas condiciones de humedad en el suelo y comparar su comportamiento con respecto a germoplasma templado.

Objetivo Particular

Comparar la respuesta de dos genotipos tropicales (UANL-187 y M-35585) con el cultivar templado (RB-3030) a sequía inducida en diferentes etapas de desarrollo, en base al comportamiento de diferentes características morfológicas e índices de crecimiento y rendimiento de grano y forraje.

Hipótesis

Ho1: La sequía inducida en cualquier etapa fenológica no afecta el comportamiento de los cultivares.

Ho2: Los sorgos tropical adaptado, responden igual que el cultivar RB-3030 a la sequía en cualquier etapa del cultivo.

Ho3: Todas las características morfológicas, así como los índices de crecimiento se comportan de igual manera a la sequía impuesta en diferentes etapas del cultivo.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Adaptación de las plantas a diferentes condiciones

Las plantas dentro de su proceso evolutivo han desarrollado complejos genéticos en respuesta a los factores ambientales tanto bióticos como abióticos, con el fin de perpetuar la especie. Daubenmire (1979) y Francois (1983), mencionan que toda característica de un organismo o sus partes que tenga valor definitivo, en lo que respecta a permitirle a dicho organismo existir en las condiciones de su habitat; puede llamarse adaptación. Tales rasgos pueden asegurar cierto grado de éxito, ya sea permitiéndole a la planta hacer uso de las cantidades de nutrientes, agua, calor, o luz disponibles, o bien, confiriéndole un alto grado de protección contra algunos factores adversos, como son: temperaturas extremas, sequía y parasitos. Las adaptaciones son consecuencia de la variabilidad genética y la acción de la selección natural actuando sobre ella.

~~La vegetación observada en la naturaleza varía de acuerdo con el ambiente, debido a los efectos selectivos que las variaciones del factor agua, entre otros, producen sobre los diversos sistemas de genes de la flora existente en la localidad.~~

2.2. Clasificación de las plantas de acuerdo a su ambiente hídrico

De acuerdo con Billings (1977) y Daubenmire (1979), las plantas pueden ser clasificadas en relación a su adaptación a los niveles de humedad ambiental en:

2.2.1. Hidrófitas

Son especies vegetales que han evolucionado en medios donde ocurren excesos de humedad; por ejemplo el arroz. El ambiente debe disponer agua en abundancia en el suelo.

2.2.2. Mesófitas

son plantas que viven en lugares húmedos, pero no en condiciones de exceso, éstas no soportan condiciones de escasés de humedad prolongada; Ejm. algunas especies de encinos y pinos, y en general las plantas cultivadas.

2.2.3. Xerófitas

son las plantas que toleran condiciones de sequía, las cuales se clasifican en cuatro tipos: a). Efímeras: son plantas que escapan la sequía al completar su ciclo de desarrollo y reproductivo en un lapso de tiempo relativamente corto aprovechando las condiciones de humedad favorables en un tiempo reducido, logrando permanecer potencialmente viables a través de la semilla producida b). Freatófitas: son plantas que se caracterizan al evadir la desecación al extraer el agua del niveles freáticos por medio de un sistema radicular profundo. Un buen ejemplo lo son plantas del genero *Prosopis*, como el mesquite. c). Suculentas: son especies vegetales que se distinguen porque soportan periodos de sequía, utilizando durante el día el agua almacenada en tallos y hojas, abren los estomas durante la noche para realizar el intercambio de CO₂, y pertenecen a las plantas clasificadas como CAM. Especies del género *Opuntia* son un ejemplo de este tipo de plantas; d). xerófitas verdaderas: Estas especies de estan representadas por arbustos tales como *Artemisa* y *Grayia*. Una verdadera Xerófita debe ser capaz de captar agua de suelos relativamente secos, al producir marcadas diferencias de presión osmótica entre las células de las hojas y las de las raíces. Así mismo debe ser capaz de conservar el agua disminuyendo los grados de transpiración durante la época seca, la reducción en la pérdida de agua se logra mediante la presencia de hojas pequeñas, tricomas, cera, cutícula gruesa, absición de hojas etc.

2.3. El flujo de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera

El consumo de agua de las plantas es la evapotranspiración, ésta es afectada por factores climáticos, como: radiación (solar y terrestre), temperatura del aire, humedad relativa y el viento; los cuales establecen la magnitud de la demanda, en tanto que los factores edáficos y la planta regulan la oferta. El suelo y sus características físico-químicas en relación al contenido de agua, así como las características morfológicas y fisiológicas de la planta gobiernan la oferta, de esta manera para una determinada planta la tasa de evapotranspiración es una función de la humedad disponible en ese suelo, lo cual se refleja en la ganancia de materia seca, (Palacios 1982).

2.3.1. Potencial de agua en el suelo

Slatayer Y Taylor citados por Gavande (1972), consideraron que el potencial químico es su propiedad decisiva en la terminología termodinámica, éste expresa la cantidad de una unidad individual de masa de agua para hacer trabajo, en comparación con el trabajo que podrá realizar otra masa de agua pura y libre en el mismo lugar; esto significa la energía libre del agua por gramo de peso molecular. El agua dentro del suelo está sujeta a diferentes tipos de fuerza, que hacen que su potencial difiera, tales fuerzas, así como de la presencia de solutos y de la acción externa de gases y gravitación.

$$\Psi (\text{total}) = \psi_g + \psi_m + \psi_o$$

De los cuales ψ_g no representa gran importancia ya que la influencia de la fuerza de gravedad es mínima, el más importante lo es el ψ_m o potencial matricial, definido por las fuerzas adsorptivas y desorptivas de suelo, las cuales varían con la textura, la densidad aparente, la materia orgánica, porosidad y cantidad de agua. Un suelo arcilloso retiene más agua que un suelo arenoso. El ψ_o (osmótico) es el resultado de la presencia de solutos en el suelo. y su importancia en los suelos salinos,

puede afectar significativamente el movimiento de agua del suelo ya que la energía del agua disminuye.

2.3.2. Potencial hídrico dentro de la planta

Está compuesto por los potenciales osmótico, de turgencia y el potencial gravitacional el cual carece de importancia en plantas anuales. Los componentes principales del potencial de agua en la planta son: el potencial osmótico y el potencial de turgencia, éste último es el responsable del crecimiento, cuando llega a cero se detiene el crecimiento; pero el osmótico puede influir sobre el de turgencia, por lo que son considerados como los componentes fisiológicamente activos. El potencial de agua total por sí solo no es suficiente para explicar el comportamiento fisiológico de la planta.

2.3.3. Potencial de agua en la atmósfera

El potencial de agua en la atmósfera es mucho más bajo que el potencial hídrico dentro de la planta y el suelo, con una humedad relativa de 100 % a 20 °C, tiene un potencial de - 30 megapascuales MPa y en climas áridos y cálidos llega a alcanzar hasta -100 MPa.

2.3.4. El flujo del agua

Este proceso se da en función de energía, a medida que la transpiración se incrementa durante el día, el potencial hídrico en el mesófilo decrece, este descenso es transmitido dentro de la planta, hasta llegar a la pared celular de los pelos radicales; así se desarrolla un gradiente de potenciales hídricos que va de mayor a menor energía, este gradiente es la fuerza de conducción a través del sistema. El flujo de agua puede ser descrito como un proceso catenario Vanden Honert citado por Nuñez (1984).

$$T = \frac{\psi_s + \psi_{rs}}{R_s} = \frac{\psi_{rs} - \psi_L}{R_p} = \frac{\psi_s - \psi_L}{R_s + R_p} \quad \text{Donde: } T \text{ es transpiración en cm/día}^{-1}$$

ψ_s , ψ_{rs} y ψ_L son los potenciales de agua del suelo, la superficie radical y la hoja respectivamente, (cm de tirante de agua) y R_s y R_p resistencias al flujo de agua que presentan el suelo y la planta (cm en el tirante de agua que se pierde por cm de flujo en un día= día). La resistencia al flujo del agua se localiza principalmente dentro de la planta, el cierre estomatal, las membranas se vuelven más impermeables y se rompe el flujo de agua entre la raíz y el suelo. La discontinuidad de las columnas de agua en los vasos conductores es una resistencia más. En el suelo la resistencia se vuelve importante cuando llega a -1.5 MPa.

El movimiento de agua entre la planta y el suelo es en base a la diferencia entre el potencial de agua. Aunque el potencial más bajo en el suelo puede alcanzar -1.5 MPa, el potencial de agua de la atmósfera es de mucho menor a -30 MPa; sin embargo el flujo de agua entre atmósfera y planta está determinado por un gradiente de presión de vapor entre la cavidad estomatal y la atmósfera, el cual está influido por la humedad relativa y la temperatura. (Nuñez 1984).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

2.3.5. Métodos para medir el potencial hídrico

El potencial de agua del suelo se puede medir por medio de tensiómetros, psicrómetros, por medio de muestras de suelo en la olla de presión. En la planta el método se basa en la medida de energía libre del agua bajo condiciones standard, se mide la capacidad del agua para realizar funciones dentro de la planta; se puede expresar en bares, atmósferas y pascales, (Soriano y Montaldi 1980), Turner y Burch (1983). Se puede medir por medio de psicrómetros, aunque en condiciones de campo se usa la cámara de presión desarrollada por Scholander y colaboradores (1965). Otros métodos directos que permiten conocer el estado de agua en la planta, lo es el % de agua en la planta en base a peso fresco y peso seco; aunque un acercamiento más preciso es el contenido

relativo de agua (CRA).

$$\text{CRA} = \frac{P_f - P_s}{P_t - P_s}$$

P_f - P_s P_s = a peso seco
 P_f = Peso fresco
 P_t - P_s P_t = Peso turgido

(Kirkham 1985), (Michel 1981) y (Sullivan 1979). Mencionan que la bomba de presión es un instrumento de campo, que permite medir el potencial de agua de los tejidos próximos a los vasos (hojas, ramas y tallos), lo que permite observar el comportamiento de las plantas con respecto a este parámetro y su dinámica a través del tiempo y el efecto de los factores ambientales sobre el mismo.

2.4. Conceptos generales

2.4.1. Sequía.

May y Milthorpe (1962), definen a la sequía en términos meteorológicos como un período sin lluvia significativa. García, (1973) señala que el factor temperatura contribuye a incrementar los efectos adversos de sequía.

La sequía también se define desde el punto de vista edáfico, como el contenido de agua disponible en el suelo insuficiente para asegurar el máximo crecimiento de la planta al producirse un déficit hídrico. (Kramer 1980), la define como una deficiencia ambiental de suficiente duración .

Pedroza (1989), resume todo lo anterior y lo enfoca desde el punto de vista de producción de cultivos, como una deficiencia de humedad en el ambiente de la planta, que las somete a una tensión hídrica, dando como resultado una reducción en el crecimiento, reproducción y rendimiento de las plantas por debajo de su potencial genético.

2.4.2. Resistencia a sequía

Jordan y Monk (1980), definen la resistencia a sequía como la habilidad de una especie determinada para crecer y producir satisfactoriamente en condiciones con deficiencias de humedad. May and Milthorpe (1962) divide en general la resistencia a sequía en tres tipos de acuerdo al mecanismo que utilice la planta. Sistema adoptado por Turner (1979) y Jordan y Monk (1980).

a). Escape a sequía: Es la habilidad de la planta para crecer y completar su ciclo de vida antes de sufrir un déficit de agua en suelo y planta.

b). Tolerancia a la sequía con alto contenido de agua en los tejidos: Es la habilidad de la planta para mantener alto el potencial de agua durante la sequía.

c). Tolerancia a sequía con bajo potencial de agua en los tejidos: es la capacidad de algunas plantas de continuar su desarrollo bajo condiciones de sequía, aún con bajo potencial hídrico en los tejidos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2.5. Efectos de Sequía sobre el crecimiento y rendimiento de grano

En sorgo, Reddy y Reddy (1988), mencionan que para una máxima acumulación de materia seca, el suelo debe contar con un nivel de humedad entre 60 y 80 %. Los mismos autores señalan que el crecimiento de sorgo se reduce cuando el suelo tiene un contenido de humedad inferior al 40 %, lo cual coincide con los resultados de: Manjarrez (1986), Rodríguez 1987 y Acosta (1988).

En general, las causas que afectan el crecimiento en condiciones de sequía son las siguientes: a). La inhibición de la evolución del CO₂ es la de mayor efecto, según Bidinger (1978), Sullivan y Ross (1979), Seetharama et al (1984), Ficher y Turner (1978) Pier (1989), lo cual ocurre al cerrarse los estomas; b) daño en los cloroplastos, destrucción de clorofila que reduce

la eficiencia fotosintética y capacidad de recuperación; En relación a esto, el efecto de sequía es más sobre los precursores (protoclorofila) que sobre la clorofila misma, Slatyer (1973) y Sullivan y Ross (1979); c) la evolución de la fotorrespiración; d) desequilibrio metabólico, ya que es afectada negativamente la actividad enzimática, (Kumer y Gupta 1988).

La deficiencia de agua en los tejidos de la planta reduce la turgencia de la célula, causando el cierre de los estomas y disminuye el alargamiento de la célula reduciendo en ambos casos la superficie de la hoja y reducción de la tasa de fotosíntesis; lo que afecta el metabolismo de carbohidratos y nitrógeno y otros procesos metabólicos, esto influye al final en la cuantificación y calidad de crecimiento. Kramer, (1980). Hsiao (1973), informa que la división celular es menos sensible a la falta de agua, lo anterior fue confirmado por Vadia et al (1971), al observar un número similar de células en ambientes con sequía y sin sequía, lo único que varió fue el tamaño, el cual resultó menor en el ambiente con déficit de agua.

El efecto sobre el aparato fotosintético se manifiesta en el crecimiento de la planta, a través de la reducción de la tasa de elongación de las hojas y del tallo hasta detenerse completamente. Manjarrez (1986), observó que la expansión de las hojas se redujo cuando la humedad del suelo se encontraba entre el 30 y el 40 %.

El efecto sobre los componentes de rendimiento de grano puede ser afectado por la reducción del número de hijos; Seetharama et al (1981); Blum A. (1972). El rendimiento se puede abatir por una reducción en el número de panojas por metro cuadrado, y número de granos por panoja, así como el peso de grano Blum A. (1972); Manjarrez (1986), González V. (1982). A este respecto Wong R. R. (1979), reporta pudrición de la panoja por efecto de sequía muriendo la panoja principal; Manjarrez (1986), señala que la

etapa de microsporogénesis es la etapa más susceptible a sequía ya que en esta etapa el estrés causo el colapso y la muerte de la panoja. Krieg (1983), encontró que un retraso en el desarrollo del meristemo apical cuando la sequía ocurre antes de antesis, y cuando ocurre después, se acelera el desarrollo de la panoja y la madurez de grano. Manjarrez (1986) indica que un estrés hídrico un poco antes de la microsporogénesis puede reducir el número de granos, lo mismo sucede cuando la sequía ocurre durante la etapa de antesis. Lo anterior se refleja en la excursión de la panoja y el tamaño de la misma (Wong 1979, Manjarrez 1986, Montes y Villarreal 1986, Vázquez y Zavala 1986, Arreola y Vuelvas 1986, Rodríguez 1987, Acosta 1988, Tsuda 1989). El peso de grano puede reducirse cuando ocurre una sequía posterior a la etapa de antesis. Teniente (1988); Manjarrez (1986); Krieg, D y R. B. Hutmacher (1982).

2.6. Mecanismos de resistencia a sequía en sorgo

2.6.1. Escape a sequía

Las plantas cultivadas pueden escapar a los efectos de sequía de tres maneras: precocidad, plasticidad fenotípica y removilización de fotosintetizados. Turner (1979).

2.6.1.1. Precocidad. Una de las características de las plantas anuales es su ciclo de vida, por ser demasiado corto, puede coincidir con la estación de crecimiento y de esta manera escapar a las condiciones de sequía. Ficher et al (1984). El escape es a menudo la forma más importante y exitosa de resistencia a sequía y es impartida mediante la combinación de madurez del genotipo y la fecha de siembra. En México este mecanismo puede ser de alta utilidad en áreas muy localizadas, donde se tiene bien definido el patrón de distribución de las lluvias manejando adecuadamente la probabilidad de lluvias se ubican las etapas críticas del cultivo a través de la estación de crecimiento, con el fin de que coincidan con periodos de suficiente humedad en el suelo. De

hecho, ésta es una práctica muy generalizada en el país sobre todo cuando se retrasan las lluvias. Downws (1972) recomienda en estos casos considerar genotipos precoces. Seetharama et al (1981), encontró que los genotipos precoces: CS H6, CS H1 y KD 300, fueron capaces de producir un rendimiento de grano similar a materiales tardíos, pero menor cantidad de materia seca. Al respecto, Garrity et al (1979), observaron que los materiales Nb 505 y NC + 55X, escaparon al efecto de sequía debido a la precocidad de su ciclo.

2.6.1.2. Plasticidad fenotípica. El sorgo al igual que otros cereales posee cierto grado de plasticidad bajo condiciones ambientales, durante el desarrollo de panícula y el llenado de grano, Jordan y Monk (1980). La mayoría de los sorgo que crecen en los trópicos semiáridos no producen hijos basales en respuesta a sequía; también algunos genotipos detienen su desarrollo en respuesta a condiciones de sequía y la reinician cuando hay agua disponible, Seetharama y Bidinger (1977), Blum (1973). No solamente afecta la reducción en el número de hijos, si no también en el número de flores fértiles, por ende en el número de granos y el peso de grano Jordan y Monk (1980). Wong (1980) observó que varios genotipos adelantaron la floración. Manjarrez (1986) informó que las plantas de sorgo cuya panoja principal se perdió por efecto de sequía, lograron emitir ramas nodales, las cuales produjeron grano.

2.6.1.3. Removilización de reservas acumuladas en preantesis. Se tiene evidencias que existe variabilidad genética en sorgo para grano con respecto a senescencia de las hojas con llenado de grano. Las plantas senescentes difieren fisiológicamente de las no senescentes, debido a que tienen mayor asimilación y acumulación de reservas en un período previo a la floración. Los genotipos senescentes, tienen capacidad para remover las reservas acumuladas y utilizarlas en el llenado de grano; Krieg y Hutmacher (1982), Harden y Krieg, señalan que este tipo de germoplasma es capaz de utilizar el alto peso seco acumulado previamente para el llenado de grano. Estos mismos autores encontraron que este tipo de materiales produce panojas más grandes y con un mayor número de

granos, en comparación con los materiales no senescentes.

2.6.2. Resistencia a sequía manteniendo alto el potencial hídrico en los tejidos

La resistencia a sequía manteniendo alto el potencial de agua lo puede lograr la planta, a través de dos estrategias: economizando la humedad disponible en el suelo al reducir la pérdida de agua o bien, incrementando o manteniendo el nivel de absorción de agua, Turner (1979); Jordan y Monk (1980).

2.6.2.1. Reducción de pérdida de agua.

un mecanismo fisiológico que permite a las plantas reducir la pérdida de agua, es el control del estoma, (Turner 1979). La apertura del estoma está fuertemente influenciada por el potencial de agua e indirectamente por la luz. Se tiene evidencia de que existe diferente sensibilidad entre especies y entre cultivares en la apertura de los estomas para responder al déficit de agua, Ficher et al (1984), Daubenmire (1982), Billings (1977), Henzel (1975) y (1976), Blum (1976), Muñoz (1985).

En general, el potencial hídrico varía en función de factores como: La edad de la planta y las condiciones de agua del ambiente donde crece la planta. Garrity et al (1984), menciona que la primera etapa de desarrollo vegetativo, presenta una alta sensibilidad al cierre de los estomas, manteniendo alto el nivel de agua, pero a partir del inicio de floración el sorgo es capaz de soportar descensos en el potencial de agua de -1.4 a -2.6 MPa (Hulquist 1973, Ackerson 1977).

Turner (1979), observó que el sorgo mantuvo el estoma abierto a bajo potencial de agua, mientras que el maíz lo cerró. El sorgo es una especie que mantiene abierto los estomas a potenciales de agua muy inferiores a los de otros cultivos, por ejemplo el Maíz, cierra los estomas a -1.2 MPa, en cambio el sorgo puede mantener los estomas abiertos entre -1.2 y -1.9 MPa Sanches y Kramer (1971), Beatdle (1973), Blum (1971) y González

(1982). En general el potencial hídrico varía en función de factores como: la edad y las condiciones de agua en el ambiente donde crece la planta, lo anterior es importante porque no se anule la evolución del CO₂ que es el principal factor que puede afectar la síntesis de asimilados.

Wright et al (1983) observaron mayor habilidad en la variedad E-57 para mantener los estomas abiertos bajo condiciones de sequía en campo e invernadero, en comparación a Tx671. Aunque las plantas logren cerrar los estomas si no los hacen lo suficientemente con el fin de evitar pérdidas de agua, o bien si esta acción no es complementada con otros mecanismos; entonces es difícil que la planta pueda mantener elevado el potencial de agua, Turner (1975).

La producción de tricomas, es un mecanismo observado frecuentemente en las comunidades naturales como una forma de adaptación a condiciones de ambiente crítico en condiciones de humedad disponible, porque atenúa la radiación solar, contribuye en el control de la temperatura dentro de la planta. El sorgo se caracteriza por producción de tricomas; dicho carácter se ha considerado como criterio de selección, Maiti (1980), Rodríguez (1987) Y Leal (1990), sin embargo, no es fácil medir su eficiencia.

El contenido de cera es una característica considerada como criterio de selección para obtener plantas con resistencia a sequía, en este aspecto destaca el trabajo realizado por Jordan y Monk (1980), quienes evaluaron un grupo de líneas con respecto al cultivar SCO 599, en los resultados encontraron una baja relación entre el contenido de cera y la resistencia cuticular, se atribuye que el contenido de cera cumple una función de reflector de energía de esa manera puede contribuir a reducir las pérdida de agua, pero no contribuye a incrementar la resistencia a la pérdida de agua a través de la cutícula. Saucedo (1985), Wang et al (1988) y Leal (1990) observaron variación genética en el contenido

de cera en genotipos de sorgo. Al respecto, Chatterton (1975) observó alta transpiración en líneas normales en relación a líneas con alto contenido de cera. La variabilidad genética con respecto a contenido de cera es fácilmente cuantificable (Ebercon et al 1977). El contenido de cera está fuertemente influenciado por las condiciones de humedad ambiental; se observó variación a través de años y entre genotipos, el mayor contenido de cera se apreció cuando la antesis fue precedida por una o dos semanas de sequía; los genotipos que se identificaron con mayor contenido de cera, fueron: M-35-1, Tx 430 y Tx 2536; en cambio Shalu, Tx 7078 y Tx 2536 presentaron bajo contenido de cera, (Jordan y Monk 1980).

La resistencia cuticular desempeña el papel más importante durante el día, cuando la radiación solar es más intensa, ocasionando una gran pérdida de agua, lo que determina que los estomas se cierren, de esta manera la resistencia cuticular se complementa con el control estomatal, al reducir la pérdida de agua, (Martin 1930). pero lo anterior también es importante durante la noche, sobre todo en ambientes con noches cálidas y secas, condiciones que normamente dominan en las zonas bajas del estado de Nuevo León.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El enrollado, el doblado y la flacidez de las hojas, son movimientos que realizan las plantas con el fin de reducir al mínimo el área expuesta a la radiación solar, lo que le permite regular la temperatura en la hoja y reducir la pérdida de agua, Begg (1980), Ludolow y Muchow (1980). A esto se suman otros mecanismos como la muda de hoja o senescencia para reducir el área de transpiración (Turner y Begg, Orshan, Ludlow) citados por Turner (1979).

Los mecanismos que hacen posible la reducción de la pérdida de agua están asociados con sobrevivencia, lo cual trae como consecuencia disminución en el rendimiento. Principalmente debido a que se reduce la tasa de fotosíntesis al afectar la evolución del CO₂ dentro de la planta.

2.6.2.2. Resistencia a sequía manteniendo alto el nivel de absorción de agua. En este aspecto Sullivan y Ross (1979) señalan que existe una forma que le puede permitir a la planta mantener alto el contenido de agua, es desarrollando un sistema radicular por medio del cual puede extraer el agua almacenada en las capas más profundas del suelo. Wright et al (1983b) encontraron que el genotipo E-57 mostró mayor capacidad para resistir la sequía, debido a que desarrolló mayor volumen y longitud de raíz, esto se deduce ya que uso más agua que el híbrido Tx 671, el cual conforme declinó el agua disponible en las capas superiores del suelo limitó el uso de la misma, reduciendo el nivel de agua extraída, debido a un menor sistema radical. El sorgo en general se considera como un cultivo con un sistema radicular desarrollado, el cual le proporciona ventajas sobre los otros cultivos según, (Fisher et al 1984, Slatayer 1955 y Glover 1959). A pesar de lo anterior, Bremner et al (1986) informó como un genotipo de girasol mostró mayor habilidad al extraer humedad de capas más profundas del suelo hasta 1.5 m, en cambio el genotipo de sorgo solo extrajo agua a un grado significativo a 0.5 m; lo anterior demuestra que el desarrollo de este tipo de mecanismos no es exclusivo de una especie y la superioridad solamente se puede comprobar al comparar el cultivar de sorgo E-57 contra el genotipo de girasol sobresaliente.

Jordan y Miller (1980), consideran que los suelos arcillosos profundos cuentan con un alto nivel de almacenamiento de agua, característica que pudiera explotarse más adecuadamente con genotipos de sorgo que cuenten con capacidad para desarrollar un sistema radicular en densidad y profundidad, siempre que se cuente con un período de recarga de agua en el perfil del suelo. Bhan et al (1973), observaron que los genotipos de sorgo resistentes a sequía mostraron una baja relación tallo raíz y desarrollaron mayor cantidad de raíces primarias y secundarias que los cultivos susceptibles.

Jordan y miller (1980), compararon el desarrollo de la raíz en tres cultivares y encontraron que: el cultivar BTx 622, mantuvo la raíz a poca profundidad, no sucedió lo mismo con SCO 056-14, el cual incrementó la raíz en profundidad y densidad.

Retta et al (1982) informan que el genotipo RS 628 presentó una alta capacidad para desarrollar el sistema radicular en densidad y profundidad, lo que le permite extraer agua en mayor cantidad por lo que puede mantener alto el potencial de agua. Jayasekara y SO (1989), utilizando una técnica de podado en el sistema radicular, comparó al cultivar E-57 con el cultivar Gem encontrando que E-57 con un 37.5 % de su sistema radical lograba mantener un abasto de agua suficiente para que el rendimiento de grano no fuera afectado, en cambio en el genotipo Gem se necesitó un 87.5 % de dicho organo. Tambien encontró que al mismo valor de potencial de agua en la hoja el cultivar Gem mostró una tasa de transpiración más alta. Se considera que el desarrollo amplio del sistema radical en longitud y densidad, es una buena característica, pero limitado solamente a suelos profundos y con un alto nivel de almacenamiento de agua, así como el de contar con un periodo de recarga de humedad. Seetharama et al (1981), apreció un mejor comportamiento de algunos genótipos de sorgo en suelos del tipo vertisol, en cambio los mismos materiales mostraron un pobre comportamiento en suelos del tipo alfisol, (cuando crecieron en condiciones de sequía en ambos tipos de suelo). Lo anterior, se debe a que un suelo alfisol es somero y por sus características físicas tiene menos capacidad de almacenamiento de agua, entonces un genotipo con un sistema radicular desarrollado y alta demanda evapotranspirativa lo agota rapidamente y sufrirá los efectos de sequía inmediatamente.

Turner (1979) Considera que para mantener alto el nivel de agua en las hojas bajo condiciones de alta demanda de agua, la planta debe mantener alto el nivel de absorción de agua y también es necesario que mantenga baja la resistencia al flujo de agua entre la raíz y las hojas.

El mantenimiento de alto potencial de agua también se favorece con la resistencia al flujo de agua, directamente en la planta; por eso el gradiente del potencial de agua es bajo entre la hoja y el suelo. La resistencia de las raicillas radiales se piensa que es el componente dominante de la resistencia de la raíz; parece que regula la actividad metabólica de la corteza o de la endodermis de la raíz. La actividad metabólica puede estar bajo el mando de fitohormonas traslocadas del tallo a la raíz. El ácido absísico es sintetizado por las hojas en respuesta al déficit de agua, el cual no solo activa el mecanismo de cierre de estomas, para evitar la pérdida de agua; si no también influye para que baje la resistencia al flujo del agua en las raíces axiales. La existencia de la variabilidad genética en sorgo para resistencia radicular al flujo de agua, tanto en raíces axiales como radiales, aún no ha sido bien determinado, (Jordan y Monk 1980).

2.6.3. Resistencia a sequía con bajo potencial de agua en los tejidos de la planta

Turner, (1979) y Jordan y Monk (1980), consideran que lo anterior se puede lograr de dos formas:

2.6.3.1. Mantener la turgencia de los tejidos. Por medio del ajuste osmótico, incremento de la elasticidad, decremento en el tamaño de las células. La habilidad para mantener la turgencia cuando disminuye el potencial de agua; es por lo tanto la característica más importante de adaptación al déficit de agua.

Jordan y Monk (1980), señalan que el ajuste osmótico es posible por medio de la síntesis de solutos, principalmente ácidos orgánicos, aminoácidos y azúcares en respuesta a déficit de agua. Si debido a la descomposición de almidón o potasio en movimiento, el nivel de solutos puede incrementarse en el interior de la célula, entonces el agua puede difundir dentro de la célula, incrementando el potencial de turgencia, aunque el potencial de agua se incremente, esto es ajuste osmótico (Gardner et al 1985). La variabilidad genética ha sido demostrada en trigo

Morgan (1980), y en arroz Stepokus, et al (1980). Oosterhuis D. M., Wullshleger S. D. (1989). al comparar varias especies cultivadas bajo condiciones de macetas, y después de un cierto periodo sin riego se observó que el sorgo y algodón mostraron un alto nivel de ajuste osmótico, el girasol mostró un nivel medio y la soya no mostró ajuste osmótico. Blum y Ebercon (1976), Khidse (1982) Tang y Wu (1988) encontraron diferencias de sorgo en capacidad de acumular prolina . Smith et al (1984) informan que en una evaluación de 10 cultivares de sorgo, en resistencia a sequía; los resultados mostraron que al incrementar el estrés, se incrementó significativamente la prolina un poco la alanina y el total de carbohidratos decreció; la tolerancia osmótica a nivel de célula, fue correlacionada con sorgos precoces, pero no se encontró correlación con los tardíos, ya que la sequía afectó a los primeros en etapa vegetativa y a los otros en etapa reproductiva; lo anterior se debe a que la etapa en que afectó a unos y otros fue diferente y la respuesta, así como la sensibilidad a la sequía es ontogénica. No obstante, la forma en que la prolina pudiera influir en la tolerancia a sequía aun no se ha determinado. No se sabe si interviene incrementando la concentración de solutos, o si es una fuente de energía, utilizada para recuperar el déficit de agua, Blum (1979). Hanson (1980), relacionó en cebada el contenido de prolina con daño por sequía y no con tolerancia, puede ser que bajo sequías prolongadas las plantas pueden perder la turgencia, como resultado de la desecación de las células. A la prolina se le atribuye que se sintetiza para evitar los efectos tóxicos del amoníaco que resulta de los ajustes metabólicos que ocurren dentro de la planta. Wright (1983 c). reportó al híbrido E-57 el cual aventajó al cultivar TX-871 bajo condiciones de sequía, en acumulación de solutos y en consecuencia, un mayor ajuste osmótico.

2.6.3.2. Tolerancia a la desecación y altas temperaturas. Sullivan y Ross (1979), mencionan que existen diferencias en tolerancia a la desecación y altas temperaturas entre genotipos de sorgo; esto presenta posibilidades para mejoramiento genético. Igualmente

señalan que algunos efectos de altas temperaturas son definidos separadamente de aquellos de estrés por sequía, la fotosíntesis no es solamente afectada por el cierre de estomas por efecto de sequía, si no también por efectos directos en los cloroplastos por altas temperaturas. Algunos genotipos tienen la habilidad de mantener la fotosíntesis bajo efecto de alta temperatura, pero hay otros que la detienen; al respecto Pier. (1989), comparó tres cultivares SC90, 4104 y Martín bajo condiciones de alta temperatura y sequía. A altas temperaturas la toma de CO₂ y conducción estomatal fueron inhibidas en los tres cultivares; la evolución del O₂ fue inhibida en 4104 y Martín, pero en SC90 no ocurrió lo mismo. Saucedo (1988) y Leal (1990) observaron un comportamiento diferente de genotipos con respecto a la cantidad y calidad de clorofila, al ser sometidos a condiciones de sequía, pero no mencionan un efecto diferencial en el rendimiento.

Jordan y Monk; (1980), en relación a este tópico señalan que a pesar de que en numerosas investigaciones, entre ellas las realizadas por: Sullivan, Blum y Ebercon; Sullivan and Ross, no se encontró una relación paralela entre la resistencia a estos dos tipos de estrés. Se encontró una asociación altamente positiva entre resistencia a la desecación y altas temperaturas con rendimiento; por lo que se debe tomar como importante en las genotipos que la poseen, principalmente cuando crecen en regiones con problemas de sequía y altas temperaturas. Lo anterior lo corroboraron Sullivan y Ross (1979) con los híbridos de M-35-1 y la población NP9BR. Compararon la línea IIIIs1, derivada de la población NP9BR con el Híbrido RS-871, en una prueba de resistencia a altas temperaturas, los resultados fueron los siguientes. el porcentaje de daño para el híbrido fue de 23% y para la línea de 59 %.

2.7. Índices de crecimiento

Según Mendoza y Ortiz (1972), para evaluar la eficiencia de genotipos no sólo se debe considerar el rendimiento económico, sino también índices de crecimiento que expresen la eficiencia de

la planta cuando se desarrollen bajo diversos ambientes. Los análisis de crecimiento iniciados por Blackman en 1919, West, Brigs y Kidd en 1920, los cuales son citados por Etherington (1980). Desde entonces a la fecha se han desarrollado varias fórmulas para calcular índices de eficiencia en el crecimiento de las plantas; Radford (1967), Hunt (1978), Gardner (1985), y Rocha (1988), han publicado escritos sobre las aplicaciones y uso de estas fórmulas. El peso seco y el área foliar son las mediciones básicas con las cuales se estiman los índices considerados en el análisis de crecimiento, se obtienen por medio de muestreos, según el método tradicional considera etapas en tiempos aislados relativamente amplios. El método funcional en cambio considera períodos de muestreo más continuos, de ser posible diario o por lo menos cada tres días. A continuación se indican algunos de los componentes más convenientemente empleados para el análisis de crecimiento.

2.7.1. Índice de área foliar (IAF)

Se refiere al área foliar en proporción del área del suelo. Se necesita de tres a cinco veces el área del terreno para obtener la máxima producción en la mayoría de los cultivos según Stoskopf (1980) y Gardner et al (1985). se calcula con la siguiente fórmula:

$$IAF = \frac{(AF_1 + AF_2)}{2} * \frac{1}{As} \quad \text{done: } AF = \text{Area foliar} \\ \text{As} = \text{Area del suelo}$$

Unidades: es adimensional.

2.7.2. Duración de área foliar (DAF)

Este parámetro expresa la magnitud de la persistencia del área foliar durante el período de crecimiento del cultivo y se calcula con la siguiente fórmula:

$$DAF = (AF_2 + AF_1)(t_2 - t_1) / 2 \text{ cm}^2$$

2.7.3. Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Es el incremento ya sea en peso seco, o en longitud de crecimiento, en un intervalo de tiempo respecto al peso o longitud inicial, y su calculo es con la siguiente fórmula:

- a) Para materia seca, donde: PS= peso seco t= tiempo y
Ln= logaritmo

$$TRC = \frac{(\ln PS_2 - \ln PS_1)}{(t_2 - t_1)} \text{ Unidades} = \text{gr. gr}^{-1} \text{d}^{-1}$$

- b) Para altura de planta:

$$TRC = \frac{(\ln \text{altura } 1 - \ln \text{altura } 2)}{(t_2 - t_1)} = \text{cm. cm}^{-1} \text{d}^{-1}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2.7.4. Tasa de Crecimiento del cultivo (TCC) [®]

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Este índice considera la ganancia de peso seco de una comunidad de plantas por unidad de área, por unidad de tiempo. gr/cm² o gr /m² / día y se calcula con la siguiente fórmula:

$$TCC = \frac{1}{\text{Area suelo}} * \frac{(PS_2 - PS_1)}{(t_2 - t_1)} \quad \begin{array}{l} PS = \text{Peso seco} \\ t = \text{tiempo} \end{array}$$

2.7.5. Tasa Asimilación Neta (TAN)

Este índice mide la eficiencia fotosintética de las hojas, se mide en peso seco/área / tiempo, para ello se emplea la fórmula siguiente.

$$TAN = \frac{(PS_2 - PS_1) (Ln AF_2 - Ln AF_1)}{(t_2 - t_1) (AF_2 - AF_1)}$$

Donde : t= tiempo, AF = Area foliar cm²

Ln = Logaritmo natural Ps = Peso seco

Unidades = gr. cm⁻². d⁻¹

2.7.6. Rendimiento biológico.

En este parámetro se considera la producción total de biomasa, en la mayoría de los casos no se incluye raíz, pero debe considerarse. Esta variable señala Muchow (1989), que presenta alta estabilidad entre ambientes, por lo que resulta una forma más uniforme de evaluar los genotipos cuando se evalúan en diferentes ambientes.

2.7.7. Índice de cosecha

Este parámetro se obtiene por medio de una relación entre el peso seco de grano y la producción de materia seca total. Medina (1983), lo menciona como un parámetro menos afectado por el ambiente en el cultivo de maíz y Muchow (1989) hace el mismo señalamiento en el cultivo de sorgo.

2.8. Sorgo tropical adaptado

El sorgo es originario del Noreste de Africa, de ahí se dispersó hacia Africa Central y posteriormente a medio Oriente, Asia, Europa y finalmente fue introducido en América por los esclavos que procedían de Africa, (Quinby 1974).

De acuerdo con el origen evolutivo, la mayor parte de los sorgos cultivados se derivaron de la especie *Sorghum Verticilliflorum*, pero probablemente las especies *Aethiopicum*,

Araundinaceum y *Virgatum* contribuyeron significativamente con introgresión genética. Los estudios de la introgresión indican que los sorgos cultivados se derivaron probablemente a través de una selección disruptiva, (Dogget 1965). Harlan, citado por House (1982), clasifica al sorgo como *Sorghum bicolor* L. Moench con cinco razas básicas: bicolor, guinea, caudatum, kafir y durra y diez razas híbridas resultantes de sus combinaciones; Así mismo considera seis razas espontáneas: *araundinaceum*, *aethiopicum*, *virgatum*, *verticilliflorum*, *propinaquum* y *shattercane*, (House 1982).

La variabilidad genética de la raza *caudatum* se distribuye a través de Nigeria Oriental, Sudan Oriental y Chad donde la precipitación anual varía de 250 a 1300 mm, esta raza tiene una gran adaptación a ambientes marginales, el germoplasma de esta raza tiene la particularidad de transmitir alto potencial de rendimiento y calidad de grano Mann et al (1985).

Los materiales tropicales adaptados, son derivados del grupo Zera Zera de la raza *caudatum*, difieren en color de grano, tipo y color de planta, poseen mayor número de hojas (18-24) y mantienen el funcionamiento de sus hojas durante la etapa de madurez. Tienen la capacidad de germinar a temperaturas de 5 a 7 °C, tienen mayor sanidad y su período de llenado de grano es más corto que los sorgos templados. En general, el sorgo es de origen tropical, pero se asigno el nombre de sorgos templados a los cultivares que se siembran en las regiones templadas, los cuales tienen como característica general la precocidad y menores requerimientos de unidades calor. La conversión de sorgos tropicales a templados consiste en una sustitución de genes dominantes de altura y madurez por genes recesivos, de la misma manera pero a la inversa se pueden convertir sorgos templados en tropicales, (Quinby 1974).

La adaptación tropical es básicamente amplia a un intervalo de condiciones Thomas y Miller (1978). Los sorgos tropicales pueden soportar mayor variación en las condiciones del medio: días

largos (más de 13 horas), temperaturas altas durante el día y noche, y soporta condiciones de humedad relativa menores al 50 % hasta extremadamente altas (Miller et al 1968), tienen un menor ritmo respiratorio que los sorgos templados. (Eastin citado por Thomas y Miller 1978).

Mann y Miller (1968) , compararon dos grupos de cultivares, clasificados en relación a su temperatura base para germinación con la técnica ($G 50^{\circ}F = 10^{\circ}C$); un grupo alto (G 50) sorgos con adaptación ambientes templados; y bajo (G 50) sorgos tropical adaptados; se ensayaron a través de localidades, variando en latitud a partir de Honduras hasta localidades más al norte en los E. U., se observó que los materiales templados superaron a los tropicales en 46 % en rendimiento de grano/ha/día en Honduras, y fueron mayormente precoces para alcanzar la antesis. Sin embargo en la localidad ubicada en la mayor latitud con respecto al ecuador, los sorgos tropicales lograron alcanzar la etapa de antesis al mismo tiempo que los templados y fueron más eficientes en 23% en producción de grano/ha/día.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del sitio

3.1.1. ubicación

El sitio donde se estableció el experimento se localiza en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en el municipio de Marín en el estado de Nuevo León, en la latitud norte $25^{\circ} 05'$ y la longitud $100^{\circ} 03'$ oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 367 metros sobre el nivel del mar.

3.1.2. Clima

El clima de esta región se clasifica de acuerdo con García (1973) como (ADC (x')), Semicálido subhúmedo con lluvias escasas distribuidas en todo el año, con un porcentaje de lluvia invernal superior al 18 %, un 76 % de la precipitación se concentra de mayo a octubre, con una temperatura promedio anual 23°C , el déficit de presión de saturación varía de 17.3 a 22.6 mb, la insolación media mensual es de 180 a 200 horas, (DGETEN 1980).

Durante el desarrollo del experimento se llevó un registro de datos climatológicos, los cuales se tomaron de la estación climatológica de la FAUANL, a excepción del dato de lluvia, el cual fue registrado por medio de un pluviómetro, que se instaló en el sitio del experimento. La información capturada se presenta en el Cuadro 1, en base a promedios de cinco días.

3.1.4. Suelos

De acuerdo con la carta de suelos para la zona, los suelos en los que se encuentra el sitio de estudio corresponden a la unidad

Cuadro 1 . Comportamiento de las variables climáticas durante el desarrollo del experimento. Estación de registro climático FAUANL. Marín Nuevo León.(Por periodos de cinco días).

No. de período	Temp. Media °C	Unidades calor	Lámina Evaporada cm	Humedad Relativa %	Lámina de Lluvia mm
1	30.0	100	45.1	64.8	0
2	30.5	201	50.48	60.2	0
3	29.0	296	37.78	64.6	33
4	28.6	379	24.51	81.4	27
5	28.2	460	34.50	76	45
6	25.5	537	21.36	81	24
7	26.6	620	28.39	79	2
8	24.3	691.5	20.41	79	58
9	26.8	775.5	28.72	71	1
10	26.7	859	22.41	77	2.3
11	22.7	922	24.56	70.8	6
12	23.2	988.5	22.36	67.6	5 [®]
13	22.1	1049	31.50	74	0
14	18.2	1090	26.12	53.6	0
15	18.5	1132.5	22.04	64	0
16	21.2	1188.5	29.23	62.2	0
17	16.0	1218.5	16.44	76.4	0
18	15.5	1246	18.20	72	0
19	16.6	1293.5	18.16	74	0
20	22.5	1345	16.76	78	0
21	20.1	1395.5	18.29	61.2	0
22	14.9	1421.5	16.57	64.6	0
23	11.3	1426.5	20.63	60.2	0
24	15.4	1452.5	19.35	61.5	0

Lluvia total de agosto a noviembre 292 mm

Feosem calcárico. HC + RC/2 con cierto contenido de grava, su origen es de depositos sedimentarios calcáricos. (DGETEN 1980).

Los datos obtenidos de las diversas características físicas del suelo en donde se estableció el experimento se presentan en el Cuadro 2. La calidad del agua de riego con 1400 micromos. se considera altamente salina, en cambio el análisis de suelo no presentó problemas de sales, el valor del pH es de 8 alcalino. Los análisis de suelo se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la FAUANL, basados en el manual de suelos propuesto por Carmona (1976) y Rodríguez (1983).

cuadro 2. Características físicas del suelo en el sitio experimental

Prof. cm	% arena	% arcilla	% de limo	C C	P M P	D A
00-30	22	47	31	25.38	13.5	1.2
30-60	24	39	37	27.91	14.9	1.5
60-90	18	49	33	26.12	14.0	1.6

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Nota: La conductividad eléctrica varió de 1.1 a 1.3 mm/cm por lo tanto no tienen problemas de sales.

3.2. Tratamientos y diseño experimental

3.2.1. Material Genético

Dos genotipos de sorgo tropical adaptado, UANL-187 y M-35565 y un testigo regional el híbrido RB-3030 (templado). Los dos primeros genotipos fueron introducidos a México a través del Internacional Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). De 1982 a 1989 se han evaluado en las regiones cálidas de México Paul (1984), Romero (1989), estos cultivares tienen alto potencial de rendimiento de grano y forraje, por lo que

son compatibles con los sistemas de producción que se practican en Nuevo León. El grano de las variedades UANL-187 y M-35585 tienen calidad para su uso directo en la alimentación humana; además, el forraje es de alta calidad. El híbrido RB-3030 es una variedad comercial de amplio uso en la región y posee características que le permiten sobresalir aún bajo condiciones de temporal. Las características del comportamiento mostrado por los tres genotipos en el ciclo tardío en la región se presentan en el Cuadro 3.

3.2.2. Condiciones de humedad

Los tratamientos de humedad que se propusieron fueron los siguientes. 1) Humedad disponible todo el ciclo (50%), 2) Temporal con riego de presiembra, 3). Sequía en antesis, y 4) Sequía en etapa de llenado de grano.

3.2.3. Diseño experimental

Se utilizó un Bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, las condiciones de humedad se manejarán en la parcela grande y los genotipos en parcela chica. En la figura 1 se muestra la distribución de tratamientos en el campo, (Little 1976 y Martínez 1988).

3.2.4. Tamaño de la parcela

La parcela constó de ocho surcos de cinco metros de largo, con una distancia entre surcos de 0.8 m. Se destinaron cuatro surcos con competencia completa como parcela útil, eliminando medio metro en los extremos del surco. Se dejaron cuatro surcos libres entre parcelas y 10 metros para el trazo de canales de distribución intermedios.

Modelo:

$$Y_{ijk} = M + B_i + H_j + E(a)_{ij} + V_k + HV_{jk} + E(b)_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3, 4$

$j = 1, 2, 3, 4$

$k = 1, 2, 3$

Y_{ijk} = es la observación de la k -ésima variedad, en el j -ésimo nivel de humedad, en la i -ésima repetición.

M = es el efecto de la media general.

B_i = es el efecto del i -ésimo bloque.

H_j = es el efecto del j -ésimo nivel de humedad

$E(a)_{ij}$ = es el efecto del error entre el nivel de humedad y bloque (repetición).

V_k = es el efecto del K -ésimo genotipo.

HV_{jk} = es el efecto de la interacción entre el nivel de humedad y el genotipo.

$E(b)_{ijk}$ = Es el efecto del error conjunto considerando parcela chica, parcela grande y bloque.

Cuadro 3. Características de los genotipos evaluados en su comportamiento en el ciclo tardío en Marín N. L.

Genotipo	Altura m	Días a Mad	Días a ant.	L. Panoja cm	Excer. cm
UANL-187	1.55-1.9	115	85	24.6	8
M-35585	1.24-1.8	114	81	21.6	5
RB-3030	1.08-1.6	108	85	25	15

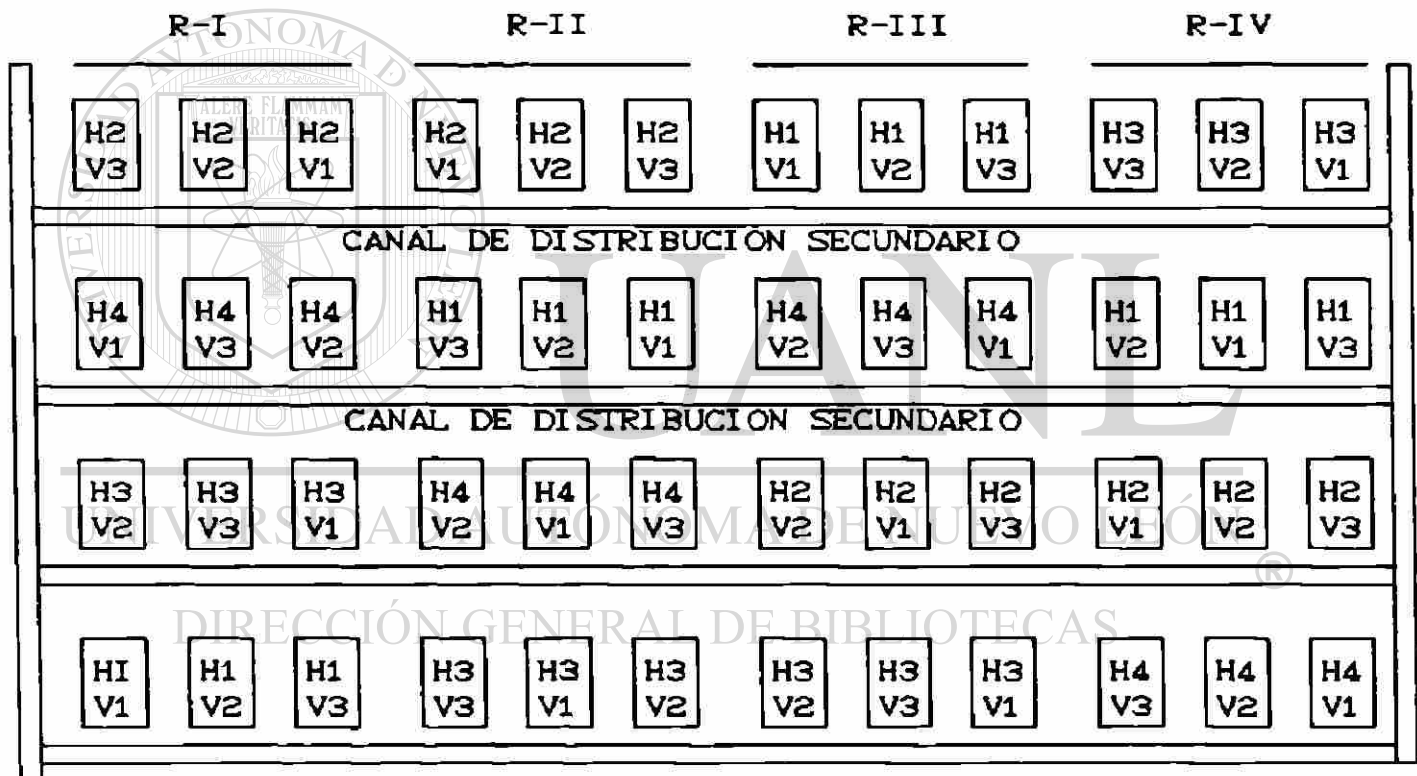


Figura 1. Distribución de los tratamientos de acuerdo con el diseño y distribución de riego. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

Genotipos: V1 = RB-3030 V2 = M-35585 V3 = UANL-187

Niveles de Humedad: H1 = Testigo con humedad disponible durante todo el ciclo (50 %).

H2 = Punta de riego + temporal

H3 = Sequía en etapa de antesis

H4 = Sequía en etapa de llenado de grano

3.3. Establecimiento del experimento

3.3.1. Cama de siembra

Esta se realizó con un barbecho y Rastreo, posteriormente se surcó a 0.8 m. de distancia entre surcos y se trazaron los canales para riego.

3.3.2. Riego de presiembra

Después de trazar el experimento, se procedió a aplicar el riego con una lámina de 20 cm de agua, para ello se utilizaron sifones de 3.8 cm de diámetro, los cuales previamente se calibraron. Se midió el agua para cada surco de cinco metros de largo por 0.8 metros de ancho. Esta actividad se realizó el 2 y 3 de agosto.

3.3.3. Fertilización

Se aplicaron 60 kg/ha de Nitrogeno con la fuente de Sulfato de Amonia antes del riego, (aplicación única); el Fósforo no se consideró necesaria su aplicación.

3.3.4. Siembra.

Esta labor realizó con sembradora de tracción mecánica, el 18 de agosto, ya que no fue posible realizarla antes a causa de la precipitación ocurrida después del riego que retrasó el tiempo para que diera punto la tierra. La lámina de agua precipitada alcanzó los 8.7 cm., la humedad disponible se encontraba a un 72 % de su capacidad. La densidad de siembra fue para obtener una población inicial de 20 plantas por metro lineal y posteriormente, se raleó dejando 11 plantas para obtener una población aproximada a las 140 000 plantas por ha.

3.4. Manejo del cultivo.

3.4.1. Aplicación de herbicida e insecticida a la siembra

Se aplicó un herbicida preemergente inmediatamente después de la siembra, fue una mezcla de terbutrina y atrazina, a razón de 2 kg/ha de material comercial. Para control de plagas de suelo se aplicó Diazinon 35% a razón de 2 l /ha.

3.4.2. Control de plagas

Para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano medidor (*Agrostis sp.*), se realizaron aplicaciones periódicas de Diazinon 35 % a razón de 1 l/ha o Descis a dosis de .25 l/ha. Durante un período entre 5 a 35 días posteriores a la siembra.

Para el control de Mosquita roja (*Contarinia sorghicola*), a partir del inicio de antesis hasta finalizar se realizaron aplicaciones espaciadas de 7 a 5 días con los productos de Malathion 1000 un l/ha o Descis 0.25 l/ha.

3.4.3. Control de maleza

A parte de la aplicación de herbicida se realizó un aporque con el fin de controlar las pocas malezas presentes y así facilitar el manejo del riego.

3.4.4. Control de humedad del suelo

Durante el transcurso del experimento se realizó un muestreo de humedad, en un principio a nivel de parcela grande, pero posteriormente a partir del inicio de antesis se consideró a nivel de genotipo en cada condición de humedad. El muestreo fue semanal y para ello se usó una barrena Vehimeyer para tomar las muestras a dos profundidades 0-30 y 30 60 cm., se hicieron tres muestreos a la profundidad de 60-90, sin embargo la humedad nunca superó el

nivel de PMP (15 bares de tensión) por lo que no se tomaron en cuenta tales datos. Las muestras se tomaron por duplicado, pero en diferente parcela. Las muestras de suelo se manejaron en frascos de vidrio, se pesaron en húmedo, después se secaron en una estufa a 105 °C por 24 horas para determinar el peso seco. Con los valores de peso seco y peso húmedo mediante la siguiente fórmula se calculó el % de Agua de la muestra correspondiente.

$$\% H = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100$$

Donde:

% H = Es el porcentaje de humedad en base a Masa

PSH = Es el peso de la muestra de suelo húmedo

PSS = Es el peso de la muestra de suelo seco

Con los valores de humedad del suelo (% H), las constantes de capacidad de campo y punto de marchitez permanente (PMP), así, como la densidad aparente (DA) y profundidad del suelo, se calculó la dinámica de la lámina de agua disponible. Los niveles de CC, PMP y Densidad aparente con los cuales se trabajó se mencionan en el cuadro 2.

$$L. A. D. = \frac{H\% - PMP\%}{100} \times DA \times Prof. (cm) = cm$$

La distribución de riego para cada variedad y genotipo se presenta en el Cuadro 4. Después del riego de presembrado (3 de agosto), hasta el 13 de octubre se iniciaron los riegos según la condición de humedad predeterminada. El riego se aplicó por parcela chica con sifones de la medida usada en el primer riego. La lluvia en los primeros 66 días dificultó el control de la humedad, sobre todo en el cultivar RB-3030 el cual escapó a un efecto severo por deficiencia de humedad en antesis.

Cuadro 4. Calendario de distribución de riegos y lámina de agua aplicada.

Nivel de humedad	GENOTIPO	RIEGO I	RIEGO 2	RIEGO 3	RIEGO 4
I	RB-3030	13-10(15) ¹	27-10(12)	11-11(12)	
	M-35 585	13-10(15)	27-10(12)	11-11(12)	24-11(12)
	SPV-475	13-10(15)	27-10(12)	11-11(12)	24-11(12)
II	RB-3030				
	M-35 585				
	SPV-475				
III	RB-3030	23-10(15)	11-11(15)		
	M-35 585	11-11(15)	24-11(12)		
	SPV-475	11-11(15)	24-11(12)		
IV	RB-3030	14-10(15)			
	M-35 585	14-10(12)			
	SPV-475	14-10(12)			

1) Día- Mes (Lámina de Riego)

3.5. Variables medidas

3.5.1. Altura de planta

Los datos de las variables consideradas se tomaron en base al instructivo para toma de datos en experimentos de campo en el cultivo de sorgo (Martínez et al 1982). A partir de los 15 días a emergencia se inició el muestreo considerando a todos los tratamientos en las cuatro repeticiones. Se tomó como muestra 10 plantas con competencia completa por parcela y se obtuvo el promedio, el muestreo concluyó al detenerse el crecimiento.

3.5.2. Porcentaje de agua y peso de agua en la planta de sorgo

Un método directo para obtener el estado hídrico de la planta, es midiendo el contenido de agua. Pedroza (1989). Se tomaron en tres etapas: diferenciación, antesis y madurez fisiológica.

$$C. A. \text{ Peso seco} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

$$C. A. \text{ Peso fresco} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \times 100$$

3.5.3. Potencial Hídrico

En el presente trabajo se usó una bomba de presión modelo 3000 de Soil Moisture Equipment Corp. Se tomaron medidas con frecuencia de una semana a partir del día 3 de octubre. El horario de muestreo se realizó entre 12 y 16 horas, tomando los datos de humedad relativa y temperatura atmosférica presentes en el momento del muestreo. Estos últimos datos se obtuvieron del higrómetro de la Estación Meteorológica de la FAUANL, con ellos se calculó el déficit de presión de saturación. La muestra se tomó de la hoja inmediata inferior a la hoja bandera.

3.5.4. Area foliar

Se calculó en base a cinco plantas, al medir el área foliar activa, para ello se usó el integrador de área foliar modelo LI-3000 de Li-Cor Corp. las etapas en que se muestreo esta variable fueron diferenciación floral, antesis floral, llenado de grano y madurez fisiológica. El muestreo se realizó en todas las parcelas del experimento.

3.5.5. Duración de etapas fenológicas

Se consideraron los días a: diferenciación, antesis y a madurez fisiológica de grano, así como duración de la etapa de antesis a madurez fisiológica de grano.

3.5.6. Rendimiento biológico

Esta variable se midió en cuatro etapas, 15 días a emergencia, más las etapas consideradas para área foliar, el tamaño de muestra fue de cinco plantas, en las 48 parcelas de que constó el experimento, en esta variable sólo se consideró la parte aérea; para ello la muestra se secó en una estufa a 95 °C durante 24 horas.

3.5.7. Rendimiento de grano por planta

Se obtuvo a la cosecha en la cual se muestrearon plantas con competencia completa, se coschó y se estimó el peso a un 12 % de humedad en el grano.

3.5.8. Peso de grano

Se midió en base a peso seco del grano de 300 semillas tomadas al azar, las cuales se secaron en una estufa a 95 °C por 24 horas.

3.5.9. Número de granos por panoja

Se calculó en base a el del peso de de 300 semillas, el cual se relacionó con el peso de grano por panoja.

3.5.10. Número de panojas por metro cuadrado

Esta variable se midió en base al número de panojas

observadas por metro lineal, con este dato se calculó la cantidad de panojas por metro cuadrado.

3.5.11. Rendimiento económico

Este dato se calculó en base a la cosecha del mayor número posible de panojas con competencia completa que se pudo cosechar, ya que el experimento fue afectado en varios tratamientos por daño de vacas cuando faltaban unos días para cosechar. Para ello, se multiplicó el peso promedio de grano por panoja por el número de panojas por metro cuadrado y posteriormente se relacionó al rendimiento por hectárea.

3.5.12. Índice de cosecha

Este dato se calculó a la cosecha considerando el peso de grano entre el peso seco de la parte aérea de la palanta.

3.5.13. Rendimiento de forraje

Se determinó en base a rendimiento individual multiplicando por el número de plantas por metro cuadrado, (se usó el peso fresco más el peso de grano).

3.5.14. Índices de crecimiento

En base a los muestreos de peso seco y área foliar que se realizaron en las etapas de: diferenciación, antesis y madurez fisiológica de grano, se calcularon los índices de: Índice de área foliar (IAF), duración de área foliar (DAF), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN). Las etapas consideraron promedios entre la etapa de diferenciación floral-antesis y de antesis-llenado de grano. Para ello se usaron las fórmulas que se mencionan en la Revisión de Literatura.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Estado de agua en suelo y planta

4.1.1. Dinámica de humedad en el suelo

El comportamiento de las variaciones de la lámina de agua aprovechable en el suelo para cada genotipo a través de los regimenes de humedad, en los que fueron evaluados se aprecia en la Figura 2. En donde se observa que el control del tratamiento testigo no se mantuvo en forma adecuada al nivel preestablecido (50 % de humedad disponible), en algunas ocasiones éste descendió cerca de un 40 %, el cual se considera como nivel crítico a partir del cual se puede abatir el rendimiento según lo señalan Reddy y Reddy (1988), Rodríguez (1987) y Acosta (1988), pero lo anterior no ocurrió por periodos prolongados, por lo cual tales descensos no fueron significativos. Por lo anterior en terminos generales el nivel de agua en el tratamiento testigo se mantuvo en un nivel adecuado.

El nivel de humedad en el tratamiento de sequía en antesis no se ubicó en forma homogénea para los tres genotipos; ya que en el caso del genotipo RB-3030, la precipitación ocurrida permitió que escapara a un estres severo, puesto que nunca alcanzó el punto de marchitez permanente durante el transcurso de la antesis. En cambio los genotipos M-3585 y UANL-187, alcanzaron el punto de marchitez permanente al inicio de la antesis, abatiendo aun por abajo de ese punto de referencia convencional el nivel de agua del suelo, según se apracia en la Figura 3, donde se muestra el nivel de humedad al final del ciclo; lo cual está acorde con lo señalado por Lagarda (1977). En el tratamiento de temporal el híbrido RB-3030 también escapó a un efecto de sequía severo en la etapa de antesis y solamente soportó estres severo en la etapa de formación de grano a madurez. Por lo anterior del genotipo RB-3030

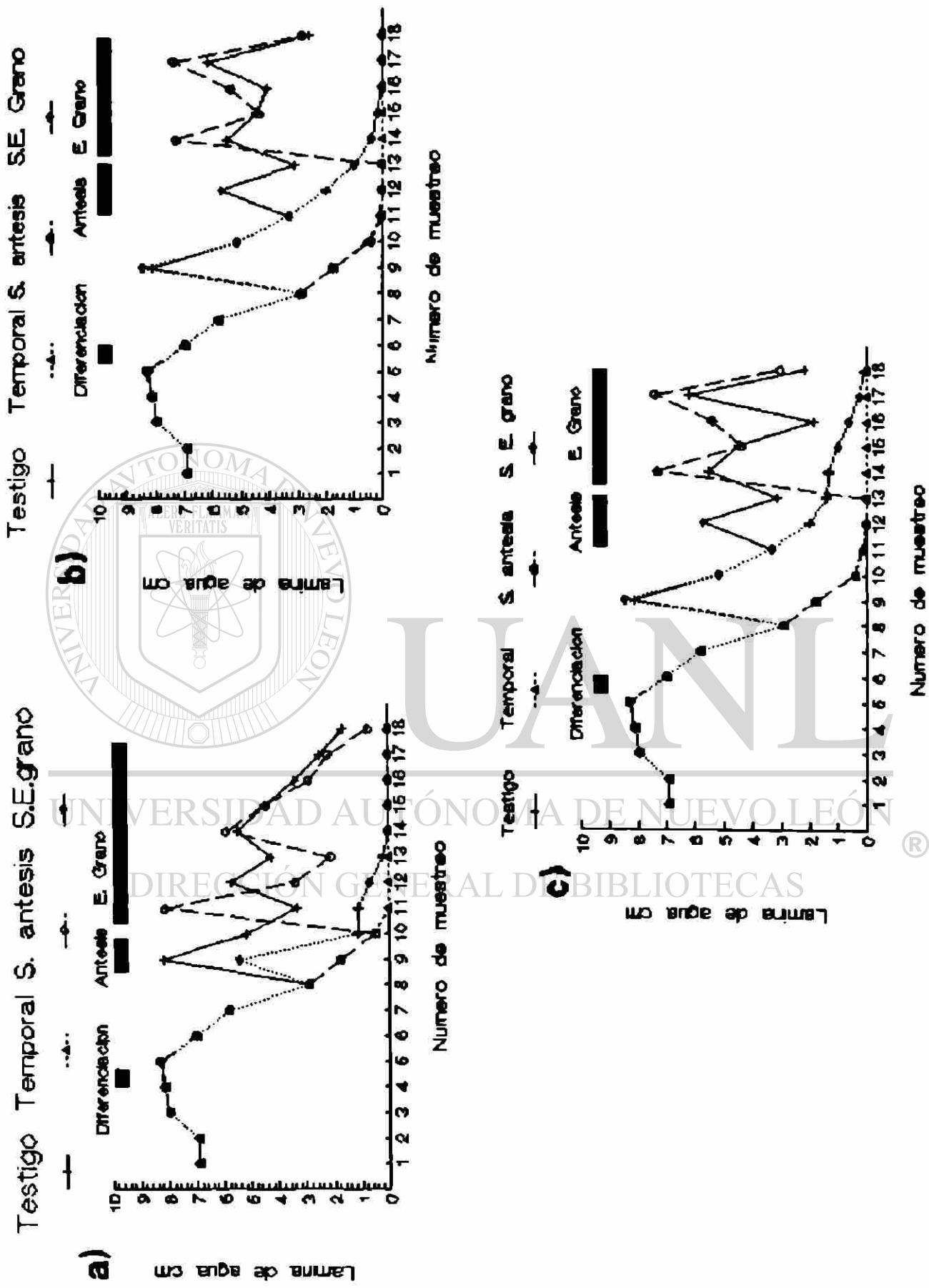


Figura 2. Dinámica de de la lámina de agua disponible por condición de humedad: a) híbrido RB-3030, b). M35565 y c) UANL-167. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

era de esperarse un mejor comportamiento sobre los otros dos genotipos, ya que la intensidad, duración y etapa en que afectó fue muy diferente para el caso de temporal y en el caso de sequía en antesis el estrés fue menos intenso.

El tratamiento de sequía en la etapa de formación grano, se logró controlar en forma uniforme para los tres genotipos, ya que esta etapa la iniciaron con un 20 % de agua disponible en el suelo. La variedad UANL-187 mostró tendencia a hacer menor uso de agua en esta etapa, ya que fue la única que logró finalizar con humedad por encima de PMP, en tanto que M-35585 y RB-3030 alcanzaron este nivel antes de llegar a madurez fisiológica.

4.1.2. Dinámica del potencial de agua en las hojas

El comportamiento que mostraron los genotipos en las lecturas del potencial de agua se aprecia en la Figura 4. Se observa que el genotipo RB-3030 entre la etapa de embuche y principio de llenado de grano, mostró a través del muestreo una variación entre -1.2 y -1.9 Megapascuales (MPa), tales valores correspondieron al principio y el final respectivamente; lo anterior fue similar en los cuatro tratamientos de humedad. Considerando el mismo período para la misma fase de desarrollo en los genotipos M-35585 y UANL-187, el potencial de agua fluctuó entre -1.2 y -3.0 MPa en los tratamientos de temporal y sequía en antesis, este comportamiento se presentó en función de la variación en los niveles de humedad en el suelo, que como se mencionó anteriormente en esta etapa para los genotipos mencionados había alcanzado el PMP, en cambio el cultivar RB-3030 en este período se mantuvo arriba de este nivel. Lo anterior se confirma con la variación que mostraron los genotipos en la condición de humedad testigo en donde no se observó diferencia entre ellos, en cambio en la condición de sequía en etapa de grano el potencial de agua para las Variedades UANL-187 y M-35585 descendió por abajo de -1.9 MPa, pero en el híbrido RB-3030 aun no alcanzaba ese nivel, ya que

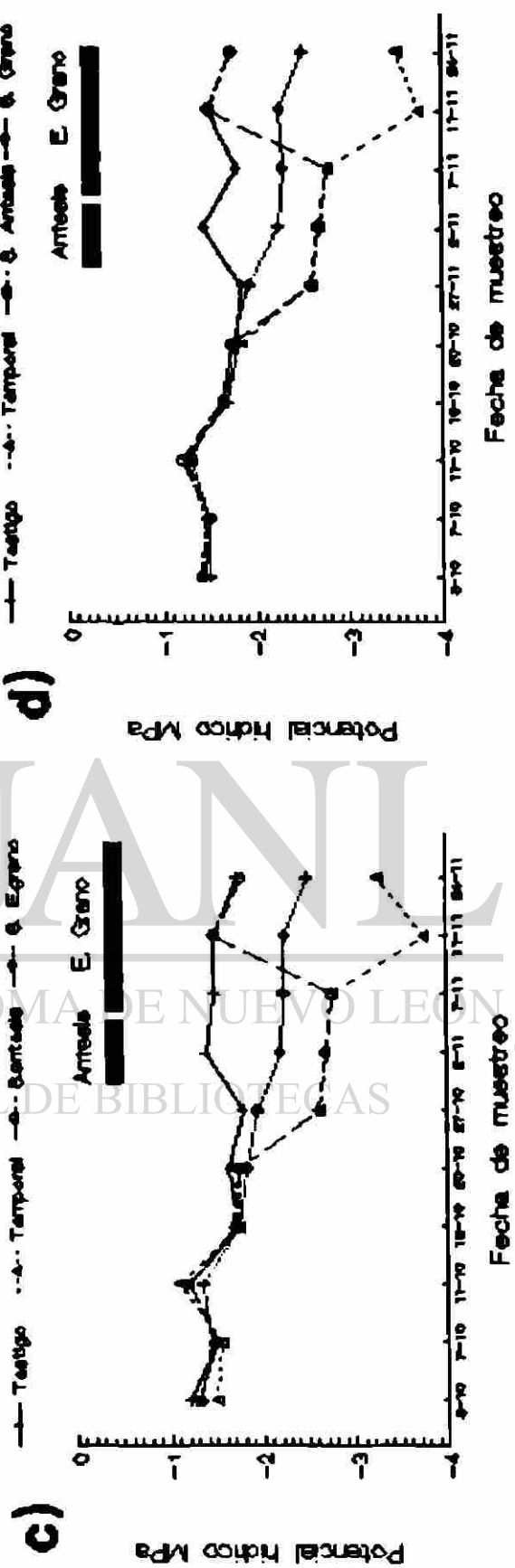
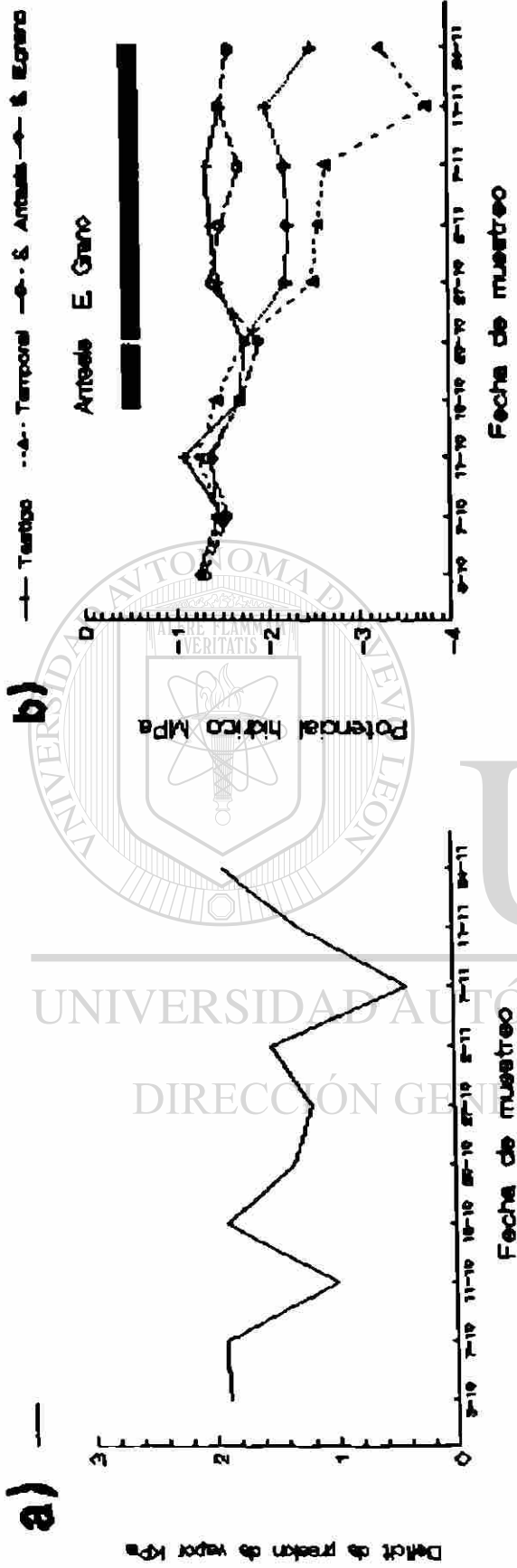


Figura 4. Dinámica del a) déficit de presión de vapor y dinámica del potencial hidrico b) híbrido RB-3030, c) M-35505 y d) UANL-187. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

el nivel de humedad en el suelo fue un poco diferente. La variación en el déficit de vapor no influyó significativamente sobre el comportamiento de los genotipos con respecto al potencial de agua.

En los niveles de humedad testigo y sequía en etapa de antesis, durante el período de formación de grano a madurez los tres genotipos mantuvieron el potencial de agua arriba de -1.9 MPa. Para la condición de sequía en etapa de formación de grano, los potenciales de agua al inicio registraron valores menores a -2.2 MPa hasta valores de -2.5 MPa en el último dato registrado hasta el 24 de noviembre; el comportamiento tampoco varió entre genotipos, lo mismo se manifestó en el tratamiento de temporal, pero la caída del potencial de agua fue más drástica inferior a -3.0 MPa en los tres genotipos. Por lo cual la variación del potencial de agua, fue influida por la dinámica de la humedad del suelo más que cualquier otro factor. El nivel de variación entre -1.2 y -1.9 MPa cuando el suelo tiene un alto nivel de agua aprovechable, se considera como normal a lo largo de las etapas fenológicas del sorgo, ya que algunos investigadores como: Sanchez y Kramer (1971), Beadle (1973), González (1982) y Garrity et al (1984); observaron esa misma variación y señalan que a -1.9 MPa la planta puede mantener abiertos los estomas. Por lo cual se puede considerar como nivel crítico a -1.9 MPa para la etapa de reproducción a madurez, a partir de la cual se pueden afectar las funciones normales de la planta. Sin embargo, Osteruise y Wullsege (1989), Chapman y Ficher (1988) Fernández y Hulquist (1990), confirman la habilidad del sorgo para mantener abiertos los estomas a potenciales hidricos muy bajos inferiores a -2.0 MPa, por su capacidad para regular el potencial osmótico. En relación a lo anterior, Garrity et al (1984) describe el grado de sensibilidad del potencial hidrico a través de la ontogénia, menciona que durante la etapa vegetativa presenta una alta sensibilidad al cierre de los estomas, manteniendo alto el potencial de agua, pero a partir del inicio de la floración, el

sorgo es capaz de soportar descensos en el potencial de agua de -1.4 a -2.4 MPa según Huilquist (1973). Ackerson (1977) encontró un comportamiento similar, y señala que a llenado de grano la conducción estomatal parece ser insensible a la caída del potencial de agua, hasta niveles de -2.6 Mpa que fue el valor más bajo que registro. Las evidencias indican que el umbral del potencial de agua para cierre estomatal durante el período reproductivo es menor. En el presente trabajo se registraron valores hasta -3.5 MPa en el potencial hídrico en la etapa formación de grano con niveles de humedad en el suelo inferiores al PMP, y -1.2 MPa, cuando el estado de agua en el suelo se encontraba elevado y los genotipos aun no iniciaban la antesis, el híbrido RB-3030 a pesar de encontrarse en etapa de embuche y después antesis mostró un comportamiento similar en cada nivel de humedad en relación a los otros dos genotipos, a pesar de no coincidir las etapas fenológicas. En especial M-35585 y UANL-187 en los ambientes críticos Sequía en antesis y temporal, aunque continuaron abatiendo el nivel de agua por bajo del punto de marchitez permanente, el agua extraída no fue suficiente para incrementar la materia seca. En relación a lo anterior Fischer y Turner (1978) mencionan que las plantas que continúan evapotranspirando a potenciales de agua de -2.0 a -4.0 MPa, el agua extraída solo les permite sobrevivir y difícilmente será suficiente para incrementar la productividad. También hace énfasis que al comparar diferentes especies en relación al potencial hídrico es fácil encontrar diferencias, pero al comparar genotipos de una misma especie las diferencias son muy pequeñas.

4.1.3. Contenido de agua en la planta

A diferenciación floral, en ninguno de los ambientes de humedad se presentó estrés por sequía, por lo cual no se encontró diferencia significativa en el porcentaje de agua entre condiciones de humedad, lo mismo sucedió en el peso de agua. La variación se presentó en función de los genotipos, por lo cual aquí no se

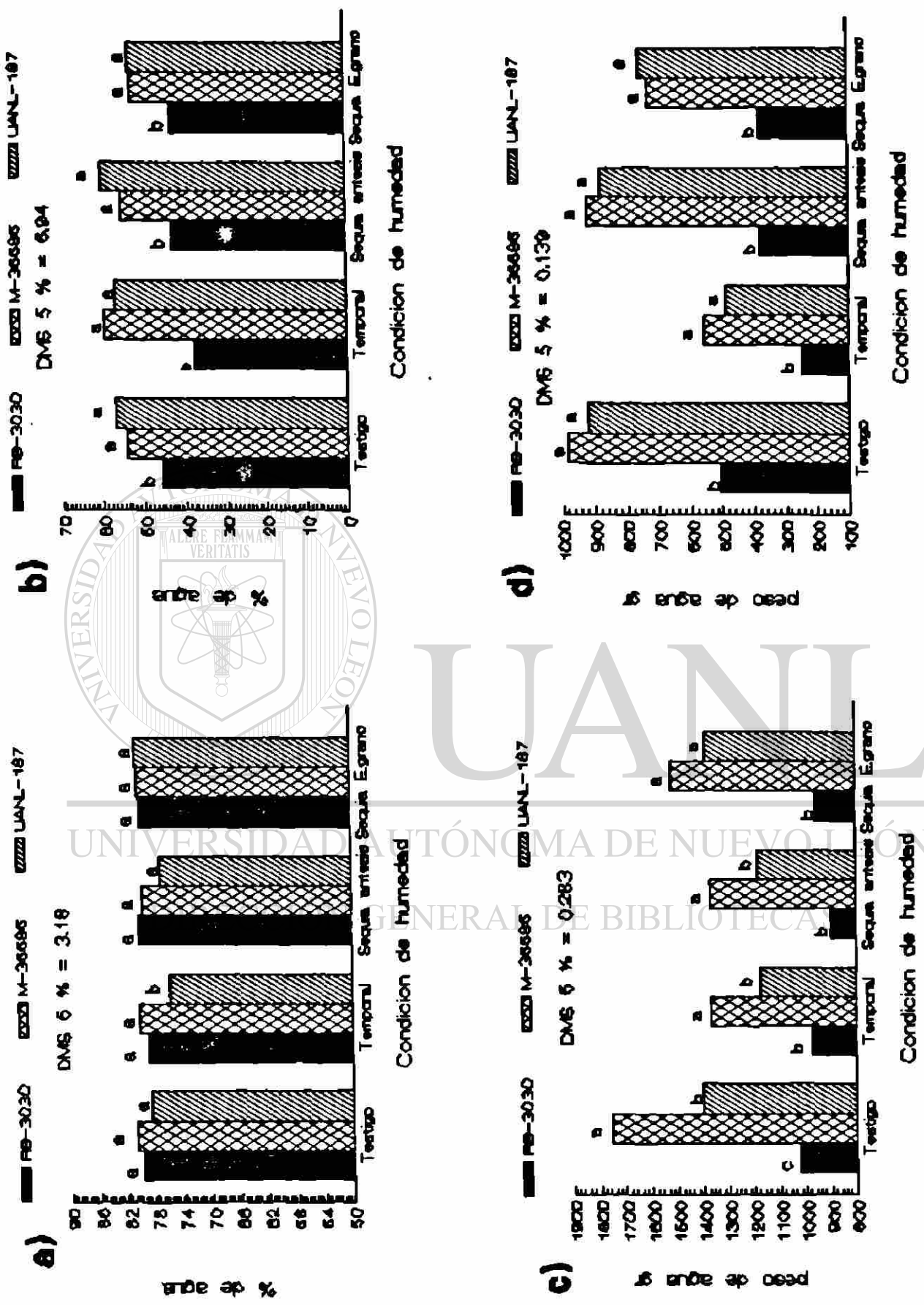


Figura 5. Contenido de agua en porcentaje y Peso ; a) porcentaje de agua en antesis, b) peso de agua en antesis, c) porcentaje de agua en madurez fisiológica y d) peso de agua a madurez fisiológica Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

presentan los resultados.

El genotipo RB-3030 mostró un comportamiento similar en los cuatro regimenes de humedad en la etapa de antesis, por las razones mencionadas anteriormente en el caso de la variación en la humedad del suelo. El genotipo M-35585 mostró un comportamiento similar al híbrido RB-3030 a pesar de estar sometido a una condición de humedad mucho más crítica. La variedad UANL-187 fue la que mostró un menor porcentaje de agua en esta etapa, cuyo valor fue diferente estadísticamente en comparación a los otros dos genotipos, aunque lo anterior no influyó para que M-35585 lograra mantener alto el potencial de agua, lo cual se puede explicar en base a la diferencia de ambos métodos para medir el estado de agua en la planta, uno lo mide en cantidad y el otro en base a la energía libre del agua en condiciones estandard. Por una parte el híbrido contó con suficiente humedad en antesis, por lo cual se explica su comportamiento, pero el genotipo M-35585 parece mantener un mayor nivel de extracción de agua del suelo, aun cuando la humedad del suelo se haya abatido significativamente, lo anterior debido a un sistema radical con mayor densidad y profundidad que le permite extraer mayor cantidad de agua del suelo. Lo anterior se aprecia en la Figura 3.

En la etapa del llenado de grano no se observó diferencia significativas en el porcentaje de agua entre niveles de humedad, pero sí entre genotipos RB-3030 manifestó un menor porcentaje de agua que las otras variedades, las cuales tendieron a mantener un alto % de agua en la condición de humedad más crítica (temporal). El híbrido fue significativamente inferior por varias razones, entre ellas el hecho de que es un material senescente. Los genotipos UANL-187 y M-35585 tienden a mantener un alto porcentaje de agua, tanto en condiciones críticas como en condiciones de alto nivel de humedad en el suelo, lo cual es una característica de los materiales tropical adaptados de mantener un alto peso fresco, lo que los hace más suculentos para consumo

inmediato por el ganado. Lo anterior se debe a la no senescencia de su follaje, el cual se mantiene fotosintéticamente activo, aún después de que el grano ha alcanzado la madurez fisiológica (Viator et al 1990).

4.2. Efectos en el área foliar e índices de crecimiento

4.2.1. Efectos sobre el área foliar y sus índices

Las variedades M-35585 y UANL -187 fueron afectadas durante el desarrollo vegetativo por efectos severos de estrés de agua en los tratamientos de humedad de temporal y sequía en antesis, lo que redujo la expansión del área foliar en los dos genotipos mencionados; el híbrido RB-3030 escapó a tal efecto. Al respecto Manjarrez (1986), menciona que la expansión de la hoja puede ser afectada en el desarrollo vegetativo a partir de 20 a 30 % de humedad en el suelo; lo anterior coincide con el comportamiento del híbrido ya que en ninguno de los tratamientos se afectó el desarrollo del área foliar y el porcentaje de humedad en el suelo se encontraba por encima del nivel mencionado por Manjarrez (1986). Lo anterior se aprecia claramente en el área foliar que habían desarrollado hasta antesis, solamente en los tratamientos de humedad testigo y sequía en etapa de grano escaparon a este efecto los genotipos tropicales.

En la etapa de formación de grano, el efecto de sequía provocó la muerte de hojas en más de un 50 % (Figura 6), en los materiales tropicales y el híbrido fue reducido en el área foliar en más de 80 % por estrés en el régimen de humedad de temporal; el otro tratamiento que también se afectó, fue el de sequía en etapa de grano. El genotipo RB-3030 mostró tendencia a senescencia en las hojas aun con un buen nivel de humedad en el suelo. lo anterior se muestra en la Figura 6, donde se presentan el área foliar a la antesis, madurez fisiológica y área afectada (senescente). Varios autores consideran que la reducción del área

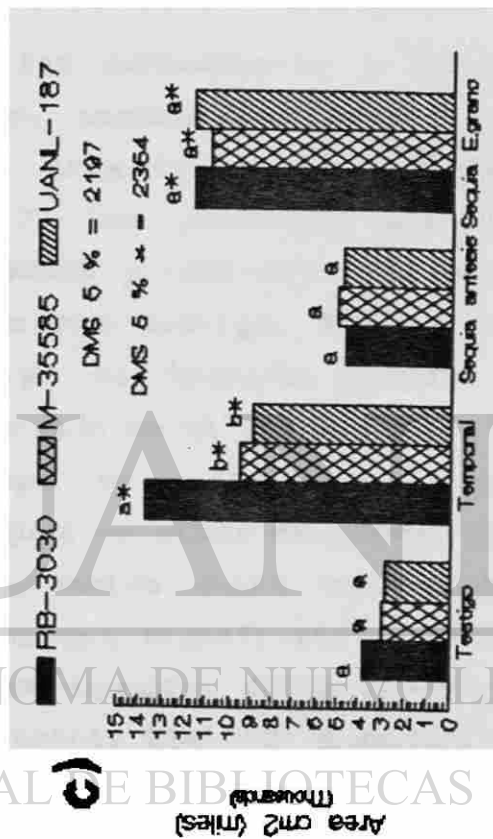
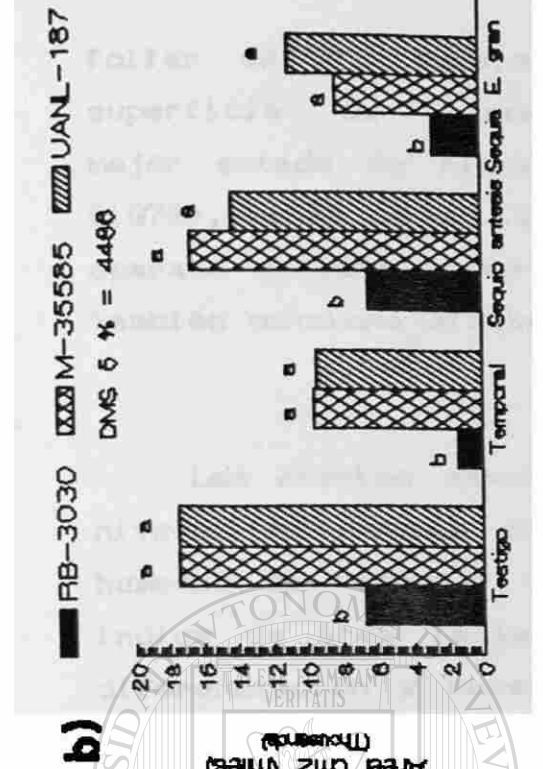
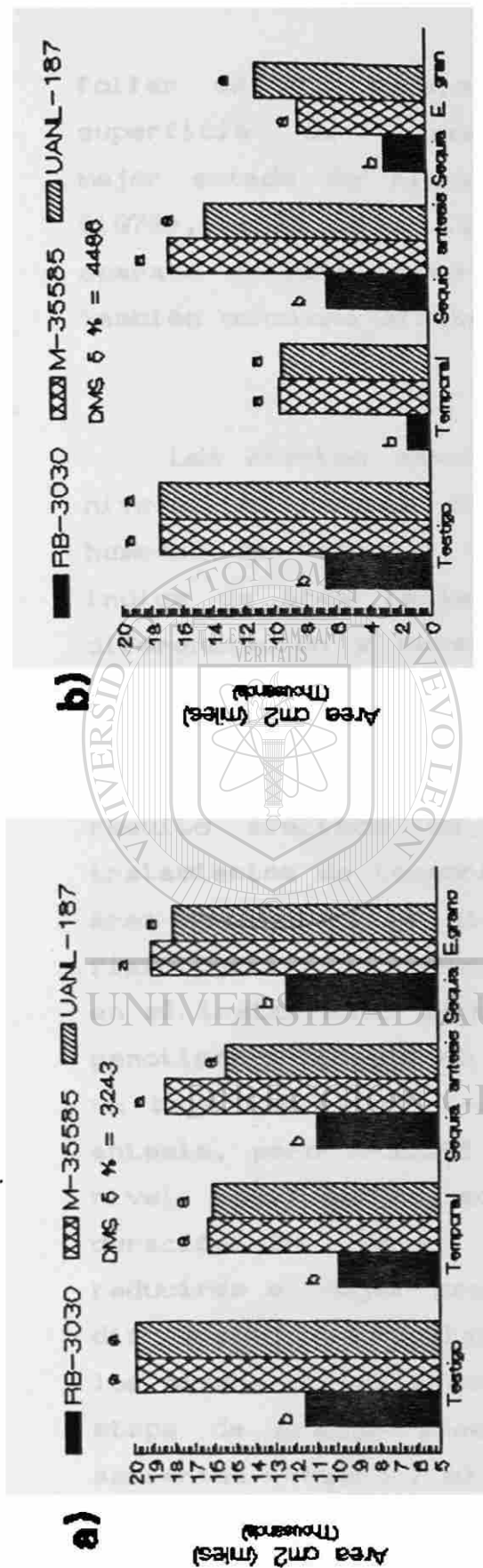


Figura 6. Area foliar: a) antesis, b) madurez fisiológica y c) Senescente. Marín N.L. 91
Ciclo tardío 1990.

foliar es una manera mediante la cual la planta reduce la superficie de transpiración, y en consecuencia, conserva un mejor estado de hidratación. Ficher y Turner (1978), Bidinger (1978), Verma et al (1983) y Leal (1990) hacen énfasis en que el aparato fotosintético tiende a reducirse. Manjarrez (1986), también menciona efectos similares sobre hojas ya desarrolladas.

Los efectos adversos de las deficiencias de humedad en los niveles de: sequía en antesis, sequía en formación de grano y humedad de temporal sobre el área foliar se reflejaron en el índice de área foliar (IAF). Los genotipos afectados, entre diferenciación y antesis M-35585 y UANL-187 resultaron con un índice foliar menor al tratamiento testigo, en los ambientes de temporal y sequía en antesis. El híbrido RB-3030 mostró un comportamiento similar al observado en el área foliar, ya que sólo resultó afectado en la etapa de llenado de grano en los tratamientos de temporal y sequía en etapa de grano. El índice de área foliar en la etapa comprendida entre antesis y madurez fisiológica, fue reducido de manera significativa, principalmente en el tratamiento de humedad de temporal donde afectó a los tres genotipos (Figura 7 a) . Y solamente UANL-187 presentó tendencia a un bajo índice de área foliar en el tratamiento de sequía en antesis, pero M-35585 no presentó efecto significativo en este nivel. Los efectos sobre el área foliar también afectaron la duración de ésta; solamente M-35585 presentó tendencia a reducirse en mayor grado en la condición de temporal en la etapa diferenciación-antesis; en la etapa de antesis-madurez afectó los los mismos tratamientos que el área foliar (temporal y sequía en etapa de grano) afectando a los tres genotipos en los dos ambientes (Figura 7 b).

4.2.2. Efectos sobre los índices de crecimiento

Los efectos de la sequía sobre la acumulación de materia seca no fueron significativos hasta la etapa de antesis, a pesar de la

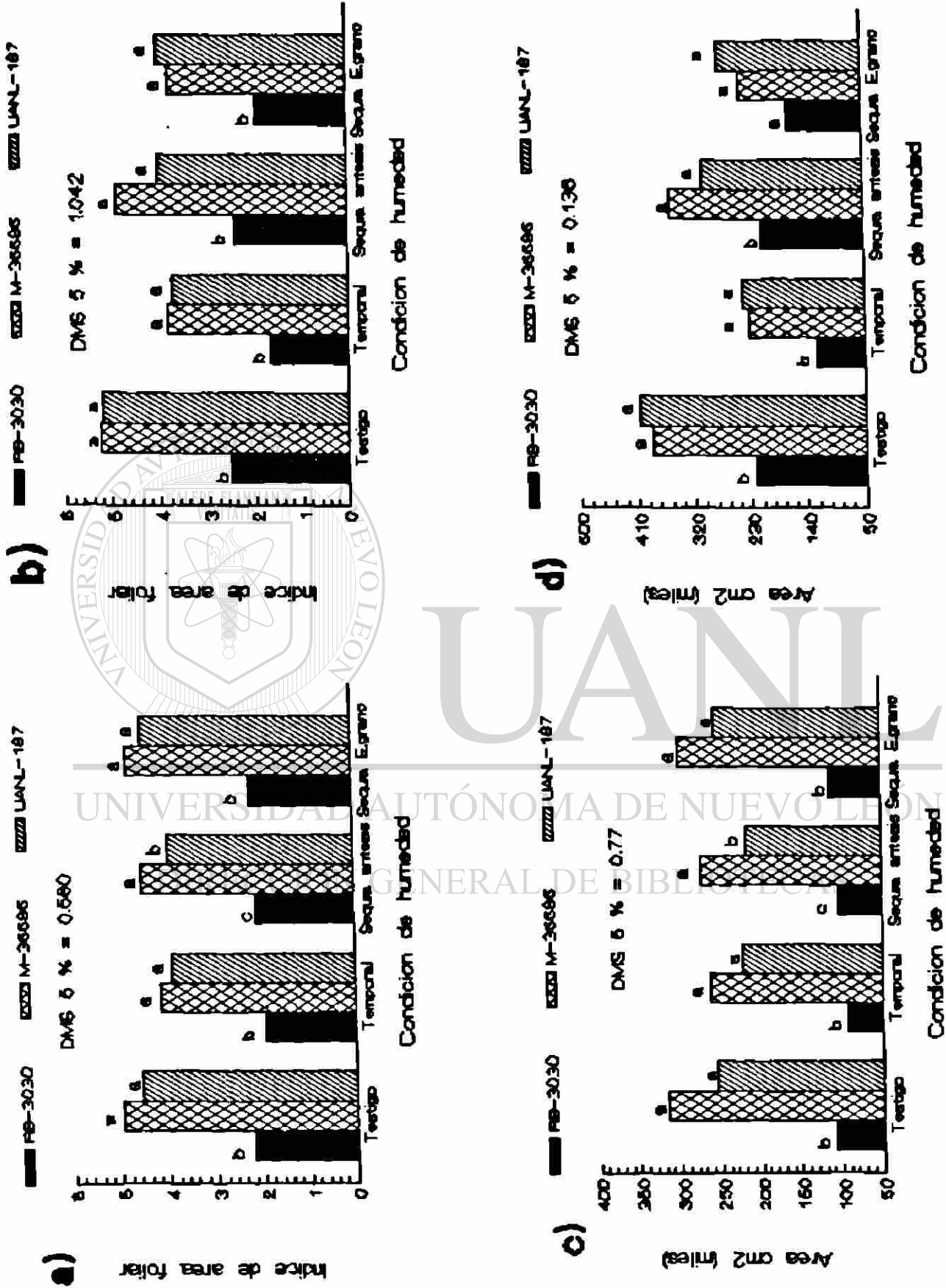


Figura 7. Índice de área foliar; a) diferenciación-antes, b) antes-madurez fisiológica y duración de área foliar, c) diferenciación-antes y Antes-madurez fisiológica, Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

reducción del área foliar que presentaron M-35585 y UANL-187, pero fueron manifiestas hasta finalizar la etapa de grano. Esto es que las tasas relativa de crecimiento (TRC), tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y tasa de asimilación neta (TAN) no fueron afectadas significativamente en el periodo que comprende de diferenciación floral a antesis. El grado de sequía en la etapa de antesis fué el que marcó la diferencia en el crecimiento de los genotipos UANL-187 y M-35585 con respecto al híbrido RB-3030 principalmente en las condiciones de temporal, que fue donde mostraron diferencias significativas los genotipos, en sus: TRC, TCC, y TAN; en este tratamiento y en el de sequía en antesis el híbrido soportó niveles de humedad entre 30 y 10 % de humedad aprovechable, en cambio los otros dos genotipos sufrieron mayor agobio al soportar niveles de humedad abajo del PMP.

La tasa relativa de crecimiento para el periodo comprendido entre antesis y madurez fisiológica, fue afectada en diferente magnitud, de acuerdo con el regimen de humedad. En el ambiente con humedad testigo, fue donde mostraron su máxima expresión los genotipos, las diferencias no alcanzaron nivel de significancia, pero se muestran tendencias claras como se aprecia en la figura (8 a), en donde la línea M-35585 muestra tendencia a un mejor comportamiento que el híbrido. Bajo condiciones de temporal se presentaron valores negativos, UANL-187 presenta los valores más bajos, en este ambiente el híbrido presenta una mayor reducción en la tasa relativa de crecimiento. En la condición de humedad de sequía en antesis la línea M-35585 presentó una alta recuperación llegando a igualar al híbrido en comportamiento ya que se observa en su tasa relativa de crecimiento y la tasa de crecimiento del cultivo. En el tratamiento de sequía en grano la variedad UANL-187 mostró una tendencia a un mayor comportamiento en esta variable, aunque muestra un comportamiento similar a M-35585, en cambio la TRC fue abatida en el genotipo RB-3030.

Respecto a la tasa de crecimiento del cultivo (Figura 8b), en

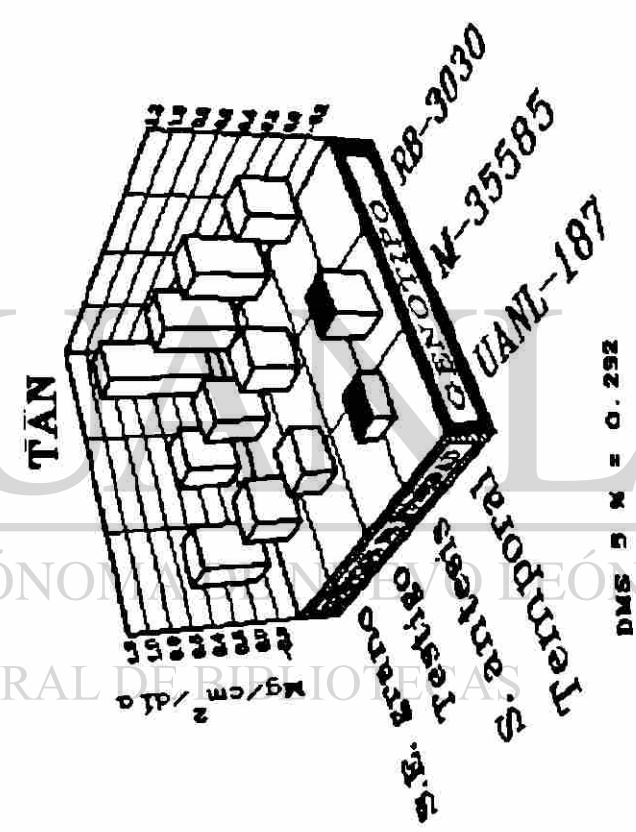
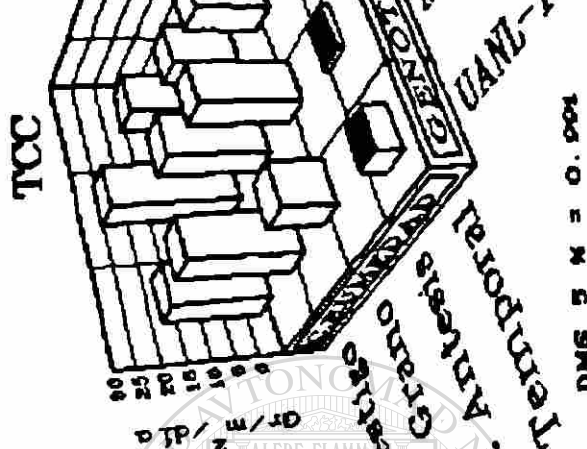
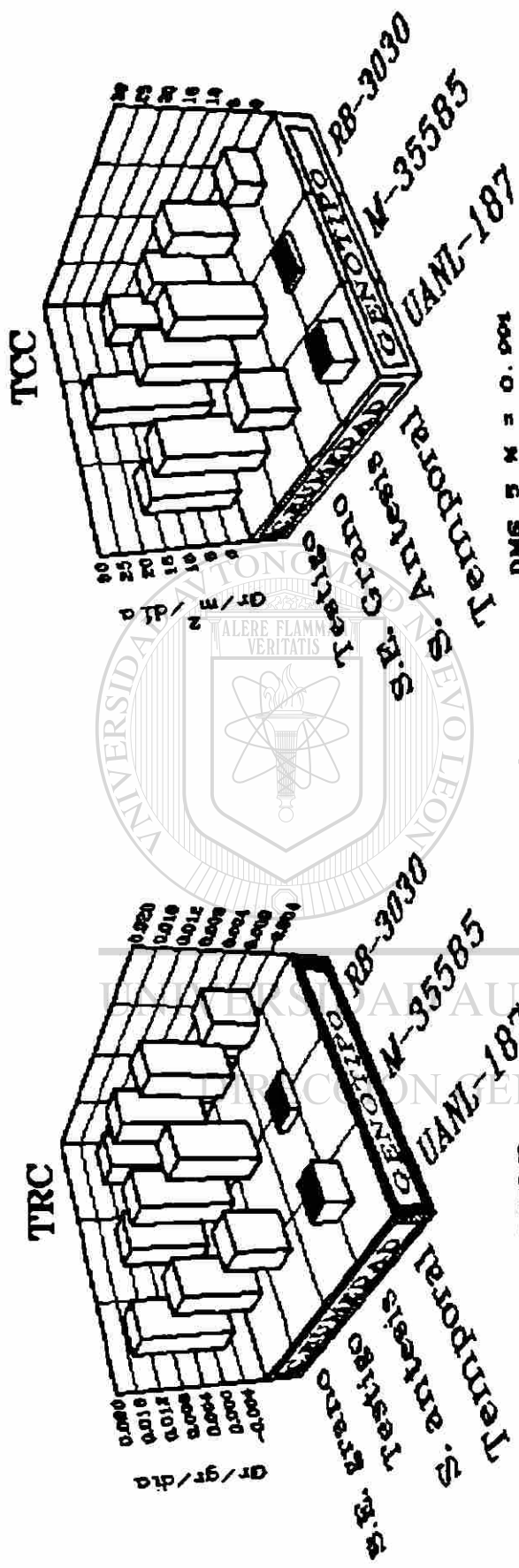


Figura B. Indices de crecimiento promedio del periodo de antesis-madurez de grano:
 a) tasa relativa de crecimiento, b) tasa de crecimiento del cultivo y
 c) tasa de asimilación neta. Marín N.L. Ciclo Tardío 1990.

el tratamiento de humedad testigo, el genotipo M-35585 se comportó con tendencia a superar al híbrido. Bajo condiciones de temporal UANL-187 y M-35585 mostraron TCC con valores negativas, el menos afectado fue el segundo. En el regimen de sequía en antesis, la línea M-35585 mostró un comportamiento sobresaliente, aparentemente ligado a una alta habilidad para recuperarse quizá por haberse reducido en menor grado su división celular, ya que al disponer de agua presentan un desarrollo más rápido en apariencia a las plantas no afectadas por sequía, según lo mencionan Hsiao (1973), Leal (1990). En la condición de humedad de sequía en etapa de grano en cambio el genotipo que muestra la mayor tendencia en su TCC es la variedad UANL-187, en razón de un uso más eficiente del agua con respecto a la acumulación de materia seca, a un nivel similar al observado en el nivel de humedad usado como testigo; en cambio los otros dos genotipos fueron afectados significativamente en este aspecto.

La tasa de asimilación neta como se observa en la (Figura 8), el genotipo RB-3030 por su área reducida mostró una mayor TAN en todos los ambientes, lo anterior también relativo a la mayor área afectada en la etapa final del ciclo. Por otra parte la actividad fotosintética de mayor influencia en la acumulación de materia seca se localiza en el dosel superior, ya que los doseles más afectados por sequía fueron los inferiores; en relación a esto, Fischer y Wilson (1971) estimaron que el 93% de peso seco del grano en un híbrido de sorgo se debió a la fotosíntesis de las cuatro hojas superiores y de la panoja. Lo anterior es muy claro bajo sequía en etapa de grano el híbrido presentó la mayor TAN al presentar una área foliar reducida. En este aspecto Bidinger (1978) y Muchow (1989) consideran que no importa el área de intercepción sino la eficiencia en la conversión de materia seca. M-35585 cuando sufrió sequía en antesis al reanudarse las condiciones de humedad parece mostrar una mayor recuperación con respecto a UANL-187. Leal (1990) y Saucedo (1985) observaron mayor recuperación en genotipos tolerantes cuando se les regularizó la humedad después que fueron

sometidos a sequía. En el regimen de temporal solamente el híbrido RB-3030 mostró una TAN positiva, en cambio los otros dos genotipos mostraron valores negativo el de menor comportamiento resultó UANL-187, aunque estadísticamente no fue diferente a la línea M35585, ésta última parece disponer de habilidad para seguir extrayendo humedad del suelo a niveles muy inferiores a -1.5 MPa de tensión, aunque esto no reditua en niveles de productividad significativa. Lo anterior pudiera estar asociado a un mayor ajuste osmótico.

El comportamiento sobresaliente de M-35585, al recuperarse de estres de sequía en antesis pudiera estar relacionado con acumulación de prolina en el periodo de estres, que le prporcione energía para una rápida recuperación, en este aspecto Tang y Wu (1988), Khidse et al (1982) observaron variabilidad genética en la cantidad de prolina acumulada bajo sequía. También puede estar involucrada la habilidad para mantener la integridad de los cloroplastos, los cuales al normalisarse la condición de humedad pudieran estar en condiciones de trabajo. Saucedo (1985) y Leal (1990), observaron diferencia entre genotipos en la cantidad de clorofila bajo condiciones de sequía. UANL-187 se comporta en grado sobresaliente bajo condiciones de estres en la etapa de llenado de grano manteniendo su eficiencia fotosintética en comparación al nivel de humedad testigo, con tendencia a superar al Híbrido RB-3030 y al cultivar M-35585 en comportamiento en TCC y TRC. En este caso el comportamiento de UANL-187 es significativo, ya que muestra tendencia a superar al híbrido RB-3030 que tiene un buen comportamiento bajo un regimen de humedad deficiente después de antesis, según Montes Y Villarreal (1986). Las pérdidas de peso seco, expresadas por los valores negativos en los índices fisotécnicos, se deben principalmente al descenso en la evolución del CO₂ por efecto del cierre estomatal, lo que causa un desequilibrio entre la tasa de fotosíntesis y las tasas de respiración y fotorrespiración, esta última evoluciona en grado significativo en sorgo bajo condiciones de sequía según

Kumer y Gupta (1988) y Pier (1989).

4.3. Efectos sobre la fenología y características morfológicas y producción

4.3.1. Fenología

las diversas condiciones de humedad a las que se sometieron los genotipos, con respecto al nivel de humedad testigo, no influyeron significativamente sobre la etapa de diferenciación, ni en la etapa de antesis, solamente se encontró efecto sobre la fecha de madurez fisiológica que se adelantó en los tratamientos de humedad con temporal y en el de sequía en etapa de llenado de grano, con respecto a los otros regimenes de humedad que contaron con agua suficiente en la etapa de llenado de grano, la interacción genotipo- condición de humedad resultó significativa al 1 %. Resultados similares son mencionados por Montes y Villarreal(1986), Rodríguez (1987), Manjarrez et al (1989), en relación al efecto de la sequía sobre la etapa de madurez fisiológica. (Figura 9-a).

Fischer y Turner (1978), mencionan que en plantas anuales el período de diferenciación no es sensible a sequía, Verma y Eastin (1985) confirman lo anterior en sorgo. En este aspecto Krieg (1983), Manjarrez (1986), observaron un retraso en el desarrollo apical por efecto de sequía en una etapa previa a la antesis, lo que influyó en el retraso de esta última, el cual no es muy prolongado, pero se relaciona con habilidad genética para permanecer en latencia durante períodos de sequía, según lo señalan Seetharama et al (1981). El contenido de humedad en el suelo fue muy similar en los cuatro tratamientos de humedad durante la etapa de diferenciación floral, por lo que no se encontró efecto diferencial en ninguno de los genotipos sobre la

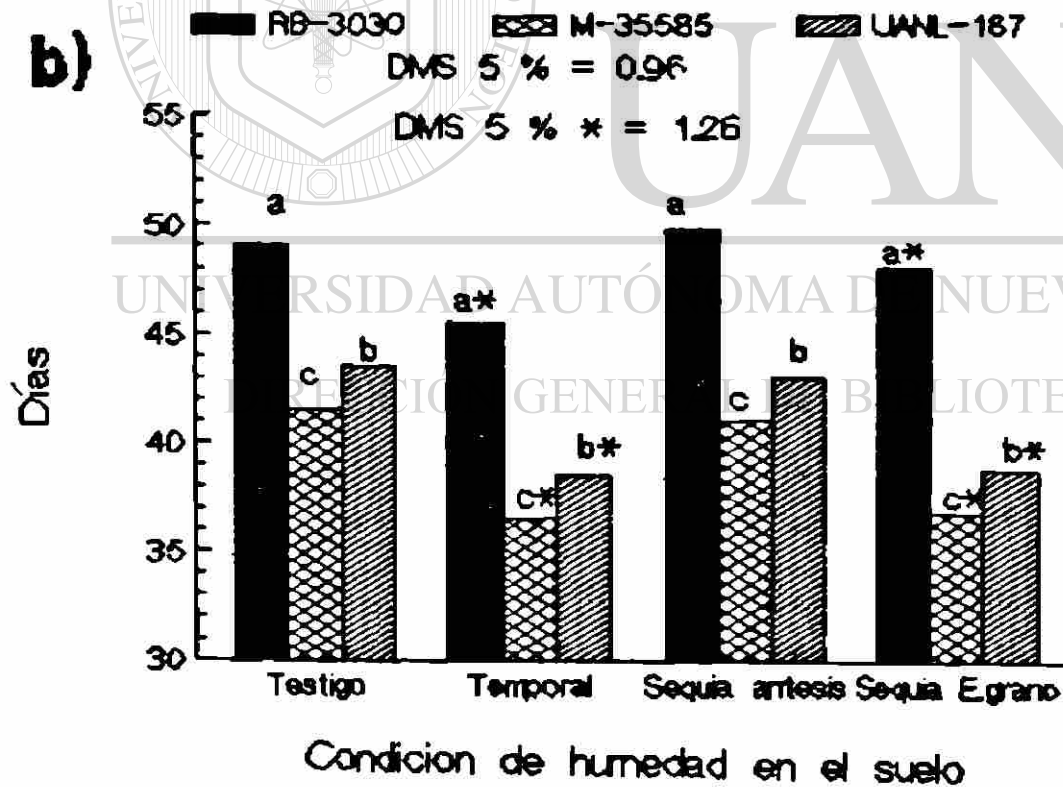
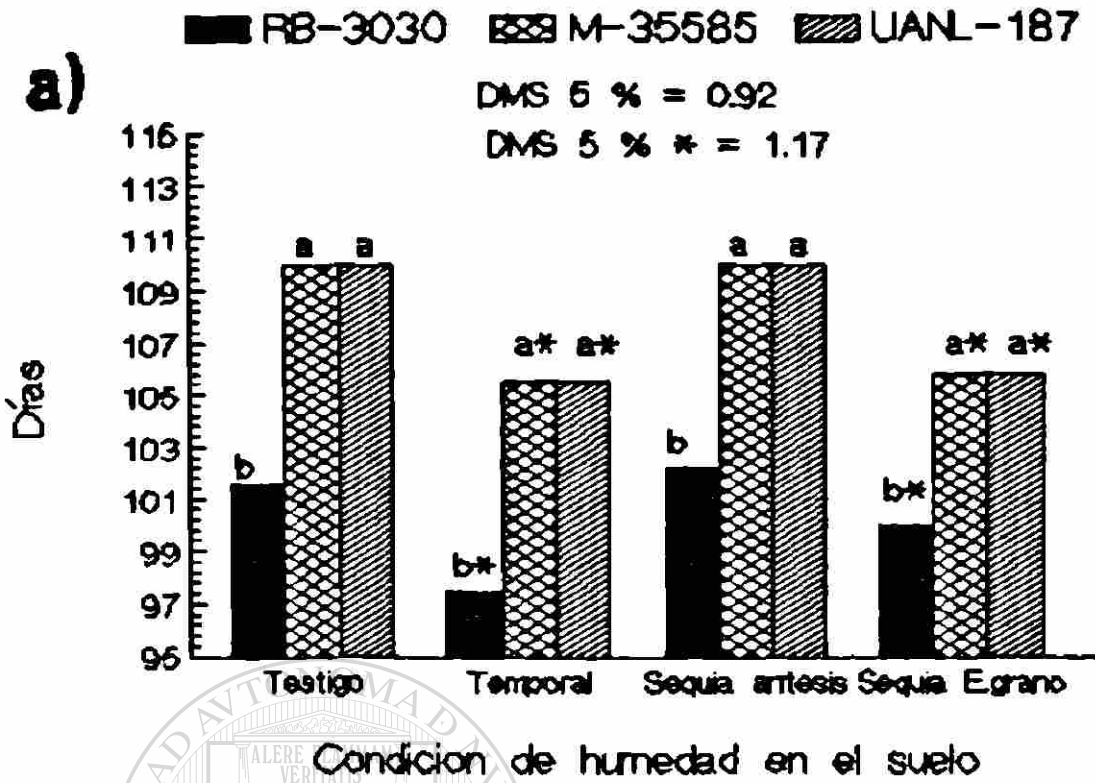


Figura 9. Efecto de las condiciones de humedad sobre: a) etapa de madurez fisiológica de grano y b) etapa de antesis-madurez fisiológica de grano. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

etapa de antesis. Lo anterior puede ser debido a que la deficiencia de humedad se presentó después del periodo mencionado por Manjarrez (1986); en el cual puede afectar la etapa de antesis..

En general independientemente de las condiciones de humedad los genotipos tropicales tienden a acortar su ciclo, principalmente en la reducción de la etapa de antesis a madurez fisiológica en comparación con el híbrido RB-3030, parecen seguir la tendencia señalada por Mann y Miller (1986), por su comportamiento al variar el lugar donde se cultive conforme se aleje más la latitud hacia el norte, (figura 9-b) de acuerdo a la ubicación del sitio donde se realizó el experimento con respecto al ecuador.

4.3.2. Efectos sobre características de planta

La altura fue una variable altamente influenciada por las condiciones de humedad. Los regímenes de humedad que ejercieron efectos significativos reduciendo la altura de planta, fueron el de temporal y sequía en etapa de antesis, los cuales afectaron solamente a los materiales tropicales, escapando el híbrido RB-3030 ya que, cuando se presentaron las condiciones de humedad crítica, éste había terminado la etapa de antesis y en ese periodo se alcanza la máxima altura. Lo anterior se aprecia claramente en la (Figura 10), en la dinámica de altura de este genotipo donde no se observa diferencia en la variación de altura, a través del tiempo en cada condición de humedad. Lo contrario se observa en los genotipos M-35585 y UANL-187, los cuales claramente se observa en la Figura 11 que detuvieron su desarrollo en altura después del 18 de octubre, cinco días después de que el híbrido había alcanzado el 50% de antesis, por lo que escapó al castigo de sequía sobre la altura, pero en los otros genotipos esto ocurrió 12 días antes de alcanzar dicha etapa. Tanto el ambiente de temporal, como el ambiente de sequía en antesis muestran comportamiento similar en relación a esta característica,

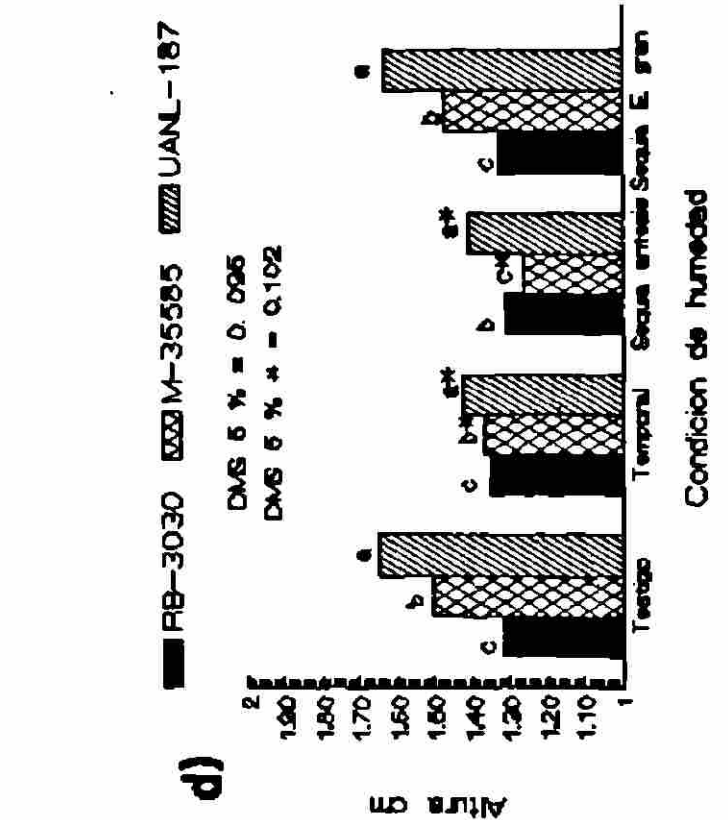
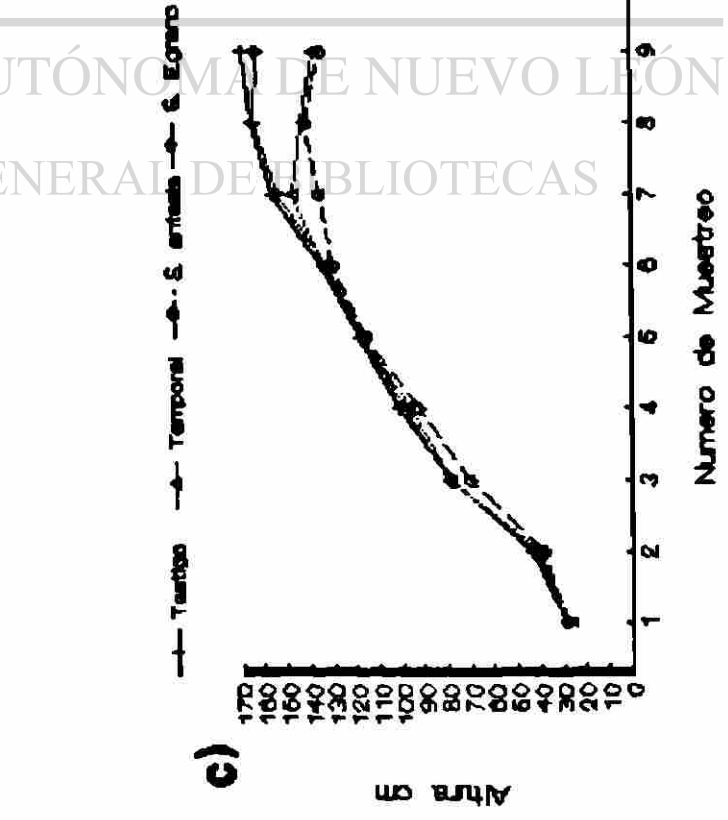
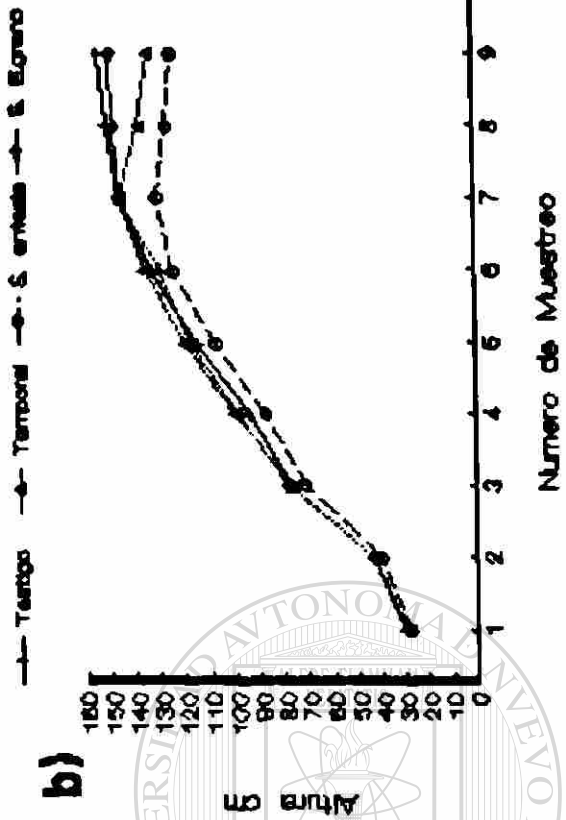
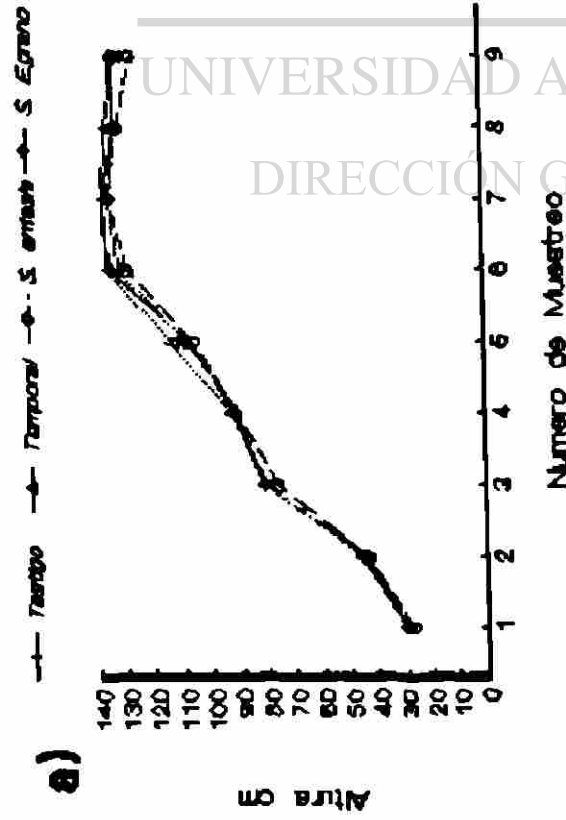
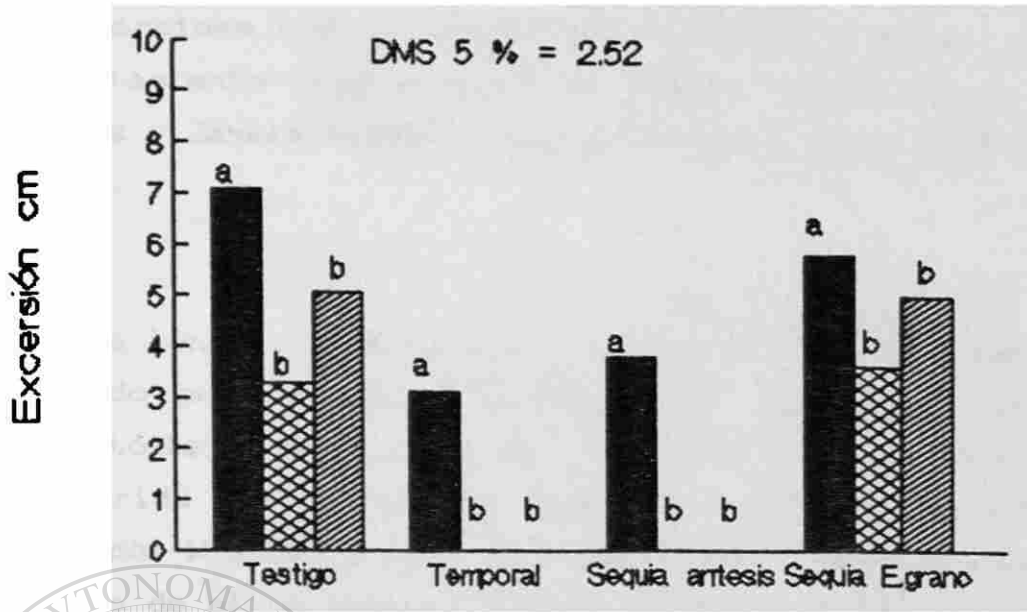


Figura 10. Dinámica de altura por genotipo y condición de humedad: a) híbrido RB-3030, b) M-35585, c) UANL-187 y d) altura final. Marín N.L. Ciclo tardío 1990. 91

la variedad UANL-187 y la línea M-35585, sufrieron un efecto ligero en la reducción de altura en el régimen de humedad con sequía en etapa de grano, lo que está relacionado con las características del material tropical de continuar el crecimiento aun cuando se ha alcanzado la madurez fisiológica, según se ha observado en acumulación de materia seca. Existen infinidad de informes en relación a los efectos de sequía sobre el abatimiento de la altura, que varía de acuerdo en la etapa en que se presenten, además de el grado de estrés y duración de éste (Tostado y Vuelvas, 1986; Vázquez y Zavala 1986 y Rodríguez 1987). La variación de la altura se comporta en forma similar a la expansión del área foliar cuando sufre efectos de estrés a través de la ontogénesis. Lo anterior se debe principalmente a que se detiene la elongación de las células y en casos muy severos también la división celular, lo anterior es más marcado en el período de rápida expansión entre diferenciación floral y antesis.

La excursión a igual que la altura, es altamente sensible a la variación de las condiciones del ambiente. Tsuda (1986), menciona que a partir de un potencial de agua de -1.2 MPa se afecta la excursión en el sorgo. El comportamiento de esta variable a través de los cuatro ambientes se presenta en la Figura 12, donde se aprecia que el híbrido también alcanzó a sufrir reducción en la excursión por efecto de la variación de las condiciones de humedad; la máxima expresión de los genotipos la alcanzaron a manifestar en el ambiente testigo (nivel de 50 % de humedad disponible) y con un descenso marcado bajo condiciones de temporal y sequía en antesis. Cuando se aplicó sequía en etapa de grano, ésta no influyó significativamente esta variable. Los genotipos tropicales fueron afectados en mayor grado que el híbrido RB-3030, por las mismas circunstancias mencionadas anteriormente en relación a la humedad del suelo, además generalmente los genotipos híbridos presentan mayor excursión que las variedades o líneas no híbridas. Son numerosos los trabajos

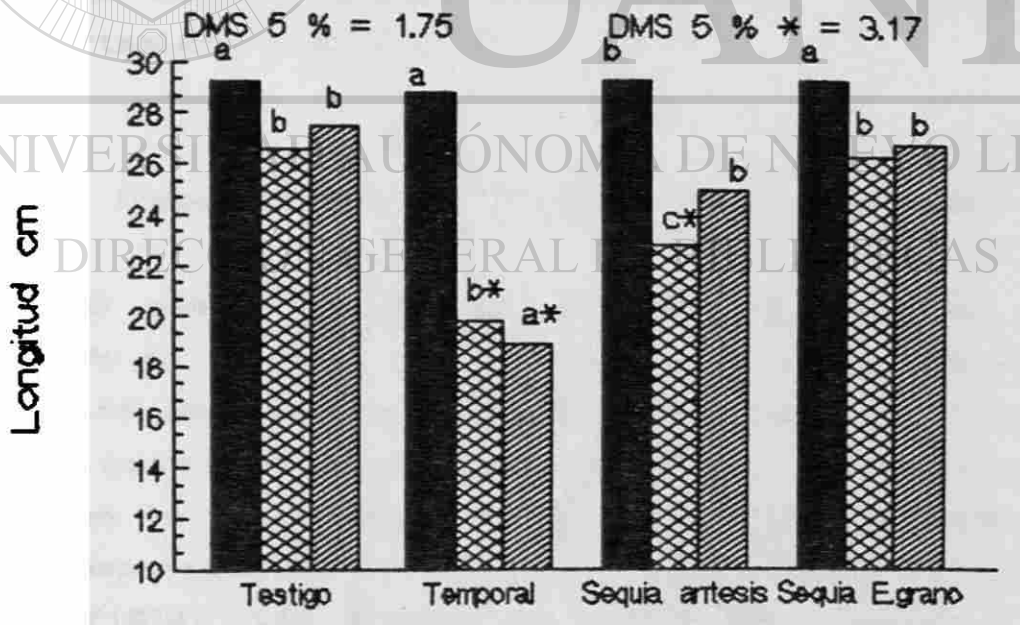
■ RB-3030 ▨ M-35585 ▩ UANL-187



Condición de humedad en el suelo

Figura 11. Efecto de las condiciones de humedad sobre la excursión de los genotipos. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

■ RB-3030 ▨ M-35585 ▩ UANL-187



Condición de humedad en el suelo

Figura 12. Efecto de las condiciones de humedad sobre la elongación de la panoja en los genotipos. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

que coinciden con lo observado respecto a esta variable y su comportamiento bajo efectos de sequía, entre ellos Wong (1979), Vázquez y Zavala (1986), Castillo (1986), Tsuda (1986) y Rodríguez (1987).

La Longitud de panoja. siguió un comportamiento similar al mostrado por la altura y excursión. La máxima reducción se presentó bajo condiciones de humedad de temporal, en esta variable el híbrido RB-3030 no fue afectado significativamente; pero los genotipos M-35585 y UANL-187 fueron afectados en grado severo. El primero de ellos también sufrió un efecto significativo cuando la sequía lo afectó en antesis. Brown et al (1976), mencionan que son varios los factores que influyen en el desarrollo de la panoja y el estrés por deficiencia de agua es el principal. Montes y Villarreal (1986), observaron efectos similares sobre la longitud de panoja por variaciones en los niveles de humedad; Tostado y Vuelvas (1986), Vázquez y Zavala (1986), encontraron el mismo comportamiento. (Figura 13).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

4.3.3. Comportamiento de las variables de producción

El número de panojas por metro cuadrado es afectado de acuerdo en la etapa en que ocurre la sequía, Manjarrez (1986), encontró que cuando la sequía ocurre en la microesporogénesis, puede ocurrir un colapso o muerte total de la panoja principal, también lo han señalado Hulquist (1973) y González (1982). La microesporogénesis se ubica entre la etapa de embuche y antesis Wong (1979). Los efectos de sequía que llegaron a inhibir el desarrollo de la panoja en un alto porcentaje de plantas se manifestaron en los tratamientos de humedad de temporal y de sequía en antesis, el híbrido RB-3030 escapó a tales efectos; los genotipos M-35585 y UANL-187 según se puede apreciar en la Figura 14, fueron reducidos en más del 40 % del número de panojas por efectos de sequía. Otros trabajos como los reportados por Blum

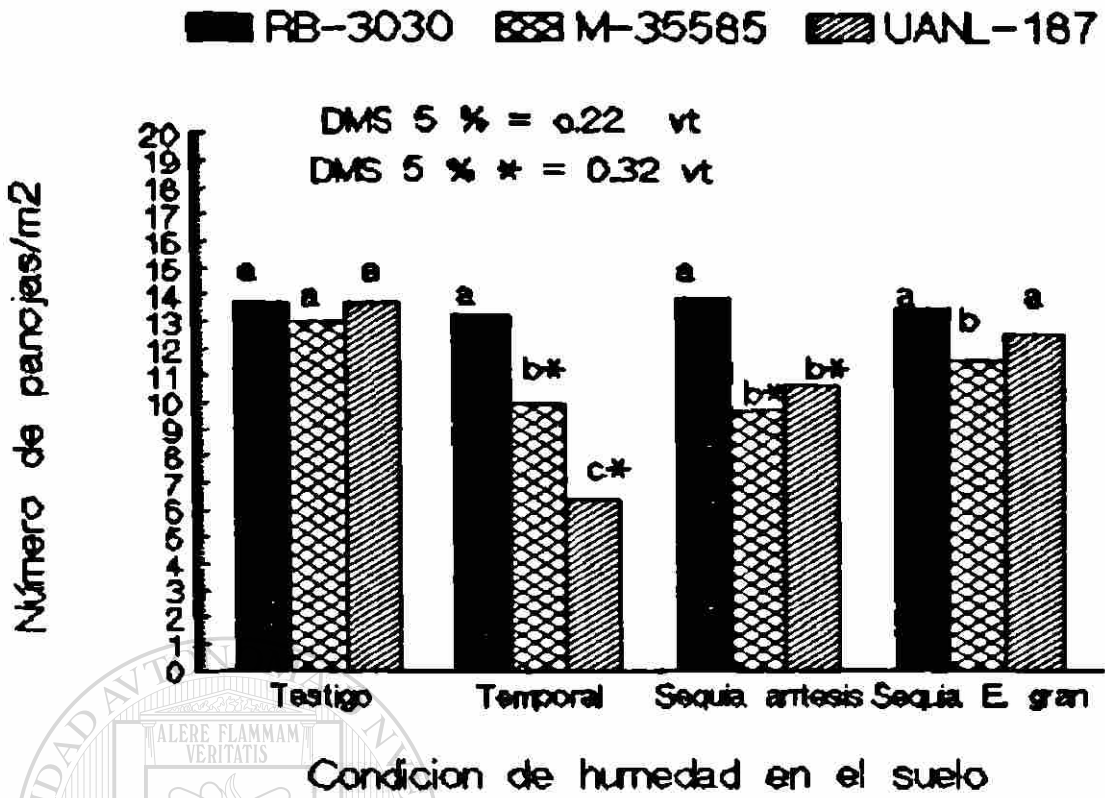


Figura 13. Efecto de las condiciones de humedad sobre el número de panojas por genotipo. Marín N. L.. Ciclo tardío 1990.

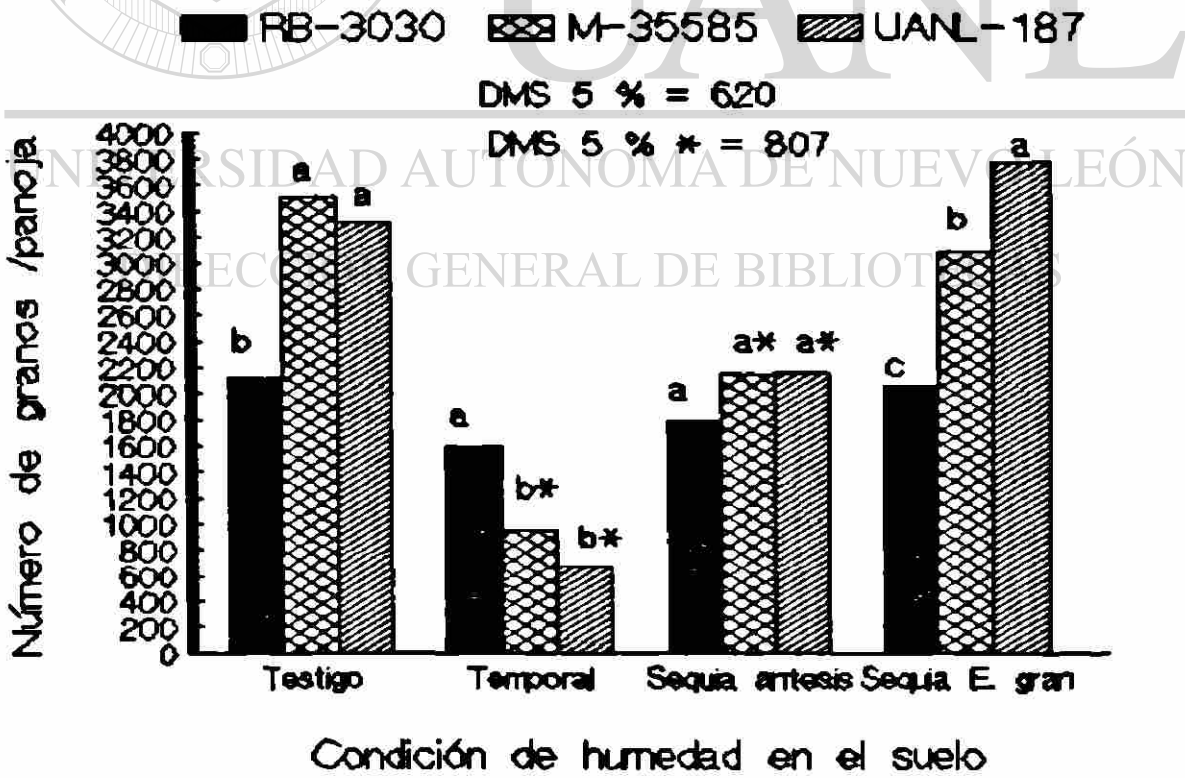


Figura 14. Efecto de las condiciones de humedad sobre el número de granos. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

(1973), Vázquez y Zavala (1986) reportan reducción en el número de panojas/ m², por estres de sequía, el efecto que ocasionó lo anterior fue el déficit severo que sufrieron los materiales tropicales, agudizado por la competencia entre plantas y dentro de la planta por agua.

Respecto al número de granos por panoja. La información que se tiene a la fecha es muy completa, en relación a los resultados obtenidos sobre los efectos de sequía en diferentes etapas de desarrollo de la panoja (panícula), Blum (1973), Huda et al (1983), Hermus et al (1983) todos ellos describen la reducción del número de granos en respuesta al estres de agua en el transcurso del desarrollo de la panoja. Manjarrez (1986), menciona que el número de granos fue reducido por efectos de sequía entre embuche y antesis; resultados similares fueron reportados por Taksure et al (1989). La reducción en el número de granos es por efecto de la inhibición de las ramas primarias o secundarias de la panícula, de acuerdo a los resultados de Blum (1973) y Manjarrez (1986); lo anterior depende de la etapa de desarrollo en que sea afectada la panoja.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En este trabajo la reducción en el número de granos en la panoja, fueron claros en los tratamientos donde la humedad descendió a un nivel crítico en la etapa de antesis (temporal y sequía en antesis), en donde aún el híbrido tiende a mostrar reducción, pero estadísticamente no fue significativo, lo anterior se debe a que el nivel de sequía fue ligero en etapa de antesis para este genotipo, por lo que el número de granos no fue afectado. Sin embargo en los demás genotipos M-35585 y UANL-187 la reducción fue muy severa hasta en más de un 60 %, el segundo fue abatido en mayor grado según se aprecia en la figura (15). En el nivel de humedad de sequía en antesis aunque los genotipos UANL-187 y M-35585 fueron afectados significativamente en esta variable, alcanzaron a superar al nivel de humedad de temporal a grado significativo; la más probable es que las florecillas hayan

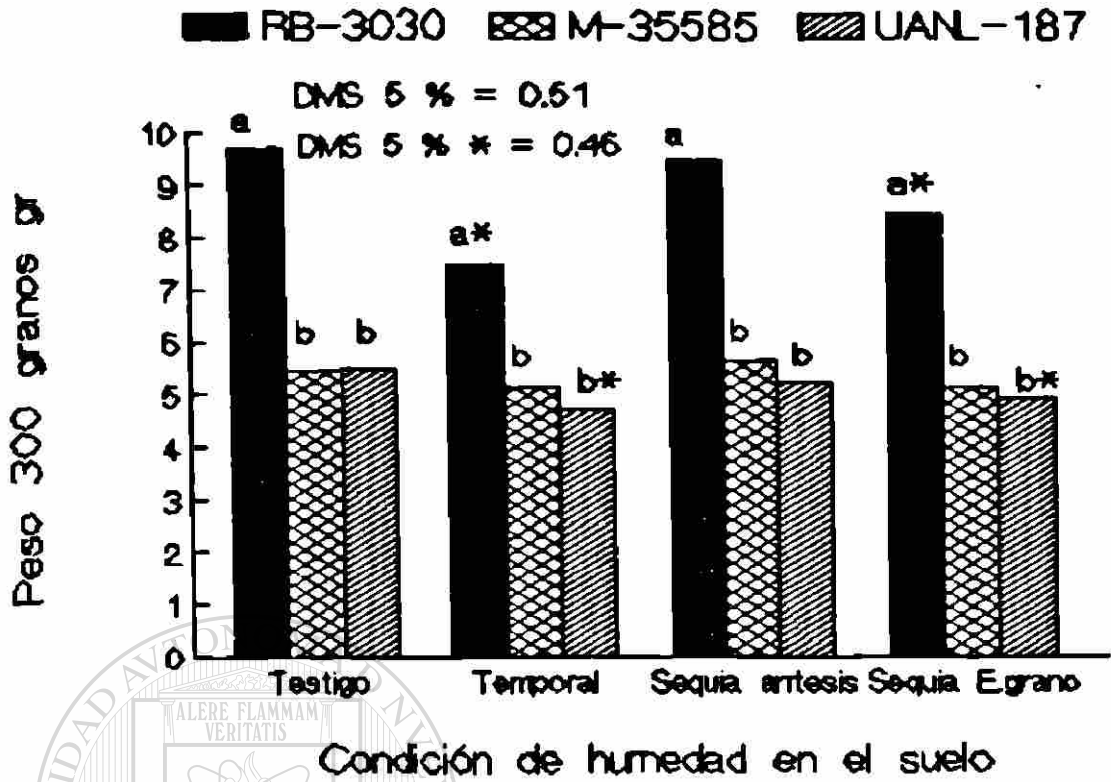


Figura 15. Efecto de las condiciones de humedad en el peso de grano. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

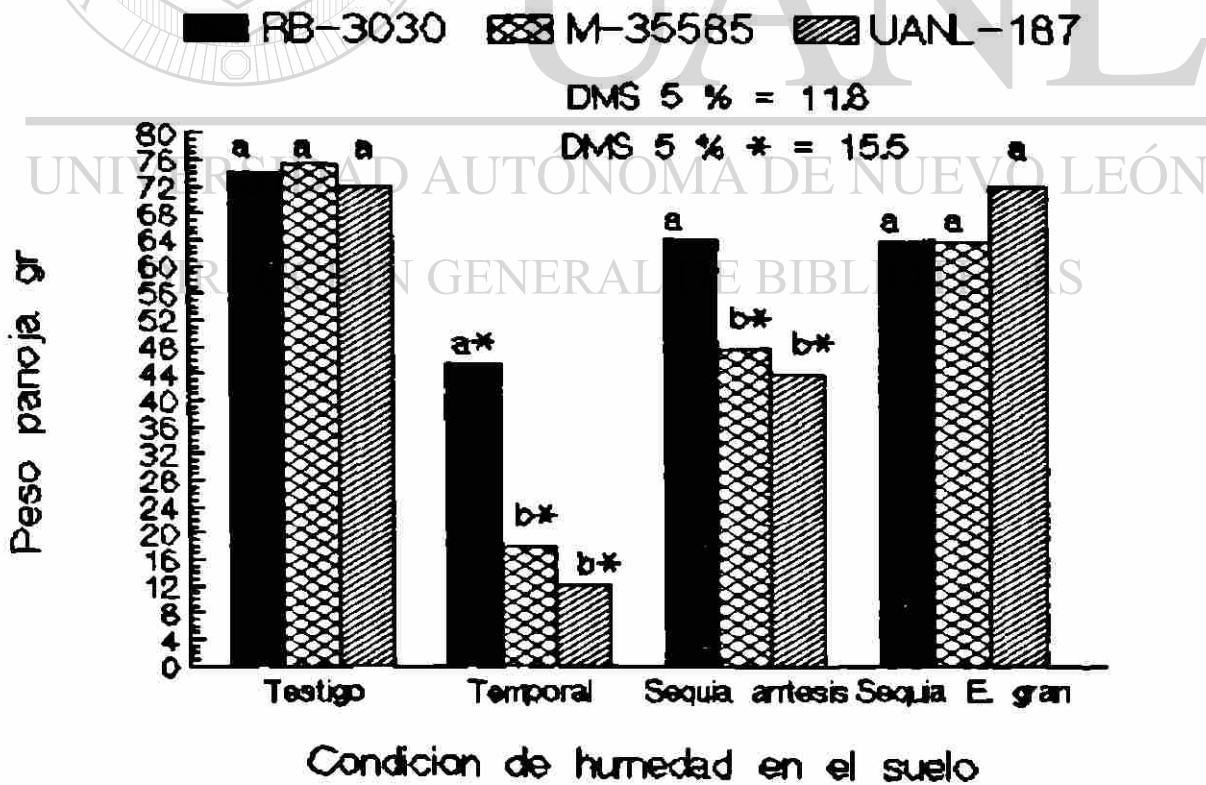


Figura 16. Comportamiento del peso de la panoja por condición de humedad por genotipo. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

estado fecundadas y al cambiar las condiciones de humedad, estas ya no fueron eliminadas, lo cual hubiera ocurrido de continuar la sequía. Manjarrez (1986), observó que el polen permaneció viable durante el desarrollo de la panícula aún bajo condiciones de sequía. Ante este resultado, claramente manifestado por los tres genotipos al incrementar el número de granos al eliminar el estrés de humedad al finalizar la etapa de antesis, por lo cual el número de granos pudiera definirse hasta los primeros días posteriores al finalizar la antesis conforme se presenten las condiciones de humedad en el suelo; el híbrido RB-3030 sólo mostró tendencia a incrementar el número de granos, debido a que el efecto de sequía en antesis fue muy ligero para este genotipo no se incrementó significativamente. En relación al comportamiento de esta característica la cual no es estable, sino plástica y ésta se desarrolla de acuerdo a la variación de las condiciones ambientales. lo anterior parece ser una característica general, lo único que diferencia la respuesta es la cantidad de grano, en este aspecto los materiales tropicales superan al híbrido casi en un 100 % lo que esta relacionado con un mayor grado de supervivencia.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Los niveles de humedad que tuvieron influencia significativa sobre el peso de grano, fueron los que se presentaron bajo las condiciones de humedad de temporal y sequía en etapa de grano. El híbrido RB-3030 fue afectado en ambos ambientes en magnitud significativa, lo cual se observa en la Figura 16, de la misma manera el genotipo UANL-187, el cual ha mostrado el mismo comportamiento bajo similares condiciones Teniente (1988); pero la línea M-35585 no mostró tal tendencia en grado significativo ni aún bajo condiciones de temporal, que fue el ambiente más crítico; al respecto Huda (1983) y Kiniri (1989) dicen que la pérdida en componentes es compensada por el incremento en número o tamaño del órgano en desarrollo. Verma (1986), encontró habilidad de un genotipo para mantener el peso de grano bajo condiciones de sequía. Esta característica muestra variabilidad, ya que dos de los genotipos muestran plasticidad en el peso de grano y sólo la

línea M-35585 tiende a mantener el peso de grano, esto es que muestra homeostasis para esta característica. La reducción del rendimiento de grano por sequía, durante la formación de grano se debe a un abatimiento del peso de grano según lo señalan: Eastin y Sullivan (1978), Huda (1983) y Manjarrez (1986).

Peso de panoja, el efecto de sequía sobre esta variable sólo manifestó significancia en el ambiente de humedad de temporal y cuando se aplicó sequía en etapa de anthesis, Figura 17. El genotipo RB-3030 presentó efecto en la reducción del peso de panoja solamente bajo condiciones de temporal, comparado con los otros genotipos M-35585 y UANL-187 que fueron afectados en los dos ambientes ya mencionados, debido a un mayor grado en el agobio por déficit de agua y mayor duración del efecto adverso. La Línea UANL-187 mostró tendencia a mantener el peso de la panoja en la condición de humedad de sequía en la formación de grano con respecto al ambiente testigo, lo anterior es reflejo también del comportamiento de los índices de crecimiento, esto es sus tasas de crecimiento y la partición de fotosintetizados. El peso de grano de la panoja que es el componente principal de la misma, manifiesta un comportamiento similar según se aprecia en la Figura 17; su comportamiento está determinado por el número y peso del grano de acuerdo a el momento e intensidad en que se presente la sequía, así como la habilidad de la planta en responder a la influencia del ambiente para mantener la estabilidad en la producción de grano.

El peso seco retranslocado fue afectado por la variación en el ambiente de humedad, ya que dentro de un mismo ambiente no se observó diferencia significativa entre genotipos. En la Figura 18 se presentan las máximas tendencias a remobilizar asimilados; el híbrido RB-3030 y la variedad UANL-187 tienden a remobilizar reservas en los cuatro ambientes, en cambio M-35585, solamente tiende a retranslocar cuando sufre de estrés hídrico en la etapa de llenado de grano a madurez, lo anterior es una característica importante bajo ambientes de humedad limitada, así lo señalan

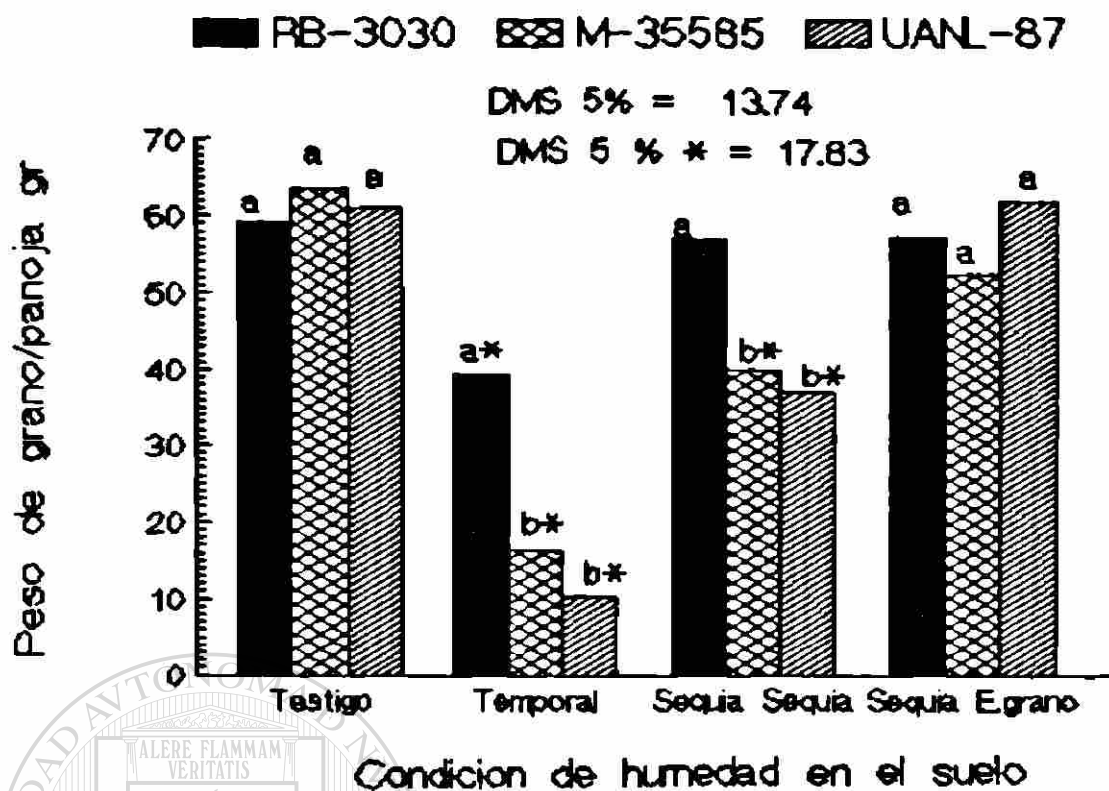


Figura 17. Comportamiento del peso de grano por panoja por condición de humedad y genotipo. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

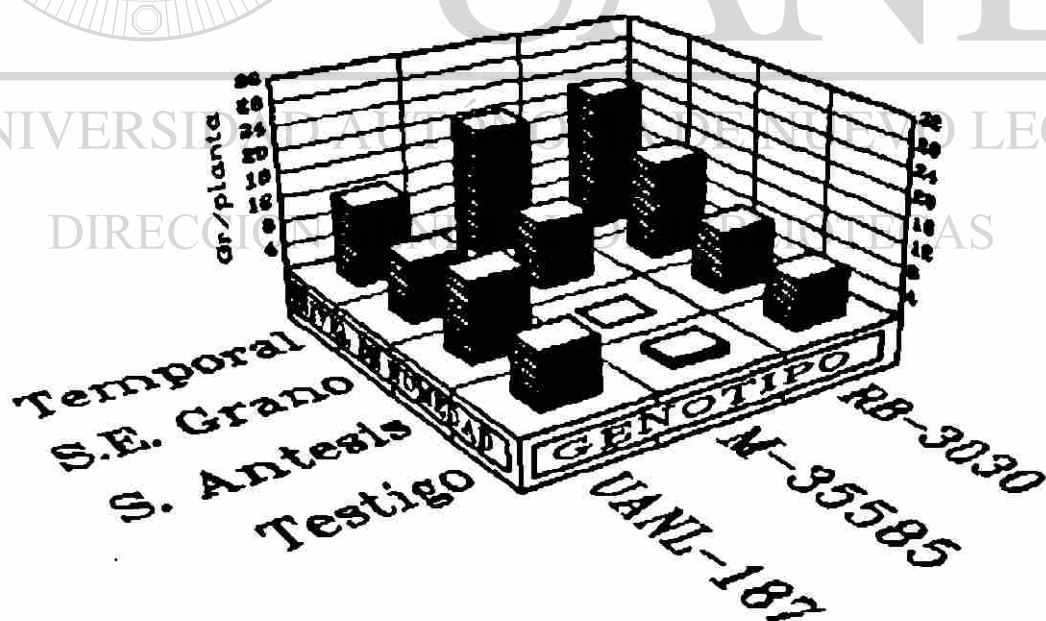


Figura 18. Efecto de las condiciones de humedad en la removilización de asimilados hacia el grano. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

Krieg y Hutmacher (1982), Harden y Krieg (1983) Seetharama et al (1981). También mencionan que los materiales senescentes son más eficientes, quizá esto ocurra bajo condiciones normales, pero bajo condiciones de estrés de agua, aun los materiales no senescentes tienden a removilizar reservas, al menos así lo demuestran los resultados obtenidos en este trabajo. Castellanos et al (1984), citado por Manjarrez (1986), mencionan que un genotipo tolerante al frío, mostró mayor retranslocación de reservas hacia el grano bajo sequía que el mostrado bajo otras condiciones. También Muchow (1989) observó retranslocación en sorgo y Mijo Perla, pero en maíz no sucedió lo mismo.

El peso fresco en el ambiente de humedad testigo, es donde los genotipos alcanzaron su máxima expresión lo cual se puede apreciar en la Figura 19, en la cual se observa que los genotipos UANL-187 y M-35585 superaron al híbrido RB-3030 en más del 40 %, mostrando un potencial muy similar al de los sorgos forrajeros, en el ambiente de temporal también lo superaron como consecuencia de la mayor cantidad de agua a pesar de tener menor cantidad de materia seca. En el ambiente de sequía en antesis y sequía en etapa de grano, continuaron con un comportamiento superior al híbrido, no obstante que la línea M-35585 fue afectada significativamente y la reducción en peso fresco fue considerable en relación al obtenido en el régimen de humedad testigo.

En relación al rendimiento biológico el híbrido RB-3030 fue superado significativamente por los genotipos UANL-187 y M-35585 a excepción del ambiente de temporal donde resultaron estadísticamente iguales. La línea M-35585 alcanzó su máxima expresión en el ambiente más favorable, lo anterior se aprecia en forma clara en la Figura 21, de la misma manera cuando sufrió sequía en antesis, en esta variable manifiesta un alto grado de recuperación alcanzando a superar a los otros dos genotipos en nivel significativo. Lo anterior parece indicar M-35585 tiene alto potencial de producción de materia seca cuando dispone de humedad suficiente en la etapa de grano. En el régimen

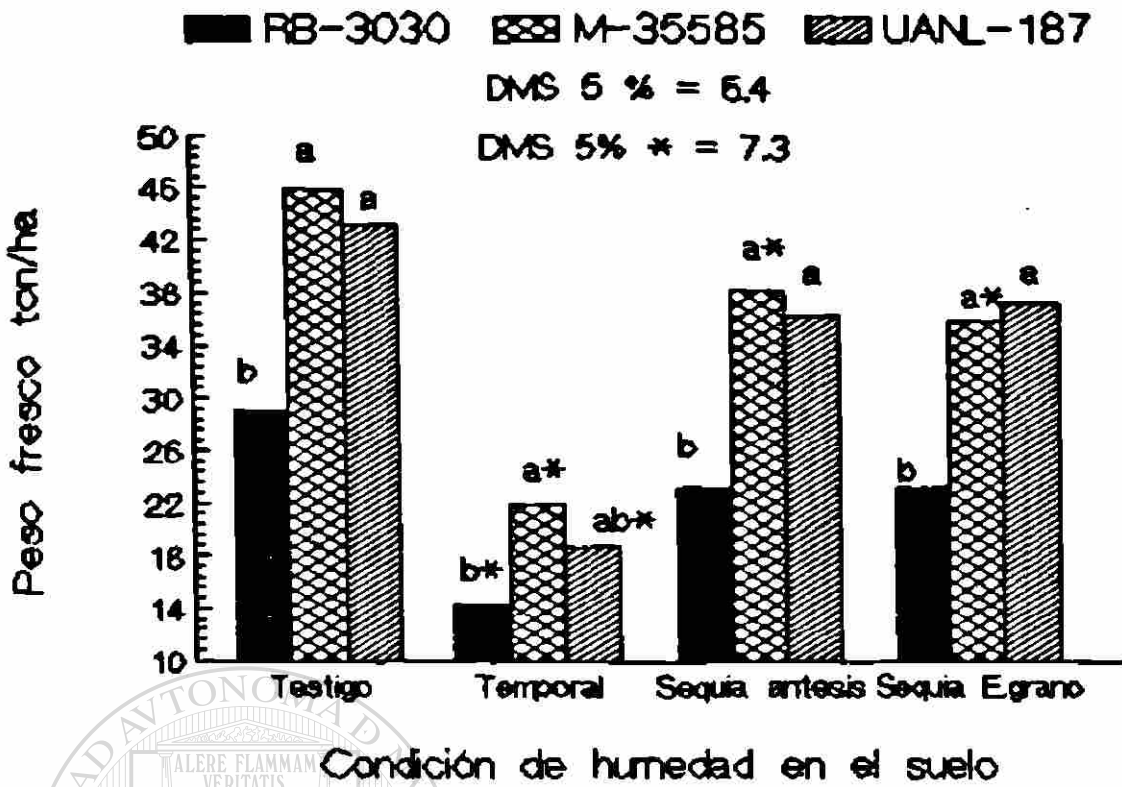


Figura 19. Efecto de las condiciones de humedad sobre el peso fresco (forraje-grano). Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

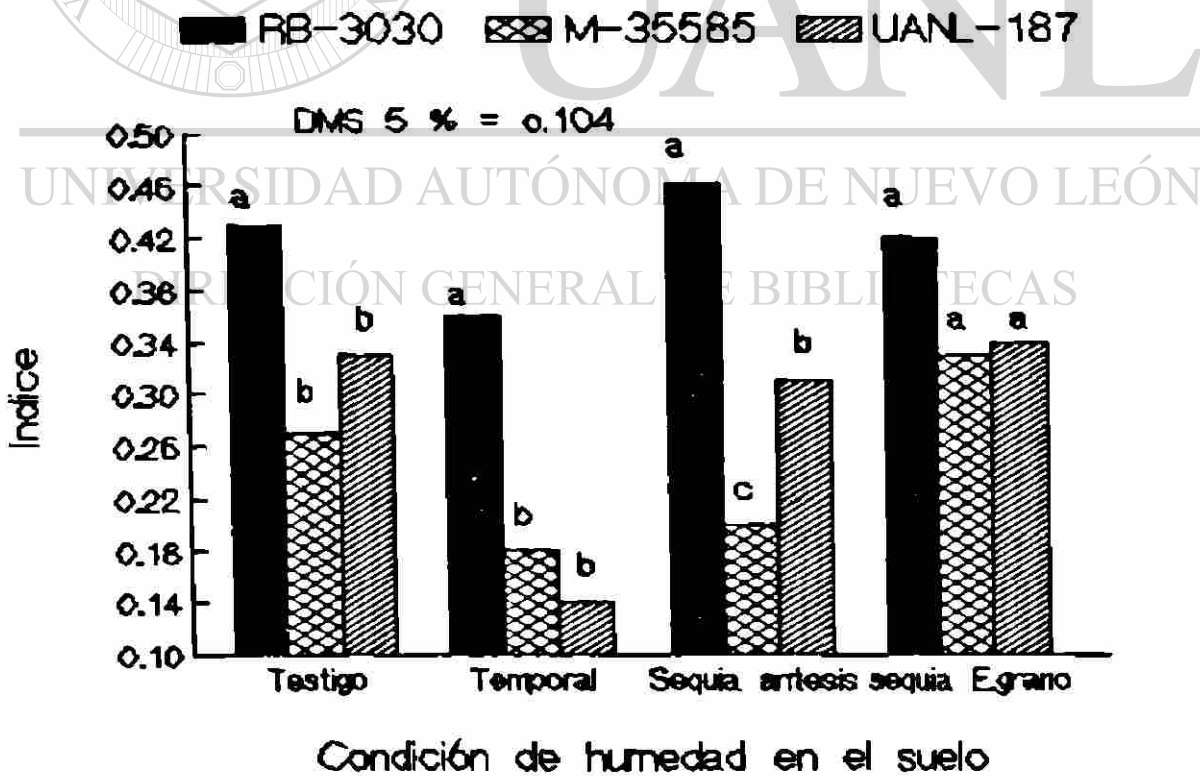
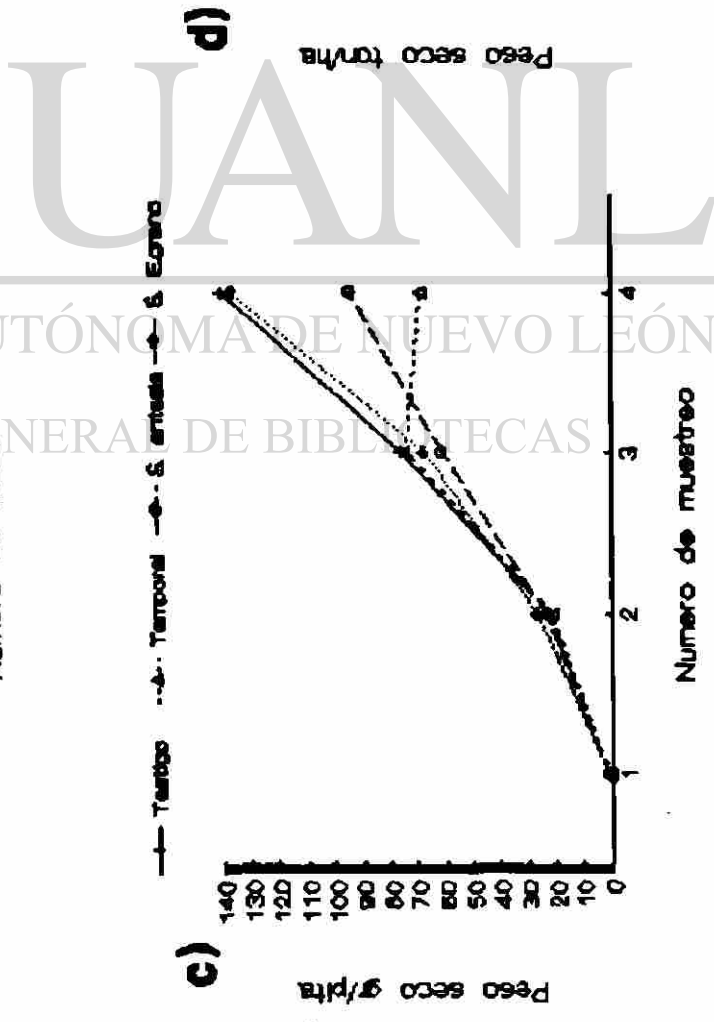
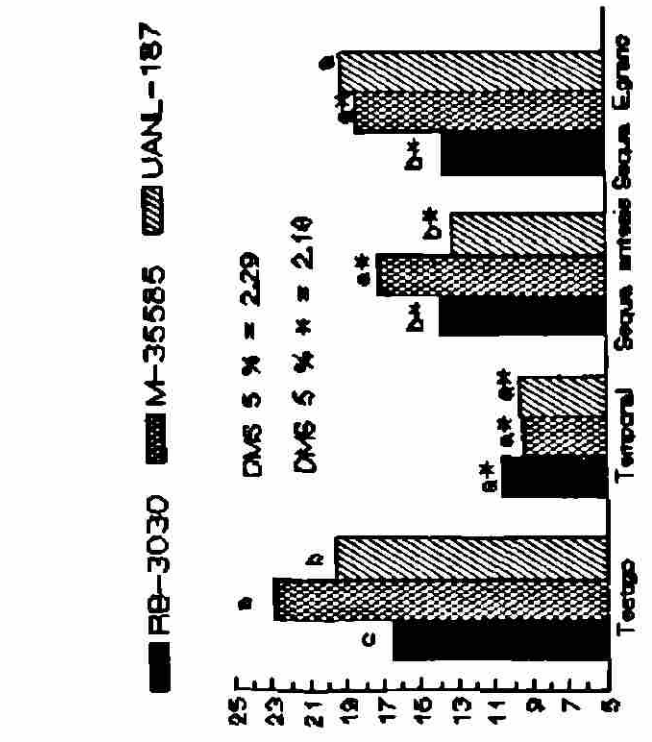
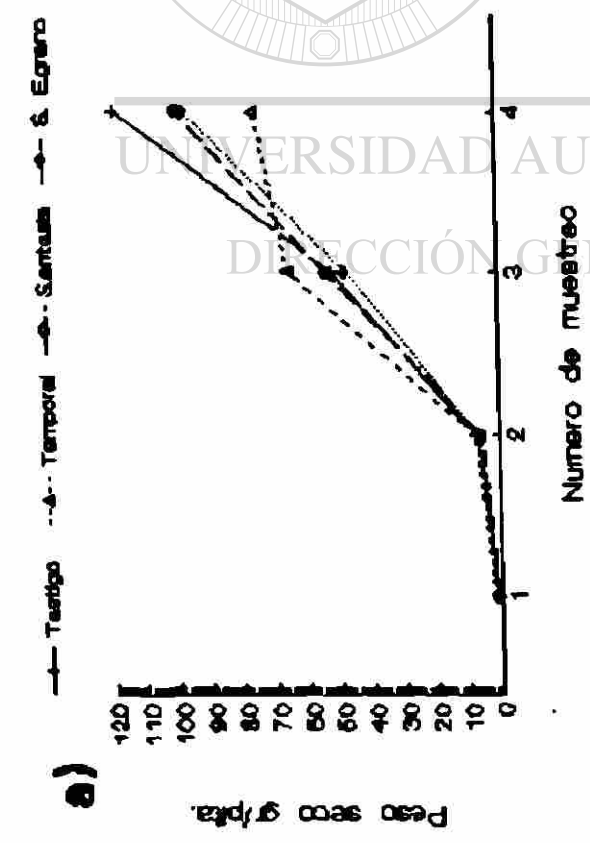
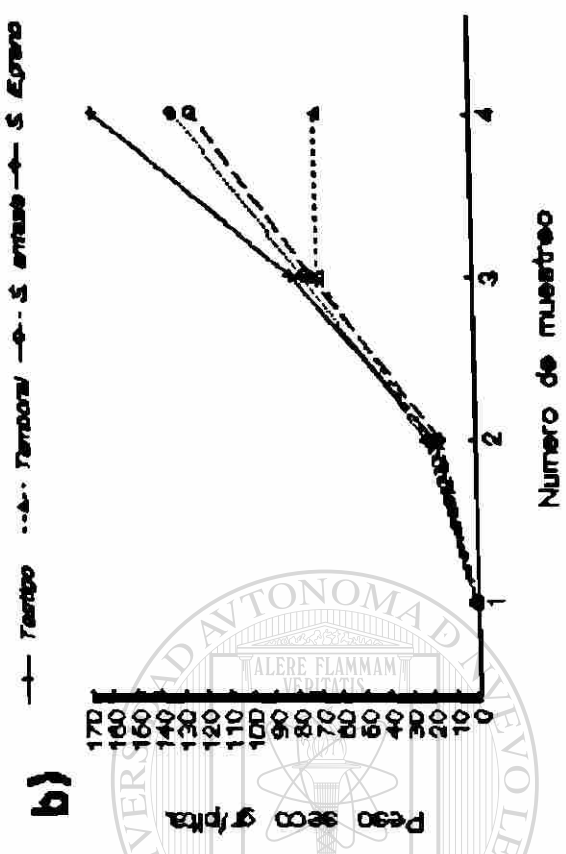


Figura 20. El índice de cosecha su expresión por genotipo através de las condiciones de humedad. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

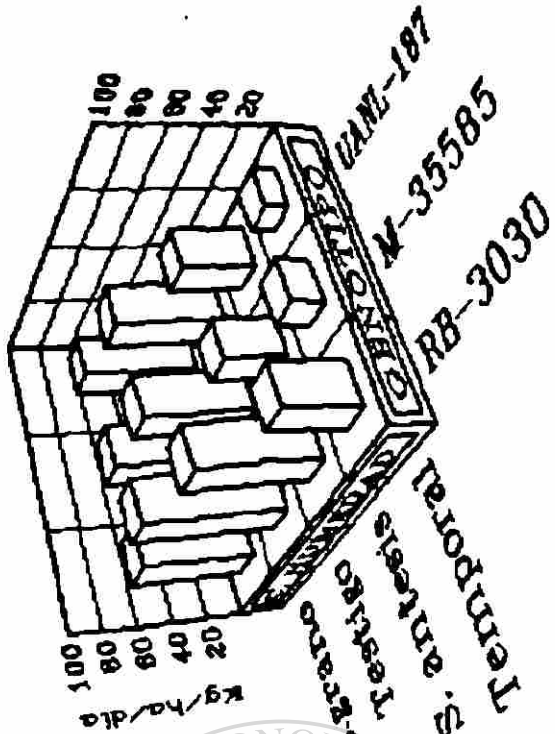


Condición de humedad en el suelo

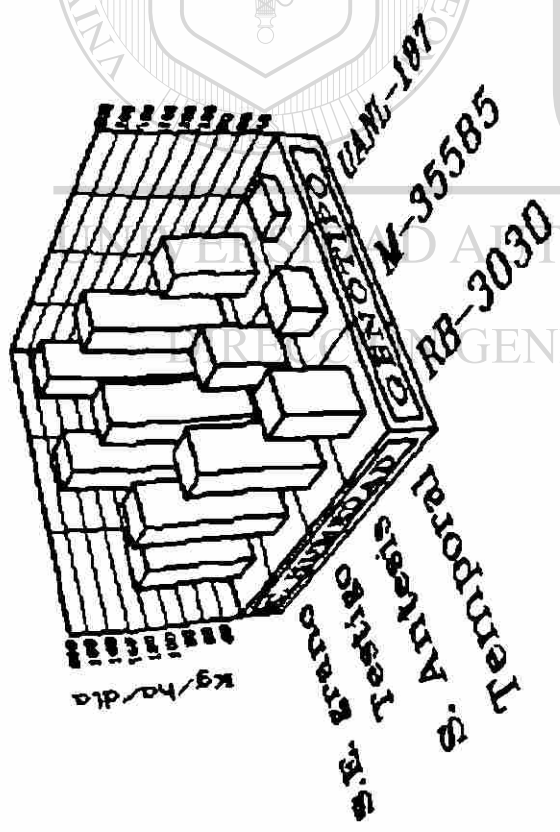
Figura 21. Efecto de las condiciones de humedad sobre el rendimiento biológico y su dinámica a) híbrido RB-3030, b) M-35585, c) UANL-187 y d) Rendimiento biológico final. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

de humedad de sequía en etapa de grano la variedad UANL-187 fue el genotipo que alcanzó el mejor comportamiento, ya que logró producir una cantidad similar de materia seca a la producida en el régimen de humedad testigo; aunque no superó en grado significativo a M-35585, el cual junto con el híbrido alcanzaron a ser afectados significativamente en comparación con el testigo. Con respecto a rendimiento biológico, Rodríguez (1987) encontró diferencia varietal en respuesta a diferentes gradientes de humedad; del mismo modo, Acosta (1988) menciona haber observado reducción del rendimiento biológico por efectos de sequía. Arreola y Vuelvas (1986), encontraron diferencias en la respuesta de genotipos en relación a la acumulación de materia seca, bajo condiciones de humedad variando en tiempo sobre la fenología de varios genotipos con comportamientos muy similares a los que se encontraron en el presente trabajo.

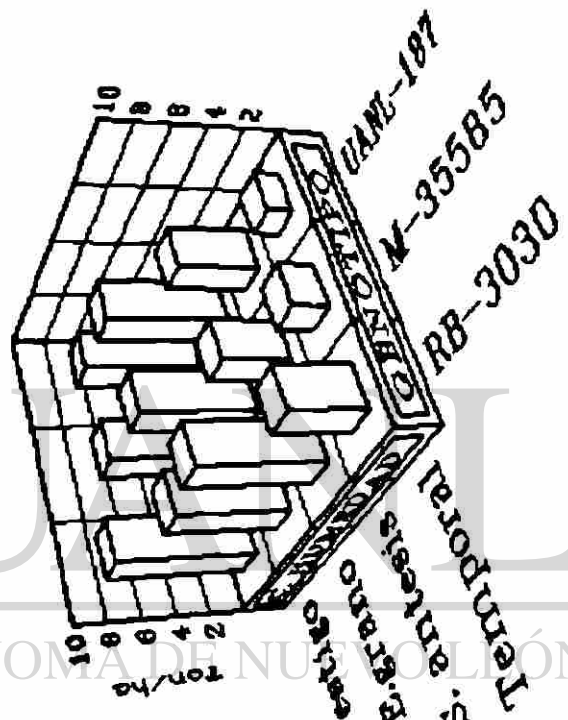
Producción de grano esta variable también llamada rendimiento económico, es un parámetro no muy estable en la evaluación de genotipos (Muchow 1989), excepto cuando su desarrollo fenológico es muy similar; en especies muy precoces muestra cierta estabilidad (especies de mijos) en el régimen de humedad testigo, los tres genotipos alcanzaron a rendir estadísticamente igual según se muestra en la Figura (22), pero el híbrido mostró mayor expresión en rendimiento económico, superándolos en más de 1000 kg. Bajo condiciones de temporal el híbrido casi alcanzó a superar a los otros genotipos en un 100 % del rendimiento, lo anterior porque el grado de sequía no fue uniforme, el híbrido sufrió un ligero efecto de sequía durante la etapa de antesis, en cambio en los otros materiales el efecto fue mucho más severo e inicio un poco antes de antesis, lo que redujo el número de panojas por metro cuadrado en la variedad UANL-187 y en la línea M-35585, y así impactó en forma negativa en el rendimiento de grano. lo anterior se aprecia tanto en el efecto sobre el área foliar, reducción de altura, excursión, longitud de panoja y otras variables que resultaron igualmente afectadas, como los índices de crecimiento que alcanzaron valores negativos.



DMS 5 N = 15.1
 DMS 5 N * = 15.1



DMS 5 N = 99.9
 DMS 5 N * = 99.9



DMS 5 N = 1.415
 DMS 5 N * = 1.64

Figura 22. Rendimiento de grano a) por hectárea por día en etapa de llenado de grano, b) por hectárea por día durante el ciclo completo y c) rendimiento de grano absoluto. Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

Lo anterior se aprecia en la lámina de agua, la cual en este ambiente se encontraba agotada al iniciar la antesis, pero en híbrido incluso al finalizar la etapa mencionada todavía contaba con humedad disponible en el suelo. Lo mismo ocurrió en la etapa de sequía en antesis donde el híbrido fue sometido a un nivel de sequía menor, en comparación al recibido por los otros dos genotipos, lo que también se refleja sobre las otras variables.

UANL-187, mostró un mejor expresión en el régimen de humedad de sequía en etapa de grano, ya que su comportamiento resultó similar al observado en el ambiente de humedad testigo, en comparación a los otros dos cultivares que mostraron tendencia a reducir su rendimiento económico sobre todo el híbrido RB-3030, del cual se informa que bajo tales circunstancias muestra un buen comportamiento en esta variable (Montes y Villarreal 1986), lo anterior fue un reflejo de la reducción del peso de grano en el mencionado cultivar, al cual también se le afectó el rendimiento biológico. El comportamiento de UANL-187 coincide con lo observado en condiciones de humedad similar por Teniente (1988) en Apatzingan Mich. El cultivar M-35585 aunque fue afectado en su rendimiento biológico su rendimiento económico no se redujo en nivel significativo en comparación al cultivar UANL-187 y a su comportamiento que mostró en la condición de humedad testigo.

Los genotipos UANL-187 y RB-3030 deben su mejor expresión a su habilidad para removilizar reservas hacia el desarrollo reproductivo, independientemente si existen condiciones de estrés de agua, ya que muestran esa tendencia en los cuatro ambientes pero, sobre todo el segundo que es un material senscente, este germoplasma tiene esa habilidad, así lo señalan Krieg y Hutmacher (1982). La línea M-35585 sólo manifestó tendencia a retraslocar reservas cuando sufre por sequía, lo anterior se aprecia en la Figura (18). La tendencia de M-35585 en continuar acumulando asimilados en el tallo y hojas, durante la etapa de formación de grano, cuando dispone de humedad suficiente parece estar relacionada con una baja capacidad de traslocación de asimilados

en comparación a los los otros dos genotipos, de acuerdo a lo mencionado por Fischer y Turner (1978), consideran que en la partición de asimilados esta relacionada con la respuesta de la planta a condiciones de sequía. Los efectos sobre el rendimiento de grano ya se mencionaron y este es el resultado de la influencia de la variación de los factores del ambiente sobre sus componentes, desde el efecto sobre el aparato fotosintético, y los componentes directos como: número de granos, peso de grano, reducción del número de panojas por m^2 , como se mencionó en trabajos citados previamente; además de otros aspectos como la removilización de asimilados que pueden influir considerablemente en un buen rendimiento de grano, de acuerdo al nivel de estrés y etapa en que se presente.

El comportamiento del rendimiento que se muestra en la Figura 22, así como el índice de cosecha (Figura 20), muestran superioridad de la línea M-35585, sobre la variedad UANL-187 en el ambiente más crítico (temporal), ya que la primera logró mantener su índice de cosecha y la segunda sufrió una reducción de un 50 % en esta variable, lo anterior es un indicio de que la resistencia a sequía de M-35585 puede estar asociada al mecanismo de ajuste osmótico, así lo relacionan Ludlow y Muchow (1990); lo cual les permite continuar evapotranspirando y de esa manera su índice de cosecha se reduce en menor grado. En los otros ambientes de humedad UANL-187, no se vió afectada en su índice de cosecha. También en la línea M-35585 cuando sufrió sequía en la etapa de grano se incremento su índice de cosecha por efecto de la removilización de reservas, en comparación al comportamiento observado en el regimen de humedad testigo, lo anterior también es el efecto de mayor producción de materia seca y una mayor partición de asimilados en hojas y tallo. El índice de cosecha manifestó mayor estabilidad que el rendimiento biológico y sólo varió cuando el estrés fue muy severo, lo anterior corresponde con lo señalado por Muchow (1989), Medina (1983).

En relación al rendimiento de grano por hectárea por día, en

el período de llenado de grano, el material tropical tiende a superar al testigo (RB-3030), ya que la etapa de antesis a madurez fisiológica de grano se reduce considerablemente en los primeros, con este comportamiento el material tropical parece comportarse de acuerdo a la tendencia señalada por Mann y Miller (1966), en función a la variación en latitud, lo anterior se alcanzó a manifestar aún si se considera el rendimiento económico por la duración del ciclo donde se observa, a excepción de los tratamientos donde el germoplasma tropical fue castigado en mayor grado, un comportamiento muy similar. Entonces si se considera la duración de la etapa de llenado de grano los genotipos tropicales tienden a incrementar su eficiencia en producción de grano por día sobre el cultivar templado y bajo sequía pueden incrementar aún su eficiencia, como es el caso de sequía en etapa de grano, esto se observa claramente en la figura 22-a. En relación al ciclo de desarrollo completo muestran un comportamiento similar al rendimiento absoluto, esto es que tienden a ser igual de eficientes, con la ventaja que el germoplasma tropical lo supera en producción de esquilmo.

En relación a las hipótesis planteadas:

Se rechazó el primer caso; ya que la sequía afecta el comportamiento de los genotipos sobre todo en antesis floral.

La segunda hipótesis también se rechaza ya que los materiales tropicales responden diferente al híbrido RB- 3030, a las condiciones de sequía.

La tercer hipótesis también es rechazada, ya que tanto las características morfológicas como los índices de crecimiento se comportan de diferente manera según se presente el efecto de sequía y la intensidad del mismo.

5. CONCLUSIONES

Las variedades UANL- 187 y M-35585 tienen una mayor capacidad de producción de forraje y cuando menos una producción de grano similar a la producida por el Híbrido RB-3030, cuando los tres disponen de humedad suficiente hasta finalizar la etapa de antesis.

La removilización de asimilados, es observada bajo condiciones de sequía en la etapa de grano en los tres genotipos.

La línea M-35585 responde positivamente bajo condiciones de sequía, tendiendo a la estabilidad en el índice de cosecha.

Los mecanismos de resistencia a sequía relacionados con la economía del agua, permiten eficienter el uso de agua al reducirse la condición de humedad a niveles críticos en la etapa de formación de grano, según el comportamiento de UANL-187.

Los efectos de sequía redujeron el área foliar, afectando el índice y la duración del área foliar en los tres genotipos, de acuerdo al regimen de humedad bajo el cual crecieron.

6- BIBLIOGRAFIA

- Ackerson, R. C., D. R. Krieg, T. D. Miller, and R. E. Zartman, 1977. Water relations of field grown cotton and sorghum: Temporal and diurnal changes in leaf water, osmotic and turgor potentials Crop Sci. 20: 10-14.
- Acosta C., E., 1988. Comportamiento de genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) bajo condiciones de sequía-temporal. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín N. L. México. 77 p.
- Arreola Tostado, J.M.y M.A., Vuelvas C., 1986. Efecto de calendario de riego basado en fenología del cultivo de sorgo, (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la región del bajo. Memorias de la II Reunión Nacional de Sorgo. Escuela Superior de Agricultura de la Universidad Autónoma de Sinaloa. pp.116-126.
- Beatdle, C.L., K.R. Stevenson, H.H. Neumann, G.W. Thurtell, and, K. H. King, 1973. Diffusive resistance, transpiration, and photosynthesis in single leaves of corn and sorghum in relation to leaf water potential. Can. J. Plant Sci. 53: 537-544.
- Bhan, S., H.G. Singh, and, A. Singh, 1973. Note on root development as an index of drought resistance and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Indian J. Plant Sci. 55: 641-643.
- Billings, W.D. 1977. Las plantas y el ecosistema. trad. J. Valdés G. 3a. ed. en español. Herrero Hermanos sucesores. 168 p.
- Blum, A. , 1975. Effect of BM gene on epicuticular wax deposition and espectral sharakteristics of sorghum leaves. Sabrao J. 7: 45-52.
- Blum, A., and, A. Ebercon, 1976. Genotypic responses in sorghum to, drought stress. III. Free proline acumulation and drought resistance. Crop. Sci. 16: 428-431.
- Blum, A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: A case for Sorghum. H.M. Mussell and R.C. Staples (eds.) Willey-Interscience, New York. pp. 429-445.
- Brememner, P.M., G.K. Preston, and, C.F. St. Groth, 1988. A field comparision of sunflower (*Helianthus annus* L.) an sorghum

(*Sorghum bicolor* L. Moench) drying cycle. I. Water extraction. Australian J. Of Agricultural Research 37(500) 483-493.

- Brown, F.R., G.L. Wilson, and, W.G. Slater, 1976. environmental influence on panicle development. Sorghum Newsletter. 10: 2.
- Boldor, O.G. Vladenu, L. Polescu, and, C. Voica, 1989. Relation between photosynthetic intensity, quantity assimilatory pigment and resistance to water loss in some Cs and Ca plant. Sorghum and Millets Abstracts 14 (4): 70.
- Castellanos S., A., A. Castillo y L.E., Mendoza O. 1984. producción y distribución de Materia seca durante el llenado de grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tolerante al frío. Chapingo. 43: 44 124-128.
- Carmona, R.G., 1976. Manual de laboratorio para edafología y fertilidad del suelo. Facultad de Agronomía. De la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N. L. México 27 p.
- Chapman, S.C., and, K.S. Fischer, 1988. Osmotic adjustment in *Sorghum bicolor* (L. Moench) grown under moisture stress in soil and osmotically modified solution cultures. Plant and soil 107 (1): 56-52.
-
- Chapman, S.B., 1976. Methods in Plant Ecology. Ed. By S. B. Chapman Colab. S.E. Allen and Others. Oxford London Blackwell Scientific. Publ. 536 p.
- Chatterton, N.J., W.W. Hanna, J. B. Powell, and, D.R. Lee, 1975. Photosynthesis and transpiration of bloom less sorghum. Can. J. Plant Sci. 55: 641-643.
- Davies, W.J., 1977. Stomatal responses to water stress and light. in plants Grown in controlled environments and the field. Crop Sci. 17: 735-740.
- Daubenmire, R.F. 1982. Ecología Vegetal. Tratado de Autoecología de plantas. Trad. por G. Berrondo de Benavides la. edición México Ed. LIMUSA. México 496 p.
- Dirección General de Estudios del Territorio Nacional (DGETEN), 1980. Mapa de climas del Edo. de Nuevo León.
- Downes, R.W., 1972. Discussion: Physiological aspects of sorghum adaptation. In: Sorghum Mth Seventies N.G. P. Rao and L. R. House (eds.) Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi India. pp. 265-274.

- Ebercon, A. A. Blum, and, W.R. Jordan, 1977. A Rapid colorimetric method for epicuticular wax content of sorghum leaves. *Crop. Sci.* 17: 179-180.
- Esau, K., 1977. *Anatomy of seed plants.* Jhon Wiley and Sons 2a. Ed. New York. U. S. A. 763 p.
- Etherington, J. R., And, W. Armstrong, 1975. *Environment and Plant Ecology* Jhon Wiley Sons. New York U. S. A. 347 p.
- Fernández C., J. 1990. Analyzing drought resistance in plants by combining whole plant Experiments and computer modelling dissertation Abstracts. *Sorghum and Millets Abstracts* 15: 31.
- Fischer, K. S., E.C. Jhonson y G.O. Edmedeades. 1984. *Mejoramiento y Selección de Maíz Tropical para incrementar su resistencia a sequía.* Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo; el Batan México. 25 p.
- Fischer, R. A., and, N.C. Turner, 1978. *Plant Productivity in the arid and semiarid zones.* Division of Plant Industry Csiro. Canberra Australia. pp.277-310.
- Fischer, R. A., and, Z. Kertz. 1976. Harvest Index in spaced populations and grain weight in microplots as indicators of yielding ability in spring wheat. *Crop Sci.* 16: 55-55.
- Fischer, R. A., and, G.L. Willson, 1971. Studies in grain production in *(Sorghum vulgare)* Contribution of prefloring photosynthesis to grain yield. *Australian J. Agric. Res.* 22: 33-7.
- Francois, L. G. 1983. *Relacion entre los seres vivos y su ambiente.* La Ecología. Ed Trillas. México 104 p.
- García C., J., M. A., Ibarra R. y P., Muench N., 1984. Informe de del proyecto: Los Sistemas de Producción Agrícola de la región Citrícola del Noreste de México. FAUANL-CAE de Gral Teran SARH-INIA-CIAGON 161 p.
- García, E. 1973. *Modificación al sistema climático de Köppen.* Ed. Instituto de Geografía, U. N. A. M. 246 p.
- García, E. y M. E., Hernández 1989. Anomalias de la precipitación en la Republica Mexicana de 1921 a 1980. *Revista Gografía.* Ed. INEGI. No. 3 p 1-124.
- Gardner, F.P., R. Brent Pearce And R.L. Mitchel. 1985. *Physiology*

of Crop Plants . The Iowa State University Press Iowa U.S.A. 321 p.

- Garrity, D., P. Charles Y. Sullivan, and, D. G. Watts. 1984. Changes in grain sorghum stomatal and photosynthetic response to moisture stress Across Growth stages. Crop Sci. 24: 441-446.
- Gavande, S., 1972. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Ed. LIMUSA México 350 p.
- Glover, j. 1959. The apparent behaviour of Maize and sorghum stomata during and after drought J. Agric. Sci. 53:412-16.
- González V., A., 1982. Sorghum responses to high temperature and water stress imposed of Nebraska Lincoln, Nebraska 185. p. Thesis Ph d.
- Harden, M.L., And, D.R. Krieg, 1983. Contribution of preanthesis assimilate to grain fill in sorghum. Plant Breeding abstract . 54:152.
- Hermus, R., S. Fukai, and, G.L. Willson, 1981. Effects of Water stress on graian numer. Sorghum Newsletter. 24: 124.
-
- _____, 1982. Quantitative studies of Water stress in sorghum. Sorghum Newsletter. 25: 125.
-
- _____, 1983. Development of sorghum panicles under different enviromntal conditions. Sorghum Newsletter. 26:126.
- Henzel, R.C., K.J. McCree, C.H.M. Van Bauvel, and K. F. Sherz, 1975. Method of screening for sorghum genotypes for stomatal sensitivity to water stress, Crop Sci. 15: 516-518.
- House, L. R. 1982. El sorgo. Guia para su mejoramiento genético. Universidad autonoma de Chapingo. Texcoco México 425 p.
- Huda, A.K., S.D. Mahusudan R., and, N., Seetharama, 1983. Effect of Moisture stress on yield components of Sorghum bicolor L. Moench. Sorghum Newsletter 26 : 129-130.
- Hulquist, J.H. 1973. Physiology and morfologic investigations of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). I Vascularization II. Response To internal drought stressed Ph D. University of Nebraska Lincoln Nebraska U. S. A. (Dis Abstr. 73-25451).

- Hunt, R., 1978. Plant growth analysis. the institute of Biology No. 96. The Camelot Press 67 p.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress an rev. Plant Physiology, 24: 393-407.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática, 1991. Boletín de información Oportuna del sector alimentario. No. 67, 61 P.
- Jayasekara, K.S., And, H.B. So.1989. The effect of root size on the water relations of sorghum. Sorghum and millets abstracts 14(8): 72.
- Jordan, W.R., and, F. Miller, 1980. Genetic variability in sorghum Root systems implications for drought Tolerance. P 383-399. In adaptation of plants to water and High temperature stress. N.C. Turner and P.J. Kramer (eds.) Willey interscience, New York U. S. A.
- Kiniry, J.R.R. 1988. Kernel Weigth increase in response to decreased kernel number in sorghum. Agronomy Journal 80 (2): 221-226.
- Kirkham, M.B., 1985. Techniques for water use mesuraments of crop plants Hort. Sci. 20: 993-1001.
- Kramer, P. J., 1980. Adaptation of plants to water stress, and the origin of adaptations. Willey Interscience Publication New York U. S. A.
- Krieg, D.R. , and, R.B. Hutmatcher, 1982. The utility of various drought resistance mechanisms. Proc. 37 Th Ann Corn and Sorghum. Res Conf. Asociation American Seed Trade Asociation, p.p. 37-51.
- Kumer, S., and, R. K, Gupta, 1988. Influence of diferent leaf water potentials an photosynthetic carbon metabolism in sorghum . Sorghum and Millets Abtracts 13 (1) : 401-404.
- _____, 1988. Photorrespiratory CO₂ evolution and II C-glicine metabolism under diferent leaf water potentials in sorghum. Sorghum and Millets Abstracts. 13 (1): 10.
- Lagarda M.,R., 1977. Estudio de la respuesta de seis especies cultivadas a la marchitez permanente , Cuando se aplica en el invernadero selectiva y repetidamente en tres etapas de

desarrollo Tesis de Maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados Chapingo México. 94 p.

- Leal R., F., 1990. Variabilidad del caracter glossy y cera epicuticular en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Y su relación con la resistencia a sequía. Tesis de Maestría en Ciencias. Esp. Producción Agrícola. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín N. L. México. 95 p.
- Levit, J., 1972. Responses of plant to environmental stress. Academic Press , New York U. S. A. 697 p.
- Lewis , R.B. Hiller E.A., And, W.R. Jordan 1974. Suceptibility of grain sorghum to water deficit at the stages. Agronomy Journal. 86: 589- 591.
- Little, T. M. y F. Jackson H., 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura Trad. A. de Paula Crespo . Ia. edición en español, México Ed Trillas. 270 p.
- Ludlow, M.M., and, R.C. Muchow, 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Advances in agronomy 43: 107-152.
- Mann, J.A., and, F.R. Miller. 1986. Base temperatura (G50) of sorghum as indicator of adaptation over enviroments. Sorghum Newsletter 29: 93.
- Mann, J.A., C.T. Kimber, and, F.R. Miller, 1983. The origen and early cultivation of sorghum in Africa Bull. 1454. Tex Agric Sta., Collage station , Texas. 21 p.
- Manjarrez S., P. 1986. Respuesta de dos sorgos tolerantes al frío a deficiencias hídricas en diferentes etapas fenológicas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados Montecillos México. 73 p.
- Maiti, R.K. 1980. The role glossy and Trichome traits in sorghum crop improvement. Paper presented at the annual meting of all India Sorghum Improvement, proyect, held at coimbatore 12-14 Th May.
- Martin, H.H. 1930. The comparative droughth. resistance of sorghum and Corn. J. Am. Soc. Agron. 22: 993-1003.
- Martinez G., A., 1988. Diseños experimentales métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. México 755 p.
- Martínez R., M., L., Romero H. y F., Zavala G., 1982. Instructivo para la toma de datos en sorgo (*Sorghum bicolor* L.

Moench). Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo. Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Fac. De Agronomía de La Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín N. L. México. 23 p.

- May, L.H., And, F.L. Milthorpe, 1962. Drought resistance of crop plants. *Fld. Crop. Abstr.* 15: 171-179.
- Michel S. Clair P. 1981. Guía para estudiar la resistencia de las plantas a la sequía. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Serie Técnica informe técnico No. 8. 88 p.
- Miller, F.R., J.R. Quinby, and, H. J. Cruzado. 1988. Expresión of know maturity genes of sorghum in temperate and tropical environments *Crop Sci.* 8: 675-677.
- Miller, F.R. 1975. The genetics of temperate and tropical adaptation in sorghum. *Internacional Sorghum Workshop University Puerto Rico Mayaguez Campus* p. 353-359.
- Miller, F.R., and, G., Thomas. 1978. Tropically adapted grain sorghum simposium proceedings, the Texas A&M University Sistem p. 3-8.
- Montes G., N. y J. Ma. Villarreal G., 1986. Respuesta de diez híbridos comerciales de sorgo. *Sorghum bicolor* (L), Moench. A un gradiente de humedad semicontrolado bajo condiciones de campo. *Memorias II Reunión Nacional sobre sorgo. Escuela Superior de Agricultura U. A. S Culiacan Sin. México* p.p. 155-176.
- Morgan, A.G. 1980. Differences in adaptation to water stress between crop species p. 369. in : *Adaptation plant to water and high temperatures stress.* N. C. turner and P. J. Kramer (eds.) Willey Interscience New York, U. S. A.
- Muchow, R.C. 1989. Comparative Productivity of Maize, sorghum and Pearl Millet in Semiarid tropical environments. I. Yield potential. *Sorghum and millets Abstracts.* 14 (4): 72.
- Muñoz O., A., 1988. Proyecto selección de variedades bajo temporal con problemas de sequía y calor en la cuenca del balsas Michoacan y Guerrero. Mimeografo.
- Núñez B., A. 1984. El agua en el sistema suelo-planta-atmósfera. Tema didáctico. No. 17. SARH-INIA, Campo Agrícola Experimental Valle de Guadiana Dgo. México 15 p.
- Oosterhuis, D.M., and., S. D. Wullshleger, 1989. Drought tolerance

and osmotic adjustment of various Crops in response to water stress Sorghum and Millets abstracts 14 (4): 70.

Palacios V., E. y A., Martínez G. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de humedad en el suelo . Colegio de Postgraduados Chapingo México.

Palacios V., E. 1982. Estimación de los requerimientos de agua para conocer el Cuando y Cuanto Regar. Recopilación de artículos publicados en diferentes revistas técnicas. Centro de Hidróciencias Colegio de Postgraduados. Chapingo México. pp. 67-93.

_____, 1982. Respuesta de algunos cultivos a regimenes variables de la humedad del suelo. Recopilación de artículos publicados en varias revistas técnicas . Centro de Hidróciencias Colegio de Postgraduados . Chapingo México. pp. 99-122.

Paul, L.C., R. Teniente O. y R. Ventura P., 1984. Investigaciones en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en el sur de México 1a. Reunion Nacional de Sorgo Facultad de Agronomía U.A.N.L. Marín N. L. México.

Paul, L.C. 1985. La producción de sorgo. Vol. II. "Lecciones del curso sobre mejoramiento y producción de sorgo por V. Y. Guiragossian C. L. Paul. Version Borrador. Programa de América Latina de ICRISAT. CIMMYT, México 422 p.

Pedroza F., J., 1989. Resistencia Ontogénica y filogenética a sequia en dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) . Tesis de Maestría en ciencias . Colegio de Postgraduados Montecillos México, 155 p.

Peréz R., S.L. 1990. Metabolic and citological changes in calli, seedlings and wole plants of *Sorghum bicolor* L. Moench Under induced salt and water stress . Sorghum and Millets Abstracts 15 (6) : 131.

Pier, P.A., 1989. Adaptation of Photosynthesis to drought and high temperature stress in sorghum . Sorghum and Millets Abstracts 14 (4): 70.

Quinby, J.R., 1974. Sorghum improvement and genetics. The Texas A&M University Press Colege station, Tx p. 76-79.

Radford, P.J., 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. Crop Sci. 7: 171-175.

Rao, N.G., M.J. Vasudeva, and, B.S. Rana, 1979. Responses to water availability and modification for water use efficient in

tropical dryland and sorghums. Plant response Water availability IARI. India.

- Reddy, K.A., and, M.D. Reddy. 1988. Sorghum under diferent leavels of nitrogen of moisture regimens. Journal of Res. APAU 16(2): 83-85.
- Retta, A., C.Y. Sullivan, and, D.G. Watts 1982. Evaluation of sorghum root Growth water depletion. Sorghum Newsletter, 25: 132.
- Rincon T.,J. , A., Muñoz O. y L., Mendoza O., 1983. Tolerancia a presión osmótica y a Marchitez permanente *Zea mays* L y *Sorghum bicolor* Moench. Centro de Genética. Agrociencia Colegio Pp. 260-282.
- Ritchie, J.T., 1974. Atmosferic and soil Water influences on plant water balance. Agricultural Meterology 14: 183-198.
- Rocha A., J.L., 1988. Análisis de crecimiento de cinco genotipos de Maíz en condiciones de temporal en Colima. Memoria VII Congreso Nacional. Asociación Nac. de Egres. de La Fac. de Agrobiol. "Presidente Juárez" ANEFA, Uruapan Mich. p. 15.
- Rocha A., J.L., H. V. V. Gonzalez , C. J., Ortiz y A. J. A., Villadefior, 1988. Tasa de asimilación neta de dos genotipos de maíz en condiciones de invernadero. Memoria VII Congreso Nac. de Egres. de la Fac. de Agrobiol, "Presidente Juárez" ANEFA, Uruapan Mich. México p. 16.
- Rodríguez C., E., 1987. Efecto del gradiente de humedad del suelo sobre genotipos de sorgo para grano (*Soprghum bicolor* L. Moench) con características glossy y no glossy. Tesis de M. C. Div. de Estudios de Postgrado. Fac. de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León Marín N. L. 145 p.
- Rodríguez C., J. C., 1983. Comprobación de métodos para determinar capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y densidad aparente en suelos de textura arcillosa y franca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma Nuevo León. Marín N. L. México. 85 p.
- Romero H., L. 1988. Avances del Proyecto de germoplasma de sorgo tropical adaptado . Avances de Investigación Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León Marín N. L. México. pp. 32-38.
- _____, 1989. Avances del proyecto de germoplasma de sorgo tropical adaptado. Avances de Investigación Facultad

de Agronomía . Universidad Autónoma de Nuevo Leon. p. 91.

- Seetharama, N., and, F.R. Bidinger 1977. Sorghum and drought. Paper presented at The international Sorghum Workshop 8-13, March. ICRISAT Hyderabad, India.
- Seetharama, N; Subba Reddy, B.V. Peacock, J.M., and, Bidinger, F.R. , 1981. Sorghum improvement for drought resistance. crops Research Institute for The Semiarid Tropics. Patancheru India. 40 p.
- Shawsh, R.L. Voight, and, A.K. Dobrenz, 1985. Stomatal frequency and distribution in drought Tolerant and drought susceptible (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes grown under moisture stress and nonstress. Sorghum newsletter 28: 123.
- Salter, P.J., and, J.E. Goode. 1967. Crop responses to water. Crop responses to water at different stages of growth. Research Review No. 2. Commonwealth Bureau of Horticulture and plantation crops, east malling maidstone, Kent. Commonwealth Agricultural Bureau. Frant Royal, Sussex, England. 246. p.
- Sanches Diaz, M.F., and, Kramer P.J. (1973). Plant Physiology 48: 613-616.
- Saucedo R., J. Ma. , 1985. Algunas características anatómicas morfológicas en líneas glossy y no glossy de sorgo, de (*Sorghum bicolor* L. Moench) para su resistencia a sequía en estado de plántula. Tesis de licenciatura Facultad de Biología Universidad Autónoma de Nuevo Leon Monterrey N. L. México. 80 p.
- Slatyer, R.O., 1955. Studies of the water relations of crop plants grown under natural rainfall in Northern Australia . Aust. J. Agric. Res. 6: 365-367.
- Slatyer, R.O., 1973. A in : "Plant response to climate factors" (R. O. Slatyer ed.) Spp 271-276. UNESCO. Paris Francia.
- Stoskopf, Neal C., 1981. Understanding Crop Production. Reston Publishing Company Inc. U.S.A. 433 p.
- Soriano, A. y E.R. Montaldi, 1980. Relaciones hídricas. In: Fisiología Vegetal . E. M. Sivori E. R. Montaldi Y O. H . Caso (comps.). Ed. Hemisferio-Sur. Buenos Aires Argentina. pp. 319-371.
- Subramanian, V. B., G. R. M. Sankar, and, D. G. Rao, 1989. Association of weather variables with dry matter and

yield components of rainfed sorghum. *Sorghum and Millets Abstracts*. 14 (4): 72.

Sullivan, C.Y., and, W.M. Ross. 1979 In stress physiology in crop plants (H. Munssell and R. C. Staples eds.) Willey interscience, New York, U. S. A. pp. 263-281.

Taksure, S.C., B.N. Phadnavis, and, D.G. Vitkare, 1989. Effect of water stress at various stages on yield and its components in grain sorghum. *Sorghum and Millets Abstracts*. 14 (2): 32.

Tang, Z.C., and, Wu Y.H., 1988. Free proline and drought resistance in sorghum seedlings. *Sorghum and Millets Abstracts* Vol. 13 (2) 28.

Teniente O., R., 1988. Evaluación de 22 líneas de sorgo bajo el régimen de riego sequía. Memoria VII Congreso Nac. de Egres. de la Fac. de Agrobiol. "Presidente Juárez" Uruapan Mich. México p. 21.

Thomas G, and, F. R. Miller, 1978. Climatic adaptation in sorghum. *Sorghum Newsletter*. 21: 106-107.

Torrez M., H., 1986. Evaluación de sorgos de adaptación tropical. II. Reunion Nac. de Sorgo. Escuela Superior de Agricultura Universidad Autonoma de Sinaloa. Culiacan Sin. México pp. 72-80.

Tsuda, M., 1989. M. Effects of water deficits on panicle excersión in rice (*Oriza sativa* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Sorghum and Millets Abstracts*. 14 (2): 32.

Turnerr, N.C., 1979. Drought: resistance Adaptation to water deficits in crop plants. In : Stress phisiology in crop plants. Jhon Willey Sonss. (H. Munssel y R. C. Staples eds.) New York. U. S. A. pp. 343-372.

Turner, N.C., and, G.J. Burch, 1983. The role of water in plants. In : Crop water relations. I. D Teare And M. M. Poet (eds). Jhon Willey and Sons. New York pp. 73-126.

Vadia, Y., F. C. Raney, and, R. M.Hagan, 1961. Plant Water deficit an physiological proces. *Ann. Rev. Plant Physiology*. 12: 265-292.

Vazquez I. G., y F. Zavala G. 1986. Efecto del stress hidrico aplicado en las etapas fenológicas del cultivo de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) Sobre el

rendimiento y componentes. Memorias II Reunion Nacional sobre sorgo. Escuela Superior de Agricultura, Universidad Autonoma de Sinaloa. Culiacan Sin. México pp. 127-154.

Verma, P.K., L.J. Wade, J.M Peacock, N. Seetharama, J. Sai Prasad, and, A. K. S. Huda, 1983. Leaf response to water an Nitrogeno stress in sorghum. Sorghum Newsletter 26:30.

Vietor, D.M, F.R. Miller ,and, Cralle H.T., 1990. Non structural carbohidrat in axillary branches and main stem of senescent an noscent sorghum types Crop Sci. 30 (1): 97-100..

Wang, W.L.; Z.P. Lim, and, X.Y. Zhang, 1988. Some aspects of plant cuticular transpiration . Sorghum and Millets abtracts. 13 (6): 31.

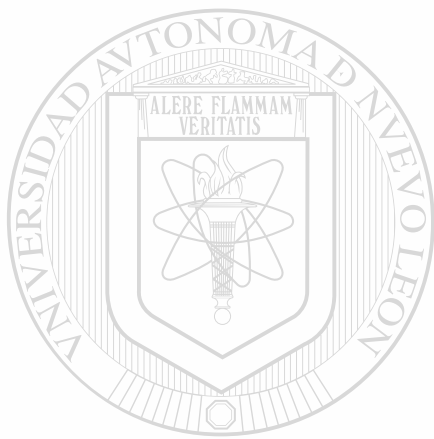
Wong R., R., 1979. Comportamiento de las características agronómicas , índices fisiológicos y patrones de crecimiento de 50 genotipos de sorgo bajo el esquema riego-sequía. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados Chapingo México. 213 p.

Wright, G.C., and, R.C.G. Smith, 1983 a. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress I. Crop Growth and yield responses. Australian Journal of Agricultural Rsearch 34 (6): 615-626.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

, 1983b. Differences two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress II. Root water uptake and watwer use. Australian Journal Agric. Res. 34 (6): 627-636.

, 1983 c. Differences two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress III. Physiological response. Australian Journal Agric. Res. 34 (6): 637-651.



7. APENDICE

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables consideradas en el estudio Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

Variable	Cuadrados medios			Coef. de Var.	
	C. Humedad	Genotipo	Interacción	PG	PCH
% A. D. F.	2.94	50.2 **	5.89	1.77	2.0
P. A. D. F.	0.194	0.879**	0.0213	19.6	13.68
% A. Ant.	8.73 *	18.11 **	3.63	1.53	2.75
P.A. Ant.	0.1504	1.85 **	0.0261	16.2	15.51
%A. M. F.	24.69	988.7 **	43.67	7.6	9.23
P. A. M. F.	0.308 **	0.861**	0.01645	14.27	14.72
A. F. D. F.	5.3	455.00 **	3.9	16	16.87
A. F. Ant.	23.1 *	242.5 **	3.5	14.1	14.3
A. F. M. F.	0.308**	402.1 **	8.06	27.67	30.6
A. F. SNSC.	207.6**	13.6 **	5.8*	22.14	19.94
IAF.D.F. -Ant.	0.826 *	27.85 **	0.10	10.3	10.9
IAF Ant-M.F.	3.91 **	25.76 **	0.37	13.1	19.8
DAF D.F. -Ant.	0.014	0.88 **	0.001	0.982	0.99
DAF Ant. -M. F.	0.131**	0.272**	0.005	1.37	1.72
DAF IAF ANT-M. F.	0.065	0.273	0.0048	2.97	3.76
TRC D.F. -Ant.	0.00007	0.007**	0.000096	16.45	14.93
TRC Ant-M.F.	0.000313**	0.000052*	0.000022	0.1991	0.51
TCC D.F. -Ant.	0.351	0.015	0.0134	9.38	10.41
TCC Ant. -M. F.	13.25 **	1.07	1.3	8.51	12.85
TAN D.F. -Ant.	0.037	0.326**	0.00179	9.21	8.8
TAN Ant. -M. F.	0.277**	0.24 **	0.0145	23.96	16.48
Altura	0.0736**	0.1644**	0.022**	6.78	4.59
Excursion	58.1 **	44.6 **	2.11	69.17	56.92
Long. Panoja	71.62 **	135.36 **	15.73 **	11.85	4.65
Días a D.F.	0.0833	444.1 **	0.0833	2.5	2.15
Días Ant.	0.0333	1360.0 **	163.0	2.5	2.15
Días A M. F.	64.19	3000.0 **	1.95	0.919	0.599

* = Significancia al 5 %

** = Significancia al 1 %

Cuadro 5. (continuación)

Variable	Cuadrados medios			Coef. de Var.	
	C. Humedad	Genotipo	Interaccion	PG	PCH
Días a M.F.E.G.	0.202 **	758 **	15.66**	2.5	1.54
Panojas/m ²	0.7406**	0.782 **	0.295**	8.4	4.31
No. Granos/P.	9.97 **	1.73 **	1.54 **	30.0	18.79
Peso de grano	3.32 **	69.0 **	0.86 **	3.28	5.42
Peso Panoja	5550.0 **	668.8 **	38.89**	24.27	24.88
P. Grano/P.	3748.0 **	575.0 **	312.0 **	30.0	18.79
Retrans.	0.0005**	0.00013	0.000035	0.62	1.04
P. Fresco	940.0 **	608.0 **	28.3	17.94	14.21
R. Biológico	205.0 **	43.0 **	17.26**	7.97	10.26
R. grano/ha	35.5 **	11.41**	3.89 **	22.9	17.57
Indice de C.	6.74**	25.66 **	1.68	25.9	23.45
G./ha/día E.G.	8.992**	780.0	19.08	23.0	17.0
G./ha/día(C.)	4853.0	1644.0	328.0	22.0	17.0

* Significancia al 5 %

** Significancia al 1 %

P. = peso A. = agua Ant. = antesis D.F. = diferenciación floral

M.F. = Madurez fisiológica AF = área foliar IAF = índice de área F.

DAF = Duración de área foliar TRC = Tasa relativa de crecimiento

TCC = tasa de crecimiento TAN = Tasa de asimilación neta

SNSC. = Senescente G = kg de grano I.C. = índice de cosecha

E.G. = etapa de grano (C.) = ciclo

Cuadro 6. Comportamiento de las variables relacionadas con el estado de agua en la evaluación de tres genotipos en cuatro condiciones de humedad. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

Nivel de Humedad	Genotipo	% de agua Antesis	Peso de Agua Antesis Kg	% de agua Madurez	Peso agua Madurez Kg
Testigo	RB-3030	79.79a	1.025 c	45.90 b	0.51 b
	M-35585	80.8 a	1.755 a	54.20 a	0.98 a
	UANL-187	78.6 a	1.400 b	57.00 a	0.92 a
Temporal	RB-3030	78.9 a	0.972 b	37.95 b	0.25 b
	M-35585	80.1 a	1.372 a	59.48 a	0.56 a
	UANL-187	76.0 b	1.173 b	56.69 a	0.49 a
Sequía	RB-3030	80.0 a	0.901 b	42.81 b	0.38 b
Antesis	M-35585	79.4 a	1.372 a	55.54 a	0.92 a
	UANL-187	77.1 a	1.186 b	60.11 a	0.88 a
Sequía	RB-3030	79.9 a	0.955 b	43.30 b	0.38 b
E. Grano	M-35585	80.2 a	1.518 a	52.80 a	0.73 a
	UANL-187	80.3 a	1.382 a	52.68 a	0.76 a
DMS 5%		3.18	0.283	6.94	0.139

Cuadro 7. Dinámica del área foliar en tres genotipos de sorgo evaluados bajo cuatro ambientes de humedad. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

N. Humedad	Genotipo	A. Foliar Diferen.	A. Foliar Antesis	A. Foliar Madurez	A. Foliar Senescida
Testigo	RB-3030	4233 c	11557 b	6756 b	3783 a
Sin	M-35585	15681 a	19903 a	17436 a	3021 a
Sequía	UANL-187	12529 b	19863 a	17423 a	2813 a
Temporal	RB-3030	4049 b	9853 b	1395 b	13712 a*
	M-35585	12814 a	16285 a	9563 a	9514 b*
	UANL-187	11941 a	16028 a	9372 a	8882 b*
Sequía	RB-3030	4256 b	10900 b	6294 b	4606 a
Antesis	M-35585	12514 a	18337 a	16594 a	4977 a
	UANL-187	12225 a	15310 a	14263 a	4619 a
Sequía	RB-3030	3734 a	12251 b	2647 b	11505 a*
Etapa	M-35585	14586 a	18960 a	8066 a	10735 a*
Grano	UANL-187	14068 a	17821 a	10926 a	11492 a*
DMS 5 %		2519	3243	4486	2197
DMS 5 % *					2364

* Significancia estadística en la comparación de medias de los genotipos entre diferentes condiciones de riego

Cuadro 8. Comportamiento de los índices foliares de los tres genotipos de sorgo evaluados en cuatro condiciones de humedad. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

Nivel de humedad	Genotipo	IAF		IAF		DAF	
		Dif-Ante		Ant. Mad.		Dif-Ant	Ant-Mad
Testigo sin Sequía	RB-3030	2.21	b	2.56	b	108.9	b
	M-35585	4.98	a	5.23	a	315	a
	UANL-187	4.54	a	5.22	a	255.3	a
Temporal	RB-3030	1.945	b	1.67	b	93.3	b
	M-35585	4.125	a	3.81	a	263.0	a
	UANL-187	3.917	a	3.72	a	223.4	a
Sequía antesis	RB-35585	2.143	c	2.39	b	103.0	c
	M-35585	4.513	a	4.89	a	274.2	a
	UANL-187	3.945	b	4.02	a	216.8	b
Sequía E. grano	RB-3030	2.24	b	1.96	b	113.2	b
	M-35585	4.78	a	3.78	a	300.6	a
	UANL-187	4.47	a	4.03	a	254.7	a
DMS 5 %		0.580		1.042		0.0766	0.136

Cuadro 9. Indices de crecimiento de tres genotipos de sorgo evaluados bajo cuatro condiciones de humedad. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

Nivel de Humedad	Genotipo	Etapa de antesis a madurez		
		TRC gr/gr/día	TCC gr/m ² /día	TAN mg/cm ² /día
Testigo	RB-3030	0.0165 a	18.1200 a	0.7100 a
Sin	M-35585	0.0170 a	27.5822 a	0.4940 a
Sequía	UANL-187	0.0138 a	19.955 a	0.3839 a
Temporal	RB-3030	0.0082 a	6.6250 a*	0.4440 a
	M-35585	-0.0017 b	-1.4723 b*	-0.0457 b
	UANL-187	-0.0048 b	-6.5435 b*	-0.1850 b
Sequía	RB-3030	0.0154 a	14.7843 a	0.6640 a
Antesis	M-35585	0.0146 a	19.9280 a	0.4155 a
	UANL-187	0.0094 a	10.8511 a	0.2686 a
Sequía	RB-3030	0.0148 a	14.1081 a	1.0410 a
Etapa	M-35585	0.0147 a	20.6469 a	0.6240 a
Grano	UANL-187	0.0169 a	22.4715 a	0.6040 a
DMS 5 %		0.005262	0.991	0.232
DMS 5 % *			0.91041	

* Significancia estadística en la comparación de medias de genotipos entre diferentes condiciones de riego

Cuadro 10. Efecto de las condiciones de humedad sobre las características de planta en tres genotipos de sorgo Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

Nivel de Humedad	Genotipo	Altura m	Excursión cm	Longitud de Panoja cm
Testigo	RB-3030	1.315 c	7.05 a	29.25 a
Sin Sequía	M-35585	1.50 b	3.25 b	26.6 b
	UANL-187	1.65 a	5.03 b	27.5 b
Temporal	RB-3030	1.35 c	3.1 a	28.8 a
	M-35585	1.37 b*	0.0 b	19.8 b*
	UANL-187	1.42 a*	0.0 b	18.9 b*
Sequía	RB-3030	1.31 b	3.8 a	29.3 a
Antesis	M-35585	1.26 c*	0.0 b	22.8 c*
	UANL-187	1.41 a*	0.0 b	25.0 b
Sequía	RB-3030	1.33 c	5.8 a	29.3 a
Etapa	M-35585	1.47 b	3.6 b	26.3 b
Grano	UANL-187	1.63 a	5.0 b	26.8 b
DMS 5 %		0.095	2.5234	1.76
DMS 5 % *		0.1019		3.17

* Significancia estadística en la comparación de genotipos entre diferente condición de riego.

Cuadro 11. Efecto de las condiciones de humedad sobre las etapas fenológicas en tres genotipos de sorgo. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

Nivel de Humedad	Genotipo	Días a Diferen.	Días a Antesis	Días a Madurez
Testigo	RB-3030	25 c	52 c	101.5 b
Sequía	M-35585	33 b	69 b	110.0 a
	UANL-187	35 a	69 b	110.0 a
Temporal	RB-3030	25 c	52 c	97.5 b*
	M-35585	33 b	69 a	105.5 a*
	UANL-187	35 a	67 b	105.5 a*
Sequía Antesis	RB-3030	25 c	52 c	102.3 b
	M-35585	33 b	69 a	110.0 a
	UANL-187	35 b	67 b	110.0 a
Sequía Etapa Grano	RB-3030	25 c	52 c	100.0 b*
	M-35585	33 b	69 a	105.8 a*
	UANL-187	35 a	67 b	105.8 a*
DMS 5 %		0.9729	0.4213	0.9212
DMS 5 % *				1.167

* Significancia estadística en la comparación de medias de genotipos entre condiciones de humedad.

Cuadro 12. Efecto de cuatro niveles de humedad sobre variables relacionadas con el rendimiento de grano en tres genotipos de sorgo. Marín, N. L. ciclo tardío 1990.

Nivel de Humedad	Genotipo	Num. de Panojas/m ²	Num. de granos Por Panoja	Peso de grano (300 granos)
Testigo	RB-3030	13.7 a	2116 b	9.72 a
Sin	M-35585	12.96 a	3506 a	5.45 b
Sequía-	UANL-187	13.7 a	3310 a	5.51 b
Teemporal	RB-3030	13.0 a	1578 a	7.49 a*
	M-35585	9.9 b*	949 b *	5.16 b
	UANL-187	6.4 c*	667 b *	4.72 b*
Sequía	RB-3030	13.8 a	1784 a	9.5 a
Antesis	M-35585	9.7 b *	2137 a *	5.62 b
	UANL-187	11.0 b *	2161 a *	5.23 b
Sequía	RB-3030	13.5 a	2044 C	8.47 a*
Etapa	M-35585	11.56 b	3076 b	5.13 b
Grano	UANL-187	12.5 a	3772 a	4.92 b*
	DMS 5 %	0.21545	620	0.5072
	DMS 5 % *	0.31822	807	0.4573

* Significancia estadística en la comparación de medias de genotipos entre condiciones de humedad.

Cuadro 12. (continuación)

Nivel de Humedad	Genotipo	Peso de panoja gr		Peso grano gr/panoja		Peso seco Retraslocado gr/planta
Testigo	RB-3030	74	a	59.2	a	8 a
Sin	M-35585	75.4	a	63.7	a	1.3 a
Sequía	UANL-187	72.2	a	61	a	9 a
Temporal	RB-3030	45.4	a*	39.4	a*	23. a
	M-35585	18	b*	16.3	b*	21 a
	UANL-187	12.2	b*	10.4	b*	13 a
Sequía	RB-3030	63.95	a	57	a	10 a
Antesis	M-35585	47.7	b*	39.9	b*	0 a
	UANL-187	43.7	b*	37.2	b*	13 a
Sequía	RB-3030	63.85	a	57.3	a	16 a
Etapa	M-35585	63.7	a	52.5	a	11 a
Grano	UANL-187	72.3	a	61.93	a	10 a
	DMS 5 %	11.8		13.74		
	DMS 5 %	15.5		17.83		

* Significancia estadística entre genotipos de diferente condición de humedad.

Cuadro 13. Efecto de cuatro condiciones de humedad sobre las variables de producción en tres genotipos de sorgo. Marín N. L. Ciclo tardío 1990.

Nivel Humedad	Genotipo	P. fresco ton/ha	Biomasa ton/ha	Grano ton/ha	Indice de cosecha
Testigo sin Sequía	RB-3030	29.1 b	16.5 c	8.1 a	0.43 a
	M-35585	45.92 a	22.95 a	7.05 a	0.27 b
	UANL-187	43.3 a	19.5 b	7.14 a	0.33 b
Temporal	RB-3030	14.33 b*	10.63 a*	4.25 a*	0.36 a
	M-35585	21.94 a*	9.50 a*	2.02 b*	0.18 b
	UANL-187	18.72 ab*	9.55 a*	1.42 b*	0.14 b
Sequía Antesís	RB-3030	23.25 b	13.83 b*	7.07 a	0.46 a
	M-35585	38.24 a*	17.08 a*	3.96 b*	0.20 c
	UANL-187	36.3 a	13.21 b*	4.66 b*	0.31 b
Sequía Etapa grano	RB-3030	23.21 b	13.6 b*	6.4 a*	0.42 a
	M-35585	35.9 a*	18.2 a*	6.83 a	0.33 a
	UANL-187	37.31 a	19.08 a	7.28 a	0.34 a
DMS 5 %		6.354	2.29	1.415	0.10483
DMS 5 % *		7.250	2.18	1.64	

* Significancia estadística en la comparación de medias de genotipos entre diferente condición de humedad.

Cuadro 14. Eficiencia en producción de grano por tiempo.
Marín N.L. Ciclo tardío 1990.

Condición de humedad	Genotipo	Días de ant-mad	Rend. Ant-Mad	Rend. Ciclo
Testigo	RB-3030	49.00 a	163.3 a	79.7 a
Sin sequía	M-35585	41.50 c	170.0 a	64.4 b
	UANL-187	43.50 b	164.2 a	64.9 b
Temporal	RB-3030	45.50 a*	97.0 a *	43.6 a *
	M-35585	36.50 c*	55.3 b *	19.18 b *
	UANL-187	38.50 b*	37.0 b *	13.49 b *
Sequía	RB-3030	49.75 a	142.1 a	69.49 a
E. Antesis	M-35585	41.00 c	96.5 b *	35.96 b *
	UANL-187	43.00 b	108.4 b *	42.4 b *
Sequía E Grano	RB-3030	48.00 a*	133.3 b	64.0 a
	M-35585	36.75 c*	186.1 a	64.6 a
	UANL-187	38.75 b*	188.0 a	68.9 a
	DMS 5%	0.96	33.3	13.1
	DMS 5% *	1.26	38.5	15.1

*Significancia estadística en la comparación de medias de genotipos entre diferente condicione de humedad.

