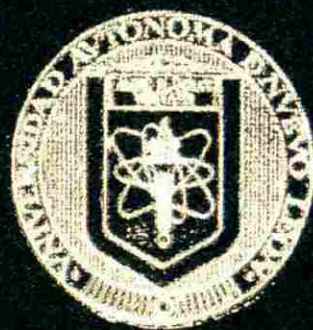


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO.



EFFECTO DE LA TENSION HIDRICA EDAFICA EN
DIFERENTES ETAPAS DEL DESARROLLO SOBRE EL
CRECIMIENTO DE Phaseolus scutifolius var latifolius F.
Y Phaseolus vulgaris L.

MARIO AGUILAR SANMIGUEL

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALISTA EN PRODUCCION
AGRICOLA

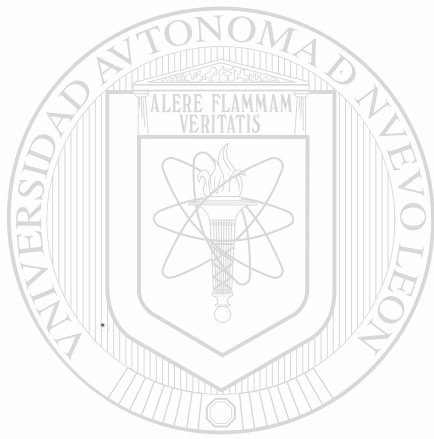
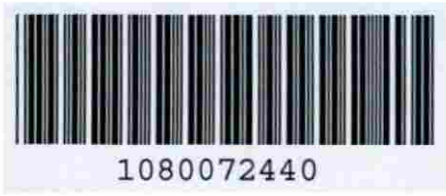
MARZO DE 1986

TM

SB 327

AS

C. 1



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

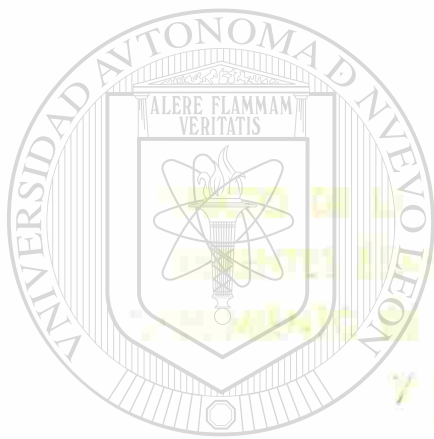


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE GRADO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN

AGRÍCOLA

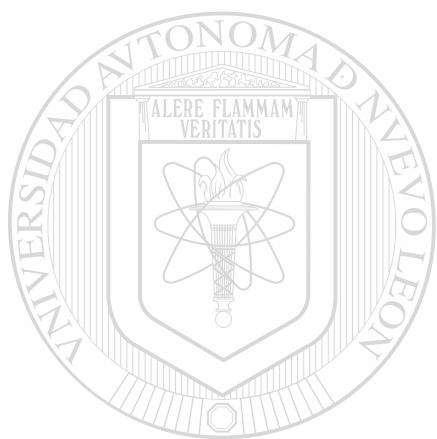


MAYO DE 1999

006761 *BPL*

TM
SB 327
A3

045.635
FA1
98
.5

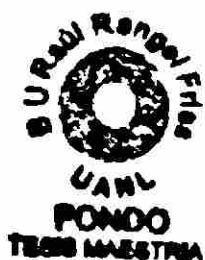


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

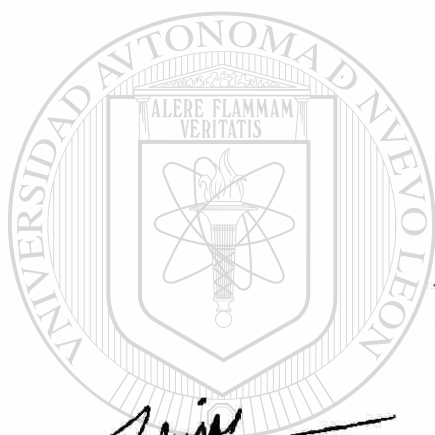
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO,
HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA LA OBTENCION DEL GRADO

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALISTA EN

PRODUCCION AGRICOLA



CONSEJO PARTICULAR

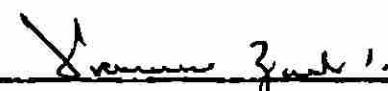
UANL


M.C. GILBERTO E. SALINAS GARCIA
Consejero


Ph.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO
Asesor

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS


Ph.D. CIRO G.S. VALDES LOZANO
Asesor


M.C. FRANCISCO ZAVALA GARCIA
Asesor

MARZO DE 1986

AGRADECIMIENTOS

Al Ing.M.C. Gilberto E. Salinas García por su orientación sobre la selección del tema de investigación, por su oportuna asesoría durante la realización del Trabajo de Campo y elaboración de este escrito.

Al PhD. Rigoberto E. Vázquez Alvarado e Ing. Carlos H. Sánchez Saucedo por su participación en la determinación de la metodología a seguir durante mi trabajo, sobre todo en el manejo y control del agua para la aplicación de los tratamientos de tensión hídrica.

Al Ing.M.C. Nahum Espinoza Moreno e Ing. Antonio Durón Alonso por su desinteresada asesoría y participación en los análisis estadísticos y computación de la información generada en el Trabajo de Campo y Laboratorio.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme la oportunidad y el apoyo para realizar mis estudios de Postgrado.

A la Facultad de Agronomía de la UANL, en especial al Depto. - División de Estudios de Postgrado y al Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, por la ayuda brindada durante el Trabajo de Campo y Laboratorio, así como la infraestructura y autorizaciones necesarias para llevar a cabo el presente escrito.

Al PhD. Francisco Cárdenas Ramos por su energía de trabajo que me motivó a realizar mis estudios de postgrado y su autorización para concluirla satisfactoriamente.

Al PhD. Ciro G.S. Valdes Lozano y al Ing.M.C. Francisco Zavala García por sus oportunas observaciones y sugerencias en el escrito final.

A Martha Gpe. Caballero por su comprensión y aliento progresista que me ayudo a culminar mis estudios de Postgrado. Por su eficiente participación en el trabajo de Campo, Laboratorio y Mecanografía de este trabajo.

Al Dibujante Rubén Campos Cabrera por su participación en la elaboración de las figuras presentadas en el escrito.

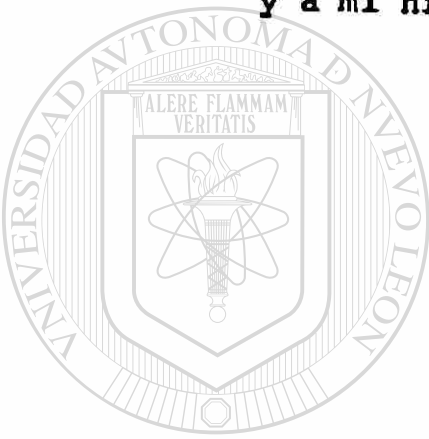
A todos los que hicieron posible la realización de este trabajo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEDICATORIA

**A mis queridos padres
y hermanos.**

**A mi esposa Martha Gpe.
y a mi hijo Mario Alan.**



**A mis compañeros Maestros,
Alumnos, Trabajadores de
Campo y Laboratorio.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Al T.A. Raymundo Montalvo por
su invaluable colaboración
en los trabajos previos a
este estudio.**

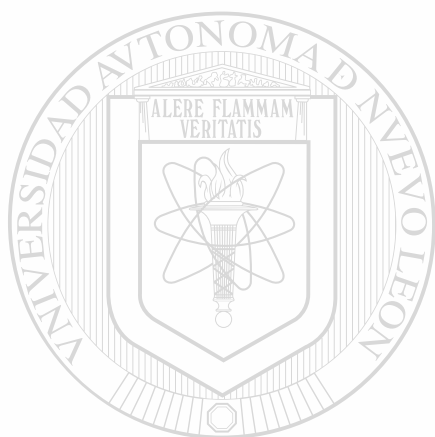
Descanse en Paz.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS.	i
LISTA DE FIGURAS.	iii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Concepto y tipos de sequía.	3
2.1.1. Mecanismos de adaptación a la sequía.	5
2.2. Efecto de la tensión hídrica sobre los procesos fisiológicos.	6
2.2.1. Funcionamiento estomatal y fotosíntesis	10
2.2.2. Respiración	12
2.2.3. Translocación y distribución de los fotosintetizados	15
2.3. Efecto de la tensión hídrica sobre el crecimiento de la planta.	17
2.4. Efecto de la tensión hídrica sobre el rendimiento y sus componentes morfológicos.	21
3. HIPOTESIS.	25
4. MATERIALES Y METODOS	26
4.1. Localización del experimento.	26
4.2. Materiales	26
4.3. Métodos	28
4.3.1. Factores y niveles.	28
4.3.1.1. Diseño experimental	29

4.3.2. Determinación de las constantes de humedad del suelo	30
4.3.3. Aplicación de las condiciones de humedad	30
4.3.4. Características generales del estudio	39
4.3.5. Variables estudiadas	41
4.3.6. Análisis estadístico	44
5. RESULTADOS	46
5.1. Rendimiento y componentes morfológicos	47
5.1.1. Efectos principales	47
5.1.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad en el suelo	50
5.2. Índice de cosecha	51
5.2.1. Efectos principales	51
5.2.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad en el suelo	54
5.3. Análisis del crecimiento y desarrollo	58
5.3.1. Duración de las etapas del desarrollo	58
5.3.1.1. Efectos principales	58
5.3.1.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad en el suelo	60
5.3.2. Análisis de crecimiento	61
5.3.2.1. Efectos principales	61
5.3.2.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad en el suelo	68
5.3.2.3. Tasa relativa de crecimiento (TRC).	77
6. DISCUSION	85
7. CONCLUSIONES	96
8. BIBLIOGRAFIA	98

9. APENDICE 103



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE CUADROS

CUADRO	TITULO	Página
1	Características climáticas presentes durante el experimento, ciclo temprano (primavera-verano) 1985.	26
2	Catacterísticas físico-químicas del suelo.	40
3	Comparación de medias entre genotipos para el rendimiento de grano y sus componentes morfológicos	48
4	Comparación de medias entre genotipos para el porcentaje del peso de las valvas y del rendimiento por planta, en relación al peso seco total de la planta (PSTP) en la cosecha	49
5	Comparación de medias entre condiciones de humedad, para el rendimiento de grano y sus componentes	50
6	Comparación de medias en la interacción de genotipos por condiciones de humedad para el rendimiento unitario.	52
7	Comparación de medias entre genotipos dentro de cada condición de humedad, para el rendimiento de grano y sus componentes.	52
8	Comparación de medias entre genotipos para el Índice de Cosecha y sus componentes	54
9	Comparación de medias entre condiciones de humedad para el Índice de Cosecha y sus componentes.	55
10	Comparación de medias en la interacción de genotipos por condición de humedad en el suelo, para el Índice de Cosecha y sus componentes	55
11	Comparación de medias entre genotipos para el tiempo transcurrido hasta la aparición de las primeras flores, últimas flores y la madurez comercial	59
12	Comparación de medias entre condiciones de humedad para el tiempo transcurrido hasta la aparición de las primeras flores, últimas flores y la madurez comercial	60

13	Comparación de medias en la interacción de genotipos por condiciones de humedad para el tiempo transcurrido hasta la madurez comercial.	61
14	Concentración de los resultados obtenidos en los análisis de varianza para el peso seco total de la planta (PSTP) en los muestreos y en la cosecha. . .	65
15	Comparación de medias entre genotipos para peso seco total de la planta (PSTP) dentro de cada muestreo y en la cosecha	65
16	Comparación de medias entre genotipos en los muestreos 1, 2 y 3 para los pesos reales y porcentajes de los pesos secos de los órganos de la planta en relación al peso seco total de la planta (PSTP) . .	67
17	Comparación de medias entre condiciones de humedad para el peso seco total de la planta (PSTP) dentro de cada muestreo y en la cosecha.	68
18	Concentración de los resultados obtenidos en los análisis de varianza para las tasas relativas de crecimiento, estimadas con los pesos secos totales de las plantas (reales) en los primeros cuatro muestreos	78
19	Comparación de medias entre genotipos dentro de cada condición de humedad, para la tasa relativa de crecimiento estimada en base al peso seco total de la planta (real) en los primeros cuatro muestreos .	78

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CUADROS DEL APENDICE

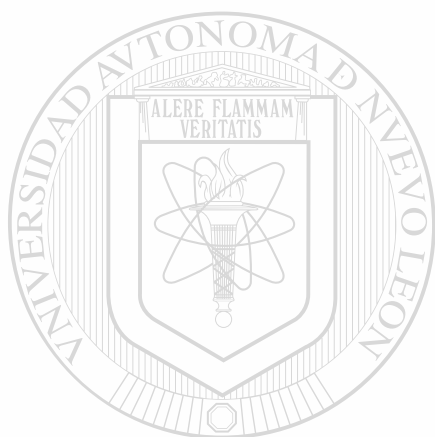
1a	Concentración de los análisis de varianza para los variables medidas después de la cosecha	104
2a	Concentración de los análisis de varianza para el peso seco total de la planta en cada muestreo . . .	105

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	Página
1	Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de humedad adecuada (D0)	33
2	Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de humedad con tensión hídrica en la etapa de prefloración (D1)	34
3	Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de humedad con tensión hídrica en la etapa de floración (D2)	35
4	Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de humedad con tensión hídrica en la etapa de postfloración (D3)	36
5	Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de temporal (D4)	37
6	Curva de retención de humedad en el suelo, a la profundidad 0-60 cm	38
7	Respuesta de los genotipos en las diferentes condiciones de humedad para la variable rendimiento unitario	53
8	Respuesta de los genotipos en las diferentes condiciones de humedad para la variable Índice de Cosecha	56
9	Respuesta de los genotipos en las diferentes condiciones de humedad en el suelo para la variable a) peso seco total de la planta y b) rendimiento por planta.	57
10	Efecto de la tensión hídrica sobre la duración de las etapas del desarrollo de los genotipos bajo diferentes condiciones de humedad	62
11	Efecto de la tensión hídrica sobre la duración de las etapas del desarrollo de los genotipos dentro de cada condición de humedad	63

FIGURA	TITULO	Página
12	Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo para los genotipos, en base al promedio obtenido de las diferentes condiciones de humedad. . .	66
13	Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo para las condiciones de humedad, en base al promedio obtenido de los genotipos	69
14	Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo, del genotipo LEF-1-RB en las diferentes condiciones de humedad.	71
15	Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo, del genotipo PHAACU-102 en las diferentes condiciones de humedad	72
16	Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo, del genotipo PHAACU-125 en las diferentes condiciones de humedad	73
17	Peso seco (real) de los órganos de la planta en cada muestreo para el genotipo LEF-1-RB, en las condiciones de humedad D0 (0), D1 (1), D2 (2), D3 (3) y D4 (4). .	74
18	Peso seco (real) de los órganos de la planta en cada muestreo para el genotipo PHAACU-102, en las condiciones de humedad D0 (0), D1 (1), D2 (2), D3 (3) y D4 (4).	75
19	Peso seco (real) de los órganos de la planta en cada muestreo para el genotipo PHAACU-125, en las condiciones de humedad D0 (0), D1 (1), D2 (2), D3 (3) y D4 (4).	76
20	Curvas de crecimiento del genotipo LEF-1-RB en las diferentes condiciones de humedad, en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión . . .	79
21	Curvas de crecimiento del genotipo PHAACU-102 en las diferentes condiciones de humedad, en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión . . .	80
22	Curvas de crecimiento del genotipo PHAACU-125 en las diferentes condiciones de humedad, en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión . . .	81
23	Curvas de las tasas relativas de crecimiento del genotipo LEF-1-RB en las diferentes condiciones de humedad, estimadas en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión	82

24	Curvas de las tasas relativas de crecimiento del genotipo PHAACU-102 en las diferentes condiciones de humedad, estimadas en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión.	83
25	Curvas de las tasas relativas de crecimiento del genotipo PHAACU-125 en las diferentes condiciones de humedad, estimadas en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión.	84



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESUMEN

La influencia del ambiente sobre los procesos fisiológicos de la planta, se refleja en su crecimiento y desarrollo. El agua, siendo un elemento indispensable para que la planta realice sus funciones adecuadamente, provoca una tensión biológica cuando su disponibilidad es limitada; cuyos efectos se manifiestan de acuerdo a la especie y al genotipo, así como de la etapa del desarrollo en que se presenta dicha tensión, su duración e intensidad. En zonas donde el agua es el principal factor limitante, el cultivo del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) produce bajos rendimientos unitarios. El frijol Tepari (Phaseolus acutifolius var. latifolius F.) se considera como una especie que cuenta con características que le permiten desarrollarse bajo condiciones de humedad restringida. De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente estudio, consistió en evaluar el crecimiento y la eficiencia fisiológica de la planta de P. acutifolius var. latifolius F. y P. vulgaris L. para producir grano bajo condiciones de humedad deficiente, en las etapas de prefloración, floración y postfloración.

Para tratar de lograr el objetivo señalado, se diseñó un experimento donde se sometieron dos colectas de P. acutifolius y una línea experimental avanzada de P. vulgaris a tensión hídrica edáfica durante las etapas de prefloración, floración y postfloración, incluyendo dos testigos: uno con humedad disponible todo el ciclo y otro bajo condiciones de temporal. Para la estimación de la

tensión hídrica del suelo, primeramente se determinó su contenido de humedad por el método gravimétrico y después se recurrió a la curva formada al relacionar el contenido de agua en el suelo y la tensión a la cual está retenida. Para analizar el crecimiento de la planta se midió el peso seco total de la planta y los órganos que la componen, en muestreos periódicamente realizados durante todo el ciclo; así también, se calculó la tasa relativa de crecimiento entre muestreos continuos. La eficiencia fisiológica fue determinada mediante los índices de cosecha, analizando la expresión del rendimiento y sus componentes.

De los resultados obtenidos, se llegó a las conclusiones siguientes: tanto el rendimiento unitario como el crecimiento final de la planta de los genotipos bajo estudio decrece cuando éstos son sometidos a tensión hídrica en las etapas de floración y post floración al igual que bajo las condiciones de temporal. Los genotipos de P. acutifolius son los más eficientes fisiológicamente para producir grano bajo condiciones de temporal, estos genotipos producen un mayor rendimiento que el correspondiente a P. vulgaris. Los rendimientos obtenidos con tensión hídrica en la etapa de prefloración nos indican que pueden reducirse los insumos requeridos en la producción de frijol y a la vez se aumentan las posibilidades de incrementar el rendimiento unitario.

1. INTRODUCCION

El agua es un elemento indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas, así, cuando su disponibilidad es limitada, los efectos se manifiestan de acuerdo a la especie y al genotipo.

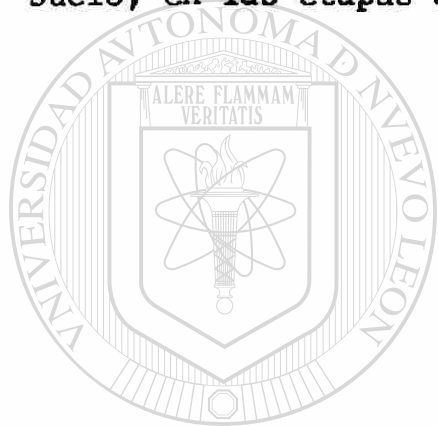
La cantidad de agua disponible es inversamente proporcional a la fuerza con la que está retenida en el suelo. De tal manera que a medida que se va abatiendo el agua en el suelo, las plantas necesitan realizar un mayor esfuerzo para absorberla, trayendo como consecuencia una tensión biológica que afecta sus procesos fisiológicos.

El grado con el cual la tensión hídrica del suelo afecta la planta, depende de la etapa de desarrollo en que se presenta, y de la duración e intensidad.

En siembras de temporal, la disponibilidad de humedad en el suelo es uno de los factores más determinantes en el rendimiento de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). En regiones donde la agricultura depende del agua que precipita para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, la producción es insegura debido a la irregularidad de la lluvia. Bajo estas circunstancias, una opción para reducir el riesgo climático es recurrir a especies que por su origen evolutivo presentan características que les confieren cierta habilidad para desarrollarse bajo condiciones de humedad restringida.

El frijol Tepari (Phaseolus acutifolius var. latifolius F.) se considera como un cultivo que tolera a la sequía; siendo sembrado en las zonas áridas del suroeste de los Estados Unidos y noroeste de México.

De esta manera, el presente estudio está encausado a evaluar el crecimiento y la eficiencia fisiológica de la planta de Phaseolus acutifolius var. latifolius F. y Phaseolus vulgaris L. para producir grano bajo condiciones de humedad deficiente en el suelo, en las etapas de prefloración, floración y postfloración.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Concepto y tipos de sequía

May y Milthorpe, citados por Kramer (1980), definen a la sequía como un evento ambiental y meteorológico, con ausencia de lluvia por un período de tiempo bastante largo como para causar un agotamiento de la humedad del suelo y daño a las plantas.

Meineke, citado por Daubenmire (1982), menciona que "el acontecimiento denominado como sequía se presenta cuando la cantidad de lluvia que cae es mucho menor que la normal, lo cual influye en las plantas adversamente".

Sequía agrícola fue definida por Van Bavel y Verlinden, citados por Kramer (1980), como "la condición existente en que el agua disponible es insuficiente para un cultivo".

Kramer (1980) señala que en la terminología comunmente usada, sequía es una tensión ambiental de suficiente duración para producir un déficit de agua o tensión en la planta, el cual causa disturbios de los procesos fisiológicos. El término tensión biológica es usualmente descrito como un factor que disturba el funcionamiento normal de un organismo.

Existen varios tipos de sequía según su duración y frecuencia de aparición, éstos pueden ser: i) permanente, como en los desiertos, ii) estacionales, refiriéndose a las áreas con estaciones

secas y húmedas bien definidas y *iii*) impredecibles, como en muchos climas húmedos (Kramer, 1980).

Florescano et al., (1983) señalan que la variabilidad de la precipitación y el riesgo a la sequía tiene una alta correlación con las zonas áridas del país. Haciendo un estudio cronológico de la presencia de las sequías en las diferentes regiones del país, encontraron que en general, las sequías no presentan un patrón de comportamiento definido, pudiendo afectar cualquier parte del país.

En relación a las condiciones climáticas que prevalecen en la localidad donde se realizó el presente estudio, éstas corresponden a una región denominada como seca (García, 1973), en donde se presenta año tras año una temporada de escasa o nula precipitación (julio-agosto) conocida como canícula o sequía intraestival, que corresponde al ciclo de siembra tardío, la cual afecta a los cultivos en el establecimiento de la plántula o bien a alguna etapa de la fase vegetativa. En el ciclo primavera-verano, cuando se siembra en la segunda quincena de febrero y primera de marzo, en general se presenta una menor precipitación que en el tardío, siendo estas muy variables a través de los años; así mismo, esta estación de crecimiento presenta (en los meses de abril y mayo) las temperaturas más elevadas del año por lo que ciertos cultivos, como el frijol, sufren graves consecuencias por coincidir con la fase reproductiva, lo que provoca un abatimiento en el rendimiento.

Considerando lo anterior, destaca la importancia de encontrar cultivares con características de tolerancia a tales condiciones

climatológicas adversas que sean capaces de prosperar exitosamente en este tipo de regiones.

2.1.1. Mecanismos de adaptación a la sequía

May y Milthorpe citados por Begg y Turner (1976), definen la "resistencia a la sequía" como la aptitud de las especies para desarrollarse satisfactoriamente en áreas sometidas a déficit de agua periódicos. Kramer (1980) considera más apropiado el término "tolerancia" en sustitución a resistencia a la sequía, ya que este término describe con mayor precisión la respuesta de la planta a la sequía".

Parker citado por Parsons (1979), señala que existen algunas características de las plantas que imparten resistencia a la sequía, entre estas se encuentra el cambio de ángulo de las hojas y sus movimientos, la mayor longitud del sistema radical o incremento en el índice raíz-vástago, células pequeñas y capacidad de realizar ajustes osmóticos; Gates (1968) establece que bajo condiciones de alto nivel de radiación y restricción de la transpiración por el cierre de los estomas, las hojas pequeñas disipan el calor más eficientemente que las grandes.

Ten Eyck, citado por Parker (1968), dividió las plantas que viven en hábitats secos, en cuatro grupos:

- 1) Las que escapan a la sequía; 2) las que evaden la sequía,
- 3) las que presentan un endurecimiento a la sequía y 4) las resistentes a la sequía.

Levitt, citado por Hall et al. (1979) distingue dos formas básicas por las cuales las plantas pueden sobrevivir en hábitats secos: a) Escape a la sequía, se refiere a evitar el período de sequía. Muchas plantas del desierto son llamadas efímeras por germinar cuando comienza la estación de lluvias y presentan un período de crecimiento corto confinado por el período estrecho de lluvias. Grieve y Monk, citados por Grime (1982), señalan que las plantas que cuentan con hojas pequeñas y duras son las que más abundan en hábitats que presentan una estación anual húmeda corta. b) Resistencia a la sequía, es decir, las plantas que no pueden escapar al período de sequía, pueden adaptarse a estas condiciones mediante dos maneras que son: evasión a la tensión y tolerancia a la tensión. La evasión se basa en mantener el balance de agua favorable, ya sea conservando el agua en la planta o bien siendo más eficiente en la absorción. La tolerancia a la tensión se refiere al hecho de mitigarla manteniendo el potencial de agua alto en la planta, resistiendo a la deshidratación y previniendo el colapso celular; así también, a una alta tolerancia a la tensión sobre el metabolismo y la plasticidad.

2.2. Efecto de la tensión hídrica sobre los procesos fisiológicos

El déficit de agua ocurre en la planta siempre que la transpiración excede a la absorción. Esto puede deberse a la pérdida excesiva de agua, a una reducida absorción o a ambas cosas, Arnon (1979).

Las deficiencias hídricas afectan casi todos los procesos

biofísicos y bioquímicos de la planta, de tal manera que los efectos integrados sobre el crecimiento y desarrollo son extremadamente complicados (Slatyer, 1973). Tales efectos dependen tanto del estado de desarrollo de la planta como de la intensidad y duración de la tensión (Soriano y Montaldi, 1980). Algunos están relacionados con un descenso en la turgencia, Huber, citado por Kramer (1974), y otros son causados por la reducción del potencial (Kramer, 1974).

Slatyer (1969) señala que el efecto de la tensión hídrica sobre cada proceso fisiológico clave, tal como la asimilación de nutrientes, el metabolismo de carbohidratos y proteínas y la translocación de iones y metabolitos, está íntimamente ligado con el efecto sobre el desarrollo. La tasa de desarrollo afecta al suministro y demanda a través de diversos procesos fisiológicos. Por ejemplo, el desarrollo de la raíz afecta el tamaño del sistema de absorción de nutrientes minerales y el desarrollo del vástago afecta la tasa del metabolismo de los carbohidratos.

Begg y Turner (1976) hicieron una revisión acerca de los efectos del déficit de agua sobre los procesos fisiológicos primarios asociados con la productividad de los cultivos, señalando como importantes al funcionamiento estomatal, fotosíntesis, respiración, translocación y la distribución de los fotosintatos. Los cambios ocurridos en otros procesos tales como el balance hormonal y el metabolismo del nitrógeno inducidos por el déficit de agua son considerados como de menor importancia.

Estudiando la respuesta a la tensión de humedad de dos cultivares de chícharo (Pisum sativum L.), uno resistente (Hardy) y otro susceptible (Alaska), a nivel de plántula, Lee et al. (1974) encontraron que hubo un decremento mayor en el peso seco, concentración de carbohidratos, actividad enzimática y fotosíntesis neta del cultivar susceptible; la tasa de respiración decreció más en el cultivar tolerante.

Serrano (1962) estudiando algunas variedades de Phaseolus vulgaris L. (frijol común) y comparándolas con P. acutifolius var. latifolius F. (frijol Tepari) encontró que ésta última especie presentó un menor grado de transpiración por planta, señalando que este resultado se pudo deber al área reducida de sus hojas. Además, Tepari perdió la mayor cantidad de agua por hora y por metro cuadrado de área foliar. El alto grado de transpiración de la variedad Tepari, probablemente se debió a que sus estomas permanecieron abiertos durante los períodos sujetos a tensión debido a las temperaturas altas y baja humedad relativa que se presentaron durante el experimento, mientras que los estomas de las otras variedades en estudio permanecieron cerrados.

Parsons y Davis (1978) al comparar estas dos especies bajo condiciones de tensión de humedad en una cámara de crecimiento, encontraron que P. vulgaris L. tuvo una mayor tasa de transpiración, presentó senescencia en las hojas y una disminución en el contenido de clorofila. Además, al ocurrir el cierre estomatal, causado por la tensión de humedad inducida, el incremento en la temperatura

de las hojas por la reducción en la transpiración fue mayor en P. vulgaris L.; parece ser que Tepari reduce la temperatura y la radiación acumulada, por tener hojas pequeñas y delgadas, además de presentar un cambio en el ángulo de las hojas durante la tensión.

Parsons y Howe (1980) encontraron que Tepari mantuvo una mayor turgencia que el frijol común, lo cual es debido parcialmente por el ajuste osmótico y por su capacidad de mantener una mayor elasticidad en sus paredes; ambos fenómenos permiten que continúe el crecimiento de la planta.

Bonanno y Mack (1983b) estudiando dos cultivares de frijol (P. vulgaris L.) bajo diferentes niveles de irrigación, comparados con un tratamiento control (testigo) con agua disponible adecuadamente, encontraron que, aunque ocurrió algún ajuste osmótico en los tratamientos de sequía, el potencial de turgencia de la hoja fue generalmente más bajo que en el control a través del día. Como el potencial hídrico decrecía desde temprano en la mañana hasta el mediodía, la tasa de transpiración incrementó debido a un incremento en la demanda evaporativa de las hojas. La resistencia a la difusión en la hoja también se incrementó con el decremento en el potencial hídrico pero no se llegó a demostrar un valor máximo para el cierre estomatal.

2.2.1. Funcionamiento estomatal y fotosíntesis

El déficit de agua en la planta afecta directamente al potencial de turgencia en las células. El efecto directo de la turgencia celular puede ser reconocido en dos importantes fenómenos: cierre estomatal y alargamiento celular (Slatyer, 1969).

La respuesta de los estomas al déficit de agua ha sido conocido desde hace muchos años. Las células guardas ocupan una posición clave en el intercambio gaseoso entre la planta y la atmósfera y se ha reconocido su importancia como reguladoras de la pérdida de agua y de la asimilación de bióxido de carbono, en respuesta al déficit de agua (Begg y Turner, 1976).

Vaadia et al., (1961) señalan que un decremento en el suministro de bióxido de carbono y en la capacidad difusiva de los estomas son usualmente citados como los factores más comunes que limitan la fotosíntesis.

La fotosíntesis es dependiente de tres principales grupos de procesos: procesos de difusión asociados con el suministro de bióxido de carbono para los sitios fotosintéticos, procesos asociados con la utilización de la energía lumínica para propósitos fotosintéticos y procesos químicos oscuros asociados con la reducción química del CO₂. Un cuarto grupo asociado con el transporte de fotosintetización distante de los sitios activos, puede ser incluido (Slatyer, 1967).

Pallas et al., citados por Arnon (1979), señalan que cuando

se incrementa la tensión de humedad del suelo, la fotosíntesis declina hacia el punto de compensación. Hart, citado por Arnon (1979), indica que la tensión de agua puede afectar directamente la fotosíntesis incluyendo en varios procesos bioquímicos involucrados en ésta, e indirectamente, por la reducción en la entrada de CO_2 a través de los estomas, como resultado de su cierre en respuesta a la tensión hídrica. "La translocación de fotosintetizados puede ser también afectada por la tensión de agua, resultando una saturación de fotosintetizados en las hojas pudiendo limitar la fotosíntesis" (Slatyer, 1969).

Boyer (1976) reporta que en trabajos realizados en años anteriores por él y Bowen, encontraron claramente que la fotosíntesis había sido controlada ya sea por la apertura estomatal o por la actividad en los cloroplastos. En cambio, en un experimento con CO_2 conducido por Boyer en hojas de girasol, se mostró que la limitación fue debida al nivel de actividad del cloroplasto y no es causada por la difusión de CO_2 . Al respecto Slatyer (1967) apunta que hay efectos no estomatales que incrementan la resistencia a la difusión del CO_2 en la fase líquida, al pasar a través de las membranas celulares del mesófilo hacia los cloroplastos y, por lo tanto, se inhibe la actividad de estos últimos.

Resultados obtenidos por O'toole et al., (1977) en un estudio con P. vulgaris L., indican que el decremento paralelo en las tasas de fotosíntesis neta y transpiración, sugieren que el cierre estomatal es el principal factor causal que bajo condiciones de tensión

hídrica intervienen en la reducción de fotosíntesis neta. Sin embargo, el hecho de que se incremente la resistencia en el mesófilo y se reduzca la actividad de la RuDPc con potenciales hídricos bajos, indican la posibilidad de que factores estomatales y no estomatales son los responsables en la reducción de la fotosíntesis neta.

Independientemente de la manera en que se sucede, la fotosíntesis es un proceso fisiológico que se ve afectado por la tensión hídrica presente en sus tejidos y consecuentemente ocurre una disminución en la eficiencia de la planta para transformar la energía lumínica y su utilización posterior en el desarrollo.

2.2.2. Respiración

Casi todas las reacciones químicas que se realizan en el proceso de respiración son enzimáticas, y tanto sus funciones como la estructura de las enzimas son afectados por el estado de agua en las plantas, esto indica que la respiración está sujeta o regulada por la hidratación de los tejidos, Craft (1968).

Evenari, citado por Arnon (1979) informa que la respiración generalmente responde a la pérdida en la turgencia en dirección inversa a la fotosíntesis; la tasa de respiración primero se incrementa, y luego decrece cuando el déficit se torna más severo.

Boyer (1976), basado en los resultados obtenidos por Brix en pino y tomate, sugiere que el rápido incremento de la respiración

es probablemente una característica de las especies. En cualquier caso, el último efecto de la desecación severa es siempre el decremento en la respiración oscura.

Evidencias comunes indican que en las especies cultivadas la respiración oscura es deprimida cada vez que el déficit de agua es suficientemente grande para cerrar los estomas y provocar un decremento en la fotosíntesis, pero el decremento en la respiración oscura es menor que el de la fotosíntesis neta (Begg y Turner, 1976).

Ragai y Loomis, citados por Craft (1968), encontraron que la tasa de respiración de semillas de maíz se incrementa exponencialmente ante aumentos en el contenido de agua.

Boyer (1976) al trabajar en hojas de girasol señala que la respiración en la luz (o fotorespiración, la cual involucra a la respiración oscura y la respiración inducida por la luz) también muestra una disminución al bajar el potencial hídrico. El decremento es más pronunciado que en la respiración oscura, lo cual indica que los componentes inducidos por la luz son más inhibidos que los componentes oscuros a potenciales hídricos bajos en la hoja.

Los efectos del déficit de agua en las plantas de las especies cultivadas, en general, han sido reportados desde incrementos, decrementos o bien sin ningún efecto sobre la fotorrespiración, Heath y Meidner, Meidner, Heichel y Musgrave, citados por Begg y Turner (1976), han encontrado que el punto de compensación del CO_2

aumenta a medida que se incrementa el déficit de agua, lo cual ha sido utilizado como indicador para decir que la fotorrespiración se incrementa con el déficit hídrico. Sin embargo, Meidner señala que es ahora conocido que el incremento en el punto de compensación de CO_2 bajo tensión hídrica proviene de una depresión de su absorción y no por un incremento en la fotorrespiración (Begg y Turner, 1976).

Troughton y Slatyer, observaron que no hubo cambios en el punto de compensación del CO_2 así como tampoco en el incremento de CO_2 por oxígeno libre en el aire cuando existía tensión de humedad en la planta, y concluyen que la fotorrespiración no es afectada por períodos cortos de tensión de humedad. En cambio, Boyer demostró por dos métodos diferentes que la fotorrespiración decrece por un incremento en el déficit de humedad (Begg y Turner, 1976).

Brown y Thomas (1980), encontraron que las tasas de respiración por unidad de materia seca, en algodón y frijol, fueron las mismas para las plantas que se encontraron bajo tensión hídrica y para las que tenían un suministro adecuado de humedad; así, para estas dos especies de plantas C_3 , el decremento en la respiración oscura debido a la tensión hídrica puede ser observado por pérdida de materia seca.

Curtis et al., (1969) encontraron que las diferencias varietales para soya en la fotosíntesis no son el resultado de diferencias en la fotorrespiración.

Por lo tanto, el efecto de la tensión hídrica sobre el proceso respiratorio es difícil de ser apreciado, debido a un enmascaramiento del efecto por la influencia de la tensión sobre los demás procesos fisiológicos de la planta.

2.2.3. Translocación y distribución de los fotosintetizados

Son muchos los aspectos acerca del fenómeno de translocación, cada uno relacionado a alguna parte vital del total de la planta, así parece imposible formular un informe claro del mecanismo de proceso (Biddulph, 1969).

Charles (1982) informa que la distribución de materia seca a las diferentes partes de la planta, varía con la etapa del desarrollo en la que se encuentra la planta, resultados similares habían sido encontrados por Ong y Marshall (1975) y Thornely (1971), así también se presentan diferencias en las variaciones a nivel intra e interespecífico.

"El destino de los metabolitos exportados de una hoja determinada depende de la posición de la misma en la planta. En la planta de frijol, las hojas que se encuentran en una posición baja exportan principalmente hacia la raíz y una pequeña porción asciende hacia el ápice. Las hojas en posición más altas exportan el flujo primeramente hacia el ápice" (Biddulph, 1969).

Flores (1982b) informa que en la planta de frijol, "la producción

total de materia seca y su distribución hacia diferentes partes de la planta sigue un patrón proporcional a las condiciones de un ambiente óptimo. Bajo tensión de agua severa, la distribución de la materia seca es drásticamente alterada y los efectos pueden diferir según el hábito de crecimiento (determinado e indeterminado)".

Bravo et al., citados por Ozbun (1978), encontraron que la fotosíntesis en algunos cultivares de frijol se incrementa durante el llenado de vaina y señalan que en este período se presenta una mayor correlación entre el rendimiento y la fotosíntesis. Snyder y Carlson (1978) señalan que el rendimiento económico es la porción del cultivo cosechado que es de uso por el hombre, el cual depende de la acumulación de energía química en forma de fotosintetizados y su subsecuente distribución. La distribución involucra al transporte y la deposición de los fotosintetizados en las diferentes partes de la planta. Su distribución hacia la parte económica de la planta es el interés particular.

De los procesos fisiológicos de la planta, los de fotosíntesis, nutrición y crecimiento, son la base fisiológica de la acumulación de materia seca total, dentro de estos procesos la fotosíntesis es de vital importancia, ya que aporta del 90 al 95 por ciento de los sólidos totales (Nichiporovich y Strogonova, citados por Romero, 1981) que al interactuar con los procesos de movilización y acumulación en la parte económica importante de la planta, integrarán el rendimiento económico de ésta. Por lo anterior, la capacidad de una planta para llevar a cabo procesos metabólicos que logren

la máxima producción, movilización y acumulación de sólidos en su parte económicamente importante, determinará realmente la eficiencia fisiológica de dicha planta para producir su rendimiento (Poey, citado por Romero, 1981).

"Para hacer una estimación de la eficiencia fisiológica en plantas anuales se han formulado algunos índices fisiológicos o fisiotécnicos como es el Coeficiente de Migración de Baven y el Índice de Cosecha de Donald, los cuales se basan en la relación que existe entre el peso seco del grano y el peso seco total de la parte aérea sin considerar a la raíz, es decir, relacionando el rendimiento económico de un cultivo con el total de materia seca producida a la cosecha" (Evans, 1972).

El índice de cosecha es el que ha sido más ampliamente utilizado para estimar la eficiencia individual para producir grano en una gran cantidad de cultivos, debido a que su obtención se basa en la relación que existe entre el total de fotosintetizados utilizados para formar la estructura final de la planta y la cantidad acumulada en los órganos de importancia económica.

2.3. Efecto de la tensión hídrica sobre el crecimiento de la planta

El crecimiento y desarrollo de las plantas depende básicamente de la progresiva iniciación de tejidos y órganos primordiales y sobre la diferenciación y expansión de los componentes celulares, hasta que la planta llega a tomar su forma característica (Slatyer, 1969).

Ambos, la iniciación y diferenciación de los órganos primordiales vegetativos y reproductivos en los meristemos apicales, así como la elongación de las células y su diferenciación, son muy sensibles a la tensión hídrica (Slatyer, 1969). La división celular es también algo sensible a la tensión, pero las observaciones realizadas en hojas de plantas que han sufrido períodos de tensión, indican que éstas pueden contener un número similar de células con respecto a aquellas que se encontraban sin tensión (Petinoy y Brower, citados por Begg y Turner, 1976). Se ha establecido que la división celular parece ser menos susceptible que el alargamiento celular cuando la planta sufre deficiencias de humedad (Vaadia et al., 1961).

Gardner y Nieman, citados por Slatyer (1967) indican que el contenido de ADN en hojas cotiledoneares de rábano con un potencial hídrico de -2 bars, se reduce aproximadamente al 60 por ciento en comparación con las hojas del tratamiento con humedad adecuada, cuando el potencial hídrico se redujo a -8 bars, el contenido de ADN (relacionado con el número de células) se redujo en un 20 por ciento adicional; un descenso mayor del potencial hídrico de la hoja no redujo más el contenido de ADN. Las observaciones indican que la división celular no cesa aún cuando la turgencia de la célula llegue a cero; es decir, que aún cuando la planta sufre por déficit de humedad se sigue llevando a cabo el proceso de mitosis (Gardner y Nieman, citados por Slatyer, 1969). Adicionalmente se observa que la velocidad de crecimiento de las plantas sometidas a tensión hídrica es mayor que el testigo, después de que son irrigadas (Slatyer, 1969).

La sensibilidad del alargamiento celular al déficit de agua en algunas especies ha sido comprobado por los trabajos realizados con maíz. El alargamiento de la hoja declinó rápidamente a potenciales de presión de agua (Ψ_p) de la hoja menores de -2 bars y cesó a Ψ_p de -7 a -9 bars (Boyer, Hsiao et al., y Acevedo et al., citados por Begg y Turner, 1976). Sin embargo, mediciones realizadas por Watts en hojas del maíz mostraron que no hubo una reducción en la extensión hasta que los Ψ_p estuvieron por debajo de -8 ó -9 bars (Begg y Turner, 1976).

Resultados obtenidos por Bonanno y Mack (1983b) en frijol, muestran que las hojas por planta se reducen con incrementos en el déficit del agua; pero el decremento causado en el área de la hoja usualmente contribuye en mayor proporción a la reducción en el área foliar total de la planta. El incremento en el peso específico de la hoja puede ser debido a un incremento en la cera cuticular, más el material de las paredes celulares y/o un incremento en los solutos y/o acumulación de almidón en las células. Sin embargo, la eliminación de la cera cuticular con cloroformo indicó que ésta no presentaba diferencias en la cantidad de cera cuticular que se encontraba en hojas de plantas con y sin tensión hídrica. Señalan sin embargo, que el potencial osmótico se volvía más negativo en hojas de plantas bajo tensión, debido a la posible acumulación de solutos y que esto mismo contribuía a incrementar el peso específico de la hoja.

Villarreal (1981) cita a Hsiao y Bunce, quienes consideran

que el crecimiento está directamente relacionado con la disponibilidad de agua. Notándose una reducción en el tamaño de la planta y una detención temporal del crecimiento de los órganos aéreos, cuando se somete a condiciones de baja disponibilidad de agua.

Aunque el crecimiento total de la planta es reducido durante la tensión hídrica, el crecimiento radical es generalmente favorecido en relación al crecimiento del vástago, reportado como incremento del índice raíz-vástago (Pearson, El Nadi et al., citados por Begg y Turner, 1976).

Sandhu y Horton (1977) encontraron que plantas de avena (Avena sativa L.) sometidas a tensión hídrica del suelo, presentaron un sistema radical más profundo que las plantas que se encontraban bajo condiciones adecuadas de humedad.

Thomas, citado por Thomas et al. (1983), menciona que en el campo, los Teparis (Phaseolus acutifolius var. latifolius F.) tienen más agua disponible para crecer que el frijol común debido a su sistema radical profundo.

Por lo tanto, un análisis del crecimiento de las plantas bajo un ambiente adverso, es un paso clave para observar la eficiencia de diferentes genotipos para aprovechar la energía lumínica.

2.4. Efecto de la tensión hídrica sobre el rendimiento y sus componentes morfológicos

La reducción en el rendimiento depende del momento en que se presenta la tensión hídrica y su duración (Doss et al., 1974).

Kramer (1974) considera que el déficit hídrico ocurrido en ciertas etapas críticas del crecimiento de la planta, causa mayores daños que en otras etapas. El período crítico suele presentarse en el momento en que se forman los órganos reproductivos y se producen la polinización y la fertilización.

Una relación entre el rendimiento relativo del frijol (P. vulgaris L.) y el número de días de déficit hídrico muestra que los rendimientos fueron seriamente afectados cuando el déficit impuesto perduró por más de 17 días en la fase fenológica en torno al período más crítico. Siendo este período, del inicio de la floración a plena floración (Magalhaes y Millar, 1978).

Slatyer (1979) menciona que son tres etapas claves las que son más afectadas por la tensión hídrica para el rendimiento de grano en cereales. Estas etapas son: la iniciación floral y el desarrollo de la inflorescencia, la antesis y la fertilización, y el llenado de grano.

Resultados obtenidos por Sandhu y Horton (1977) en avena (Avena sativa L.), indican que este cultivo es más sensible al déficit de agua en el suelo cuando ocurre durante la antesis hasta

la etapa temprana de formación de grano, presentando significativa_{mente} una mayor esterilidad floral y un menor número de espiguillas a la madurez.

En el trabajo llevado a cabo por Hiller et al., (1972) utilizando plantas de Vigna sinensis L. y sometiéndolas a diferentes déficit hídricos de las hojas en tres diferentes etapas de crecimiento, encontraron que el período de floración es la etapa más sensible a la falta de agua en todos los niveles probados. Esto coincide con los resultados obtenidos por Dubetz y Mahalle (1969) en frijol ejotero arbustivo, encontrando que la deficiencia de agua en el período de prefloración provoca una disminución mayor en el porcentaje de peso fresco de la vaina en cuatro cortes.

Estudios de campo realizados por Kenneth et al., (1980) con dos cultivares de Vigna unguiculata (L.) Walp. sometidos a diferentes etapas de crecimiento, encontraron que en ambos cultivares, el rendimiento no se redujo por la sequía aplicada durante la etapa vegetativa; en cambio, cuando se proporcionó la condición de sequía durante las etapas de floración y llenado de vaina el rendimiento se redujo sustancialmente. Shouse et al., (1981) obtuvieron resultados similares.

El frijol, como muchas otras plantas anuales, puede tolerar períodos de sequía en ciertas porciones de su ciclo de vida sin que el rendimiento sea afectado. Por ejemplo, los requerimientos de agua antes de la floración son más bajos, en cambio el período de desarrollo de las células sexuales sí parece ser muy sensible

a la escasez de humedad. La razón por la cual la escasez de humedad es menos crítica en la fase vegetativa podría deberse al hecho que los asimilados acumulados durante la fase vegetativa son poco usados en la producción del cultivo (grano, vainas); en cambio, las condiciones de asimilación al tiempo de floración y fructificación son las que tienen mayor importancia (Voysesst, 1978).

Estudios realizados en P. vulgaris L. por Stoker (1974), mostraron que el rendimiento se redujo considerablemente bajo déficit de humedad en el período de floración. Así también, se redujo cuando el castigo se aplicó en las fases temprana y tardía del período vegetativo, mientras que en las etapas temprana y tardía de la formación de la vaina, no se detectó ningún efecto en el rendimiento. Estas disminuciones en el rendimiento se debieron a la baja producción de vainas por planta y de semillas por vaina, ya que el peso de la semilla no se modificó significativamente.

Resultados similares fueron obtenidos por Robins y Domingo (1956), quienes encontraron que la producción de vainas se redujo cuando el déficit de humedad se aplicó antes de la floración; en cambio, cuando el déficit fue provocado en floración la reducción ocurrió en la cantidad de vainas y de granos por vaina. Una excepción a las afirmaciones previas es que la deficiencia de humedad durante el período de maduración provocó una reducción en el peso de la semilla. Sin embargo, el efecto de la baja disponibilidad de agua, varía de acuerdo con la especie y el genotipo.

Freeman (1912) fue de los primeros investigadores que escribió acerca de la perfecta adaptación del frijol Tepari (P. acutifolius G.) a climas áridos. Posteriormente Hendry (1919) encontró que el Tepari blanco es más prolífico que algunas variedades de frijol común bajo las condiciones semiáridas de los distritos interiores de California, E.U., presentando un comportamiento contrario al anterior en los distritos subhúmedos de la costa centro y norte de California.

Petersen y Davis, citados por Thomas et al., (1983), señalan que el frijol Tepari produce un mayor rendimiento cuando el cultivo no es irrigado, ya que cuando se le suministra humedad el rendimiento disminuye en una tonelada; en frijol común sucede lo contrario, ya que en pruebas de campo se encontró que bajo riego se produjeron 1863 kg/ha y 1421 kg/ha cuando no se regó.

Debido a lo anterior, los Programas de Mejoramiento del Frijol que dedican parte de sus esfuerzos en seleccionar materiales con características de tolerancia a la sequía, utilizan como base, la expresión fenotípica de los componentes del rendimiento bajo condiciones de tensión hídrica durante la etapa reproductiva. Además han ampliado su acervo genético, utilizando nuevas fuentes de variabilidad, tales como especies exóticas de uso potencial.

3. HIPOTESIS

En base a la literatura revisada relacionada con el tema, se observa que tanto el rendimiento como los procesos fisiológicos que lo determinan, varían de acuerdo a la especie y al genotipo. Una gran cantidad de autores, coinciden en que la etapa reproductiva es la más sensible a limitaciones en la disponibilidad de agua; sin embargo, sus resultados difieren con respecto a que momento es el más crítico para la planta. Por tal motivo y considerando el objetivo inicialmente mencionado, donde se planteó estudiar el crecimiento y la eficiencia fisiológica de la planta de Phaseolus acutifolius var. latifolius F. y Phaseolus vulgaris L. en relación al rendimiento de grano y sus componentes, bajo condiciones de humedad deficiente en las etapas de prefloración, floración y postfloración. Lo anterior genera la siguiente hipótesis experimental: la tensión hídrica en el suelo afecta el crecimiento y la eficiencia fisiológica de los genotipos de P. acutifolius var. latifolius F. y P. vulgaris L. considerados en el estudio, repercutiendo en la expresión del rendimiento de grano en función de la etapa del desarrollo en que se presente.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Localización del experimento

El experimento fue establecido durante el ciclo temprano (primavera-verano) en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizado en la carretera Zuazua-Marín km 17.5, con ubicación 25°23' latitud Norte y 100°03' longitud Oeste a una altitud de 367 msnm; las características climáticas que se presentaron en la zona cuando estuvo establecido el experimento se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características climáticas presentes durante el experimento, ciclo temprano (primavera-verano) 1985.

Mes	Temperatura (°C)			H.R. (%)	Precipitación (mm)			Evaporación (mm)	
	X Mensual	Máxima	Mínima		X Diaria	Total	Máxima	Días d. C.	Total
Febrero	14.8	31	-3.5	77	3.6	1.8	6,7 y 8	72	2.3
Marzo	21.6	36	9	70	17.6	11.6	6,12,14 y 15	151.2	4.87
Abril	23.2	32	11	75	122	64.7	7,8,9,14,17, 24 y 25	158.25	5.3
Mayo	27.1	39	18	74	22.8	19.3	14,15,17 y 18	212	6.8

4.2. Materiales

El material genético utilizado consistió en dos colectas de P. acutifolius var. latifolius F. (PHAACU-102 y PHAACU-125) y una línea experimental avanzada de P. vulgaris L. (LEF-1-RB) las cuales fueron proporcionadas por el Departamento de Recursos Genéticos

del INIA y el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la Facultad de Agronomía de la UANL, respectivamente.

La línea experimental de P. vulgaris L. utilizada, fue seleccionada en base al comportamiento que presentó en estudios realizados en ciclos anteriores en Marín, N.L., donde se observó que cuenta con características de tolerancia a la sequía. La selección de los otros dos genotipos correspondientes a P. acutifolius var. latifolius F. se efectuó con la información obtenida en el incremento de semilla llevado a cabo en el ciclo tardío (otoño) de 1983 bajo condiciones de temporal en esta localidad, en la cual, además de un alto rendimiento y buena calidad de semilla por su color y tamaño, estos genotipos presentaron una duración de sus etapas del desarrollo y un tipo de hábito de crecimiento similar a la línea experimental de P. vulgaris L..

Otros materiales usados en el desarrollo de la metodología requerida en el presente estudio se describen a continuación. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para proporcionar las condiciones de humedad requeridas, se construyeron seis estructuras protectoras para evitar la lluvia en las parcelas bajo tensión de humedad. Dichas estructuras fueron construídas utilizando barrotes de madera 2"x2" y varilla de fierro de 1/2" atadas a ellos con alambre recocido calibre 14, usando como cubierta una película plástica de siete metros de ancho por 20 m de longitud; la cubierta fue instalada sólo cuando había alta probabilidad de lluvia.

Para la estimación del contenido de agua en el suelo se utilizaron una barrena Veihmeyer, recipientes herméticos, estufa de secado y una balanza digital eléctrica con precisión de centésimas de gramo.

Para la obtención de la curva de retención de humedad en el suelo, las muestras de suelo se extrajeron con una pala pocera y fueron conservadas en bolsas plásticas con su respectiva identificación. Para someter las muestras, previamente saturadas de humedad a diferentes presiones (-.3, -.4, -.5, -.7, -1, -5, -7, -10 y -15 bars) se usó una olla y membrana de presión; para después determinar el contenido de humedad del suelo en las muestras por el método gravimétrico, para así formar una curva relacionando el contenido de humedad del suelo y la tensión a la cual está retenida el agua en el suelo en base a un promedio de los dos perfiles.

4.3. Métodos

4.3.1. Factores y niveles

Los tratamientos se formaron por la combinación de los diferentes niveles de dos factores denominados A y B. El factor A, correspondió a la condición de humedad del suelo en tres etapas del desarrollo de la planta y dos testigos, uno que consistió en mantener el suelo con más del 50 por ciento del agua disponible para las plantas y otro bajo condiciones de temporal (con solo un riego para el establecimiento). El factor B corresponde a los genotipos bajo estudio.

Las tres etapas de desarrollo consideradas son: prefloración, comprendida desde 15 días antes de que inicie la floración hasta la floración; floración, corresponde al período comprendido entre la aparición de las primeras y últimas flores y postfloración, delimitada por la aparición de las últimas flores y la madurez fisiológica de las plantas.

Niveles del Factor A y claves:

Niveles	Descripción de la condición de humedad en el suelo	Clave
1)	Humedad adecuada durante todo el ciclo (> 50% agua disponible)	(D0)
2)	Bajo tensión de humedad en la etapa de prefloración (hasta -15 bars)	(D1)
3)	Bajo tensión de humedad en la etapa de floración (hasta -15 bars)	(D2)
4)	Bajo tensión de humedad en la etapa de postfloración (hasta -15 bars)	(D3)
5)	Bajo condición de temporal	(D4)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Niveles del factor B y claves:

Niveles	Identificación	Clave
Genotipo 1	LEF-1-RB	(G1)
Genotipo 2	PHAACU-102	(G2)
Genotipo 3	PHAACU-125	(G3)

4.3.1.1. Diseño experimental. La siembra se realizó en el campo bajo un diseño experimental en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. Dado que conocer la respuesta de los

genotipos a las diversas condiciones de humedad descritas fue el interés principal, se decidió asignar genotipos a parcela chica y así contar con más grados de libertad que permiten detectar diferencias. En las parcelas grandes fueron asignados los cinco niveles del factor A. Dentro de ellas se estableció la siembra con los tres materiales genéticos bajo estudio (factor B) considerándose como parcela chica. Es decir, los genotipos se sometieron a tensión hídrica en las diferentes etapas del desarrollo. El experimento consistió de tres repeticiones con quince unidades experimentales cada una.

4.3.2. Determinación de las constantes de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo se determinó utilizando el método gravimétrico, el cual es una estimación directa obtenida mediante la diferencia del peso del suelo húmedo y seco dividida entre el peso del suelo seco y es expresado en porcentaje.

La capacidad de campo fue obtenida directamente, después de irrigado el terreno se hicieron muestreos de suelo diariamente en el perfil de 0-30 cm de profundidad, hasta que su contenido hídrico se mantuvo relativamente estable. El punto de marchitez permanente del suelo fue medido mediante la membrana de presión, aplicando -15 bars para la determinación de este parámetro.

4.3.3. Aplicación de las condiciones de humedad

Considerando que la humedad que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente es el 100 por ciento

disponible para la planta. Los tratamientos que no deberían estar bajo tensión hídrica, se mantuvieron con una disponibilidad de agua superior al 50 por ciento, mientras que aquellas que sí deberían tensionarse, se dejó abatir el agua aprovechable hasta llegar a PMP con respecto al suelo. Posteriormente se regaron manteniendo el nivel de agua disponible por arriba del 50 por ciento hasta el final del ciclo.

Para someter a las plantas a los niveles de humedad establecidos, fue necesario hacer uso de agua de riego y cubiertas de plástico. Mediante la aplicación de riegos se mantuvieron por arriba del 50 por ciento de agua disponible en el suelo (A.D.) todas aquellas parcelas que debían estar fuera de tensión hídrica y las cubiertas de plástico se usaron para cubrir las parcelas que se encontraban en el período de tensión hídrica cuando había indicios de lluvia.

La condición de humedad testigo (D0) es presentada en la Figura 1, donde se puede ver que en casi todo el ciclo, las plantas estuvieron con la humedad en el suelo previamente establecida, así cuando la humedad del suelo se abatía un 50 por ciento se procedía a irrigar las parcelas que en ese momento no deberían estar bajo tensión de humedad. De tal manera que las plantas bajo condiciones de humedad adecuada D0 se mantuvieron bajo una tensión hídrica en el suelo menor a los -3 bars (Figuras 1 y 6). El abatimiento de la humedad en el suelo que corresponde al testigo bajo condiciones de temporal (D4) se observa en la Figura 5.

A diferencia del testigo (D0), las plantas correspondientes a las parcelas bajo la condición de humedad D1, estuvieron seis días más con un contenido de humedad en el suelo inferior al 50 por ciento de AD (figuras 1 y 2) llegando a presentar una tensión hídrica de aproximadamente -13 bars (Figura 6). La interrupción de este tratamiento de humedad (D1) se debió a la presencia de una precipitación de más o menos 120 mm, la cual no fue posible controlar.

Después de la lluvia, la humedad del suelo se abatió un 50 por ciento en aproximadamente 17 días, coincidiendo con el translapso de los genotipos en la etapa de floración (Figura 3), por lo que se procedió a aplicar la condición de humedad D2 llegando a presentar una tensión de humedad en el suelo hasta de -15 bars al final de esta etapa (Figuras 3 y 6).

Para aplicar tensión hídrica en el suelo durante la etapa de postfloración (D3) se hizo necesario proporcionar un riego ligero (con camión pipa) durante la floración para evitar el efecto de tensión en esa etapa; posteriormente se presentaron algunas lluvias (Cuadro 1) que fueron evitadas mediante la cubierta plástica protectora, en las parcelas bajo tensión de humedad (D3). Las curvas de abatimiento de humedad son presentadas en la Figura 4 y la tensión hídrica en el suelo en la Figura 6.

Las condiciones de humedad en el suelo proporcionadas no corresponden exactamente a las inicialmente planeadas; en las Figuras 2, 3 y 4 se puede observar que ocurrió un abatimiento de humedad en el suelo por abajo del 50 por ciento de AD fuera de las etapas

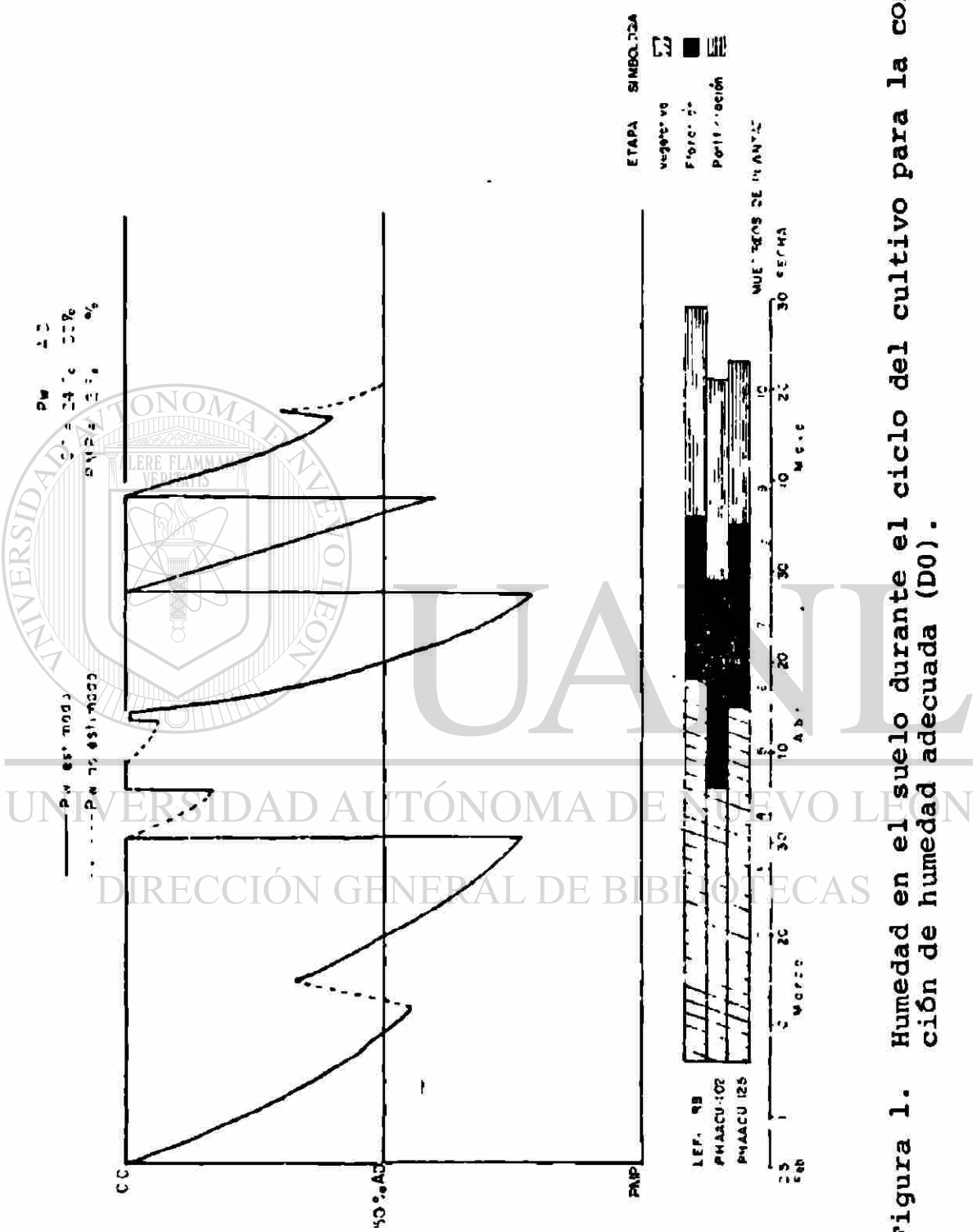


Figura 1. Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de humedad adecuada (D0).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

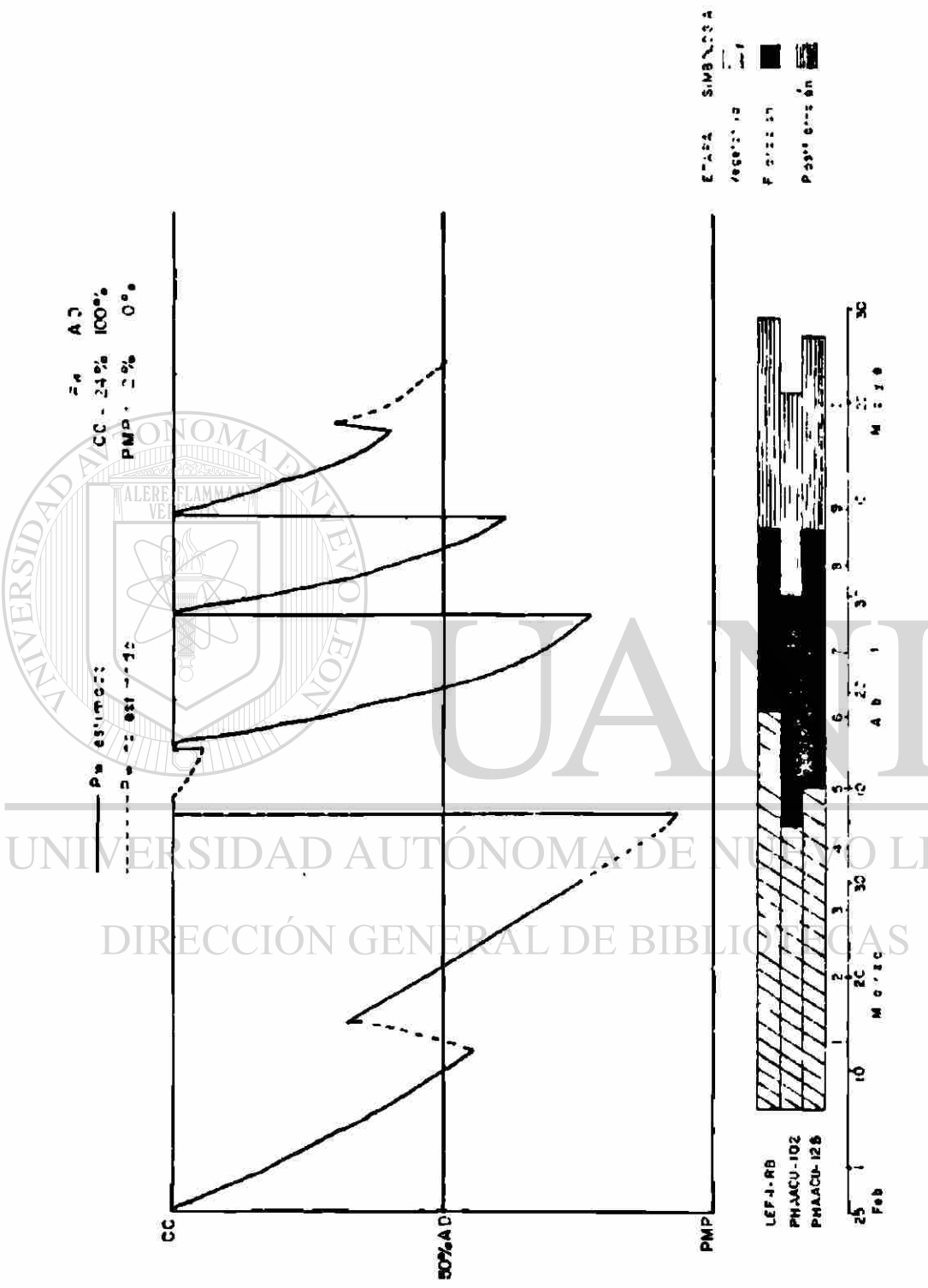


Figura 2. Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de humedad con tensión hídrica en la etapa de preflorescencia (D1).

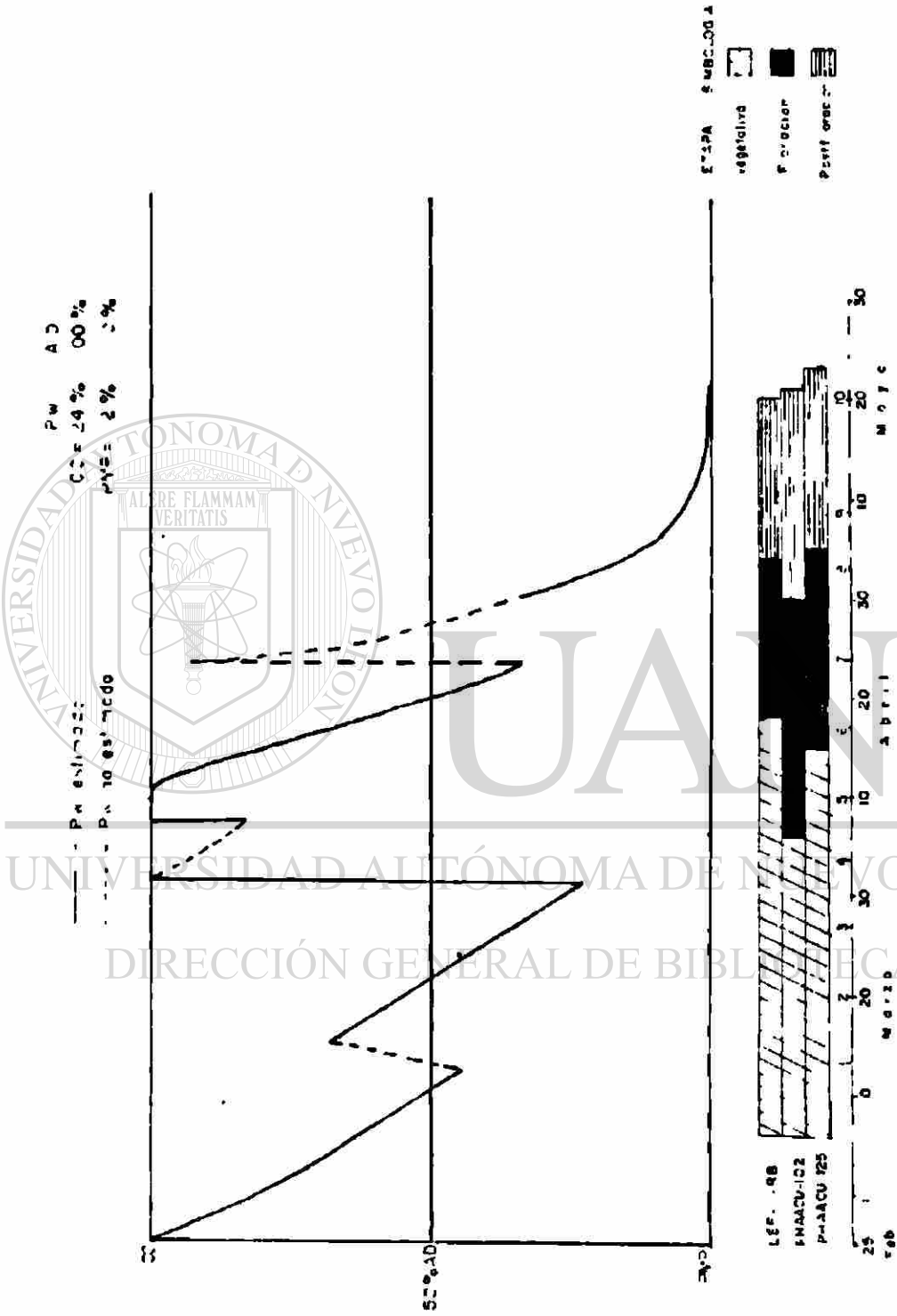


Figura 4. Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de humedad con tensión hídrica en la etapa de postfloración (D3).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 ALERE FLAMMAM VERITATIS
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

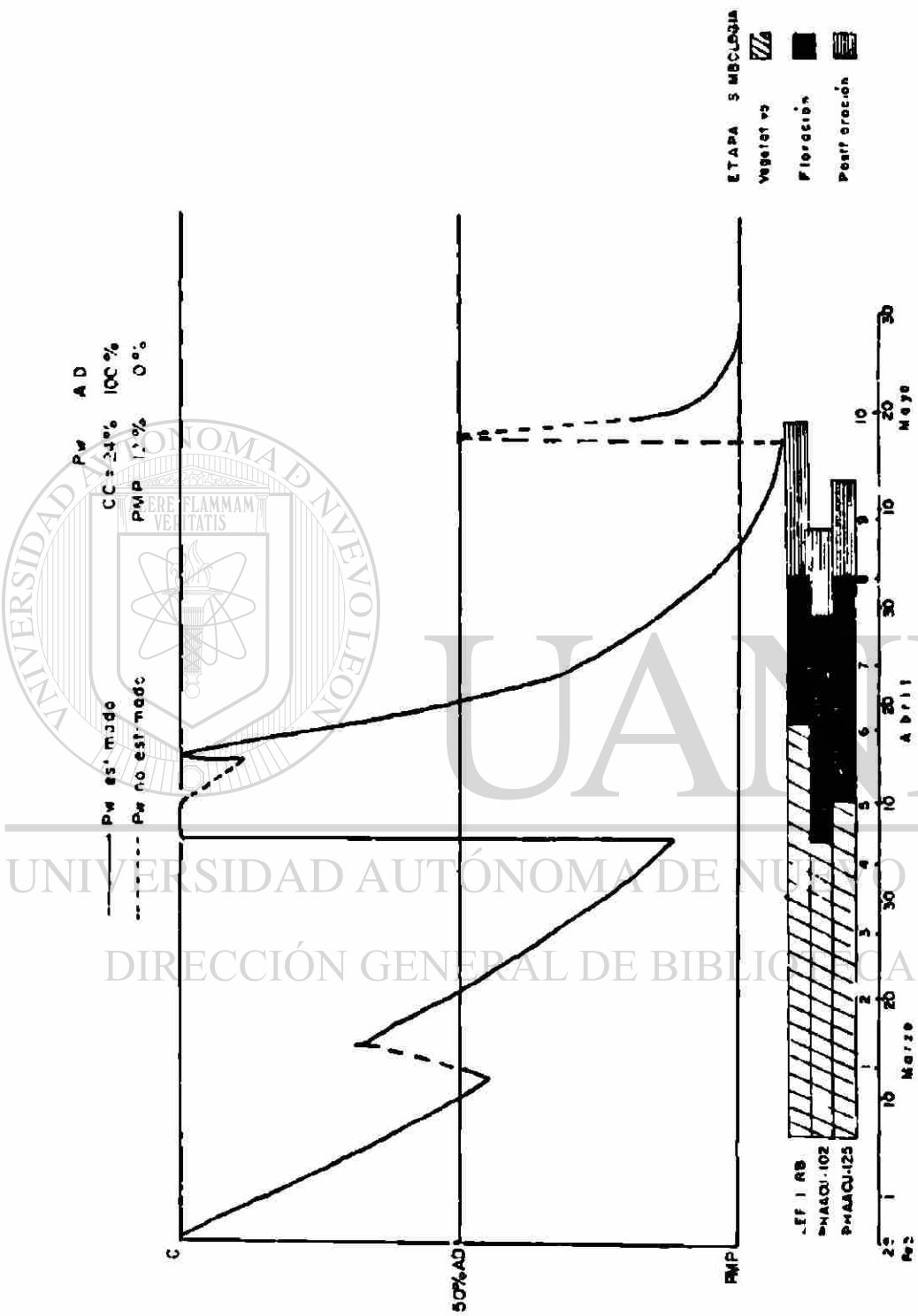


Figura 5. Humedad en el suelo durante el ciclo del cultivo para la condición de temporal (D4).

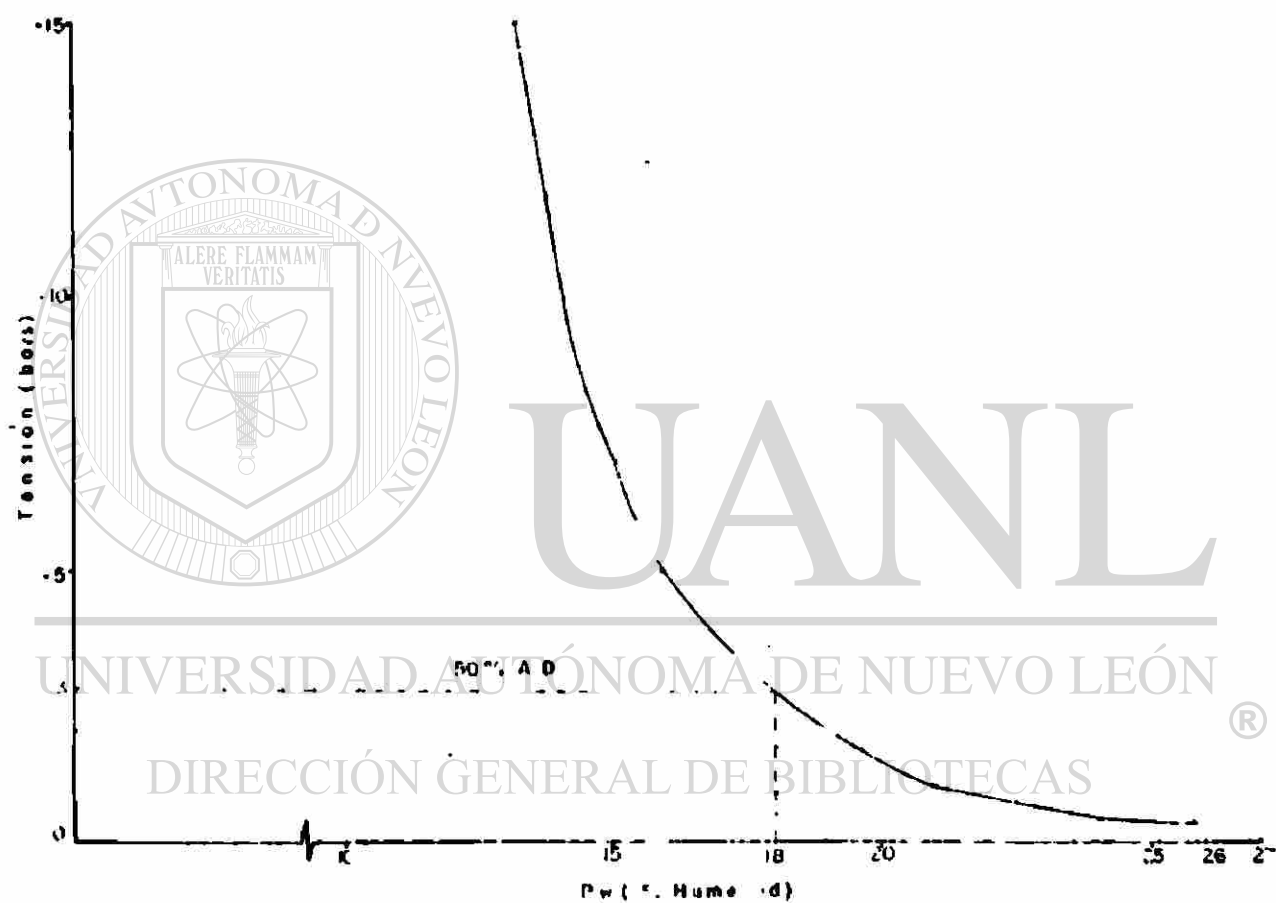


Figura 6. Curva de retención de humedad en el suelo, a la profundidad 0-60 cm

de desarrollo considerada en cada caso. Así también, en la condición de humedad D0, la disponibilidad de agua en el suelo fue menor al 50 por ciento en algunos períodos cortos de tiempo, las cuales corresponden al tiempo transcurrido entre la determinación de humedad en el suelo y la aplicación del riego a las parcelas indicadas. A pesar de lo anterior se seguirá haciendo referencia a las condiciones de humedad, utilizando los términos en que fueron descritos en el subcapítulo 4.3.1.

4.3.4. Características generales del estudio

La preparación del suelo se llevó a cabo mediante un paso de arado de discos y dos pasos transversales de rastra. El trazo de los surcos se realizó de tal manera que estos tuvieron una pendiente de 0.5 por ciento.

La siembra se realizó con semilla 100 por ciento viable, distribuyendo 100 semillas por surco a chorrillo ralo, para después hacer un aclareo dejando un espaciamiento de siete a ocho centímetros entre plantas, que produjo una densidad de población de aproximadamente 150 000 plantas por hectárea. Se sembró el 21 de febrero de 1985 con humedad residual, la cual no fue suficiente para que emergiera la planta, por lo que se aplicó un riego el 25 de febrero estando la mayoría de las semillas germinadas. La emergencia se prolongó por cuatro días a partir del 2 de marzo, siendo necesario realizar un descostramiento en ese período. Las unidades experimentales estuvieron compuestas por cinco surcos de cinco metros de longitud, con una separación entre ellos de 0.8 m, tomando

como parcela útil los tres surcos centrales después de desechar 1.25 m de cada cabecera. La separación de las parcelas chicas fue de 1.6 m y de las parcelas grandes de 3.2 m.

No se aporcaron las plantas para evitar el tapado de las primeras hojas y ramas; las plagas defoliadoras que se presentaron fueron controladas con Diazinon a razón de 250 cc/100 lts H₂O, el cual se aplicó en la etapa vegetativa hasta antes del inicio de la floración. Los deshierbes se realizaron manualmente manteniendo al cultivo libre de malezas los primeros 40 días después de la siembra. De acuerdo al estudio realizado por Garza y Araujo (1984), el área donde se realizó el experimento cuenta con un suelo no salino, sus características físico-químicas son presentadas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo

	Clasificación Agrícola		
	0 - 30	30 - 60	
Materia Orgánica (%)	1.6	2.4	Medio ®
Nitrógeno total (%)	0.06	0.10	
Fósforo (ppm)	2.3	2.6	
Potasio (kg/ha)	219	97	
Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	0.9	0.7	No Salino
Textura	Arcilloso	Arcilloso	

4.3.5. Variables estudiadas

1) Días a primeras flores

Se obtuvo mediante la diferencia entre la fecha de siembra y la fecha de aparición de las primeras flores, en el 50 por ciento de las plantas de la parcela.

2) Días a últimas flores

Se refiere a la cantidad de días comprendidos entre la fecha de siembra y la fecha en que el 50 por ciento de la población presentaba sus últimas flores.

3) Días a madurez comercial

Es el tiempo transcurrido desde la siembra hasta el momento de la cosecha, realizada cuando los tejidos de la mayoría de las vainas se han endurecido y se abren al flexionarlas.

4) Peso seco total de la planta a madurez comercial (g)

Se calculó el promedio del peso seco de cinco plantas con competencia completa cosechadas en madurez comercial y secadas a 60°C durante tres días, sin incluir la raíz.

5) Peso seco de los órganos (g)

Para medir esta variable se realizaron muestreos de plantas cada semana a partir de los 10 días después de emergidas hasta terminar su ciclo. Como tamaño de muestra se tomaron cuatro plantas por parcela, obtenidas solo en aquellas que se encontraban bajo

algún efecto diferencial según la condición de humedad recibida. Se midió el peso seco de la materia que compone a los diferentes órganos de la planta (tallos, ramas primarias y secundarias, órganos florales y vainas presentes); el peso seco total de la planta (PSTP) se obtiene de la suma de estos pesos en cada muestreo.

Se consideran ramas primarias a aquellas que crecen a partir del tallo principal y secundarias a las ramas que inician su crecimiento sobre las primeras. Como órganos florales se consideró a todas las flores y vainas pequeñas (en P. acutifolius var. latifolius P. ≤ 2.0 cm y ≤ 3.0 cm en P. vulgaris L.).

Las plantas muestreadas fueron secadas a 60°C durante tres días mínimo.

6) Vainas totales por planta

Se calculó como el promedio de la producción de vainas por planta, a partir de la muestra utilizada para determinar la variable 4.

7) Vainas vanas por planta

Se obtuvo como el promedio de las diferencias entre el total de vainas y las vainas normales producidas por planta, de conteos realizados en las plantas cosechadas para tomar las variables 4 y 6. Se consideró como vaina normal aquella que contenía al menos una semilla bien desarrollada.

8) Semillas normales por vaina

Se obtuvo como el promedio de las semillas normales o bien desarrolladas en una muestra de cinco vainas de cuatro plantas

9) Peso específico de la semilla (g/ml)

Se obtiene dividiendo el peso de 100 semillas normales secas entre su volumen.

10) Peso de las vainas producidas por planta (g)

Se estimó como un promedio de peso seco de las vainas producidas por planta, a partir de la muestra utilizada en la estimación de las variables 4 y 6.

11) Peso seco de las valvas por planta (g)

Utilizando la muestra considerada en la estimación de la variable anterior, se obtuvo el promedio del peso seco absoluto (g) y en porcentaje con respecto al peso seco total de la planta a la cosecha.

12) Rendimiento de grano por planta

Se obtuvieron promediando el peso de la semilla de las cinco plantas utilizadas para estimar el peso seco total de la planta. Se expresó en unidades absolutas de peso (g) y en porcentaje con respecto al peso seco total de la planta a la cosecha.

13) Rendimiento unitario (kg/ha)

Debido a que no se presentaron fallas, se cosecharon todas las plantas que comprendían las parcelas útiles de cada unidad experimental, se pesó la semilla y previo a la transpiración se ajustó el peso a un 12 por ciento de humedad.

14) Índice de cosecha (IC)

Se obtuvo dividiendo el peso de la semilla, considerado como rendimiento económico, entre el peso seco total de la planta a la cosecha, sin incluir la raíz ni órganos caídos; este último considerado como rendimiento biológico.

15) Tasa relativa de crecimiento (TRC)

La estimación de este índice se realizó mediante la fórmula descrita por Evans (1972) como:

$$TRC = (L_n W_2 - L_n W_1) / t_2 - t_1$$

donde: $L_n W_2$ y $L_n W_1$ es el logaritmo natural del peso seco en el segundo y primer muestreo respectivamente.

t_1 y t_2 se refiere al tiempo en que se realizaron los muestreos para obtener el intervalo de tiempo ocurrido entre ellos. Se expresa en g/g/día.

4.3.6. Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza para las variables consideradas en el estudio, los cuales se estructuraron de acuerdo al

diseño experimental utilizado. Se compararon las medidas entre los niveles de los factores e interacciones que resultaron significativas en los análisis de varianza mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

Para analizar el crecimiento de las plantas en los diferentes tratamientos, primeramente se realizó un análisis de varianza para el peso seco total de la planta (PSTP). Posteriormente, para una mayor comprensión de las diferencias significativas ocurridas entre genotipos, se efectuó un análisis de varianza en los primeros tres muestreos para los pesos secos de los órganos de la planta y su porcentaje correspondiente con respecto al PSTP, así como también para las tasas relativas de crecimiento (TRC) obtenidos hasta el cuarto muestreo.

Debido a la variación en el crecimiento de los genotipos provocado por las condiciones de humedad proporcionadas, se ajustaron los datos de PSTP utilizando ecuaciones de regresión de tercer orden para la estimación de los TRC después del cuarto muestreo.

5. RESULTADOS

Debido a que las condiciones de humedad proporcionadas no corresponden a las inicialmente planeadas, se hace necesario incluir en este capítulo una descripción de los niveles de tensión de humedad que se pudieron aplicar en las diferentes etapas del desarrollo.

En la Figura 1 se presenta la humedad del suelo suministrada a los genotipos bajo la condición D0, observándose que el agua disponible (AD) fue menor a 50 por ciento durante 10 días en el período vegetativo y 7 en floración, llegando a un 25 por ciento de AD que corresponde (Figura 6) a una retención del agua en el suelo de -6.5 bars.

Una vez regadas las parcelas de la condición de humedad D0 en el período vegetativo, el tratamiento de humedad consistente en proporcionar tensión hídrica edáfica en la etapa de prefloración (D1), se diferenció de ésta, por alcanzar en 6 días después del riego, una tensión de -13 bars, que corresponde a tener un 10 por ciento de AD para las plantas.

La tensión hídrica edáfica en la etapa de floración (D2) llegó a tomar un valor de -15 bars (Figuras 3 y 6) siendo interrumpida ésta tensión por la presencia de una lluvia ligera en la etapa de postfloración.

En la etapa vegetativa de las condiciones de humedad D2 y D3 se observó un abatimiento del agua en el suelo similar al testigo D0. Por lo que al aplicar la condición D3 (Figura 4), se interrumpió el abatimiento de humedad en la etapa de floración mediante un riego ligero cuando éste llegó a un 30 por ciento de AD y posteriormente se dejó que el agua se abatiese hasta PMP del suelo (-15 bars) en la etapa de postfloración.

En seguida se presentan los resultados obtenidos en los análisis estadísticos efectuados con la información recabada de cada variable medida. Primeramente se muestran los resultados de las variables relacionadas con el rendimiento y la eficiencia fisiológica de la planta, considerando efectos principales e interacciones. Después se continúa con el análisis de crecimiento de los genotipos sometidos a diferentes condiciones de humedad en el suelo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

5.1. Rendimiento y componentes morfológicos

5.1.1. Efectos principales

Genotipos. En el Cuadro 3 se observa que el genotipo PHAACU-125 produjo un rendimiento unitario mayor, siendo igualado estadísticamente por LEF-1-RB superando significativamente a PHAACU-102 en un 14 por ciento; lo cual puede deberse a que este genotipo manifestó una producción de vainas totales por planta estadísticamente mayor, 29 por ciento más que PHAACU-102, aún cuando presenta las semillas más livianas y pequeñas; en el caso de

LEF-1-RB, este genotipo presenta la menor producción de vainas por planta, sin embargo, supera significativamente a los otros genotipos en cuanto a la cantidad de semillas por vaina (18.8% más) peso y tamaño de la semilla (peso y volumen de 100 semillas).

Cuadro 3. Comparación de medias entre genotipos para el rendimiento de grano y sus componentes morfológicos.

Genotipos	Rendimiento		Vainas por planta				Semillas por Vaina	100 Semillas		Peso Esp. y/ml
	Unitario por planta (g/ha)	(g)	Total	Vainas	Peso Seco (g)	Peso Seco Vainas (g)		Peso (g)	Volumen (ml)	
PAN-12	1678 ^a	10.05	22.5 ^a	2.2 ^a	12.87	1.83 ^{ab}	7.	10.7 ^c	6.6 ^c	1.25
LEF-1-RB	1554 ^{ab}	9.08	11.08 ^c	1.3 ^c	12.45	2.17 ^a	6.1 ^a	6.9 ^a	3.8 ^a	1.2
PRACOL-102	1471 ^b	9.08 ¹⁵	16.12 ^b	1.7 ^b	11.40	2.25 ^b	5.1 ^b	13.9 ^b	11.0 ^b	1.2
	**	NS ¹	**	NS	NS	**	**	**	**	**

1 = Valores con la misma letra no son significativamente diferentes. Duncan 0.01.

2 = Diferencia significativa a una probabilidad de 0.01.

3 = Diferencia no significativa.

Esta simbología seguirá siendo usada en los siguientes cuadros.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los porcentajes calculados en relación al peso seco total de la planta a la cosecha, para el peso seco de las valvas y el rendimiento por planta, presentan a los genotipos P. acutifolius como los de mejor distribución de fotosintetizados ya que tuvieron los valores significativamente más bajos para el peso de las valvas y los estadísticamente más altos para el rendimiento por planta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias entre genotipos para el porcentaje del peso de las valvas y del rendimiento por planta, en relación al peso seco total de la planta (PSTP) en la cosecha.

Genotipos	P o r c e n t a j e s	
	Valvas	Rendimiento por planta
LEF-1-RB	19.37 ^a	50.33 ^b
PHAACU-102	14.15 ^b	57.30 ^a
PHAACU-125	15.22 ^b	54.57 ^a

**

**

Condiciones de humedad del suelo. El rendimiento unitario se vió significativamente reducido por efecto de la tensión de humedad en el suelo cuando ésta coincidió con las etapas de floración (D2) y postfloración (D3). Las reducciones respectivas fueron del 33 y del 39 por ciento en relación al rendimiento obtenido bajo la condición de humedad adecuada (D0). El rendimiento en la condición de temporal (D4) fué estadísticamente similar a los obtenidos en estas dos condiciones (D2 y D3), presentando una reducción de 41 por ciento. Estas bajas en el rendimiento unitario, al igual que en el rendimiento por planta, se debieron a disminuciones significativas en el peso y tamaño de la semilla así como en el peso seco total de la planta a la cosecha, las cuales parece que a su vez repercutieron, en un abatimiento significativo en el peso seco de las valvas y en un menor peso de vainas. Además, se puede señalar que existe una tendencia de que los genotipos produzcan menos vainas y estas contengan menos semillas bajo las condiciones D2, D3 y D4 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias entre condiciones de humedad, para el rendimiento de grano y sus componentes.

Condición de humedad	Tensión de agua (kg/cm ²)	Grano (g/ha)	Alfalfa (g/ha)	Valor nutritivo (g/kg)	Grasa (g/kg)	Proteína (g/kg)	Carbón por tonelada	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	Densidad (g/ml)	PT
D0	2.07 ^a	11.67 ^a	18.58	1.89	15.1 ^a	3.3 ^{ab}	5.64	15.2 ^b	12.1 ^a	1.27	22.8 ^a
D1	1.51 ^{ab}	11.53 ^a	17.72	1.47	15.2 ^a	3.5 ^a	5.84	14.9 ^a	12.1 ^a	1.23	22.1 ^a
D2	1.1 ^{bc}	8.95 ^{ab}	16.67	1.53	12.7 ^{bc}	1.7 ^{abc}	5.61	13.1 ^b	10.6 ^b	1.26	15.9 ^b
D3	12.3 ^c	8.25 ^b	15.81	1.46	12.7 ^{bc}	1.9 ^{bc}	5.53	13.1 ^b	10.1 ^b	1.23	14.8 ^b
D4	1.54 ^c	6.18 ^b	14.22	2.13	12.7 ^{bc}	1.9 ^{bc}	5.60	13.0 ^b	10.1 ^b	1.25	12.5 ^b
	**	**	NS	NS	**	**	NS	**	*	NS	**

5.1.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad en el suelo

En el Cuadro 6 y Figura 7 se observa que bajo la condición de tensión de humedad en la etapa de floración (D2), los genotipos de P. acutifolius presentaron un rendimiento estadísticamente superior al obtenido por el genotipo de P. vulgaris. Cuando la tensión se dió en la etapa de prefloración (D1), el genotipo de P. vulgaris junto con PHAACU-125 presentaron valores significativamente mayores que PHAACU-102.

Por su parte la condición de humedad adecuada (D0) como en el tratamiento con castigo en postfloración (D3), no se detectaron diferencias significativas entre genotipos. Bajo condiciones de temporal (D4), los genotipos de P. acutifolius resultaron superiores a LEF-1-RB, sin embargo, éste genotipo igualó estadísticamente a PHAACU-102.

En otro sentido (Cuadro 6 y Figura 7), en relación con el castigo (D0), el genotipo LEF-1-RB presentó un abatimiento

significativo del rendimiento en las condiciones de humedad D2, D3 y D4 del 50, 39 y 51 por ciento respectivamente, mientras que en PHAACU-102 fue de un 26, 26 y 31 en PHAACU-125 fue de un 16, 7 y 17.

El rendimiento por planta exhibió tendencias similares a las del rendimiento unitario; sin embargo, las diferencias no llegaron a ser significativas (Cuadro 7).

En cuanto a los componentes morfológicos primarios del rendimiento, el genotipo LEF-1-RB presentó generalmente los mayores promedios para la producción de semillas por vaina y para el peso de la semilla (peso de 100 semillas), en todas las condiciones de humedad; sin embargo, en lo que respecta a la producción de vainas por planta, manifiesta una tendencia a presentar los menores promedios (Cuadro 7).

5.2. Índice se cosecha

5.2.1. Efectos principales

Genotipos. En relación a los índices de cosecha expresados por los genotipos, en el Cuadro 8 se observa que LEF-1-RB presentó un índice significativamente más bajo que los genotipos de P. acutifolius, aún cuando no se observaron diferencias significativas en el rendimiento por planta y peso seco total de la planta (PSTP). Al respecto se puede observar que PHAACU-102 con un PSTP menor que los demás genotipos, tiende a producir el mismo rendimiento que LEF-1-RB; y que PHAACU-125 produjo el rendimiento mayor, con un PSTP similar al genotipo de P. vulgaris.

Cuadro 6. Comparación de medias en la interacción de genotipos por condiciones de humedad para el rendimiento unitario.

		G E N O T I P O S		
		LEF-1-RB	PHAACU-102	PHAACU-125
Condiciones de humedad en el suelo	D0	2053.03 (¹ a, ² a)	1857.57 (a,a)	1723.77 (ab,a)
	D1	2441.80 (a,a)	1665.57 (ab,b)	2185.33 (a,a)
	D2	1020.23 (b,b)	1376.73 (ab,a)	1452.87 (b,a)
	D3	1255.53 (b,a)	1375.83 (ab,a)	1601.37 (b,a)
	D4	997.50 (b,b)	1277.47 (b,ab)	1427.17 (b,a)

1 = La primera letra representa la comparación de medias en sentido vertical ($\alpha = .01$).

2 = La segunda letra representa la comparación de medias en sentido horizontal ($\alpha = .01$).

Cuadro 7. Comparación de medias entre genotipos dentro de cada condición de humedad, para el rendimiento de grano y sus componentes

Interacción	Rendimiento		Vainas por planta				Semillas por Vaina	100 semillas		Peso específico
	Grainario (kg/ha)	Por planta (g)	Total	Peso Vanas	Peso Seco Vainas (g)	Peso (g)		Volumen (ml)		
D0 G1	2053 ^a	12.26	11.67	16.54	.75 ^{ab}	4.29	6.55 ^a	19.8 ^a	15.3 ^a	1.23
D0 G2	1857 ^a	10.15	17.83	13.12	3.17 ^a	2.63	5.47 ^b	14.6 ^b	11.0 ^b	1.22
D0 G3	1712 ^a	12.20	23.67	15.69	.5 ^a	3.49	5.5 ^b	11.2 ^c	9.0 ^c	1.25
D1 G1	2441 ^a	11.76	11.3	15.51	.23 ^a	3.75	6.1 ^a	20.2 ^a	16.0 ^a	1.26
D1 G2	1665 ^b	10.80	18.42	13.51	1.9 ^{ab}	2.71	5.22 ^b	14.2 ^b	11.0 ^b	1.30
D1 G3	1195 ^a	12.35	26.0	15.9	2.92 ^a	3.55	5.62 ^a	11.1 ^c	9.0 ^b	1.24
D2 G1	1020 ^b	8.04	11.33	11.12	1.91 ^a	3.08	6.32 ^a	14.7 ^a	12.4 ^a	1.21
D2 G2	1377 ^a	8.47	16.33	10.69	1.83 ^a	2.22	4.37 ^b	13.8 ^a	11.7 ^{ab}	1.25
D2 G3	1453 ^a	8.20	19.75	10.60	1.72 ^a	2.40	4.97 ^b	10.5 ^b	8.7 ^b	1.22
D3 G1	1255 ^a	8.23	12.17	11.79	1.67 ^a	3.56	6.5 ^a	15.5 ^a	12.7 ^a	1.27
D3 G2	1376 ^a	8.71	15.0	10.81	2.32 ^a	2.10	5.23 ^b	13.4 ^b	10.7 ^a	1.21
D3 G3	1601 ^a	9.60	22.83	12.17	1.83 ^a	2.56	5.0 ^b	10.4 ^c	9.3 ^b	1.25
D4 G1	997 ^b	5.12	8.92	7.29	1.0 ^b	2.16	6.0 ^a	15.4 ^a	12.7 ^a	1.22
D4 G2	1277 ^{ab}	7.28	13.0	8.96	1.22 ^b	1.62	5.20 ^b	13.5 ^b	11.7 ^a	1.27
D4 G3	1427 ^a	7.93	20.75	10.01	4.25 ^a	2.08	5.57 ^{ab}	10.2 ^c	9.0 ^b	1.27
	**	NS	NS	NS	**	NS	**	**	**	NS

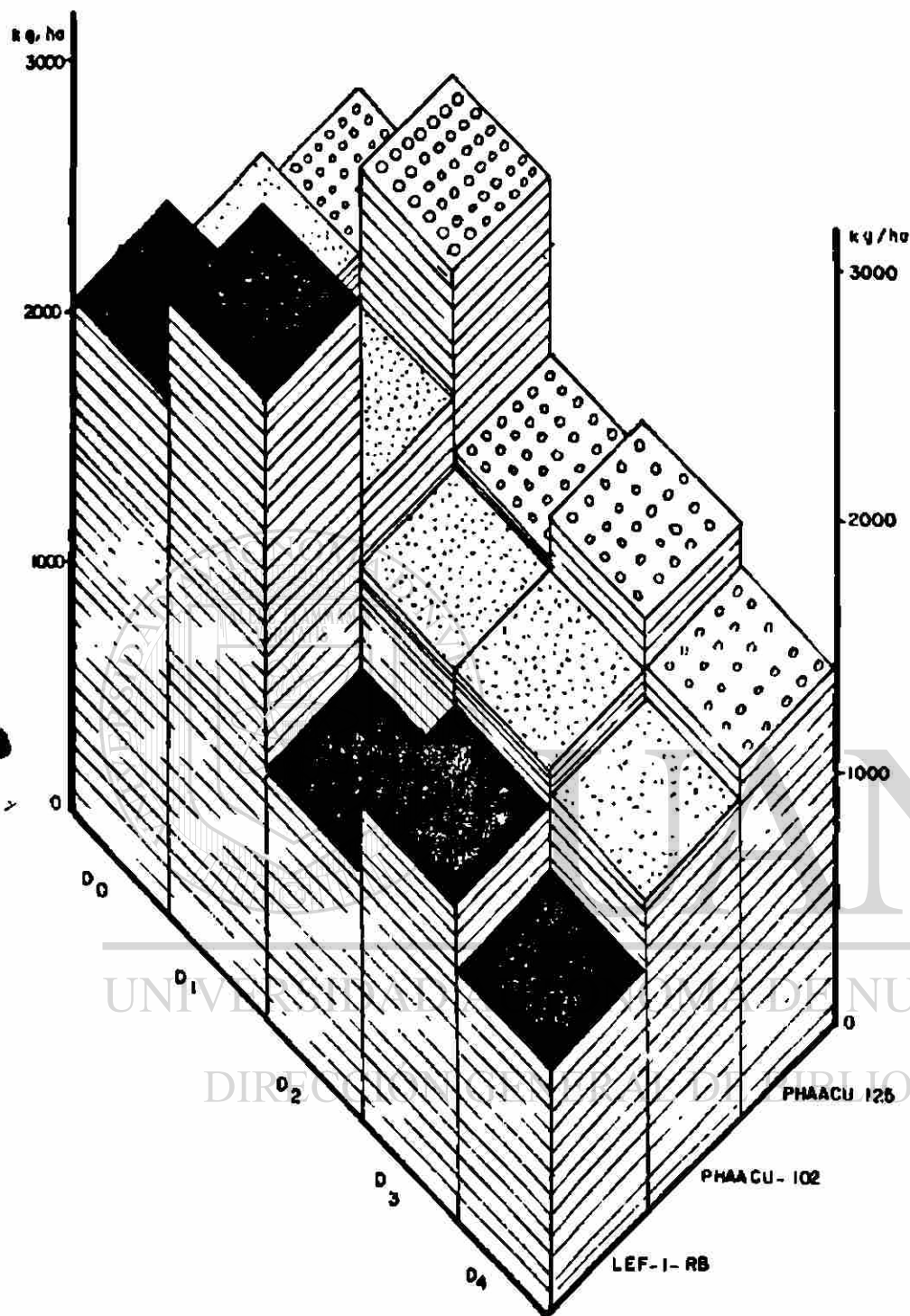


Figura 7. Respuesta a los genotipos en las diferentes condiciones de humedad para la variable rendimiento unitario.

Cuadro 8. Comparación de medias entre genotipos para el Índice de Cosecha y sus componentes.

Genotipos	Índice de Cosecha	Rendimiento por planta	PSTP
PHAACU-102	0.57 ^a	9.08	15.99
PHAACU-125	0.55 ^a	10.05	18.04
LEF-1-RB	0.50 ^b	9.08	18.02
	**	NS	NS

Condiciones de humedad en el suelo. Al comparar las medias entre los niveles de este factor no se presentaron diferencias significativas para el índice de cosecha (IC); en cuanto a sus componentes, en las condiciones de humedad adecuada (D0), con "castigo" en la etapa de prefloración (D1) y postfloración (D3) los rendimientos por planta fueron estadísticamente superiores a las demás condiciones, mientras que para el peso seco total de la planta (PSTP) sólo mantuvieron su primacía en las condiciones con humedad adecuada y con tensión hídrica en la etapa de prefloración (Cuadro 9).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.2.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad del suelo

Como se observa en el Cuadro 10 y Figura 8, el índice de cosecha del genotipo LEF-1-RB resultó estadísticamente menor en la condición de humedad adecuada (D0); bajo la condición de temporal (D4) el genotipo PHAACU-102 se mantuvo significativamente sobre los demás, en el resto de las condiciones probadas, todos los genotipos resultaron equivalentes entre sí. Las variables componentes de éste índice no presentaron significancia en las diferencias

entre genotipos dentro de cada condición de humedad, pero sí se observa (Figura 9), que LEF-1-RB presenta una tendencia a producir un mayor rendimiento y peso seco total de la planta en la condición (D0), sucediendo lo contrario en la condición de temporal (D4).

Cuadro 9. Comparación de medias entre condiciones de humedad para el Índice de Cosecha y sus componentes.

Condición de humedad	Índice de Cosecha	Rendimiento por planta	PSTP
D3	0.56	8.85 ^{ab}	15.95 ^b
D2	0.55	8.23 ^b	14.78 ^b
D4	0.54	6.78 ^b	12.51 ^b
D1	0.53	11.63 ^a	22.01 ^a
D0	0.52	11.53 ^a	22.12 ^a

NS

**

**

Cuadro 10. Comparación de medias en la interacción de genotipos por condición de humedad en el suelo, para el Índice de Cosecha y sus componentes.

Tratamientos	Índice de Cosecha	Rendimiento por Planta	PSTP
D0 G1	0.47 ^b	12.26	25.91
D0 G2	0.54 ^a	10.15	18.93
D0 G3	0.57 ^a	12.00	21.51
D1 G1	0.50	11.76	23.22
D1 G2	0.56	10.08	19.50
D1 G3	0.53	12.35	23.31
D2 G1	0.54	8.04	14.88
D2 G2	0.56	8.47	15.12
D2 G3	0.57	8.20	14.33

continúa

Continuación:

Tratamientos	Indice de Cosecha	Rendimiento por planta	PSTP
D3 G1	0.54	8.23	15.18
D3 G2	0.59	8.71	14.71
D3 G3	0.53	9.60	17.97
D4 G1	0.47 ^b	5.12	10.91
D4 G2	0.62 ^a	7.28	11.71
D4 G3	0.53 ^b	7.93	14.90
	**	NS	NS

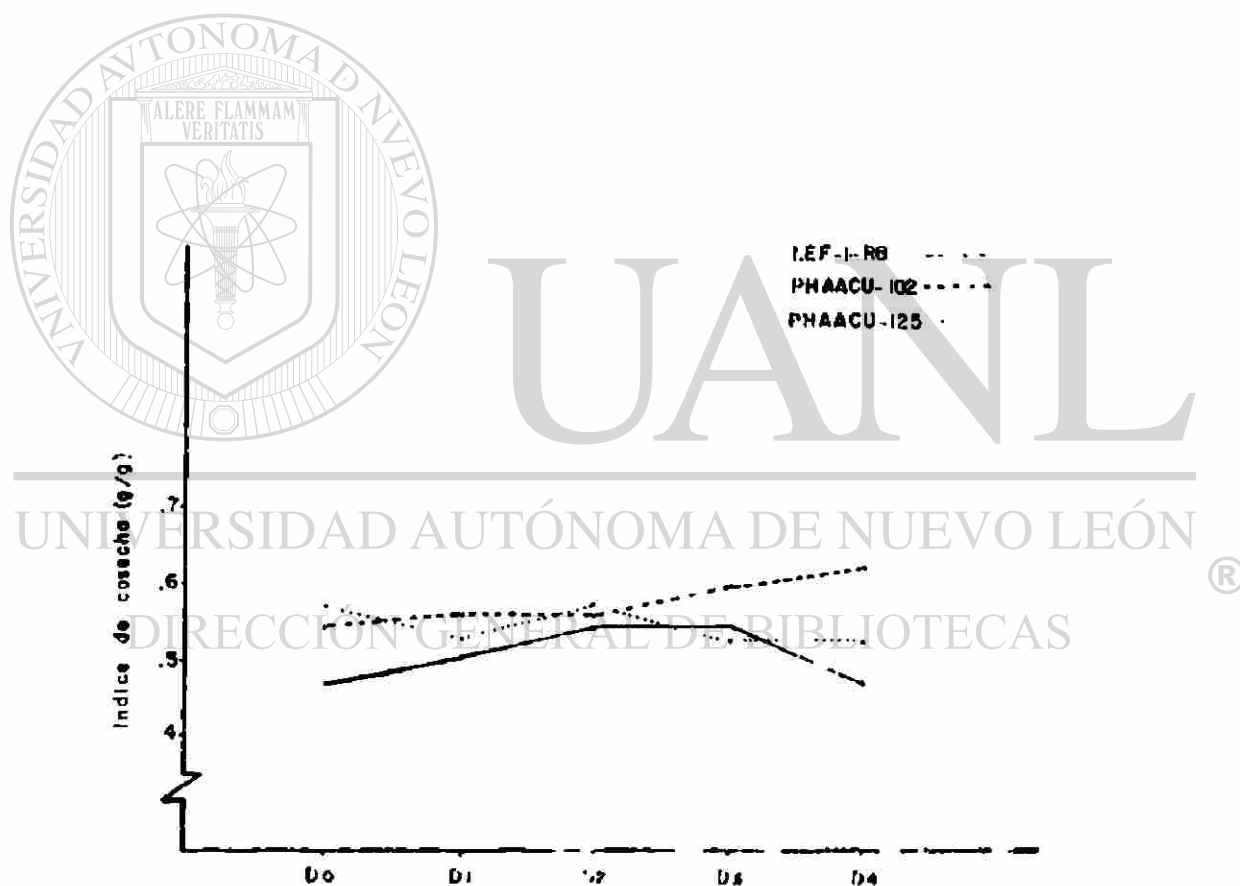


Figura 8. Respuesta de los genotipos en las diferentes condiciones de humedad para la variable Índice de Cosecha.

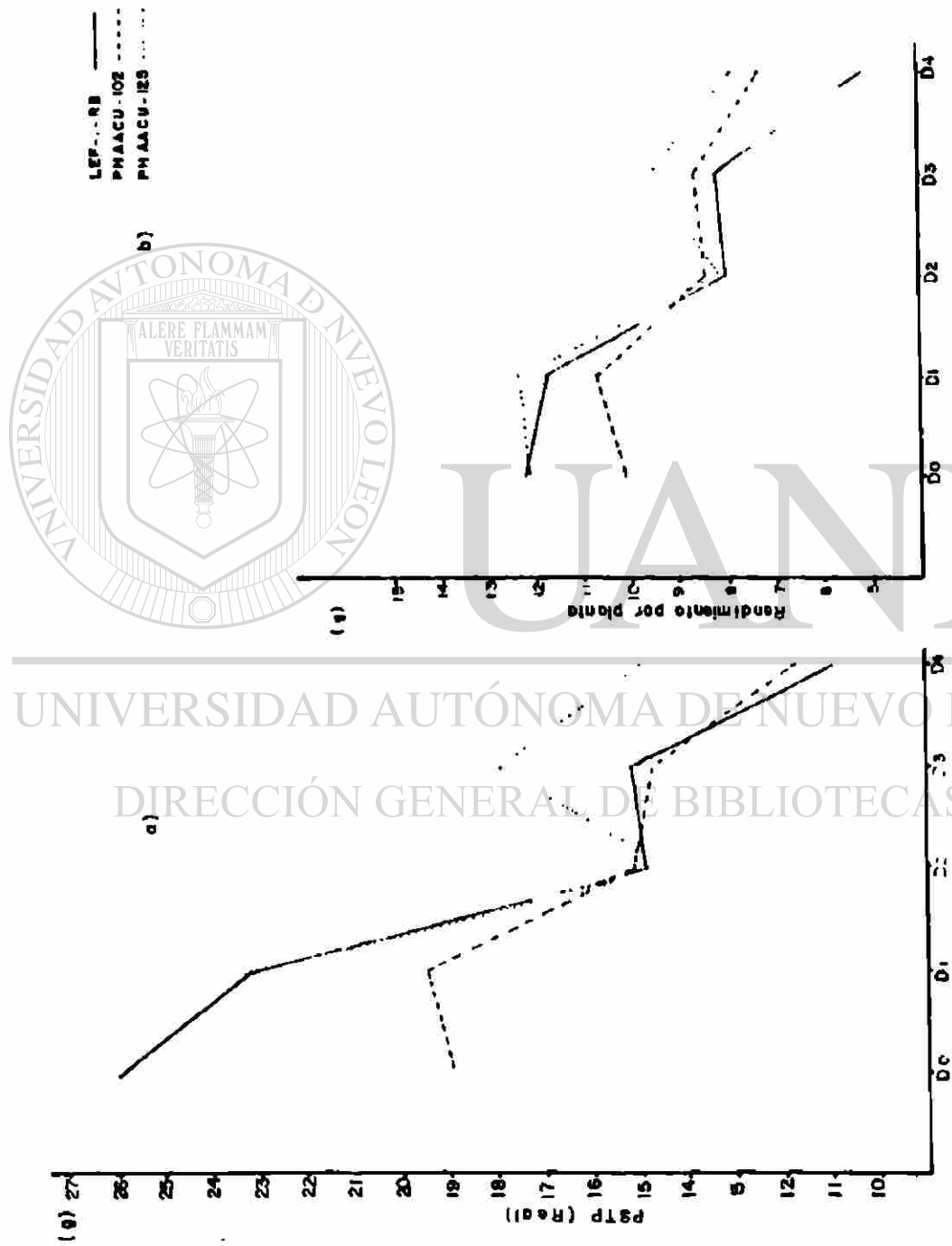
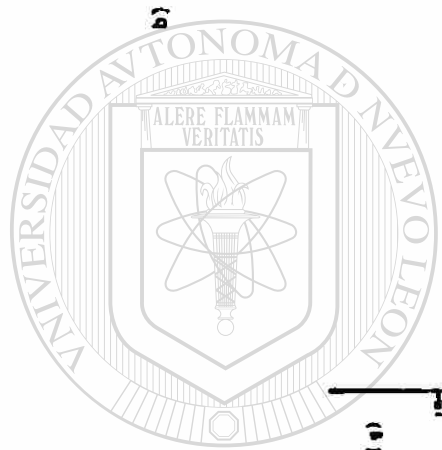


Figura 9. Respuesta de los genotipos en las diferentes condiciones de humedad en el suelo para la variable a) peso seco total de la planta y b) rendimiento por planta.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.3. Análisis de crecimiento y desarrollo

5.3.1. Duración de las etapas del desarrollo

5.3.1.1. Efectos principales. En esta sección se presenta el efecto promedio de las condiciones de humedad proporcionadas al suelo sobre la duración de las etapas del desarrollo de cada genotipo; así como las diferencias ocurridas entre las condiciones de humedad en base a una media de los tres genotipos.

Genotipos. En el Cuadro 11 se puede observar la duración del ciclo promedio del frijol bajo las diferentes condiciones de humedad proporcionadas, donde el genotipo PHAACU-102 resultó como el más precoz, llegando a la madurez comercial 3 y 5 días antes que PHAACU-125 y LEF-1-RB respectivamente. Lo anterior se debe a que este genotipo fue el primero que inició su floración, al menos 7 días antes que los demás, y finalizó esta etapa aproximadamente 5 días más pronto, logrando diferenciarse estadísticamente.

El genotipo significativamente más tardío fue LEF-1-RB, debido a que inició la floración 5 y 12 días después que PHAACU-125 y PHAACU-102 respectivamente (Cuadro 11).

Cabe aclarar que la duración de las etapas en los genotipos estudiados, fueron diferentes a la que presentaron en el ciclo que fueron seleccionados.

Cuadro 11. Comparación de medias entre genotipos para el tiempo transcurrido hasta la aparición de la primeras flores, últimas flores y la madurez comercial.

Genotipos	D í a s a:		
	Primeras Flores	Ultimas Flores	Madurez Comercial
LEF-1-RB	52.0 ^c	68.93 ^b	87.4 ^c
PHAACU-102	40.0 ^a	64.20 ^a	82.27 ^a
PHAACU-125	47.0 ^b	69.07 ^b	85.27 ^b

**

**

**

Condición de humedad en el suelo. El efecto de las condiciones de humedad en el suelo sobre la duración de las etapas del desarrollo del frijol es presentado en el Cuadro 12, donde se observa que la aparición de las primeras flores fue más temprana en las parcelas sometidas a tensión de humedad durante la prefloración (D1) y bajo condiciones de temporal (D4). En cambio, no hubo diferencias significativas en el período transcurrido entre la siembra y la aparición de las últimas flores; no siendo así para el intervalo de tiempo entre la siembra y la cosecha, detectándose una precocidad significativa mayor en los genotipos bajo condiciones de temporal (D4), seguidos por los genotipos sometidos a tensión hídrica durante las etapas de floración (D2) y post floración (D3). El comportamiento de los genotipos bajo condiciones de humedad D0 y D1 resultaron significativamente más tardíos que en el resto de las condiciones.

Cuadro 12. Comparación de medias entre condiciones de humedad para el tiempo transcurrido hasta la aparición de las primeras flores, últimas flores y la madurez comercial.

Condiciones de humedad	D í a s a:		
	Primeras Flores	Ultimas Flores	Madurez Comercial
D0	47.00 ^b	67.44	88.11 ^{cd}
D1	45.33 ^a	68.56	89.56 ^d
D2	47.00 ^b	68.00	84.56 ^b
D3	47.00 ^b	67.00	85.33 ^{bc}
D4	45.33 ^a	66.00	77.33 ^a
	**	NS	**

5.3.1.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad en el suelo. La interacción de los genotipos con la condición de humedad, resultó significativa solo para la variable días a madurez comercial. En este caso, el genotipo de frijol común (LEF-1-RB) disminuyó significativamente su período de siembra a madurez comercial cuando se sometió a tensiones de humedad en el suelo durante las etapas de floración (D2), postfloración (D3) y en caso de la condición de temporal (D4). En cambio, los genotipos de frijol Tepari (PHAACU-102 y 125) sólo reaccionaron de esta forma bajo esta última condición. Cabe aclarar que además de significativas, estas reducciones son importantes en cuanto a su valor absoluto, ya que van de los 9 a los 12 días (Cuadro 13 y Figura 10).

Así también, se puede observar que LEF-1-RB es el genotipo significativamente más tardío en la condición de humedad adecuada (D0) y en el tratamiento de temporal, mientras que en las demás condiciones de humedad, sólo con tensión en la etapa de prefloración

(D1) se presentaron diferencias significativas entre genotipos, siendo PHAACU-102 el genotipo que resultó con un período de al menos 6 días más corto entre la siembra y la madurez comercial (Cuadro 13 y Figura 11).

Cuadro 13. Comparación de medias en la interacción de genotipos por condiciones de humedad para el tiempo transcurrido hasta la madurez comercial

	G e n o t i p o s		
	LEF-1-RB	PHAACU-102	PHAACU-125
D0	93.0 (b,b)	85.0 (b,a)	86.4 (bc,a)
D1	93.0 (b,b)	84.5 (b,a)	91.0 (c,b)
D2	84.0 (a,a)	84.0 (b,a)	85.7 (b,a)
D3	84.0 (a,a)	85.7 (b,a)	86.3 (bc,a)
D4	83.0 (a,c)	72.0 (a,a)	77.0 (a,b)

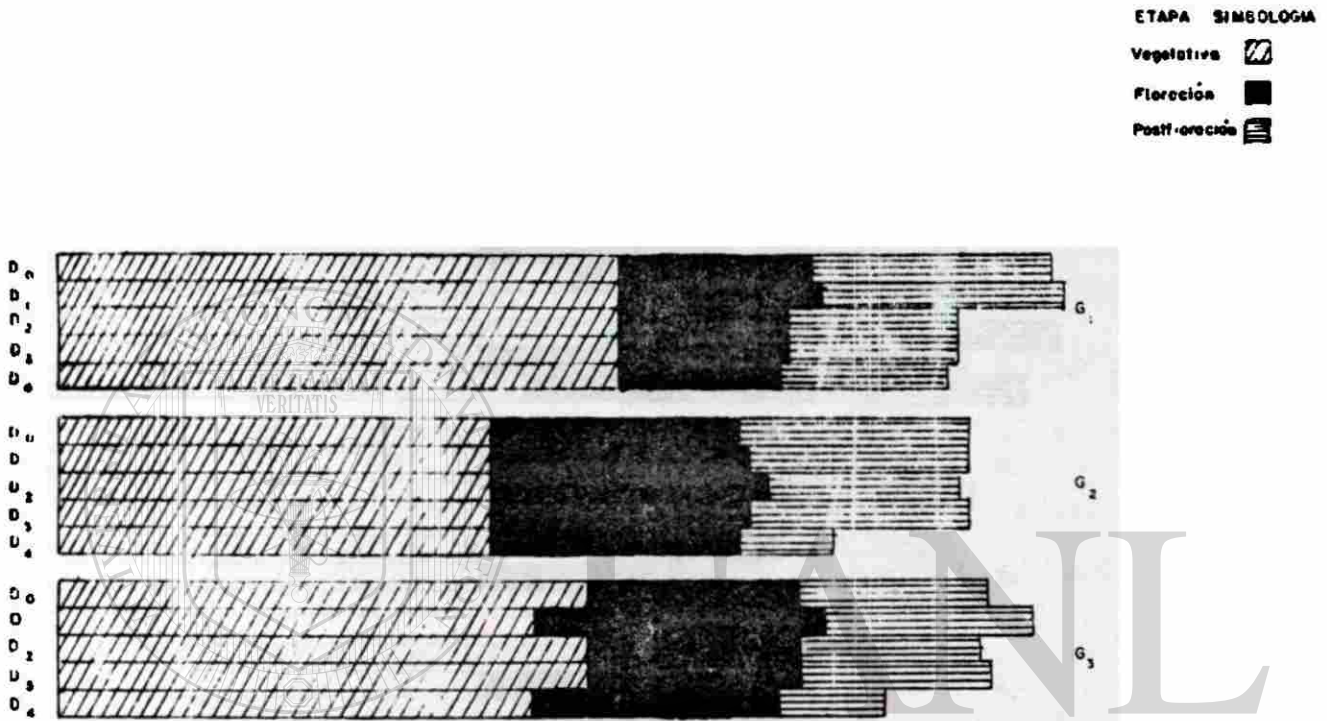
1 = La primera letra representa la comparación de medias en sentido vertical ($\alpha = .01$).

2 = La segunda letra representa la comparación de medias en sentido horizontal ($\alpha = .01$)

5.3.2. Análisis de crecimiento

4.3.2.1. Efectos principales. En esta sección se presenta el efecto de las condiciones de humedad sobre el crecimiento de los genotipos, así como las diferencias ocurridas entre las condiciones de humedad en base a una media de los tres genotipos.

Genotipos. En el Cuadro 14 se puede observar que los genotipos bajo estudio presentan un peso seco total de la planta significativamente diferente en los primeros muestreos (del muestreo 1 al 8) con excepción del quinto, llegando a disminuir estas

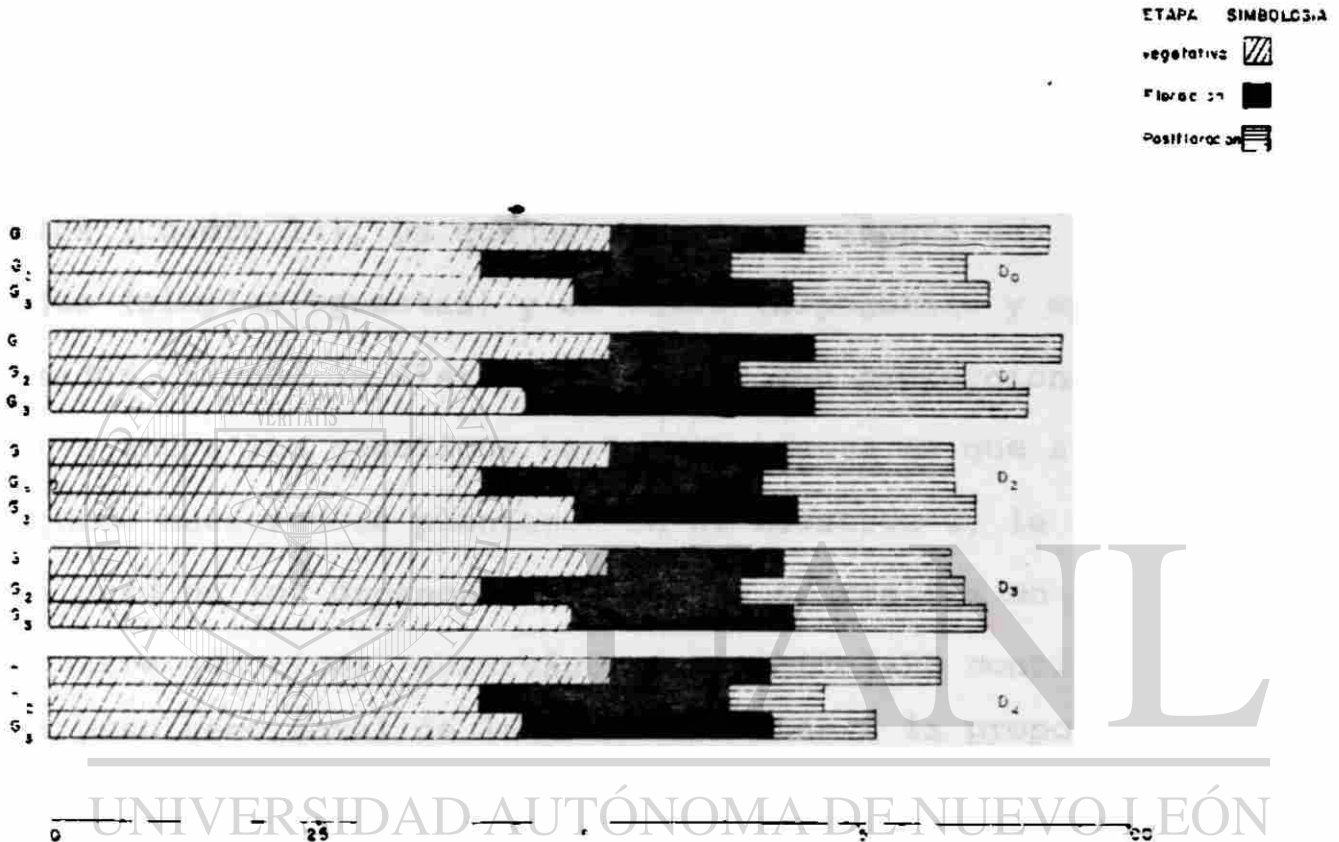


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 10. Efecto de la tensión hídrica sobre la duración de las etapas del desarrollo de los genotipos bajo diferentes condiciones de humedad.



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Figura 11. Efecto de la tensión hídrica sobre la duración de las etapas del desarrollo de los genotipos dentro de cada condición de humedad.

diferencias al final de su ciclo (muestréos 9, 10 y a la cosecha). En la Figura 12, las curvas que representan el comportamiento promedio de los genotipos para esta variable, siguen una misma tendencia. Las diferencias entre genotipos se deben al mayor peso seco total inicial que presentó LEF-1-RB en comparación con el obtenido por los genotipos pertenecientes a P. acutifolius (Cuadro 15). Lo anterior se puede explicar más claramente observando el peso seco de los órganos de la planta durante los primeros muestréos (Cuadro 14), ya que este genotipo cuenta con las primeras hojas (simples opuestas) y el tallo (hipocotilo y epicotilo) más pesados, siendo la distribución del peso proporcionalmente similar a todos los genotipos hasta el momento en que se realizó el segundo muestréo de plantas. En el muestréo 3, la distribución del peso en los órganos de la planta se realiza en forma diferente entre genotipos, observándose que LEF-1-RB continúa con un mayor peso seco total de la planta en base a la proporción del peso de sus hojas, mientras que los demás genotipos incrementan su proporción en el tallo (PHAACU-102) o en ambos órganos (PHAACU-125).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuadro 14. Concentración de los resultados obtenidos en los análisis de varianza para el peso seco total de la planta (PSTP) en los muestreos y en la cosecha.

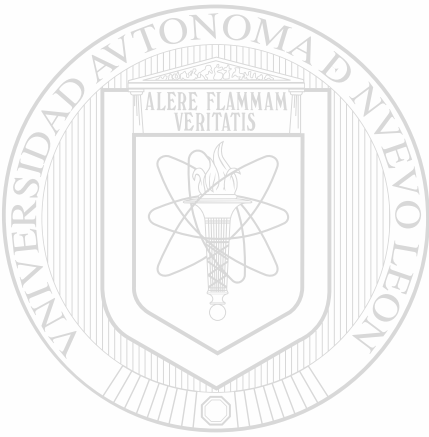
PSTP	Genotipos	SIGNIFICANCIA	
		Condición de humedad	Interacción
M1	**	NS	NS
M2	**	NS	NS
M3	**	NS	NS
M4	**	NS	NS
M5	NS	NS	NS
M6	**	NS	NS
M7	**	NS	*
M8	*	NS	NS
M9	NS	NS	NS
M10	NS	**	NS
Cosecha	NS	**	NS

Cuadro 15. Comparación de medias entre genotipos para peso seco total de la planta (PSTP) dentro de cada muestreo y en la cosecha.

Genotipos	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Cdsecha
LEF-1-RB	.26 ^a	.53 ^a	.95 ^a	1.69 ^a	2.77	4.58 ^a	10.35 ^a	13.92 ^a	16.60	21.75	18.02
PHAACU-102	.14 ^b	.32 ^b	.58 ^b	1.06 ^b	2.50	3.83 ^b	8.98 ^a	11.23 ^b	14.66	16.94	15.99
PHAACU-125	.15 ^b	.29 ^c	.59 ^b	1.20 ^b	2.77	3.75 ^b	7.45 ^b	12.08 ^a	18.25	20.98	18.04
	**	**	**	**	NS	**	**	**	NS	NS	NS



Figura 12. Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo para los genotipos, en base al promedio obtenido de las diferentes condiciones de humedad.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UANL

Cuadro 16. Comparación de medias entre genotipos en los muestreos 1, 2 y 3, para los pesos reales y porcentajes de los pesos secos de los órganos de la planta en relación al peso seco total de la planta (PSTP).

Genotipos	Pesos reales (g)			Porcentaje	
	PSTP	Hojas	Tallo	Hojas	Tallo
M U E S T R E O 1					
LEF-1-RB	.26 ^a	.15 ^a	.10 ^a	60.40	39.60
PHAACU-102	.14 ^b	.08 ^c	.06 ^b	58.30	41.70
PHAACY-125	.15 ^b	.09 ^b	.06 ^b	60.80	39.20
	**	**	**	NS	NS
M U E S T R E O 2					
LEF-1-RB	.53 ^a	.39 ^a	.15 ^a	72.40	27.60
PHAACU-102	.32 ^b	.23 ^b	.09 ^b	72.19	27.81
PHAACU-125	.29 ^c	.21 ^b	.07 ^c	73.94	26.06
	**	**	**	NS	NS
M U E S T R E O 3					
LEF-1-RB	.95 ^a	.73 ^a	.22 ^a	76.73 ^a	23.27 ^b
PHAACU-102	.58 ^b	.42 ^b	.16 ^b	71.75 ^b	28.25 ^a
PHAACU-125	.59 ^b	.44 ^b	.15 ^b	74.00 ^{ab}	26.00 ^{ab}
	**	**	**	**	**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

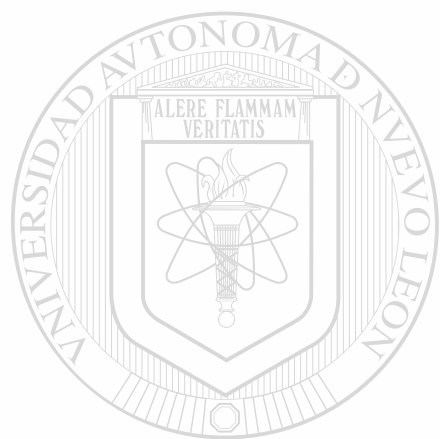
Condiciones de humedad en el suelo. Como fue presentado en las Figuras 1, 2, 3, 4 y 5, las condiciones de humedad en el suelo eran similares en todas las parcelas del experimento durante el período comprendido de la siembra hasta el momento en que se realizó el tercer muestreo de plantas, posteriormente se sometieron las plantas a tensión hídrica edáfica durante la etapa de pre floración (D1) y después del muestreo 7 y 8 se aplicaron los tratamientos de tensión hídrica en las etapas de floración (D2) y

postfloración (D3) respectivamente; hasta el muestreo 9 inclusive (Cuadro 14), no se presentaron diferencias significativas en el peso seco total de la planta entre las parcelas grandes. El efecto de los tratamientos de humedad sobre esta variable, se manifiesta hasta el final del ciclo (Figura 13) donde se observa que bajo condiciones favorables de agua disponible (D0) y con tensión hídrica en la etapa de prefloración (D1), el peso seco total de la planta alcanza sus máximos valores, superando estadísticamente (Cuadro 17) a los obtenidos cuando se aplicó tensión hídrica en floración (D2), postfloración (D3) y bajo condiciones de temporal (D4), resultando estos últimos tres tratamientos estadísticamente similares entre sí, al momento de la cosecha.

Cuadro 17. Comparación de medias entre condiciones de humedad para el peso seco total de la planta (PSTP) dentro de cada muestreo y en la cosecha.

Condiciones de humedad	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Cosecha
D0	0.18	0.38	0.71	1.33	2.77	4.78	9.92	13.5	19.71	24.87 ^a	22.12 ^a
D1	0.18	0.38	0.71	1.30	2.55	2.98	7.43	12.71	16.51	25.05 ^a	22.01 ^a
D2	0.18	0.38	0.71	1.33	2.77	4.78	9.92	11.62	17.93	14.26 ^b	15.95 ^b
D3	0.18	0.38	0.71	1.33	2.77	4.78	9.92	13.57	16.09	15.40 ^b	14.78 ^b
D4	0.18	0.38	0.71	1.30	2.55	2.98	7.43	10.63	12.28	0 ^c	12.51 ^b
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**

5.3.2.2. Interacción genotipos-condiciones de humedad en el suelo. Aún cuando no se manifestaron diferencias significativas en las interacciones (Cuadro 14), el crecimiento de los genotipos en base a peso seco difiere de acuerdo a las condiciones de humedad



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA



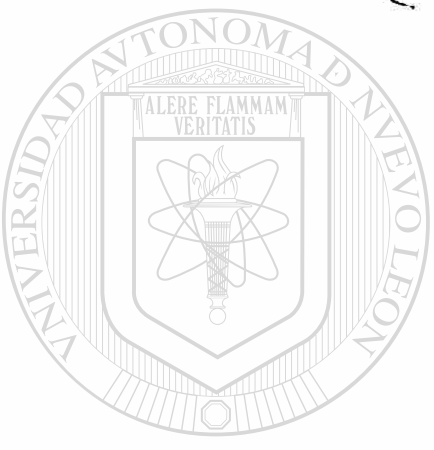
Figura 13. Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo para las condiciones de humedad, en base al promedio obtenido de los genotipos.

proporcionadas. Se puede observar (Figuras 14, 15 y 16) que los genotipos LEF-1-RB y PHAACU-125 alcanzan un crecimiento mayor al final del ciclo, cuando éstos son sometidos a tensión hídrica en la etapa de prefloración (D1), teniendo un comportamiento muy si milar al de la condición D0. Lo anterior se puede deber a que en el muestreo 10 (Figuras 17, 18 y 19), se manifiesta un incremento en peso de las vainas del genotipo LEF-1-RB y de hojas y vainas en PHAACU-125, ocurriendo lo contrario en PHAACU-102 quien perdió peso en ambos órganos.

Así también, en las Figuras 14, 15 y 16 se observa que la disponibilidad de agua en la fase reproductiva (etapas de floración y postfloración) es determinante para el crecimiento final de las plantas, ya que el peso total obtenido por los tres genotipos con tensión hídrica en esta fase, decreció marcadamente, apreciándose una declinación en las curvas correspondientes.

Aunque el efecto en cada genotipo es diferente, en las Figuras 17, 18 y 19 se puede observar que esta declinación se debió a la pérdida, en mayor ó menor grado, de las hojas (muestréos 9 y 10) repercutiendo además en un menor peso de las vainas.

21
22
23
24



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

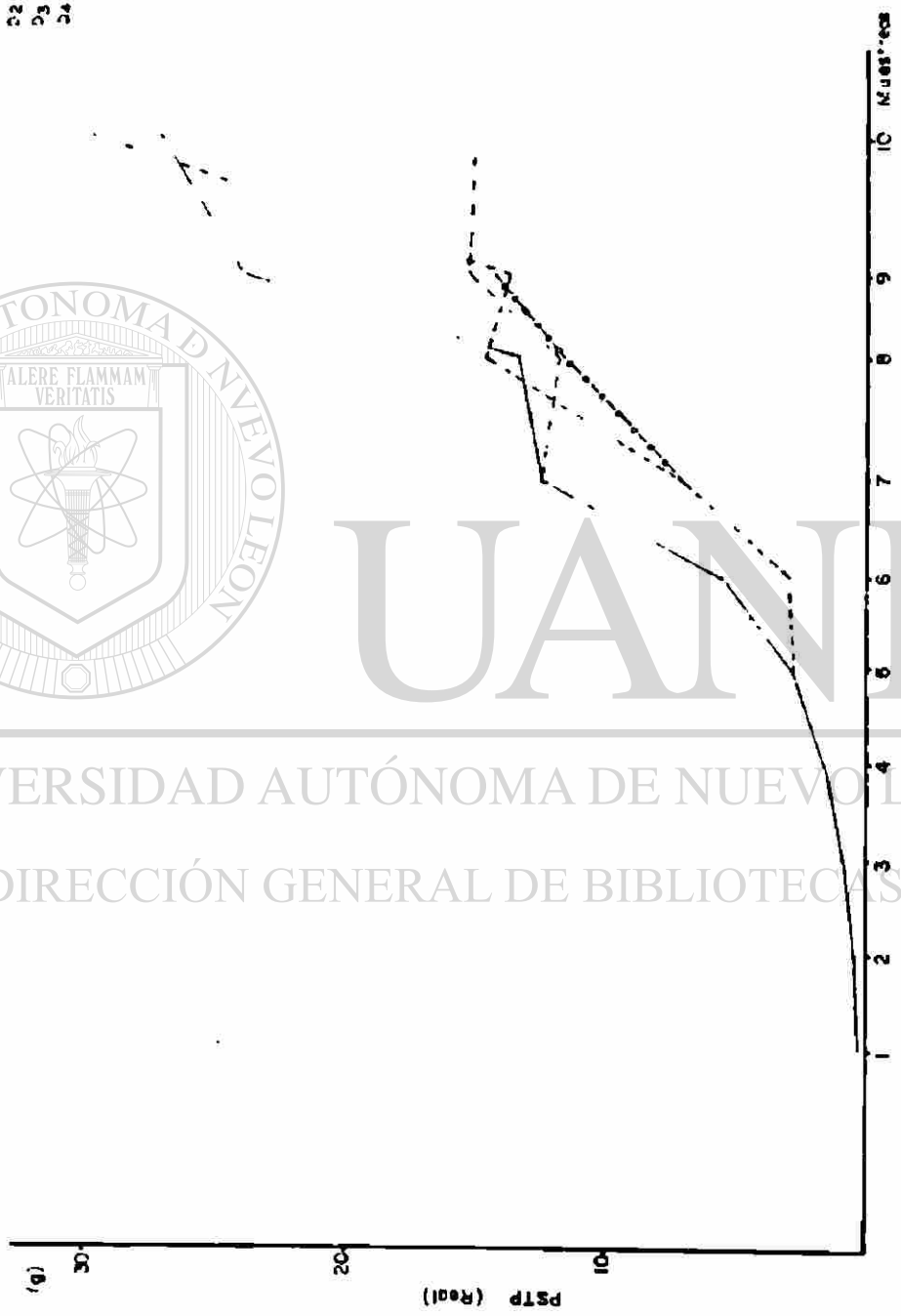
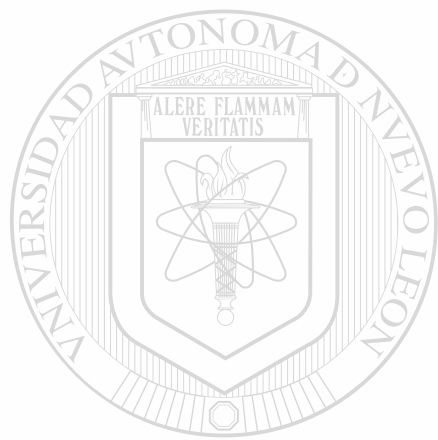


Figura 14. Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo, del genotipo LEF-1-RB en las diferentes condiciones de humedad.

®

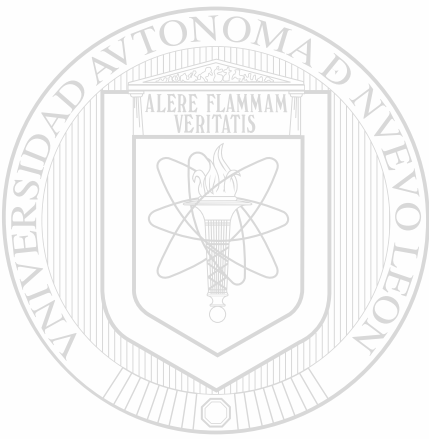


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Figura 15. Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo, del genotipo PHACU-102 en las diferentes condiciones de humedad.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Figura 16. Peso seco total de la planta (real) en función del tiempo, del genotipo PHAACU-125 en las diferentes condiciones de humedad.



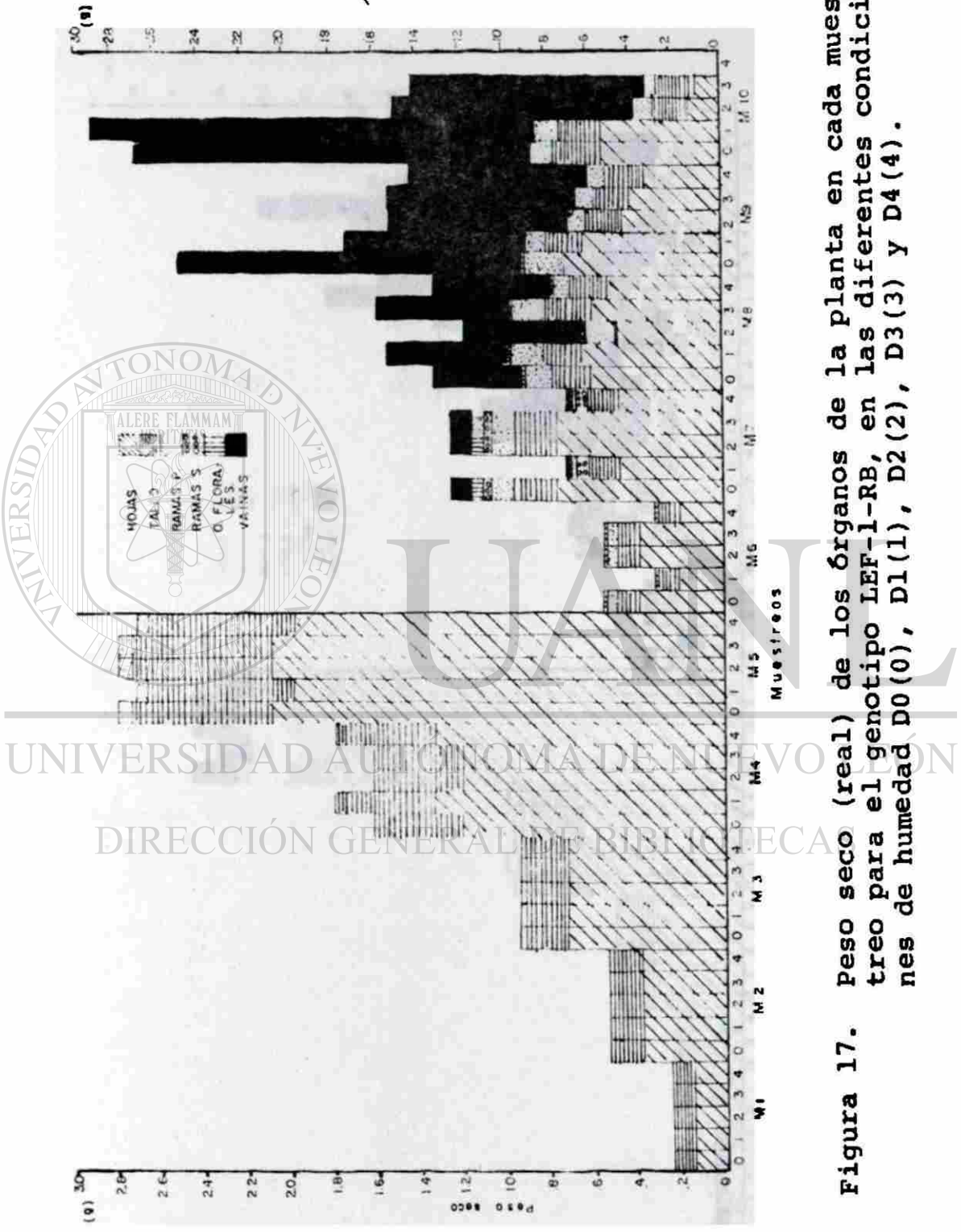


Figura 17. Peso seco (real) de los órganos de la planta en cada muestreo para el genotipo LEF-1-RB, en las diferentes condiciones de humedad D0(0), D1(1), D2(2), D3(3) y D4(4).

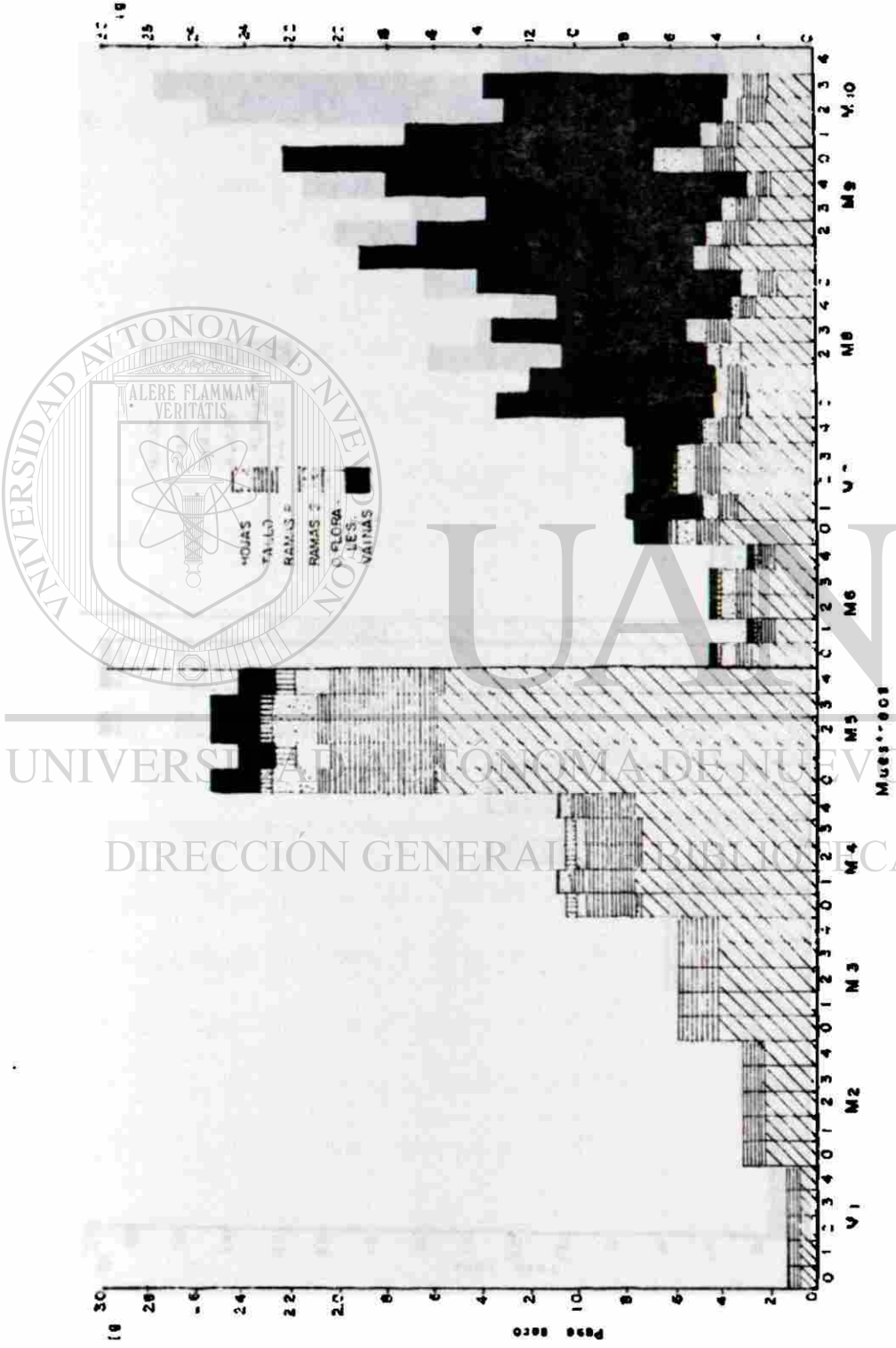


Figura 18. Peso seco (real) de los órganos de la planta en cada muestreo para el genotipo PHAACU-102, en las condiciones de humedad D0(0), D1(1), D2(2), D3(3) y D4(4).

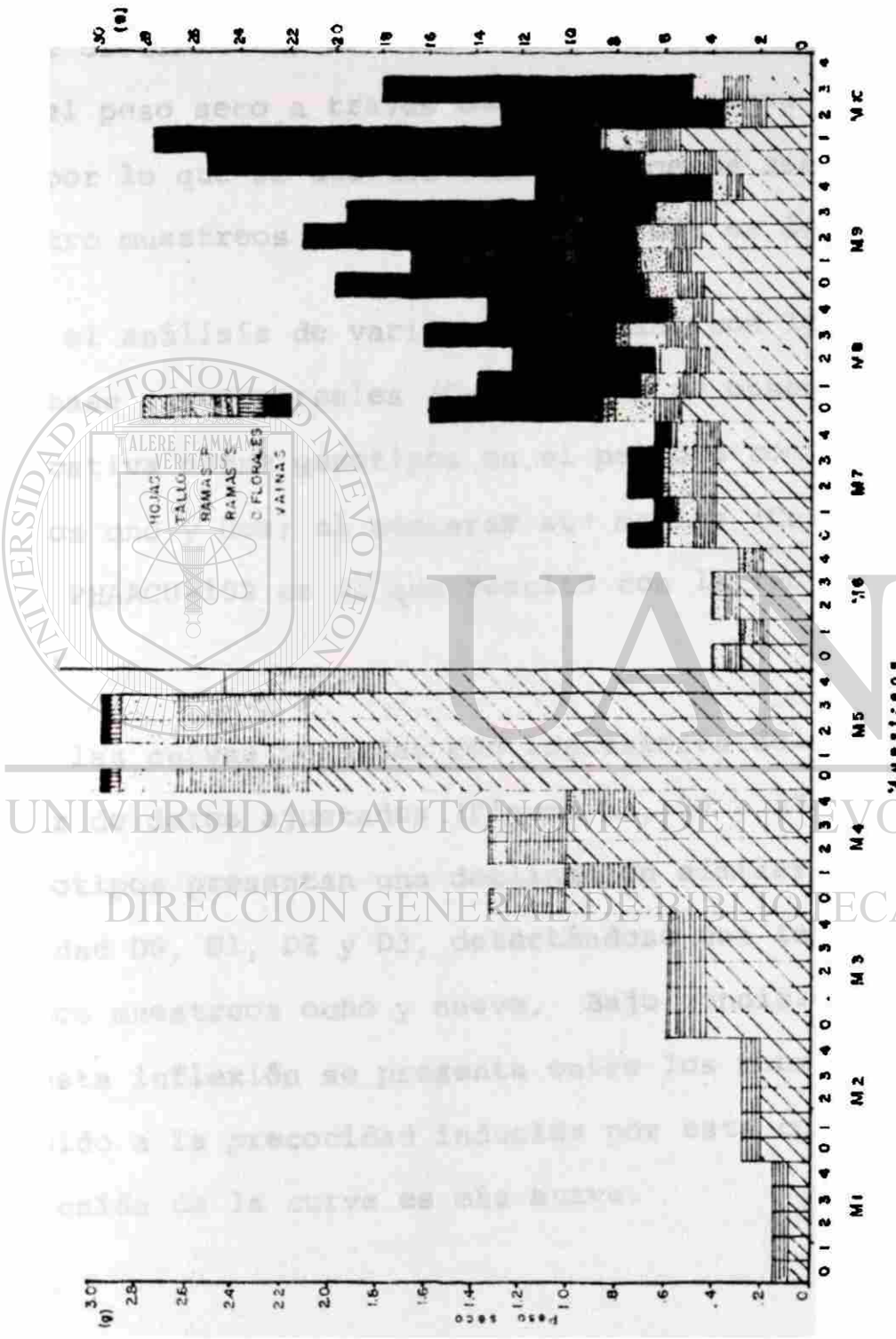


Figura 19. Peso seco (real) de los órganos de la planta en cada muestra para el genotipo PHACU-125, en las condiciones de humedad D0(0), D1(1), D2(2), D3(3) y D4(4).



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

5.3.2.3. Tasa relativa de crecimiento. Para realizar el cálculo de este índice, primeramente se ajustaron por medio de regresión los pesos secos del total de la planta en cada muestreo, pero el ajuste por este método produce una declinación al inicio de la curva de crecimiento, lo cual resulta ilógico (Figura 20, 21 y 22), ya que el peso seco a través del tiempo siempre tiende a incrementarse, por lo que se decidió tomar los pesos reales de los primeros cuatro muestreos y los pesos estimados en los posteriores.

En el análisis de varianza realizado con los índices calculados en base a pesos reales (Cuadro 18), se observa una diferencia significativa entre genotipos en el período comprendido entre los muestreos uno y dos; al comparar sus medias (Cuadro 19) se puede ver que PHAACU-102 es el que resultó con la TRC significativamente mayor.

En las curvas formadas con los valores del índice calculados a partir de datos ajustados (Figura 23, 24 y 25) se observa que los genotipos presentan una declinación similar en las condiciones de humedad D0, D1, D2 y D3, detectándose una inflexión de la curva en los muestreos ocho y nueve. Bajo condiciones de temporal (D4), esta inflexión se presenta entre los muestreos cinco y siete, debido a la precocidad inducida por esta condición, notándose que la caída de la curva es más suave.

Cuadro 18. Concentración de los resultados obtenidos en los análisis de varianza para las tasas relativas de crecimiento, estimadas con los pesos secos totales de las plantas (reales) en los primeros cuatro muestreos.

SIGNIFICANCIA			
Muestreos	Genotipos	Condición de humedad	Interacción
1 - 2	**	NS	NS
2 - 3	NS	NS	NS
3 - 4	NS	NS	NS

Cuadro 19. Comparación de medias entre genotipos dentro de cada condición de humedad para la tasa relativa de crecimiento estimada en base al peso seco total de la planta (real), en los primeros cuatro muestreos.

Tratamiento	TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO		
	Muestreo 1-2	Muestreo 2-3	Muestreo 3-4
D0 G1	.1000 ^b	.0845	.0824
D0 G2	.1345 ^a	.0839	.0773
D0 G3	.0932 ^b	.1069	.1047
	**	NS	NS
D1 G1 ¹	-	-	.0727
D1 G2	-	-	.0792
D1 G3	-	-	.0884
	**	NS	NS

1 = Las condiciones de humedad eran similares en todas las parcelas experimentales cuando se realizaron los muestreos 1, 2 y 3. Por tal motivo solo se incluyen los valores obtenidos en el tratamiento D0.

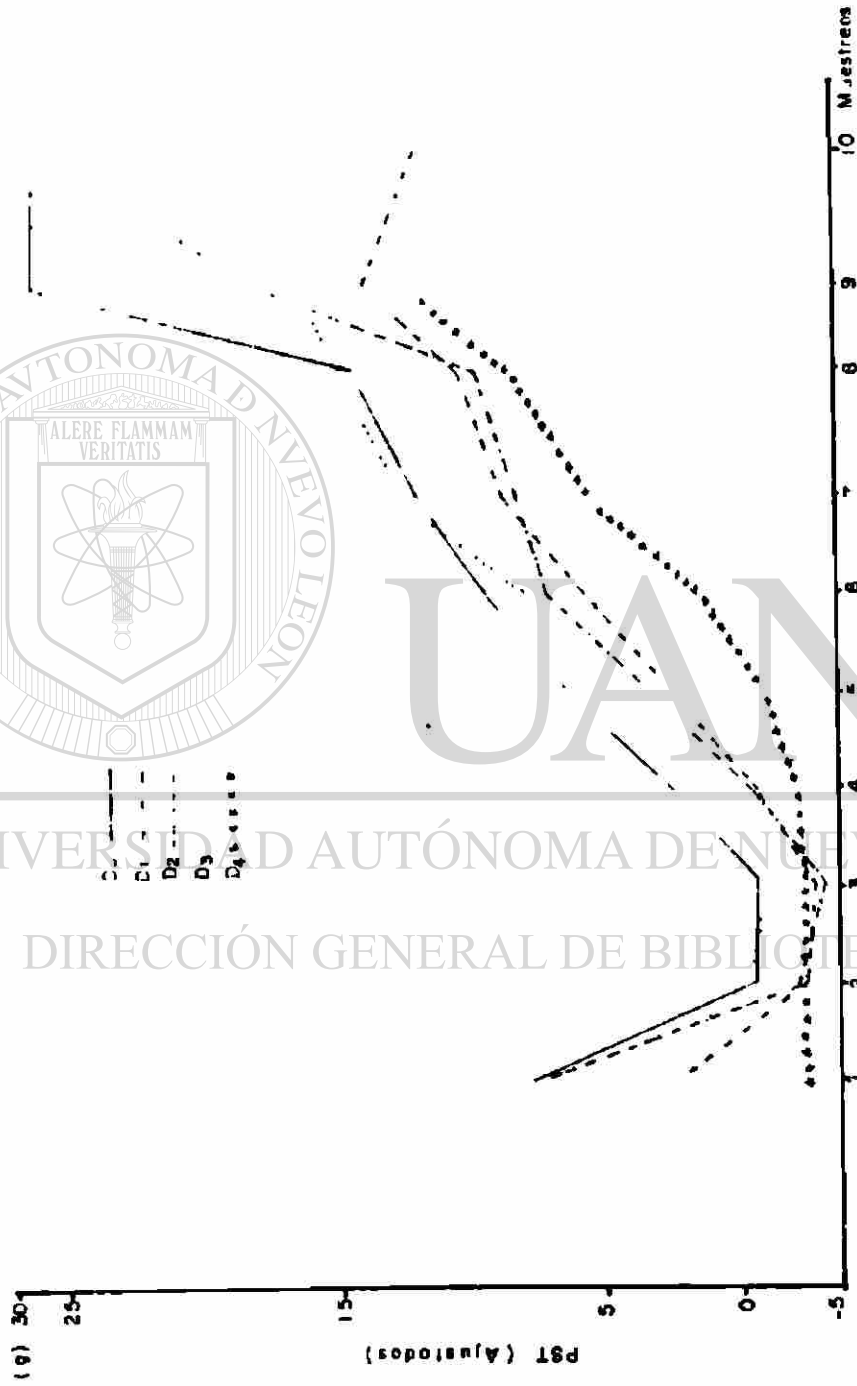
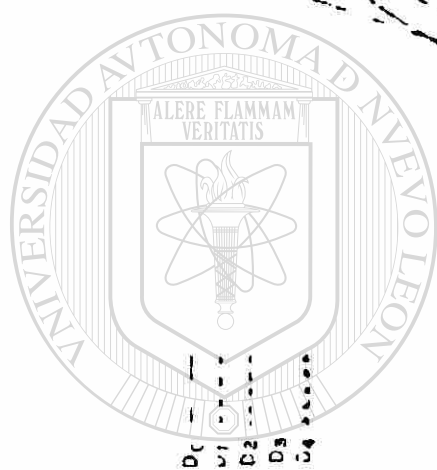


Figura 20. Curvas de crecimiento del genotipo LEF-1-RB en las diferentes condiciones de humedad, en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión.



Figura 21. Curvas de crecimiento del genotipo PHAACU-102 en las diferentes condiciones de humedad, en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión.



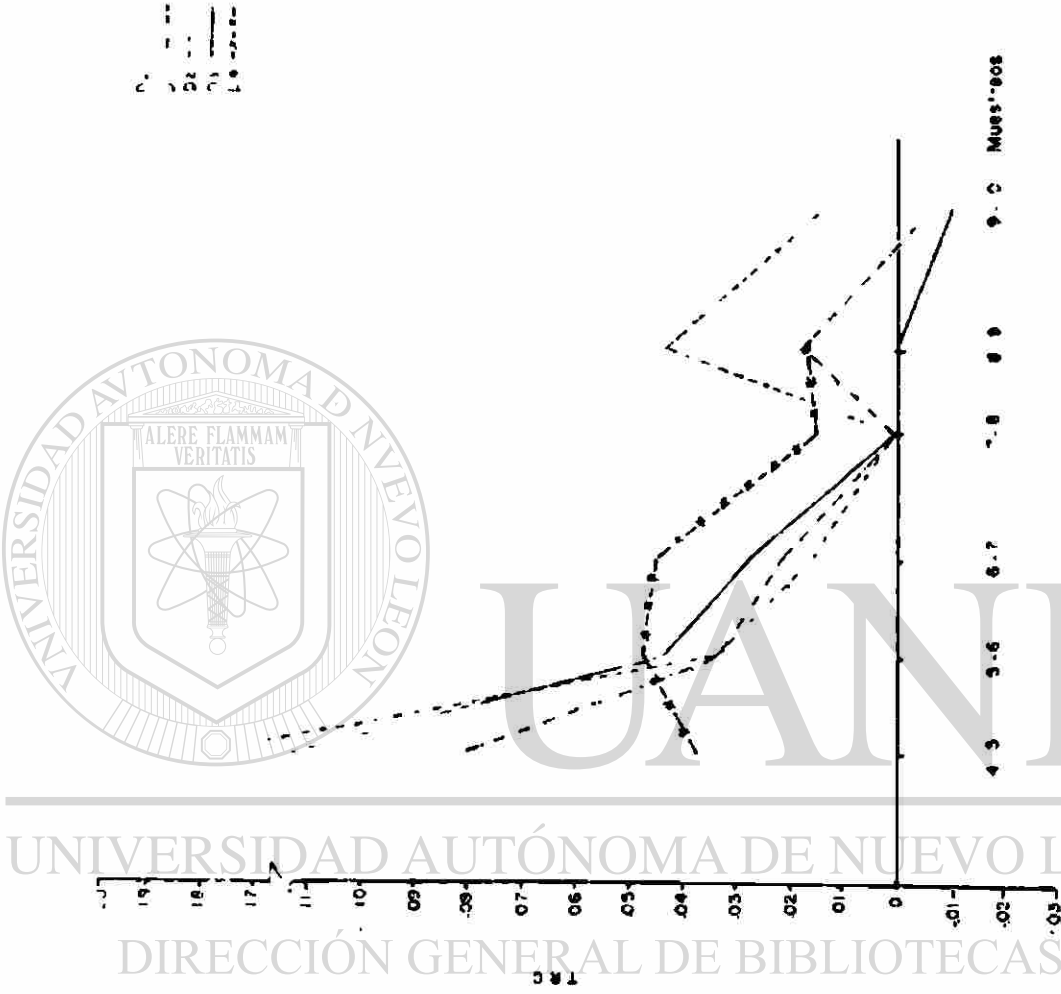
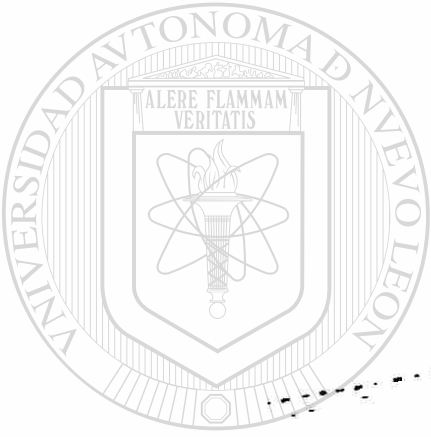


Figura 23. Curvas de las tasas relativas de crecimiento del genotipo LEF-1-RB en las diferentes condiciones de humedad, estimadas en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión.



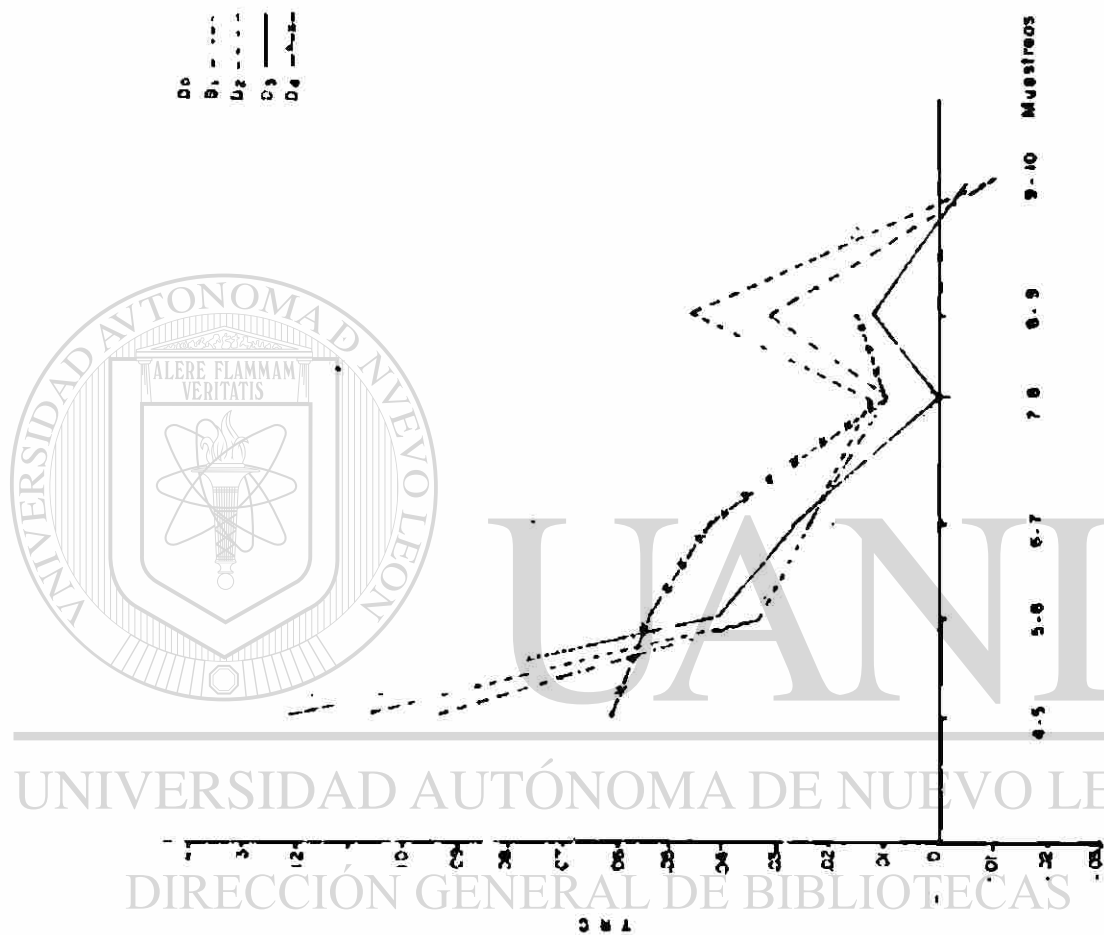


Figura 24. Curvas de las tasas relativas de crecimiento del genotipo PHACU-102 en las diferentes condiciones de humedad, estimadas en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión.

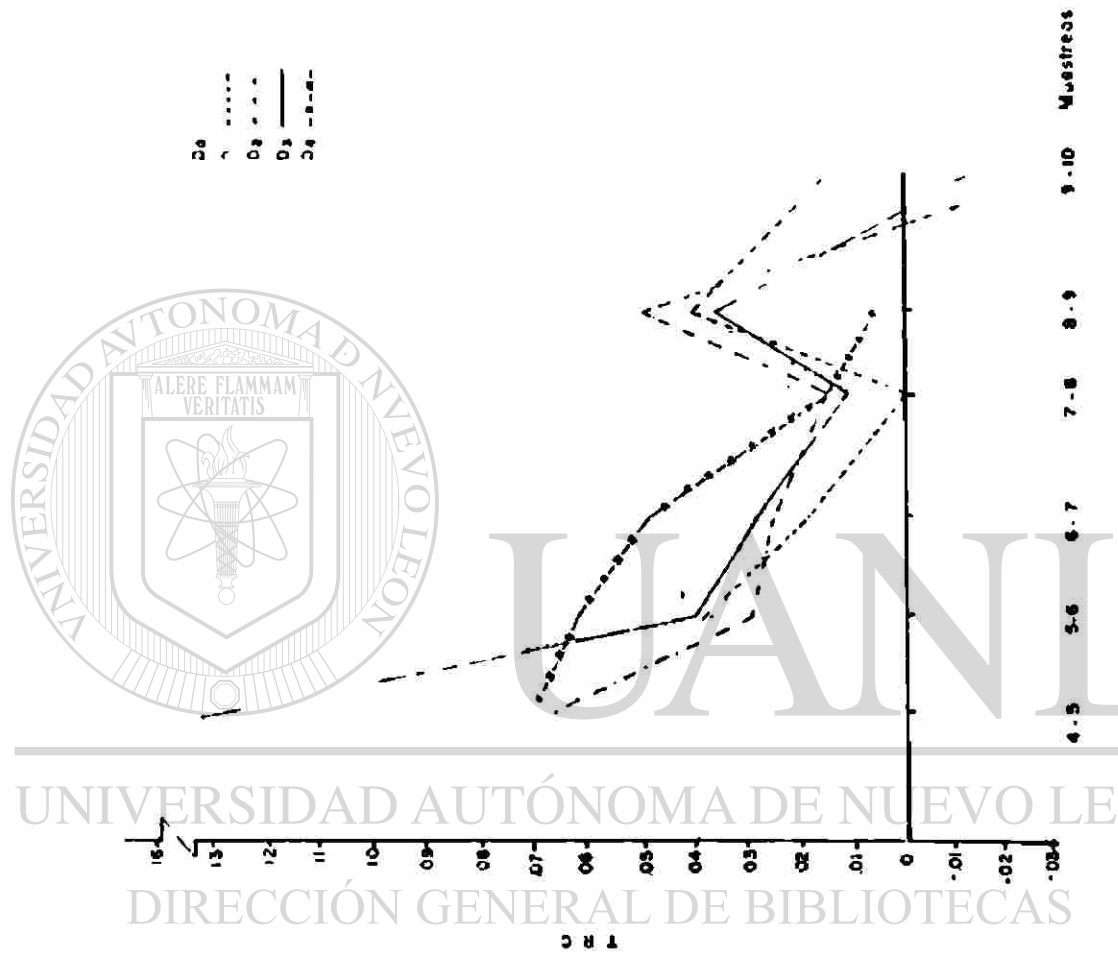
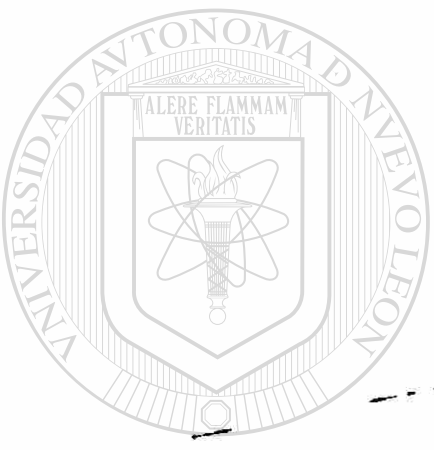


Figura 25. Curvas de las tasas relativas de crecimiento del genotipo PHAACU-125 en las diferentes condiciones de humedad, estimadas en base a pesos secos totales ajustados por medio de regresión.



6. DISCUSION

La similitud entre los genotipos de P. acutifolius con LEF-1-RB en cuanto al rendimiento unitario, se debió a que este último genotipo produjo una mayor cantidad de semillas por vaina, con más peso y volúmen, mientras que PHAACU-102 y PHAACU-125 lo superaron significativamente con 51 y 31 por ciento en el número de vainas totales producidas por planta, respectivamente. Los resultados anteriores se pueden explicar en términos de la duración de las etapas del desarrollo considerando lo que reporta Adams (1967) en relación a la competencia entre los órganos de la planta por nutrientes (orgánicos e inorgánicos), ya que un período de floración corto puede ocasionar que las flores que primeramente llegan a antesis demanden una gran cantidad de nutrientes, de tal manera que las siguientes en fecundarse tienen que competir en desventaja con aquellos órganos (vainas) que se encuentran en pleno crecimiento, así, la cantidad de frutos que llega a "pegar" o "amarrar" es reducida. El período de floración que presentó LEF-1-RB fue de 17 días (7 y 5 días más corto que PHAACU-102 y PHAACU-125 respectivamente). Fanjul (1978), encontró que en los primeros 15 días después de la antesis, es el período cuando se produce la mayor aborción de órganos reproductivos en el cultivar Flor de Mayo X-16441 cuyo período de floración fue de 26 días. Sin embargo, el crecimiento de las vainas y sus partes que la conforman (peso de las semillas y número de semillas por vaina)

compensan a los componentes del rendimiento que se expresan en menor magnitud (número de vainas por planta).

De acuerdo a las condiciones de humedad en las que se desarrollan las plantas, se observó que en general, el rendimiento unitario fue reducido por el efecto de la tensión hídrica aplicada durante las etapas de floración (D2), tomando valores similares a los obtenidos bajo condiciones de temporal (D4); los cuales coinciden con los resultados obtenidos por Magalhaes et al. (1978), al aplicar una tensión hídrica en el suelo de -5, -4 y -2.7 bars durante las etapas de inicio de floración, plena floración e inicio de fructificación respectivamente, donde el abatimiento en el rendimiento al inicio de floración y fructificación se pudo deber a una disminución en la cantidad de vainas producidas por planta; sin embargo, los valores obtenidos para los componentes del rendimiento nos indican que estas reducciones se debieron a disminuciones en el peso de la semilla, observándose que en estos tratamientos hay una tendencia a disminuir el número de semillas por vaina y vainas totales por planta, sin mostrar diferencias significativas.

En cuanto al crecimiento de la planta, se presentaron diferencias significativas entre genotipos en los primeros 8 muestreos de plantas (con excepción del quinto), posteriormente por efecto de las condiciones de humedad proporcionadas, el comportamiento promedio hace que las diferencias relativas entre los genotipos disminuyan al final del ciclo, por lo que el crecimiento final

alcanzado por los genotipos presentan una misma tendencia, resultando los genotipos LEF-1-RB y PHAACU-125 con un peso ligeramente mayor que PHAACU-102; sin embargo, al observar el crecimiento individual de estos genotipos en las diferentes condiciones de humedad, LEF-1-RB y PHAACU-125 resultaron más afectados que PHAACU-102 bajo las condiciones D2, D3 y D4. El menor peso seco total de la planta a la cosecha obtenido en estos tratamientos (D2, D3 y D4), fue ocasionado por un decremento en el peso de las hojas, reduciéndose de esta manera la producción de fotosintetizados, lo cual trajo como consecuencia una disminución en el peso de las vainas ocasionado por un menor peso de la semilla y las valvas. En el tratamiento de temporal (D4) se presentó una tendencia a producir un mayor número de vainas vanas, siendo las condiciones de humedad D1 y D2 las que presentaron los menores valores para esta variable. Aún cuando se observaron diferencias en el peso de los órganos y en el peso total de la planta, el alcanzado por el tallo y las ramas y los órganos florales resultó muy similar en todas las condiciones de humedad.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Con respecto a los valores obtenidos en el cálculo de las tasas relativas de crecimiento, solamente entre los primeros dos muestreos, el genotipo PHAACU-102 presenta la mayor velocidad relativa de crecimiento. Posteriormente, en base a los valores calculados con datos ajustados se observa una misma tendencia de los genotipos en las diferentes condiciones de humedad (con excepción de la condición de temporal), por lo que las variaciones ocurridas no fueron sustanciales como para poder observar algún efecto diferencial provocado por la tensión hídrica.

Los genotipos pertenecientes a P. acutifolius presentaron rendimientos unitarios estadísticamente superiores al del genotipo de P. vulgaris (LEF-1-RB), cuando éstos fueron sometidos a tensión hídrica en la etapa de floración (D2) y bajo condiciones de temporal (D4). Considerando la duración del período de floración y el momento en que se presentó la máxima tensión hídrica. El genotipo LEF-1-RB con un período más corto que los de P. acutifolius y tomando en cuenta el traslape que existe entre los períodos de floración y formación de vainas, la tensión hídrica aplicada coincide en el momento en que este genotipo aumenta fuertemente la demanda de energía, debido a que se encuentra en plena fecundación y crecimiento de las vainas jóvenes. Ozbun junto con Bravo y Wallace en 1977 (Ozbun, 1978), encontraron que la fotosíntesis en algunos cultivares de frijol (P. vulgaris L.) se incrementa durante el llenado de la vaina y fué en este período cuando se obtuvo la mejor correlación entre el rendimiento y la fotosíntesis. Sin embargo, la planta al no disponer de los elementos necesarios para su desarrollo, ocasionado por el déficit hídrico, responde con una fuerte abscisión de hojas trayendo como consecuencia una disminución en la oferta de fotosintetizados; lo cual dió como resultado un mayor número de vainas vanas y un menor peso de las semillas formadas.

Robins y Domingo (1956) reportan una reducción en la producción de vainas por planta y en la cantidad de semillas por vaina cuando la planta de frijol se desarrolla bajo tensión hídrica durante la etapa de floración. Sin embargo, el hecho de que el total

de vainas retenidas hasta el final del ciclo de los tres genotipos no se haya afectado bajo ninguna condición de humedad proporcionada, podemos inferir que la tensión hídrica no afecta a la floración. La cual coincide con los resultados obtenidos por Flores (1982a) cuando sometió a plantas de frijol común (*P. vulgaris* L.) a tratamientos de sequía durante la floración, encontrando que el número de estructuras reproductivas abortadas en forma de vaina fueron de un 80 por ciento aún en los testigos con irrigación adecuada, lo que indica que ésta especie tiende a producir más flores que las que pueden llevar a madurez, de tal manera que el porcentaje de flores retenidas al final del ciclo (vainas) no se vió afectado. Lo que sugiere que desde este punto de vista, la floración no es una etapa crítica para sequía.

Por el contrario, Magalhaes et al. (1978), encontraron que al aplicar una tensión hídrica de -5 bars en el suelo al inicio de la floración en plantas de frijol común (*P. vulgaris* L.) la cantidad de vainas por planta fue disminuída significativamente en un 31 por ciento con respecto al testigo y no se encuentran diferencias significativas al someter a las plantas a tensión hídrica de -4 bars en plena floración. Magalhaes y Millar (1978) obtuvieron una diferencia significativa para esta variable sólo hasta que la tensión hídrica perduró por 17 días en la etapa reproductiva llegando a presentar una tensión hídrica en el suelo de -3.8 bars. En la Figura 3 se observa que el inicio de la floración de LEF-1-RB, PHAACU-102 y PHAACU-125 ocurrió 3, 15 y 6 días respectivamente, antes de que la tensión hídrica del suelo llegara a -3

bars. Por lo que no llegó a presentarse una intensidad de la tensión lo suficiente fuerte como para causar efecto sobre el número de vainas totales, sino que el efecto ocurre posteriormente cuando aumenta la intensidad, coincidiendo con la formación de las vainas, por lo que el efecto de este tratamiento (D2) se manifestó sobre el rendimiento de grano a través de el peso de la semilla.

Los resultados encontrados por Flores (1982a) señalan que el efecto de la tensión hídrica sobre el porcentaje de estructuras reproductivas (flores y vainas) caídas, se reflejó en una mayor cantidad de flores que de vainas a medida que se aumentó la intensidad de la sequía, principalmente cuando se aplicó en la etapa vegetativa. Sin embargo, en el presente trabajo no se manifestó dicho efecto aún cuando el agua del suelo estuvo retenida a -13 bars durante la etapa vegetativa.

Cuando la tensión hídrica coincidió con la etapa de prefloración, los mayores valores para el rendimiento unitario presentados por los genotipos PHAACU-125 y LEF-1-RB pueden deberse a lo siguiente: el momento en que ocurrió la interrupción de la tensión de humedad en esta etapa, coincide con el inicio de la floración de PHAACU-102 mientras que el resto de los genotipos florecieron al menos 5 días después, teniendo la oportunidad de continuar su crecimiento vegetativo y así recuperarse de la tensión recibida; observándose que los genotipos PHAACU-125 y LEF-1-RB tienden a alcanzar un peso total de la planta mayor que bajo condiciones de humedad adecuada todo el ciclo (D0), así como su rendimiento

unitario; lo cual en el caso de PHAACU-125 pudo ocasionarse por un aumento en el peso de las vainas debido a un incremento en las vainas producidas por planta y en las semillas por vaina y, en el caso de LEF-1-RB, por un aumento del peso de las semillas. Por el contrario, en PHAACU-102 se encontró una situación inversa, ya que su rendimiento unitario disminuyó con respecto al testigo D0, quizá por su tendencia a reducir el número de semillas por vaina y el peso de la semilla. Lo cual indica que si se presenta un período de recuperación a la tensión, antes de que inicie la floración, pueden reducirse los insumos de producción e incrementarse el rendimiento.

Los índices de cosecha resultaron estadísticamente similares en los tratamientos de humedad probados; sin embargo, se presentó una tendencia de mayor eficiencia de las plantas con tensión hídrica en postfloración (D3), siendo el tratamiento de humedad favorable todo el ciclo (D0) el de menor valor para esta variable. Al observar la eficiencia fisiológica de los genotipos, PHAACU-102 presenta una tendencia a incrementar su eficiencia bajo tensión de humedad aplicada en las etapas de prefloración (D1), floración (D2) y postfloración (D3) obteniendo su máximo valor en el tratamiento de temporal (D4). Lo cual indica que este genotipo es más eficiente en la producción de grano cuando se presentan condiciones de humedad restringida durante su desarrollo. En base a los valores que toma para el peso total de la planta (PSTP) y su rendimiento, en la Figura 9 se observa que bajo tensión hídrica la

línea formada por el PSTP decrece en forma más pronunciada que la del rendimiento por planta. Además, este genotipo, seguido por PHAACU-125 y LEF-1-RB en ese orden, presenta un menor abatimiento del PSTP al final del ciclo cuando se sometió a los tratamientos de humedad D2, D3 y D4.

En general los genotipos correspondientes a P. acutifolius se pueden considerar como más eficientes fisiológicamente; ya que en base a los porcentajes calculados con respecto al peso seco total de la planta para el peso de las valvas y el rendimiento por planta, estos genotipos resultaron ser estadísticamente más bajos para el peso de las valvas y más altos para el rendimiento. Según Fanjul (1978), la distribución de los fotosintetizados es una característica que tiene una gran importancia fisiológica, siendo la planta más eficiente, aquella que acumule mayor proporción de fotosintatos en los órganos que constituyen la demanda de interés para la cosecha (en este caso el grano de frijol).

En cuanto a los componentes del rendimiento, LEF-1-RB presentó los mayores promedios para la producción de semilla por vaina y para el peso de la semilla en todas las condiciones de humedad; sin embargo, en lo que respecta a la producción de vainas por planta, manifiesta una tendencia a presentar los menores promedios. Se puede decir que el comportamiento de estos caracteres es intrínseco de la especie, debido a que el proceso de domesticación en las formas cultivadas, tienden a disminuir la cantidad de frutos por planta e incrementar su tamaño; considerándose a P. vulgaris como

la especie "más evolucionada dentro del género Phaseolus (Hidalgo et al. 1980). Mientras que el frijol Tepari blanco (P. acutifolius se ha comportado generalmente como más prolífico en cuanto a la producción de vainas por planta (Hendry, 1919; Serrano, 1963-1964).

Aún cuando muchos investigadores han invertido una gran cantidad de recursos para controlar el ambiente y proporcionar los tratamientos de humedad en el momento planeado, así como su duración e intensidad (Stoker, 1974 y Bonanno y Mack, 1983; entre otros), los resultados encontrados para el rendimiento y sus componentes han sido diferentes; lo cual se debe por una parte a la variación en la metodología experimental utilizada y por otra, a los genotipos que han estudiado. La respuesta de la planta a un tratamiento específico de humedad difiere de acuerdo a las condiciones ambientales que prevalecen durante el experimento (si el experimento es realizado en un ambiente controlado o bien bajo condiciones de campo) y el genotipo bajo estudio. De tal manera que el efecto de la tensión hídrica sobre la expresión de un componente del rendimiento, depende de la constitución genética del genotipo en estudio; si los componentes del rendimiento en frijol son esencialmente independientes genéticamente (Adams, 1967), la respuesta de los demás componentes puede o no compensar dicho efecto, repercutiendo finalmente en el rendimiento.

Considerando la variabilidad genética que existe en las especies de plantas con reproducción sexual, la plasticidad fenotípica de los caracteres y el grado de interacción con el ambiente, es

difícil establecer un patrón de comportamiento de los componentes del rendimiento. Sin embargo, el efecto de la tensión hídrica en ciertas etapas del desarrollo, como es durante la reproducción, sobre algunos componentes del rendimiento, es similar en una gran cantidad de especies cultivadas.

A manera de conclusión se puede decir que los genotipos LEF-1-RB y PHAACU-125 producen un mayor rendimiento bajo condiciones de humedad adecuada todo el ciclo y con tensión hídrica edáfica durante el período vegetativo. Pero cuando se presenta un déficit en el agua disponible para la planta durante la floración, LEF-1-RB presenta un abatimiento en su rendimiento significativamente mayor que los demás genotipos; presentando una misma tendencia con tensión hídrica en la etapa de postfloración y bajo condiciones de temporal, resultando como el más susceptible a la falta de agua durante la etapa reproductiva.

Los genotipos correspondientes a P. acutifolius presentaron un rendimiento más estable al ser sometidos a los diferentes tratamientos de tensión hídrica, quizá por su amplio período de floración que les permite aumentar la cantidad de vainas que pueden llevar hasta la madurez, compensando el escaso peso y tamaño de su semilla, siendo estos genotipos (PHAACU-102 y PHAACU-125) los más recomendables para ser sembrados bajo condiciones de temporal.

En base al efecto sobre el rendimiento de los tres genotipos, cuando fueron sometidos a tensión hídrica en la etapa reproductiva (floración y postfloración), bajo condiciones de temporal, se puede

decir que el esquema riego-sequía es una técnica apropiada para seleccionar genotipos con potencial de adaptación a las condiciones de temporal de la zona; ya que aplicando tensión hídrica en la etapa más crítica para el cultivo (etapa de reproducción o formación de la vaina) ocurre el mismo efecto sobre el rendimiento que el obtenido en condiciones de temporal.

De acuerdo a la interpretación de los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede decir que no se rechaza la hipótesis experimental que fue planteada, debido a que el efecto de las condiciones de humedad proporcionadas a los genotipos provocaron que el crecimiento final de la planta resultara diferente entre tratamientos de humedad; así mismo, se observó que la eficiencia fisiológica de los genotipos varía de acuerdo a la baja disponibilidad del agua para la planta en las diferentes etapas del desarrollo, manifestándose su expresión sobre el rendimiento de grano.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

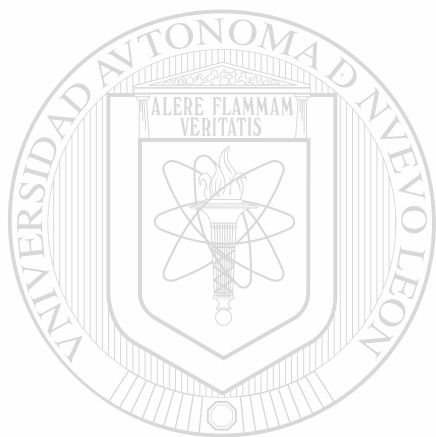
El crecimiento final de los genotipos en estudio, presenta una declinación cuando estos se someten a tensión hídrica que bajo condiciones de temporal; siendo LEF-1-RB y PHAACU-125 los más afectados, manifestándose sobre una caída de hojas y reducción en el peso de las vainas.

Los genotipos de P. acutifolius son los más eficientes fisiológicamente para producir grano. PHAACU-102 presentó una tendencia a incrementar su eficiencia con tensión hídrica en el suelo, mejorando su expresión bajo condiciones de temporal.

El rendimiento producido por LEF-1-RB y PHAACU-125 bajo tensión hídrica en la etapa de prefloración indica que pueden reducirse la cantidad de riegos requeridos durante el ciclo de crecimiento del cultivo de frijol y a la vez se aumentan las posibilidades de incrementar el rendimiento unitario.

Los genotipos sometidos a tensión hídrica edáfica durante las etapas de floración, postfloración y en el tratamiento de temporal disminuyen el rendimiento unitario, manifestándose el efecto sobre el peso de la semilla. Siendo el genotipo de Phaseolus vulgaris L. más sensible a la tensión de humedad en el suelo.

Bajo condiciones de temporal, los genotipos de P. acutifolius producen un mayor rendimiento que el correspondiente a P. vulgaris



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

8. BIBLIOGRAFIA

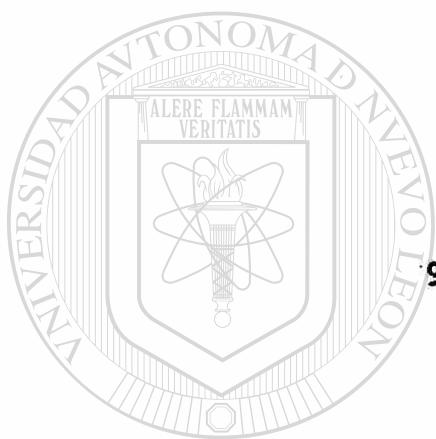
- Adams, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to the field bean, Phaseolus vulgaris. Crop Science 7:505-510.
- Arnon, I. 1979. Physiological principles of dryland crop production. In Physiological aspects of dryland farming. Ed. Gupta, U.S. Editorial Oxford X IBH Publishing Co.
- Begg, J.E. and N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. Adv. Agronomy 28:161-217.
- Biddulph, O. 1969. Mechanism of translocation of plant metabolites. In Physiological aspects of crop yield Ed. Dinaver, R.C. American Society of Agronomy. Crop Science of America. Madison, Wisconsin U.S.A. pp. 143-162.
- Bonanno, A.R. and H.J. Mack. 1983a. Water relations and growth of snap beans as influenced by differential irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5):837-844.
- and . 1983b. Yield components and pod quality of snap beans grown under differential irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5):832-836.
- Boyer, J.S. 1976. Water deficits and photosynthesis. In Water deficits and plant growth Vol. IV Ed. Kozlowski, T.T. Academic Press. pp. 153-190.
- Brown, K.W. and J.C. Thomas. 1980. The influence of water stress preconditioning on dark respiration. Physiol. Plant. 49:205-209.
- Craft, A.S. 1968. Water deficits and physiological processes. In Water deficits and plant growth Vol. II Ed. Kozlowski, T.T. Academic Press. pp. 85-133.
- Curtis, P.W., W.L. Ogren and R.H. Hageman. 1969. Varietal effects in soybean photosynthesis and photorespiration. Crop. Science 9:323-327.
- Charles E., D.A. 1982. Physiological determinants of crop growth Academic Press, Inc. Australia.
- Daubenmire, R.F. 1982. Ecología vegetal. Tratado de autoecología de plantas. Trad. G. Berrondo. Tercera Edición. Editorial Limusa, S.A. México, D.F. pp. 128.

- Doss, B.D., R.W. Pearson and T.R. Howard. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. *Agronomy Journal*. 66:297-299.
- Dubetz, S. and P.S. Mahalle. 1969. Effect of soil water stress on bush beans Phaseolus vulgaris L. at three stages of growth. *Amer. Soc. Hsrt. Sci.* 94:479-481.
- Evans, G.C. 1972. The quantitative analysis of plant growth Dep. Bot. University of Cambridge. *Studies in Ecology* Vol. I. Univ. of California Press. pp. 246, 247, 371-373.
- Fanjul P., L. 1978. Análisis de crecimiento de una variedad de Phaseolus vulgaris L. de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de fotosintatos. Tesis M.C. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Flores L., L.F. 1982a. Efecto de la sequía sobre algunos aspectos reproductivos del frijol (Phaseolus vulgaris L.) *Seminarios Técnicos CIAN-INIA-SARH* 7(6):59-75.
- . 1982b. Flowering, pod-set, yield and matter partitioning of Beans (Phaseolus vulgaris L.) in response to water stress and flower and leaf removal. Tesis Ph.D. University of California, Davis, Calif.
- Florescano, E., C.J. Sancho y A.D.P. Gavilán. 1983. Las sequías en México: historia, características y efectos. *In* *Desierto y Ciencia* edición febrero, Ed. CIQA, Saltillo, Coahuila, México. pp. 16-28.
- Fisher, M. y L.L. Tieszen. 1982. Productividad primaria y análisis de crecimiento. *In* *Desierto y Ciencia* edición especial octubre, Ed. CIQA. Saltillo, Coahuila, México.
- Freeman, G.F. 1912. Southwester beans and teparies. *Agricultural Experiment Station Bulletin* No. 68. College of Agriculture, University of Arizona. Tucson, Arizona, E.U.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2a. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía 246 p.
- Garza R., J.L. y J.M. Araujo H. 1984. Estudio agrológico detallado del Campo Experimental de la FAUANL. Marín, N.L. Tesis Licenciatura. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, N.L.
- Gates, D.M. 1968. Leaf temperature and transpiration. *Agronomy Journal* :273-277.

- Grime, J.P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Trad. C.A. García, F.A. Editorial Limusa, S.A. México.
- Hall, A.E., K.W. Foster and H.G. Wainnes. 1979. Crop adaptation to semi-arid environments. In Agriculture in semi-arid environments. Ed. Hall, A.E.; G.H. Canell and Lawton. New York, E.U. pp. 148-160.
- Hendry, G.W. 1919. Climatic adaptacions of the white tepary bean. Journal of the Amer. Soc. of Agron. 11:247-252.
- Hidalgo R., L. Song y P. Gepts. 1980. Diversidad genética de las especies cultivadas del género *Phaseolus*. Guía de estudio Productor H.F. Ospina O. CIAT, Cali, Colombia.
- Hiller, E.A., C.H.M. Van Bavel; M.M. Hossian and W.R. Jordan. 1972. Sensitivity of southern peas to plant water devidits at three growth stages. Agronomy Journal 64:60-63.
- Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Ed. EDUTEX, S.A., México, D.F.
- _____. 1980. Drought, stress, and the origin of adaptations. In Adaptations of plants to water and high temperature stress. Ed. Turner, N.C. and P.J.K. Kramer. John Wiley and Sons. pp. 7-20.
- Kenneth, J.T., A.E. Hall and C.W. Asbell. 1980. Droughth adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield Agronomy Journal. 72:413-420.
- Lee, K.C.; R.W. Campbell and G.M. Paulsen. 1974. Effects of drought stress and succinc acid-2,2-dimethylhydrazide treatment of water relations and photosynthesis in pea seedlings. Crop. Science 14:279-282.
- Long, S.P. 1982. Fotosíntesis y productividad de la planta total. In Desierto y Ciencia edición especial octubre. Ed. CIQA. Saltillo, Coahuila, México pp. 6-7.
- Magalhaes, A.A. e A.A. Millar. 1978. Efeito do deficit de agua no pereiodo reproductivo sobre a producao do feijao. Pesq. Agropec. Bras. 13(2):55-60.
- Magalhaes, A.A. De, A.A. Millar e E.N. Choudhury. 1978. Efeito do deficit fenológico de agua sobre a producao de feijao. Informe del Centro de Pesquisa Agropecuaria do Tropic Semi-Arido, 15 pp.
- Ong, Ch. K. and C. Marshall. 1975. Assimilatos distribution in *Poa annua* L. Ann. Bot. 39:413-421.

- O'toole, J.C., J.L. Ozbun and D.H. Wallace. 1977. Photosynthetic response to water stress in Phaseolus vulgaris *Physiol. Plant.* 40:111-114.
- Ozbun, J.L. 1978. Photosynthetic efficiency and crop production. *Hort. Science* 13(6):678-679.
- Parker, J. 1968. Drought-resistance mechanism. In Water deficits and plant growth Vol. I. Ed. Kozlowski T.T., Academic Press. pp. 195-234.
- Parsons, L.R. 1979. Breeding for drought resistance: what plant characteristics impart resistance? *Hort. Science* 14(5):590-593.
- _____ and D.W. Davis. 1978. Investigations on drought resistance of Tepary and Kidney beans. *Agron. Abst.* 1978-83.
- _____ and T.K. Howe. 1980. Effects of water stress on osmotic and turgor changes in common beans and the drought resistant Tepary bean. *Plant Physiology (Supl.)* 65(6):7.
- Robins, J.S. y C.E. Domingo. 1956. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. *Agron. Journal* 48:67-70.
- Romero H., L. 1981. El índice de cosecha como criterio de selección para rendimiento en dos poblaciones de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) bajo tres métodos de selección familiar. Tesis M.C. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Sandhu, B.S. and M.L. Horton. 1977. Response of oats to water deficit. II. Growth and yield characteristics. *Agronomy Journal* 69:361-364.
- Serrano P., J.L. 1963-1964. Algunas diferencias fisiológicas y morfológicas de especies y variedades del frijol tolerantes a la sequía. *Agric. Téc. en México* 2(4):161-164.
- Shouse, P., Dasberg, S., W.A. Jury and L.H. Stolzy. 1981. Water deficit effects on water potential, yield, and water use of cowpeas. *Agronomy Journal* 73:333-336.
- Slatyer, R.O. 1967. Plant-water relationships. Academic Press, New York. pp. 283-301.
- _____ 1969. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In Physiological aspects of crop yield. Ed. Dinaver, R.C. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, U.S.A. pp. 53-83.

- Slatyer, R.O. 1973. The effect of internal water status on plant growth, development and yield. In Plant response to climatic factors. Ed. Slatyer, R.O. UNESCO, Paris. pp. 177-191.
- Snyder, F.W. and G.E. Carlson. 1978. Photosynthate partitioning in sugarbeet. Crop. Science 48:657-661.
- Soriano, A. y E.R. Montaldi. 1980. Relaciones hídricas. In Fisiología Vegetal. Ed. Sivori, E.M., E.R. Montaldi; y O.H. Casp. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp. 361-371.
- Stoker, R. 1974. Effect on dwarf beans of water stress at different phases of growth. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 2:13-15.
- Thomas, C.V., R.M. Manshardt and J.G. Waines. 1983. Teparies as a source of useful traits for improving common beans. In Desert Plants. Ed. Nabhan., G.P. University of Arizona 5(1):43-48.
- Thornely, J.H.M. 1969. A model to describe the partitioning of photosynthate during vegetative plant growth. Ann. Bot. 33:419-430.
- Vaadia, Y., F.C. Raney and R.M. Hagan. 1961. Plant water deficit and physiological processes. Am. Rev. Plant. Physiology 12:265-292.
- Villarreal M., A.G. 1981. Resistencia a la sequía V. condicionamiento a la sequía en frijol (Phaseolus vulgaris L.) ajustes morfológicos y osmóticos. Tesis M.C. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Voyses V., O. 1978. Agua: relaciones y manejo. Tópico presentado en el curso intensivo de producción de frijol en el CIAT. Cali, Colombia.
- Zavala G., F. 1982. Interrelación entre los caracteres fisiotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano (Sorghum bicolor (L.) Moench). Tesis M.C. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.



9. **APENDICE**

UANL

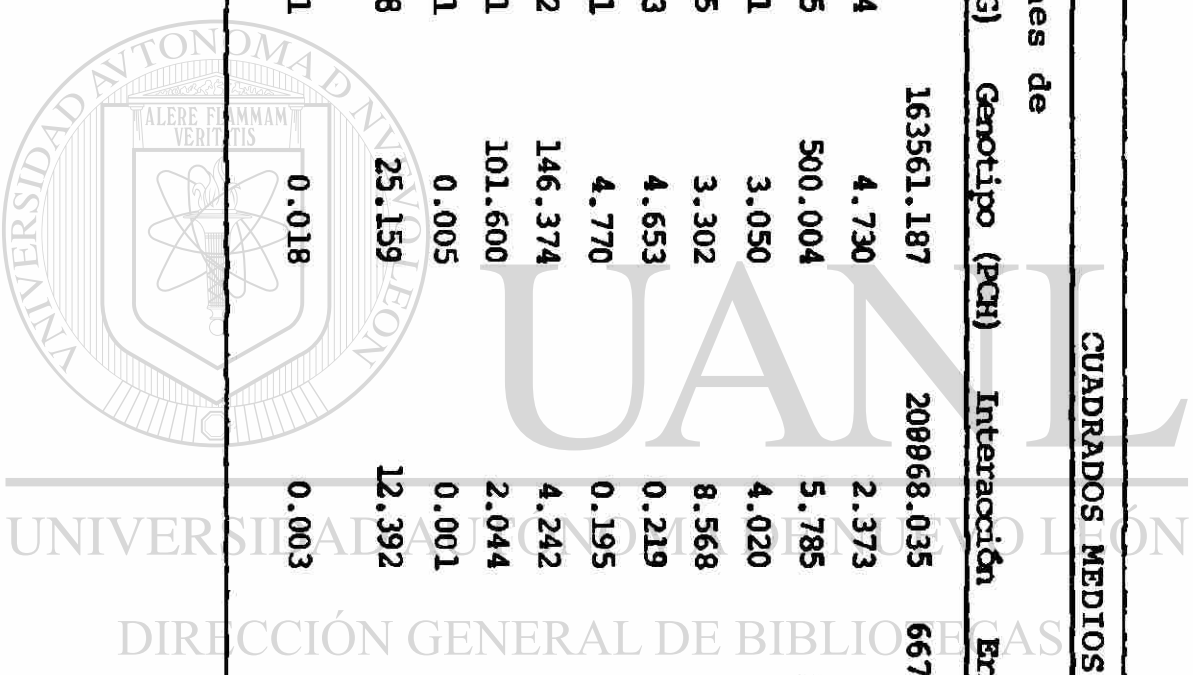
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuadro 1a. Concentración de los análisis de varianza para los variables medidas después de la cosecha.

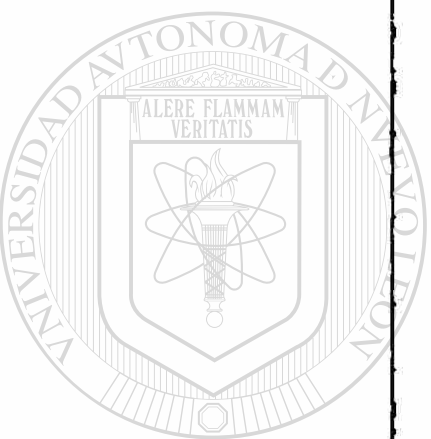
VARIABLE	CUADRADOS MEDIOS				COEFICIENTES DE VARIACION			
	Condiciones de Humedad (PG)	Genotipo (PCH)	Interacción	Error PG	Error PCH	PG	PCH	
Rendimiento unitario	1253204.84	163561.187	208968.035	66785.328	20435.96	16.49	9.12	
Rendimiento por planta	40.684	4.730	2.373	3.227	5.401	19.11	24.72	
Total de vainas por planta	25.835	500.004	5.785	12.146	12.997	20.94	21.72	
Vainas vanas por planta	1.071	3.050	4.020	0.948	1.107	53.51	57.83	
Peso de las vainas	68.645	3.302	8.568	6.337	8.545	20.57	23.88	
Peso seco de las valvas	3.393	4.653	0.219	0.579	0.512	27.09	25.48	
Semillas por vaina	0.111	4.770	0.195	0.059	0.056	4.31	4.21	
Peso de 100 semillas	10.852	146.374	4.242	0.687	0.633	5.98	5.83	
Volumen de 100 semillas	6.411	101.600	2.044	1.119	0.77	9.51	7.89	
Peso específico	0.001	0.005	0.001	0.005	0.003	5.96	5.02	
Peso seco total de la planta a la cosecha	171.898	25.159	12.392	8.296	15.725	16.49	22.70	
Indice de cosecha	0.001	0.018	0.003	0.001	0.000	6.59	5.20	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuadro 2a. Concentración de los análisis de varianza para el peso seco total de la planta en cada muestreo.

VARIABLE	CUADRADOS MEDIOS			COEFICIENTES DE VARIACION			
	Condiciones de Humedad (PG)	Genotipos (PCH)	Interacción	Error PG	Error PCH	PG	PCH
PSTP Muestreo 1	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000	0.00	0.45
PSTP Muestreo 2	0.000	0.272	0.000	0.000	0.000	0.00	6.60
PSTP Muestreo 3	0.000	0.674	0.000	0.000	0.000	0.00	13.10
PSTP Muestreo 4	0.003	1.643	0.062	0.340	0.142	44.22	28.56
PSTP Muestreo 5	0.134	0.382	0.039	0.686	0.511	30.92	26.68
PSTP Muestreo 6	8.745	3.169	0.435	2.526	0.331	39.15	14.18
PSTP Muestreo 7	16.648	31.686	5.935	6.635	1.843	28.87	15.22
PSTP Muestreo 8	14.465	51.470	10.443	23.847	9.859	39.35	25.29
PSTP Muestreo 9	68.169	28.700	32.871	56.315	15.185	45.48	23.61
PSTP Muestreo 10	944.92	64.147	30.012	17.870	24.295	26.55	30.96



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

10202

