

2ej
209-A



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

RESISTENCIA A LA SEQUIA XVII. EVIDENCIAS
EXPERIMENTALES PARA DETERMINAR "SEQUIA" EN
DOS VARIEDADES DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

p r e s e n t a

NORA LILIA VASCO MENDEZ

Asesor de tesis: Dr. ALFONSO LARQUE SAAVEDRA



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

PAGINAS

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION BIBLIOGRAFICA	2
	1.- Contenido de agua en las plantas	6
	2.- Importancia del agua dentro de la planta	7
	3.- Transpiración	7
	4.- Definiciones de transpiración	8
	5.- ¿ Que papel desempeña la transpiración ?	8
	6.- Sequia	11
	7.- ¿ Que es la sequia ?	11
	8.- Clasificación de las plantas en base a su comportamiento frente al deficit de agua	20
	9.- Mecanismos de resistencia a la sequia	
	10.- Algunas tecnicas para la medición del potencial de agua de las plantas y sus componentes	22
	11.- Características del material genético utilizado	26
III.	PLANTEAMIENTO E HIPOTESIS	26
IV.	OBJETIVOS	
V.	MATERIALES Y METODOS	
	1.- Material genético	
	2.- Siembra	28
	3.- Riego	28
	4.- Diseño	28
	5.- Mediciones	29
	6.- Asignación de tratamientos	31
	7.- Cosecha	31
	8.- Patógenos	32
VI.	RESULTADOS	33
	1.- Experimento 1	33
	a) curva de respuestas al contenido de agua	33
	b) peso de grano	36
	c) biomasa	36
	d) número de granos buenos	40
	e) número de vainas buenas	40
	2.- Experimento 2	43
	a) curva de respuesta al contenido de agua	43
	b) peso de grano	44
	c) biomasa	47
	d) número de granos buenos	47
	e) número de vainas buenas	50
	3.- Experimento 3	52
	a) curva de respuesta al contenido de agua	52
	b) peso de grano	53
	c) biomasa	55
	d) número de granos buenos	55
	e) número de vainas buenas	58

	PAGINAS
4.- Experimento 4	58
a) curva de respuesta al contenido de agua	58
b) peso de grano	61
c) biomasa	63
d) número de granos buenos	63
e) número de vainas buenas	66
V: I DISCUCION Y CONCLUSIONES	66
VIII BIBLIOGRAFIA	72
IX APENDICE	77

I. INTRODUCCION

Al inclinarse sobre el agua para observarla, la ciencia ve reflejada su propia imagen, reconstruye su historia, replantea sus problemas, prueba sus métodos y pone de manifiesto, al mismo tiempo que las propiedades del agua y de la materia, la naturaleza del conocimiento científico (Kenneth adn Day, 1977).

Por consiguiente, el agua no es sólo una sustancia, sino también una idea científica. Los autores explican por un lado, las propiedades físicas y químicas, su estructura molecular, su ciclo en la naturaleza, su importancia en el origen y mantenimiento de la vida, los problemas de irrigación, erosión etc; por otro lado, pasan revista a las teorías antiguas y modernas acerca del agua y muestran cómo los avances del conocimiento ponen de manifiesto, cada vez más, la íntima relación que existe entre todos los fenómenos de la naturaleza (Kenneth and Day, 1977).

El agua es la sustancia más común en la tierra y es necesaria para todas las formas de vida. En la superficie de la porción de tierra de nuestro planeta y en un período largo de tiempo, la provisión de agua dulce es igual a la precipitación que es de 670 mm anuales, en promedio; alrededor del 70% de esta precipitación es evapotranspirada y regresada a la atmósfera en forma de vapor, desempeñando el suelo un papel clave en

la retención y almacenamiento del porcentaje de agua restante (Millar, Turk and Forth, 1979).

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Contenido de agua en las plantas

Consideramos el papel vital desempeñado por el agua como custodio y transportador de energía. Una masa de agua en movimiento (un río), lleva consigo gran cantidad de energía como para realizar un trabajo (poner en marcha un molino), a esta cantidad de energía cedida por el agua en movimiento para realizar un trabajo, en términos de fisiología vegetal se le llama potencial hídrico, la cual se define según Fitter and Hay (1981), como la energía libre por unidad de volumen de agua, y se asume que el potencial del agua pura es cero bajo condiciones estándar. Debido a que la energía por unidad de volumen presenta las mismas dimensiones que la presión, entonces los potenciales de agua son expresados en unidades de presión como barías o Pascales (Pa). Sus equivalencias son:

$$1 \text{ baria} = 10^5 \text{ Pa} = 10^6 \text{ ergs cm}^{-3} = 0.987 \text{ atm} = 10^6 \text{ dinas cm}^2 = 29.53 \text{ pulg. Hg.} = 14.69 \text{ lb/in}^2$$

El potencial hídrico de la planta (Ψ) presenta varios componentes que son:

- ψ_s = potencial osmótico
- ψ_m = potencial matricial
- ψ_p = potencial de presión

que conforma la siguiente ecuación:

$$\Psi = \psi_s (-) + \psi_m (-) + \psi_p (+) \quad (\text{Fitter and Hay, 1981})$$

cuyos componentes explicaremos a continuación:

ψ_s .- Es la reducción del potencial del agua debido a los solutos disueltos principalmente en la vacuola (negativo).

ψ_m .- Es la reducción del potencial del agua debido a las fuerzas matriciales (negativo).

ψ_p .- Es el incremento del potencial del agua por la presión hidrostática (positivo)

Bidwell 1974 citado por Villarreal, 1978 indica que el agua de la planta siempre se mueve hacia un nivel de energía más bajo, dando energía a medida que se mueve. De esto se desprende que la parte más alta de la planta tiene un potencial de agua más negativo en comparación con el resto de la planta.

Se plantea en este trabajo que la transpiración y conductancia o resistencia estomática, puedan ser indicadores cuantitativos del inicio del estrés hídrico (sequía) que afecta el rendimiento económico del frijol, proponiendo la definición de estrés hídrico o sequía, como aquel momento en que la transpiración alcanza valores entre $0-1 \mu\text{g H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

IV. OBJETIVOS

- Cotejo de la definición de sequía propuesta en base a un parámetro fisiológico de la planta, que es el que define sequía, como aquel momento cuando la transpiración alcanza valores entre $0-1 \mu\text{g H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

- Cotejo experimental del efecto de dicha "sequía" en algunos componentes del rendimiento en dos variedades de frijol *Phaseolus vulgaris* L.

V. MATERIALES Y METODOS

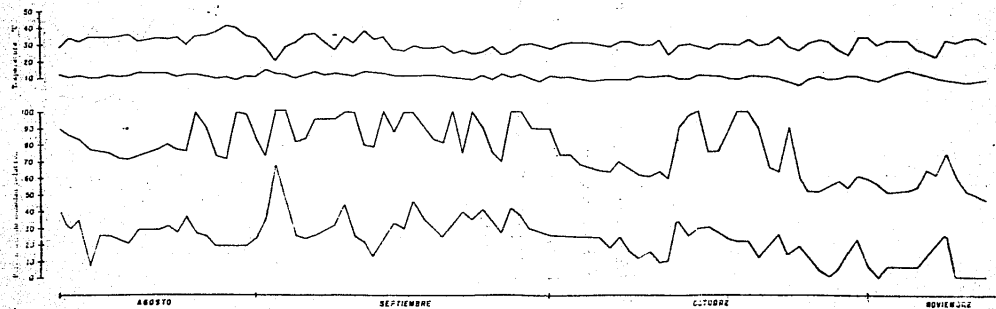
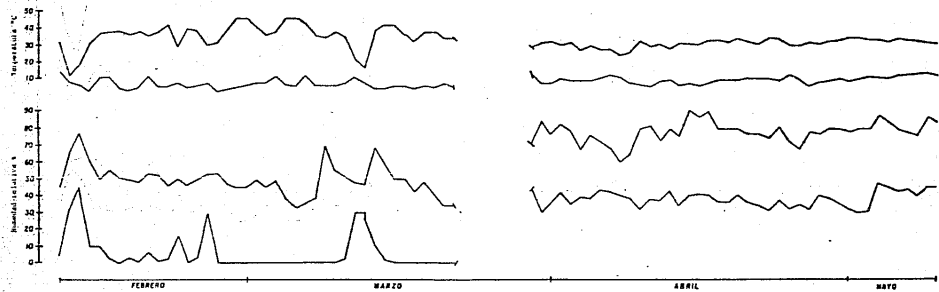
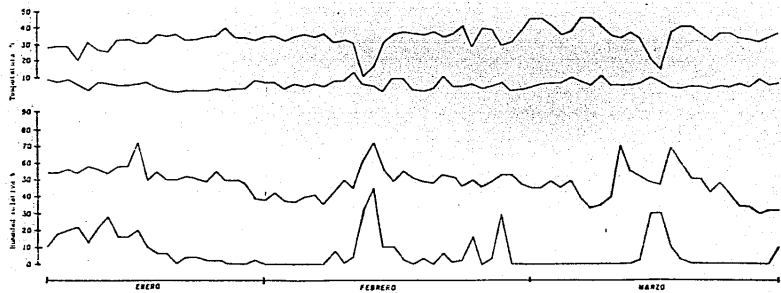
Los experimentos fueron realizados bajo condiciones de invernadero, en el Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, durante el año de 1983.

1. Material genético

El material genético se obtuvo del acervo de germoplasma



Figura 1. Temperatura y humedad relativa de los tres primeros experimentos, donde A Cacahuete 72 B Michoacán 12-A-3 y C Michoacán 12-A-3. Cada punto representa el valor obtenido por día.



2. Importancia del agua dentro de la planta

a) Es un elemento esencial del protoplasma, ya que constituye del 80 al 90% del peso fresco de la mayoría de las partes de las plantas herbáceas, es una parte tan importante del protoplasma como las moléculas proteínicas que constituyen el almacén protoplásmico; una reducción del contenido hídrico por debajo de cierto nivel se acompaña de cambios en la estructura y finalmente de la muerte.

b) Es un disolvente en el cual gases, minerales y demás solutos penetran en las células vegetales y pasan de una célula a otra y de un órgano a otro, la permeabilidad al agua de la mayoría de las paredes y membranas celulares tiene por resultado una fase líquida continua que se extiende por toda la planta en la que se produce un desplazamiento de solutos de todo género.

c) Es el reactivo de muchos procesos importantes, incluyendo la fotosíntesis y procesos hidrolíticos tales como la hidrólisis del almidón en azúcar; es tan esencial en este papel como el bióxido de carbono.

d) Conservar la turgencia tan esencial para el ensanchamiento y crecimiento de las células y para el mantenimiento de la forma de las plantas herbáceas. La turgencia es también importante para la apertura de los estomas y los movimientos de las hojas, y de los pétalos de las flores y de diferentes estructuras

turas vegetales especializadas. Una cantidad insuficiente para conservar la turgencia, tiene por resultado una reducción inmediata del crecimiento vegetativo.

3. Transpiración

Sólo una pequeña porción de agua absorbida del suelo es retenida permanentemente por la planta, el resto se pierde principalmente por evaporación al aire (transpiración).

Muchas plantas herbáceas transpiran varias veces su propio volumen de agua en un solo día. Se ha calculado que un cultivo de maíz puede transpirar suficiente agua como para cubrir el campo a una profundidad de 38 cm durante su etapa de desarrollo y la tasa de transpiración de un bosque decídúo probablemente es aún mayor (Cronquist, 1977).

La presencia universal de la transpiración de las plantas terrestres ha llevado a la suposición de que debe tener algún valor y se han sugerido varios. Sin embargo, en la actualidad se cree que la transpiración es solo un mal necesario. El intercambio de gases necesario para la fotosíntesis requiere una exposición de las superficies húmedas de las células al aire y la exposición inevitablemente da como resultado la transpiración. En lugar de ser útil, la transpiración es uno de los peligros ambientales más serios para el crecimiento de las plantas terrestres (Cronquist, 1977).

De no ser por la pérdida de agua por la transpiración, un poco de lluvia o riego bastaría para suministrar el agua suficiente para el crecimiento de toda una cosecha (Kramer, 1974).

4. Definiciones de transpiración

- Es la evaporación del agua de la planta (Salisbury, 1978)
- Es la pérdida de agua de las plantas en forma de vapor (Kramer, 1974).
- Es simplemente la evaporación de humedad desde la superficie de la planta (Miller, Turk y Foth, 1979).
- Es la difusión de agua en forma de vapor producida por la radiación neta absorbida por la planta (Gates, 1966 citada por Levitt 1974).
- Es la pérdida de agua a la atmósfera en forma de vapor por las partes vivas y es un proceso fisiológico promovido por los factores atmosféricos pero controlados biológicamente (Mojarro, 1977).

Así todos los autores están de acuerdo en que la transpiración es: la pérdida de agua en forma de vapor por la planta viva.

5. ¿Qué papel desempeña la transpiración?

Cuidadosas investigaciones han revelado que la transpiración per se presenta algunos beneficios para la planta. En mu

chos de estos casos, le es posible a la planta desarrollarse sin transpiración, pero cuando la transpiración se lleva a cabo, se muestran algunos beneficios (Salisbury, 1978).

La absorción de los nutrientes por la raíz se lleva a cabo típicamente por la raíz de acuerdo al flujo de transpiración, pero no necesariamente este flujo se da por la transpiración, sino que hay un movimiento interno llamado translocación, el cual se da aunque la transpiración se reduzca considerablemente, sin embargo el calcio necesita un flujo activo de transpiración (Salisbury, 1978).

Algunas plantas no crecen bien cuando hay 100% de transpiración, esto puede deberse a que el mejor funcionamiento de las células se da cuando hay déficit de agua. Esto es, que debe haber un "óptimo de turgencia" en las células. Si no se permite que la transpiración se presente, las plantas estarán siempre sobre turgentes y esto no le permite que crezcan tan bien como cuando hay estrés de agua (Salisbury, 1978).

La turgencia y la transpiración de la planta se encuentran relacionadas, ya que al disminuir la turgencia hasta cierto punto se empiezan a cerrar los estomas y con esto se disminuye la tasa de transpiración.

En las investigaciones de Brilliant (1924, citado por Villarreal, 1978) se reporta que un contenido de agua reducido entre el 5 y 15%, lleva a la fotosíntesis a su máxima capacidad,

mientras que un 50% del contenido de agua, reduce la fotosíntesis a su mínimo nivel.

Por años los fisiólogos vegetales han argüido que la transpiración es necesaria para enfriar las hojas cuando se empiezan a calentar por el sol y ciertamente sí lo es, pero no es la única forma de mantener la temperatura en equilibrio con el medio ambiente, sino que también es posible por medios físicos como lo es la radiación y la convección, lo cual se ha estudiado cuando se han desarrollado plantas en atmósferas con 100% de humedad relativa y la transpiración es prácticamente nula (Salisbury, 1978).

De la energía solar que llega a una hoja el 19% es reflejada, el 30% transmitida, 51% absorbida, de esta última el 1% es utilizada en la fotosíntesis y el 50% en transpiración (0.5%) (Caprio, 1981).

La transpiración no solamente se reduce cuando la planta se desarrolla en una atmósfera con 100% de humedad, sino también cuando la planta empieza a padecer déficit de agua. Este déficit o falta de agua puede deberse a la falta de agua disponible para la planta en el suelo o bien cuando la humedad relativa del medio ambiente es muy baja y la planta pierde mucha más agua que la que puede tomar del suelo, de tal forma que se disminuye la transpiración por el cierre de los estomas como un mecanismo regulador de la planta contra la desecación. Esta

última es temporal ya que sólo dura hasta que se reestablezca nuevamente el equilibrio hídrico en la planta.

6. Sequía

Cerca de una tercera parte del potencial de tierras arables en el mundo sufre de un inadecuado suplemento de agua y mucha de la producción de los campos es reducida periódicamente (Kramer, 1980). En nuestro país el 85% de las tierras arables son de temporal, es decir, están sujetas a precipitaciones variables y con ésto a periodos variables de sequía.

7. ¿Qué es la sequía?

Según la definición del diccionario es la falta de lluvia, tiempo seco de larga duración. Pero podemos encontrar muchas más definiciones desde varios puntos de vista como:

Económico

- Se menciona que muchos granjeros no hablan de sequía hasta que se vea afectada su estabilidad económica (Palmer, 1964 citado por Paleg and Aspinall, 1981).

Metereológico

- La sequía es un sostenido período de tiempo sin suficiente

lluvia (Lansley, 1977 citado por Paleg and Aspinall, 1981).

- Es un período de tiempo donde el monto de la precipitación está por debajo del porcentaje designado como media del año (Katz y Glantz, 1977 citado por Paleg and Aspinall, 1981).

- Es definido comúnmente como un período significativamente largo sin lluvia (Turner, et al. 1978).

Ambiental

- Es un estrés ambiental de suficiente duración para producir un déficit de agua o estrés, con lo cual causa disturbios en los procesos fisiológicos (Kramer, 1980).

- Es un concepto ambiental que indica falta de agua. Es un concepto físico que no incluye en su definición la presencia de seres vivos, en la dimensión biológica se acepta que donde no hay agua, no hay vida (Larqué-Saavedra, 1983).

Meteorológico y ambiental

- Es un evento meteorológico y ambiental, definido vagamente como la ausencia de lluvia por un período de tiempo lo suficientemente largo para causar disminución en la humedad del suelo y daño a la planta (Kramer, 1980).

Agronómico

- Puede ser el resultado de cualquier combinación de los factores físicos del medio ambiente que produce un suficiente estrés interno de agua en la planta que limita su producción (Larson and Eastin, 1971).

- Es la condición que existe cuando hay insuficiente agua disponible para un cultivo (Van Bavel y Werhnd citado por Kramer, 1980).

- El déficit de agua en las plantas (estrés de agua), es la causa principal de la variación en la producción agrícola y la razón de que no se alcancen los rendimientos potenciales en los diferentes cultivos (Ritchie, 1980 citado por Mojarro, 1977).

Ambiental y vegetal

- La ocurrencia de un déficit substancial de agua en el suelo, atmósfera o planta (Hall and Schulze, 1980).

- Es una reducción del agua del suelo o de la presión de vapor ambiental que afecta los procesos fisiológicos de los organismos vegetales (Larqué-Saavedra, 1983).

- Es un factor ambiental que produce un déficit de agua o

estrés en la planta (Kramer and Koslowiski 1979, citado por Mojarro, 1977).

Vegetal

- Cuando la planta ha estado sometida a déficit hídrico inicia ajustes internos como son: el cierre de estomas, la disminución de fotosíntesis y transpiración, la detención de la división celular, las alteraciones en el nivel hormonal y en general detiene su crecimiento por la falta de agua, se dice que en dicha planta ocurre una sequía (Larqué, 1977 citado por Mojarro, 1977).

En años recientes los biólogos han adoptado el término "estrés" para cualquier factor ambiental potencialmente desfavorable para los organismos vivos (Levitt, 1980), en base a esta terminología tenemos otras definiciones:

- El estrés de agua ha sido definido como un decremento en el potencial de agua (Ψ) del tejido (Slatyer, 1967), citado por Mussel and Straples, 1979).
- El estrés de agua es un déficit que se genera como consecuencia de un exceso de transpiración que sobrepasa la velocidad de absorción y que agota el agua de los tejidos que circundan al xilema (Begg an Turner, 1976, citado por Villarreal, 1981).

- El estrés de agua es definido como la falta de suficiente agua, para mantener la máxima tasa de crecimiento y producción (Raper and Kramer, 1983).

- La definición de estrés de agua según Catsky (1965 citado por Villarreal, 1978) es una deficiencia, resultado de la interacción del suelo, la demanda atmosférica y la planta.

- El estrés de agua es un término muy impreciso que indica que el contenido de agua de las células ha caído por debajo del valor óptimo y causado algún grado de disturbio metabólico (Fitter and Hay, 1981).

El estrés de agua puede ser considerado tanto como una insuficiencia o como una excesiva actividad de agua en el medio ambiente de la planta; por lo tanto para evitar confusiones es mejor nombrarlo como estrés por déficit de agua (Levitt, 1980).

Dice Kramer 1963, 1969 (citado por Sullivan 1971), que el progreso en la investigación en sequía se ha rezagado, por que mucha de la investigación pasada en respuestas de la planta al estrés de sequía ha sido basada en la humedad del suelo, más que en el estatus de agua en la planta.

Se puede observar que la mayoría de las definiciones van enfocadas a la cantidad de agua en el suelo y atmósfera en primer término y en segundo a la planta.

Se ha definido a la sequía como un prolongado clima seco, lo que nos da una idea de que es una definición meteorológica, que implica un déficit de lluvias. Una sequía en los trópicos húmedos pueden constituir un diluvio en zonas áridas (Paleg and Aspinall, 1981).

Una cierta cantidad de agua que pudiera ser suficiente bajo condiciones ordinarias, puede ser insuficiente en un día seco y especialmente cálido y una cierta tasa de transpiración que pudiera ser adecuada bajo condiciones ordinarias, podría ser demasiado alto si el suelo está más seco que lo usual (Cronquist, 1977).

Aunque el estrés por déficit de agua en la planta siempre acompaña a la sequía, esto puede ocurrir en ausencia de sequía, puede deberse a una excesiva transpiración o porque la absorción de agua es inhibida por enfriamiento del suelo, un exceso de

sal en el suelo, deficiente aireación o daño en el sistema radical (Kramer, 1980).

De aquí se puede concluir que sequía y estrés por déficit de agua son dos conceptos diferentes, que a menudo son utilizados indistintamente.

El grado de déficit de humedad en el suelo que tiene influencia en la planta, depende de la presión de vapor ambiental, aunque también de las características de la planta, como la toma de agua, la tasa de transpiración y la respuesta de la planta al déficit generado (Paleg and Aspinall, 1981).

El grado de estrés de agua en la planta o déficit, depende de la planta misma, de la magnitud de su potencial de agua y la turgencia celular, los cuales se reducen por debajo de los niveles óptimos (Kramer, 1980).

La sequía no necesita ser prolongada para afectar las producciones. De hecho la sequía o estrés de agua por solamente un día puede tener algunos efectos, si el estrés es lo suficientemente largo (Paleg and Aspinall, 1981).

Desde hace 10 años o más, ha habido un creciente interés en los efectos producidos por estrés de agua en varias etapas del desarrollo de la planta, sus efectos en los componentes del rendimiento y los mecanismos fisiológicos que causan las bajas

en el rendimiento, por el incremento del estrés de agua en el suelo y la planta (Raper and Kramer, 1983).

Hsiao 1973 describe 3 clases de estrés en una célula típica:

Estrés ligero. Pocas barias abajo del potencial normal.

Estrés moderado. Poco menos que el anterior, hasta -12-15 barias.

Estrés severo. Menor de - 15 barias

Menciona también que es difícil determinar los efectos de cada uno de estas clases de estrés en células individuales, ya que el estrés puede tener un gran efecto en la fisiología del tejido como un todo. En particular el estrés suave o moderado causa cierre estomatal en las hojas de muchas especies, de modo que se corta el suplemento de bióxido de carbono al mesófilo. El crecimiento de la célula y la hoja es altamente sensible al estrés de agua, ya que la expansión celular es causada por la presión de turgencia sobre las paredes celulares (Greacen and Oh, 1972, citado por Fitter and Hay, 1981).

Al aumentar el estrés de ligero a moderado los procesos bioquímicos de la célula son afectados. La biosíntesis de proteínas y clorofila se afectan un poco en el estrés ligero, mien

tras que en condiciones de estrés moderado el nivel de nitrato reductasa, el metabolismo de las hormonas del crecimiento y la asimilación del bióxido de carbono empiezan a ser afectados. Del estrés moderado al severo, se asocian severos disturbios en el metabolismo de la planta ya que se incrementa la acumulación de prolina y azúcares (Fitter and Hay, 1981).

Dependiendo de la severidad del estrés, estos efectos pueden reducir la habilidad de la planta o sobrevivir y reproducirse (Fitter and Hay, 1981), además de su repercusión en la producción.

Este estado predispone a la planta a ser atacada por enfermedades e insectos, limita a la planta en su crecimiento y reduce en calidad y cantidad la producción de la planta (Davies Mansfield and Orton, 1978).

Para entender como el estrés afecta los componentes del rendimiento, se han realizado múltiples estudios. Cuando un rango de niveles de estrés es aplicado a cada uno de los cuatro períodos de desarrollo reproductivo, el número de semillas, el número de vainas cosechadas y número de vainas por nudo, decrece cuando incrementa el grado de estrés. El peso de la semilla se reduce por el estrés ocurrido (Monet. et al citado por Raper and Kramer, 1983).

En los estudios realizados con frijol de soya en varias

etapas del desarrollo, en donde se ha limitado el suplemento de agua en la temprana floración, se redujo el rendimiento en un 30% aproximadamente, en tanto que en la etapa de floración y maduración, se redujo en 50% aproximadamente (Doss. et al. 1974 citado por Raper and Kramer, 1983). El estrés durante la floración incrementa el aborto de flores y vainas; el estrés durante el llenado de grano reduce el rendimiento y tamaño de semilla. (Martín, et al. 1979; Constable and Hearn, 1978, citado por Raper and Kramer, 1983).

La humedad en el suelo durante la etapa de desarrollo de prefloración, puede producir un monto grande de materia seca sin afectar la producción. Ciertamente no hay una proporcionalidad entre la masa vegetativa y la producción final. Empezando la irrigación durante el período reproductivo se presentan pequeños efectos en el peso seco, pero se incrementa el número de vainas y tamaño de semilla cuando se compara con el control no regado (Raper and Kramer, 1983).

6. Clasificación de las plantas en base a su comportamiento frente al déficit de agua.

La irregularidad en los aportes de agua para la planta la han obligado a desarrollar mecanismos que le permitan conservar la (Milbum, 1979 citado por Villarreal, 1981).

La resistencia a la sequía en su terminología total se refiere a la habilidad de sobrevivir bajo condiciones no favora

bles de humedad durante algunas fases del ciclo de vida y en última instancia crecer y producir grano. Resistencia a la sequía incluye dos mecanismos que son: tolerancia y escape. La tolerancia es la habilidad de las células para sobrevivir o llevar a cabo sus funciones aunque el tejido esté desecado (tolerancia a la desecación). Escape a la sequía incluye cualquier mecanismo para mantener un nivel alto de humedad en el tejido; es la habilidad de obtener agua o la habilidad para reducir la pérdida de agua o ambas.

Han sido identificados tres tipos de resistencia a la sequía. La siguiente clasificación cubre los mecanismos de todas las plantas y es una modificación de la tabla presentada por Turner 1979 citado por Paleg y Aspinall, 1981.

9. Mecanismos de resistencia a la sequía

Escape a la sequía:

- a) Desarrollo fenológico rápido
- b) Desarrollo plástico

Tolerancia a la sequía con alto potencial de agua en el tejido:

- a) Mantenimiento de la toma de agua

- i) Incremento de tamaño de raíz
- ii) Incremento en la conductancia hidráulica a la raíz
- b) Reducción en la pérdida de agua
 - i) Reducción en la conductancia epidérmica
 - ii) Reducción en la radiación absorbida
 - iii) Reducción en la superficie de evaporación

Tolerancia a la sequía con bajos potenciales de agua en el tejido:

- a) Mantenimiento del turgor
 - i) Acumulación de solutos
 - ii) Incremento en la elasticidad de la pared celular
- b) Tolerancia a la desecación
 - i) Resistencia protoplásmica

10. Algunas técnicas para la medición del potencial de agua en la planta y sus componentes (tomados de Sullivan, 1971 y Kozłowski, 1976).

Para la medición del potencial total de agua en la planta y sus componentes, se han desarrollado últimamente tanto técnicas directas como indirectas, las técnicas directas son las que se basan en la definición del potencial de agua y las indirectas aquellas que mediante la medición de otros parámetros se pueden relacionar con el potencial de agua.

Algunos componentes pueden ser medidos más fácilmente que otros, porque se pueden separar y medir directa o indirectamente,

de esta forma el potencial total de agua se puede inferir de la suma de cada uno de sus componentes.

De los componentes más fácilmente medibles del potencial de agua tenemos: el potencial osmótico y el potencial de presión y tomando en cuenta que el potencial matricial es muy reducido, prácticamente podemos obtener el potencial de agua total. Mencionaremos algunas técnicas de medición:

- Contenido relativo de agua (CRA) o turgencia relativa (RT); relaciona el contenido de agua de la planta con un porcentaje del peso fresco o peso seco de la misma, así tenemos que:

$$\frac{\text{Peso turqido-peso fresco}}{\text{Peso turqido-peso seco}} \times 100 = \text{"Déficit de agua"}$$

Es una técnica de laboratorio sencilla que requiere el material vegetal a la mano.

- Equilibrio de vapor es una técnica de laboratorio que consiste en pesar muchas muestras de tejido que entrarán en equilibrio de presión de vapor, con una serie de soluciones con potenciales de agua ya conocidos, dentro de cámaras selladas por un tiempo definido; la muestra de tejido que no cambie de peso nos dará el potencial de agua que presenta la planta ya que dicho tejido presenta igual potencial que la solución.

- Presión de vapor, se mide la presión de vapor de agua en el aire de una cámara sellada, en donde previamente se ha colocado una muestra de tejido que entra en equilibrio hídrico con el medio ambiente. Este es el principio básico de las termocuplas psicrometro. Con este método se pueden hacer mediciones tanto de potenciales de agua, como de potenciales osmóticos, es un método de laboratorio relativamente caro que requiere bastante tiempo.

- Bomba de presión, se corta una hoja, tallo o rama pequeña de la planta, se coloca dentro de una bolsa de plástico y se introduce en el cilindro de la bomba de presión, cuidando que el extremo cortado quede unos milímetros fuera de la tapadera. Cuando la presión ejercida es la suficiente como para expulsar la savia que se encuentra en el xilema, observándose ésto sobre el corte del peciolo de la hoja, tallo o ramita se ha llegado al potencial de agua de dicha planta. Esta técnica puede ser realizada en el campo, sin embargo lleva consigo una lesión de la planta.

- Depresión del punto de congelación, este método se basa en la medición de la depresión del punto de congelación inicial del hielo formado externamente en las células, antes de ocurrir el congelamiento intracelular.

Se menciona que este punto depende del potencial total de agua en la planta. Una vez que los cristales penetran,

la célula pierde el turgor. Esta técnica puede realizarse en el campo mediante un depresor del punto de congelación termoeléctrico portable, pero lesionando la planta.

- Potencial osmótico, para estimar el potencial osmótico de la savia se puede utilizar entre otros la depresión del punto de congelación y presión de vapor explicados anteriormente.

- Cierre estomatal y resistencia a la difusión, el cierre estomatal durante el día, es usualmente un indicador de estrés por déficit de agua, para evaluar este parámetro se encuentran varios métodos entre los cuales tenemos impresiones de hojas o partes de ella con silicón, resina acrílica, etc., las cuales pueden ser observadas al microscopio, otro método que ha venido incrementando su uso es el porómetro, con el cual se puede medir la resistencia a la difusión y difusión de gases en la hoja. Ambos métodos pueden ser usados en el campo.

En particular este último fue el utilizado en este trabajo de tesis, si se desea ahondar más en su funcionamiento y uso se sugiere consultar a Nava, 1984.

11. Características del material genético utilizado

Phaseolus vulgaris L. Var. Cacahuate 72. Es un híbrido al cual se le desconocen progenitores, presenta crecimiento determinado tipo mata, con flores de color blanco en racimos florales terminales y axilares, semillas de color bayo-jaspeado, con ciclo vegetativo de 72 a 92 días, la emergencia ocurre a los 10 días después de la siembra y la floración a los 41 días, el número promedio de hojas en el tallo principal es de 7 (Sevilla, 1983).

Phaseolus vulgaris L. Var. Michoacán 12-A-3. Proviene de una colecta original del municipio de Briceña (Michoacán) colectada en 1950, al cual se le hizo una selección, presenta crecimiento indeterminado tipo semiguía, con flores de color morado en racimos axilares, su ciclo vegetativo es de 129 a 152 días, semillas de color negro, la emergencia ocurre a los 10 días después de la siembra y la floración a los 60 días, el número promedio de hojas en el tallo principal es de 14 (Sevilla, 1983).

III. PLANTEAMIENTO E HIPOTESIS

Se menciona que una reducción del contenido hídrico por debajo de "cierto nivel" puede acarrear graves problemas a la planta, pero ¿cuál es este nivel?.

del Laboratorio de Fisiología Vegetal del Colegio de Postgraduados. Dicho material fue:

Phaseolus vulgaris L. var. Cacahuatate-72
var. Michoacán-12-A-3

Se llevaron a cabo cuatro experimentos:

Primer experimento. Realizado con *Phaseolus vulgaris* L. var. Cacahuatate-72, durante el período de invierno (10 enero-25 marzo).

Segundo experimento. Realizado con *Phaseolus vulgaris* L. var. Michoacán-12-A-3, durante el período invierno-primavera (10 febrero-10 mayo).

Tercer experimento. Realizado con *Phaseolus vulgaris* L. var. Michoacán-12-A-3, durante el período verano-otoño (13 agosto-16 noviembre).

Cuarto experimento. Realizado con *Phaseolus vulgaris* L. var. Cacahuatate-72, durante el otoño (27 septiembre-21 diciembre).

Los datos de temperatura y humedad relativa que prevalecieron durante estos períodos, a excepción del cuarto experimento, fueron registrados por un Higrotermógrafo marca Serdex (AMBAC, Pittsburg, P.A.). Dichos datos se pueden observar en la Figura 1.

2. Siembra

La siembra se llevó a cabo en macetas de plástico de 25 cm de profundidad por 25 cm de diámetro a las cuales se les agregó 6 kg de suelo esterilizado con bromuro de metilo. Se colocaron dos semillas por maceta, posteriormente se aclaró dejando sólo una planta, para mantener una población homogénea.

3. Riego

El suelo fue mantenido a capacidad de campo hasta el inicio de floración en los tres primeros experimentos y para el cuarto hasta el inicio de la etapa de llenado de grano, siempre se mantuvieron a los testigos con riego. Se consideró floración cuando el 50% de la población presentó flores. Al llegar a ese estado fenológico se aplicó un último riego y se sortearon para los diferentes tratamientos incluyendo el control bajo riego. Al final de cada tratamiento las plantas recibieron un riego de recuperación, después del cual se siguieron regando regularmente hasta la senectud de la planta.

4. Diseño

Se utilizaron 56 macetas por experimento las cuales fueron dispuestas en un arreglo por bloques al azar, en donde las macetas fueron distribuidas en ocho bloques (repeticiones) con siete plantas (tratamientos) dispuestos al azar, los tratamientos consistieron en diferentes periodos de sequía, fue fueron: inicio de

sequía (con cero días de sequía), con 1,3,5,7 ó 10 días de sequía y el testigo (riego), a excepción del tercer experimento en donde faltó el tratamiento de los 10 días de sequía. La disposición por bloques al azar, fue escogido debido a la presencia de un gradiente luminoso y térmico que se manifiesta dentro del invernadero; con esta disposición se trató de homogenizar este gradiente lo mejor posible.

5. Mediciones

Ya en floración y habiendo suspendido el riego, se empezaron a realizar las siguientes mediciones:

- a) Resistencia a la difusión
- b) Transpiración
- c) Peso de cada una de las macetas

a) La resistencia a la difusión de las plantas, fue registrada dos veces al día, a las 11:30 y 13:30 horas (Nava, 1984). La medición se realizó en el foliolo central de la última hoja, con un porómetro de difusión MK II (Delta-T Devices), con el objeto de saber cuando la planta presenta una resistencia a la difusión de 25 seg cm^{-1} en adelante, parámetro que se reporta como "inicio de sequía" (Nava, 1984).

Cuando la planta llegó a tener la resistencia a la difusión señalada se tomó ese día como "inicio de sequía".

b) La transpiración se registró una vez al día, a las 12:30 horas en el folio central de la última hoja, esta medición se realizó con un autoporómetro LI-1600 (LI-COR, Inc.), con el objeto de saber cuando la planta presenta una transpiración menor o igual a $1.0 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, parámetro tomado en este caso como "inicio de sequía" y que equivale al valor antes mencionado de resistencia a la difusión.

La medición de resistencia a la difusión, se tomó en los cuatro experimentos: para los dos primeros experimentos, como único parámetro para saber el inicio de sequía; para los dos últimos experimentos como una idea del acercamiento al inicio de sequía, misma que se precisó realizando las mediciones de transpiración para estos dos últimos experimentos.

c) El peso de las macetas, se registró de dos a cinco veces por semana, tanto los tratamientos testigo que siempre se mantuvieron con riego como los tratamientos con períodos de sequía. De tal forma que se tuvieron los pesos de las macetas con períodos de sequía, desde el momento de suspensión del riego hasta que la planta inició su sequía, con lo que podemos dar una idea de la pérdida de humedad (peso) por evapotranspiración. Este parámetro fue registrado con una balanza granataria de 20 kg (Ohaus).

6. Asignación de tratamientos

La asignación de tratamientos en los dos primeros experimentos, se realizó dentro de cada bloque, se escogió al azar una planta testigo, las demás plantas fueron escogidas al azar, ya que conforme iban iniciando su sequía, se les iba asignando su período de sequía en el que se deberían mantener. Mientras que en los dos últimos experimentos se mantuvo una población, en donde al azar se escogieron las plantas testigo inicialmente y las demás fueron escogidas conforme iban iniciando su sequía, de tal forma que la disposición de los bloques se fué dando conforme las plantas iniciaban su sequía.

7. Cosecha

Cada planta fue cosechada por separado, se realizó conteo de vainas normales (aquella vaina que presentara por lo menos un grano normal) el número de granos normales (grano o semilla capaz de germinar); se tomó también el peso del grano normal con una balanza analítica (Sartorius GMHB; 30/300 g + 0.001/0.005 g).

Durante todo el ciclo de vida se recogió la biomasa de la planta, al final del ciclo se colectó toda la parte aérea restante, la biomasa se colectó en bolsas de papel de estrasa y fue secada en una estufa (Thelco modelo 21) durante 72 horas a 80°C una vez seca se tomó su peso con una balanza analítica.

(Sartorius). Se consideró biomasa el peso de la materia aérea seca producida por la planta, durante todo su ciclo de vida, sin tomar en cuenta el grano normal.

Los datos obtenidos fueron procesados por computadora en el Centro de Estadística del Colegio de Postgraduados, con la finalidad de saber, como influye un período dado de sequía, sobre la producción tanto agronómica como biológica de la planta. Se realizó análisis de varianza y la prueba de análisis múltiple de Tukey al 5% de confiabilidad.

8. Patógenos

El primer experimento presentó mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* West, en muy pequeñas cantidades, primero durante la fase vegetativa y después en el intervalo comprendido entre la fase final del período de sequía y el llenado de grano, sin embargo fue controlada con aspersiones de Lannate (Metomil 0:5-Metil N- (Metilcarbomol/oxil) tioacetimidato) (DUPONT) a una concentración de 5%.

En el segundo experimento, se presentó mosquita blanca en muy pocas cantidades en la etapa vegetativa del cultivo, posteriormente en la etapa de llenado de grano en mayor escala, se combatió ambas veces con aspersiones de Lannate. Se presentó araña roja *Tetranychus* sp., en la fase vegetativa que fue controlada al mismo tiempo que la mosquita blanca, también con Lannate.

En el tercer experimento, se tuvieron pocas cantidades de araña roja durante la fase vegetativa, que fue controlada con aspersiones de agua, posteriormente se presentó nuevamente durante el período de sequía de la planta, pero en esta fase no se pudo controlar debido a los tratamientos de sequía asignado, una vez terminados los tratamientos se controló con aspersiones de agua cada tercer día, hasta haber finalizado el período de llenado de grano.

En el cuarto experimento se presentó araña roja y mosquita blanca durante la fase vegetativa; la mosquita blanca fue controlada fácilmente con aspersiones someras de agua, pero la araña roja no, por lo que se esperjó más vigorosamente, con lo cual se controló pero tanto humedad provocó durante el resto del ciclo de la planta, ataque de hongos (cenicilla).

Los dos últimos experimentos fueron fertilizados una semana antes del inicio de floración con la fórmula 120-80-30 (N-K-P) de una mezcla de sulfato de amonio, cloruro de potasio y superfosfato triple.

VI. RESULTADOS

1. Experimento 1. Efecto de sequía en el frijol Cacahuete-72.

a. Curva de respuesta al contenido de agua (Figura 2).

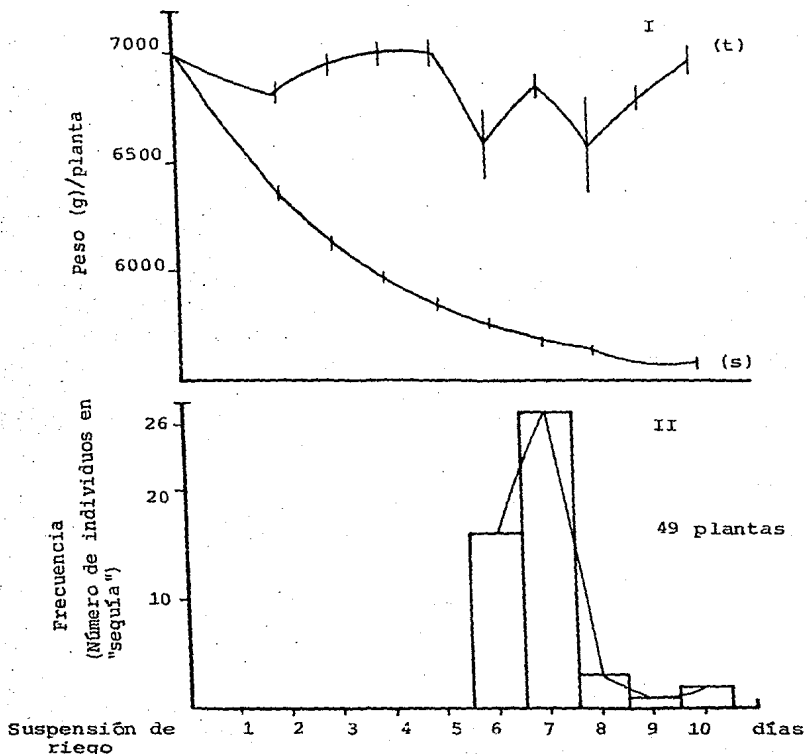


Figura 2. I. Pérdida de peso (g) de las plantas a las que se les suspendió el riego (s) con respecto a las tes tigo (t). Cada punto de t es la media de 8 rep_e ticiones \pm e.s.

II. Frecuencia de inicio de "sequía" para el primer experimento de var. Cacahuete-72

En esta figura se relacionan dos parámetros que son:

- I) Cambio del peso del suelo de las plantas testigo (t) y bajo sequía (s), en relación al tiempo en días, lo que muestra como se fue perdiendo el peso (humedad) con el paso del tiempo de las macetas a las que se les suspendió el riego con respecto a las macetas testigo.

- II) Frecuencia de individuos a los que se les suspendió el riego que fueron llegando a "sequía" conforme avanzaban los días, es decir el número de plantas bajo sequía que fueron llegando día con día a una resistencia a la difusión mayor o igual a 25 cm^{-1} .

Ambos parámetros muestran el número de plantas que inician "sequía" y a que pesos del suelo ocurrió dicha respuesta fisiológica. Se observa en dicha figura que para el sexto día de suspensión del riego, solamente 16 plantas de las 49 que se tenían, iniciaron sequía, con un peso, promedio de 5761 g, para el séptimo día de suspensión el riego 27 plantas iniciaron sequía con un peso promedio de 5681 g, para el octavo día iniciaron sequía tres plantas con un peso promedio de 5645 g, para el noveno día solamente inició sequía una planta con un peso de 5584 g, y para el décimo día dos plantas con peso promedio de 5583 g; se nota que la mayor frecuencia de inicio de sequía se presentó el sexto y séptimo día de suspendido el riego con 43 plantas que iniciaron sequía y que corresponde al 95% del total.

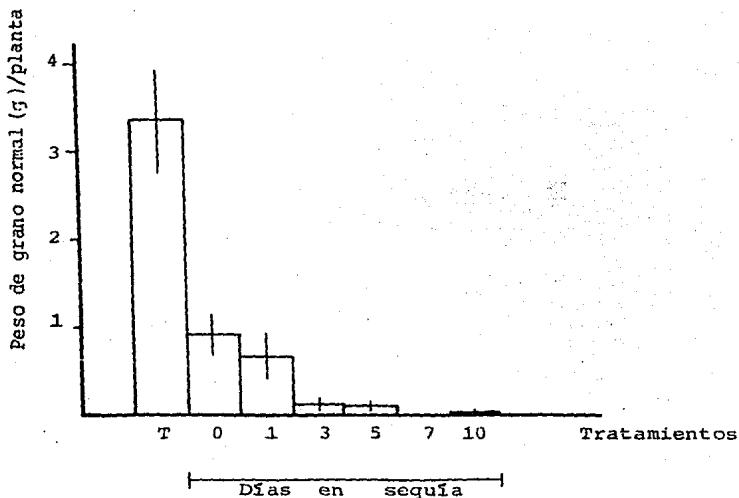
b. Peso de grano normal por planta (g)

En la Gráfica 1 se muestra el efecto de diferentes tratamientos de sequía en el peso promedio de granos normales. Se puede observar que el tratamiento testigo obtuvo el mayor peso de grano promedio por planta, al cual se le asignó el 100% del rendimiento (Ver Cuadro 1 del Apéndice), el tratamiento con cero días de sequía, obtuvo un peso de grano promedio de 0.9 g que corresponde al 27.5% del peso con respecto al testigo, los demás tratamientos fueron disminuyendo su porcentaje de peso conforme aumentaba el período de sequía hasta el 0.0% de rendimiento, con el tratamiento de siete días de sequía.

El análisis múltiple de Tukey, muestra diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos (Ver Cuadro 1 del Apéndice).

c. Biomasa por planta (g)

Se observa en el Gráfica 2 que el tratamiento testigo presentó el mayor peso de biomasa promedio producido por planta, este tratamiento fue tomado con el 100% para hacer la comparación con los demás tratamientos (Ver Cuadro 2 del Apéndice); el tratamiento en cero días de sequía, obtuvo el 75,59% de biomasa con respecto al testigo, lo que nos indica que hubo una reducción del 24.4%, los demás tratamientos fueron disminuyendo su biomasa poco a poco conforme el período de sequía fue en aumento, se



Gráfica 1. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el peso de grano normal (g) por planta, para el primer experimento de la var. Cacahuete 72, cada columna representa la media de 8 repeticiones \pm e.s.

Donde: T= tratamiento testigo

0= con 0 días de "sequía"

1= con 1 día de "sequía"

3= con 3 días de "sequía"

5= con 5 días de "sequía"

7= con 7 días de "sequía"

10= con 10 días de "sequía"

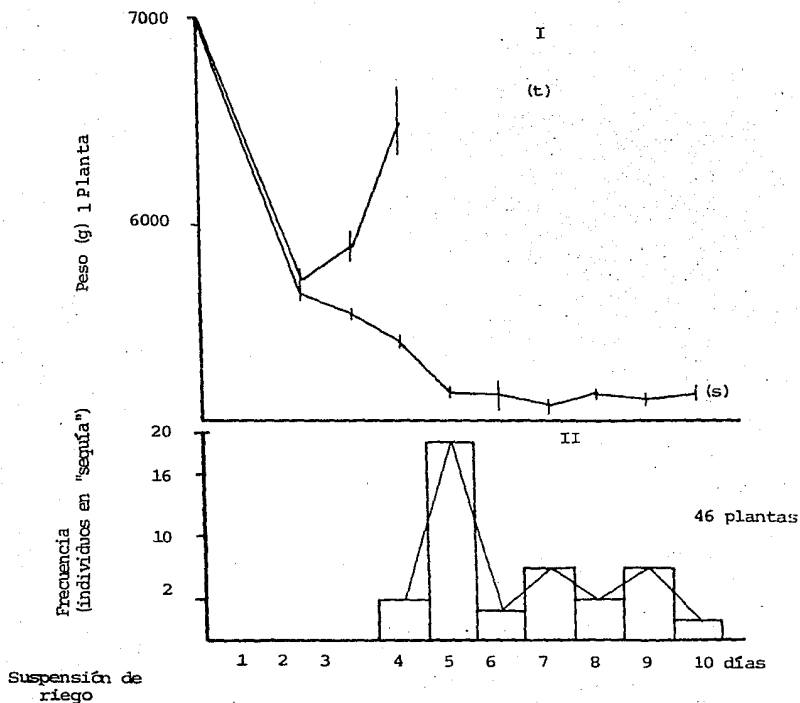
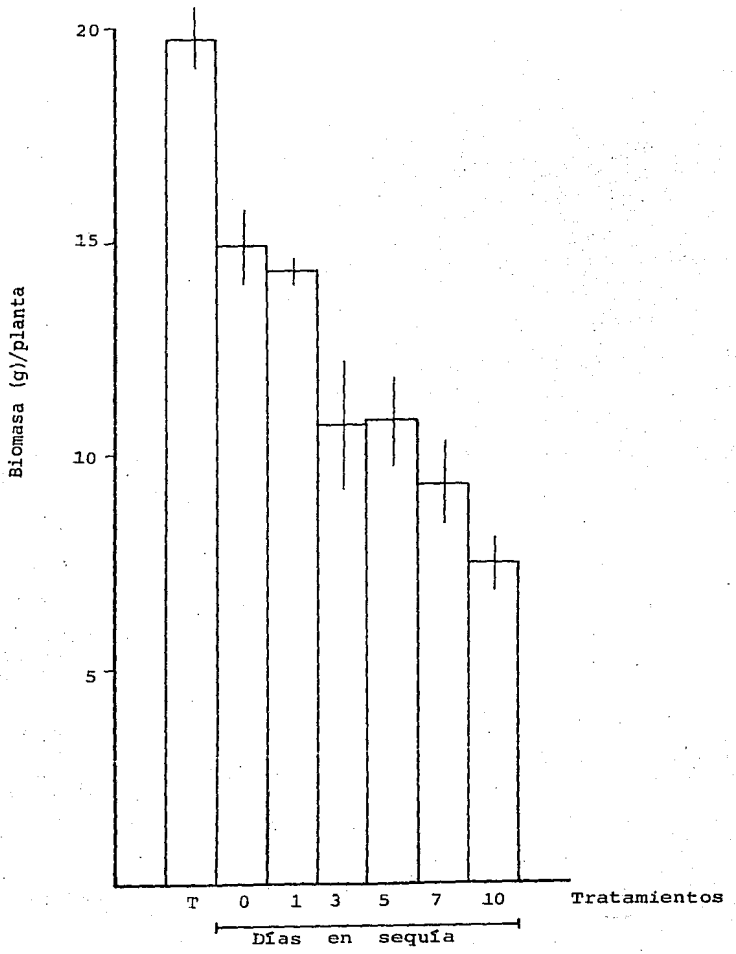


Figura 4. I. Pérdida de Peso (g) de las plantas a las que se le suspendió el riego (s) con respecto a las testigos (t). Cada punto de la t es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

II. Frecuencia de inicio de "sequia" para el segundo experimento de la var. Michoacán 12-A-3.



Gráfica 2. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en producción de Biomasa (g) por planta, para el primer experimento de la var. Cacahuete 72, cada columna es la media de 8 repeticiones + e.s.

llegó a una producción solamente de 37.82%, el cual corresponde al tratamiento de los 10 días de sequía.

El análisis múltiple de Tukey muestra cuatro agrupaciones A, B, C y D que resultan ser diferentes entre sí (Cuadro 2 del Apéndice).

d. Número de granos normales por planta

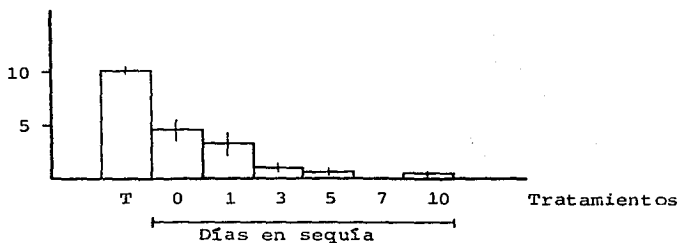
En la Gráfica 3 se muestran los resultados de los diferentes tratamientos de sequía sobre el número de granos en promedio por planta. Se puede observar que el tratamiento testigo obtuvo el mayor número de granos normales por planta, este tratamiento fue tomado como el 100% con el fin de comparar con los demás tratamientos (Ver Cuadro 3 del Apéndice). Se observa que al igual que los parámetros anteriores, la curva sigue la misma respuesta, ya que conforme aumenta el período de sequía el grano disminuye hasta llegar a una producción 0% con el tratamiento de los siete días de sequía.

El análisis múltiple de Tukey, muestra tres agrupaciones A, B y C que resultan ser diferentes entre sí (Ver Cuadro 3 del Apéndice).

e. Número de vainas normales por planta

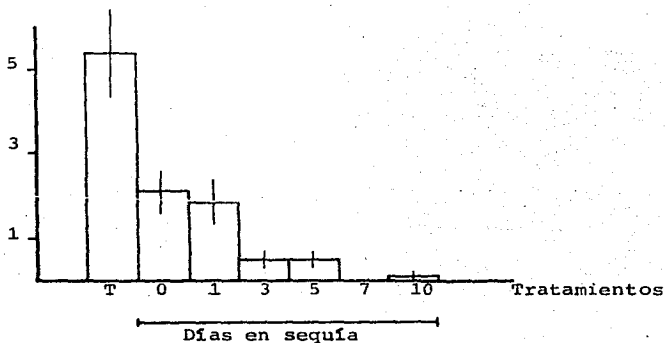
En la Gráfica y en el Cuadro 4 se muestra el efecto de diferentes tratamientos de sequía en el número de vainas nor

No de granos normales/planta:



Gráfica 3. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el número de granos normales por planta, para el primer experimento de la var. Cacahuete 72, cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

Número de vainas normales/planta



Gráfica 4. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el número de vainas normales por planta, para el primer experimento de la var. Cacahuete 72 cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

males por planta, se nota el mismo comportamiento de las Gráficas anteriores; la producción del tratamiento testigo fue tomado como el 100% con la finalidad de comparar con los demás tratamientos, esta producción fue de 5.37 vainas normales por planta, el tratamiento con 0 días de sequía produjo 2.12 vainas normales por planta en promedio, lo que corresponde al 39.53% del monto con respecto al testigo e indica un déficit del 60.40%, los demás tratamientos fueron disminuyendo conforme se aumentó el período de sequía, hasta la nula producción con el tratamiento de los siete días de sequía.

El análisis múltiple de Tukey muestra 3 agrupaciones A, B y C que resultan ser diferentes entre sí (Ver Cuadro 4 del Apéndice).

2. Experimento 2. Efecto de sequía en el frijol Michoacán 12-A-3.

a. Curva de respuesta al contenido de agua:

En la Figura 3 se presenta el comportamiento en el tiempo de dos variables:

- I) El peso del suelo, muestra como se fue perdiendo el peso (humedad) con el paso del tiempo de las macetas a las que se les suspendió el riego(s) con respecto a los testigo (t).

II) Frecuencia de inicio de sequía lo que muestra, es el número de plantas que fueron llegando día con día a una resistencia a la difusión mayor o igual a 25 cm^1 .

De tal forma que ambos parámetros relacionados, muestran qué número de plantas iniciaron su sequía y el correspondiente peso al que se encontraba, se observa en esta misma figura, que para el cuarto día de suspendido el riego 34 plantas de las 48 que se tenían, iniciaron su sequía con un peso de 5669 g en promedio, para el quinto día 8 plantas con un peso promedio de 5656 g, el sexto día ninguna planta, para el séptimo día 5 plantas con un peso promedio de 5632 g, y para el octavo día la última planta restante con un peso de 5581 g, se nota que la mayor frecuencia de inicio de sequía se encuentra en el cuarto día después de suspendido el riego, con 34 plantas que iniciaron su sequía y que corresponde al 70.8% del total.

b. Peso del grano normal por planta

La Gráfica 5 muestra la respuesta de diferentes tratamientos de sequía con este parámetro. El tratamiento testigo obtuvo 6.42 g en promedio lo que fue tomado como el 100% para comparar con los demás tratamientos. Se puede observar tanto en la Gráfica como en el Cuadro 5 del Apéndice, que el tratamiento con cero días de sequía obtuvo una producción en dicho parámetro muy parecida a la del testigo, sin embargo el tratamiento con un día de sequía, presentó una producción mayor que el testigo ya

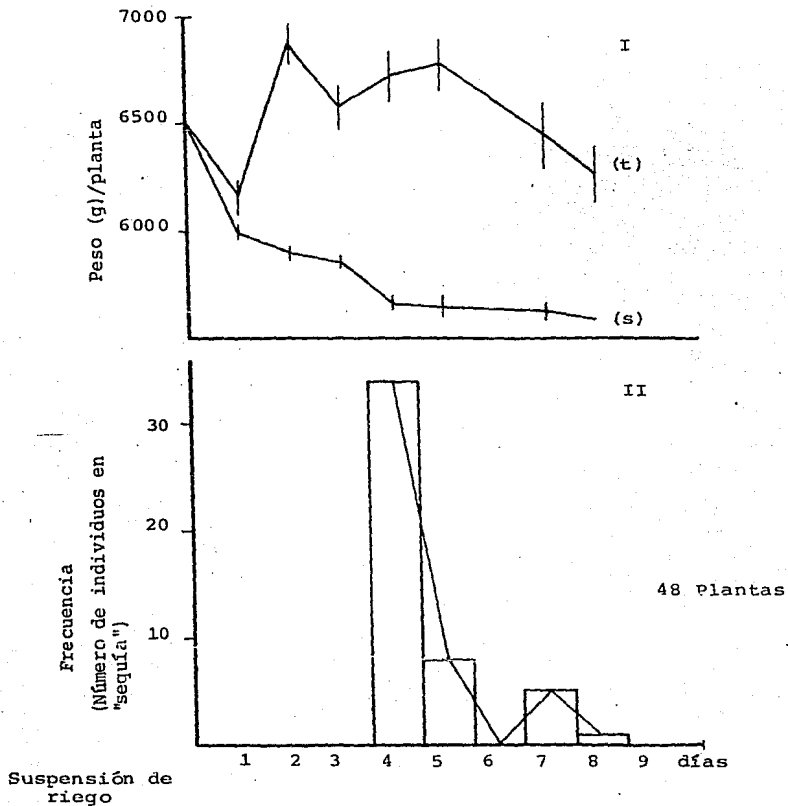
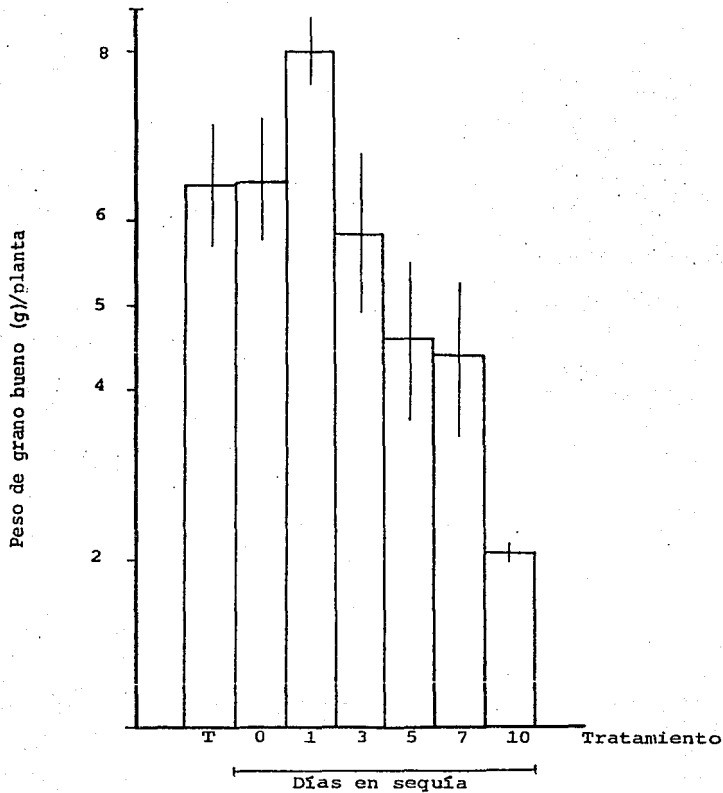


Figura 3. I. Pérdida de peso (g) de las plantas a las que se le suspendió el riego (s) con respecto a las tegtigo (t). Cada punto de t es la media de 8 repeticiones + e.s.

II. Frecuencia de inicio de "sequía" para el primer experimento de la var. Michoacán 12-A-3



Gráfica 5. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el peso de grano normal (g) por planta, para el primer experimento de la var. Michoacán 12-A-3, cada columna es la media de 8 repeticiones ± e.s.

Donde: T=tratamiento testigo
 0=con 0 días de "sequía"
 1=con 1 día de "sequía"
 3=con 3 días de "sequía"
 5=con 5 días de "sequía"
 7=con 7 días de "sequía"
 10=con 10 días de "sequía"

que se incrementó en un 24.96%, los demás tratamientos fueron disminuyendo su producción hasta alcanzar solamente una producción de 32.51% el cual se presentó en el tratamiento de los 10 días de sequía.

El análisis múltiple de Tukey muestra tres agrupaciones A, B y C que son diferentes entre sí. (Cuadro 5 del Apéndice)

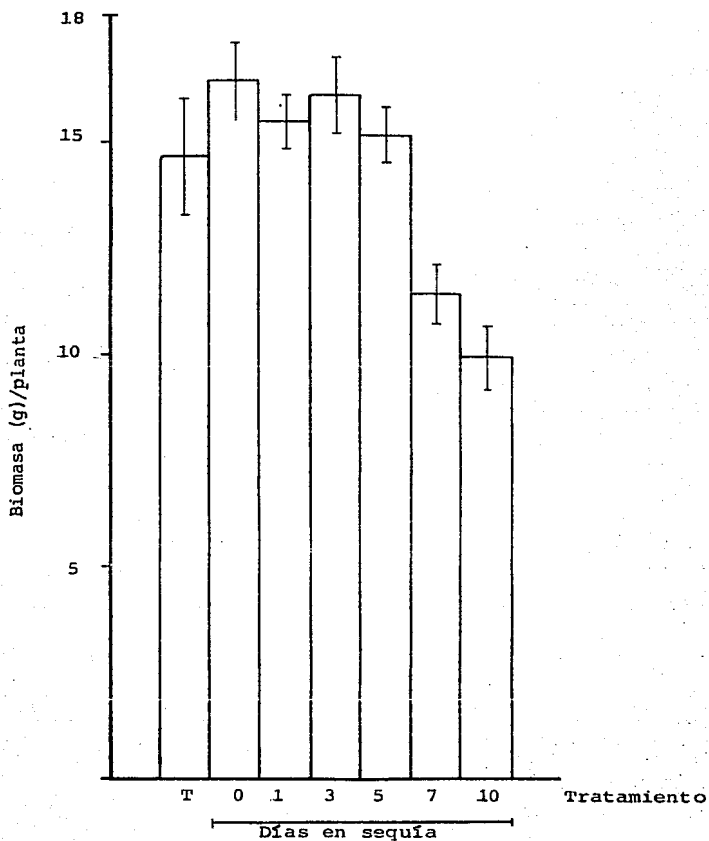
c. Biomasa por planta

Se observa en la Gráfica 6 que los tratamientos con 0,1,3 y 5 días de sequía produjeron mayor cantidad de biomasa por planta en promedio que el tratamiento testigo (Ver pesos y porcentajes en el Cuadro del Apéndice) los tratamientos de siete y 10 días de sequía, disminuyeron su producción en este componente, teniendo la menor producción el tratamiento con 10 días de sequía, con un porcentaje de 68.13% con respecto al testigo, lo que indica un déficit del 31.86% en este componente.

De acuerdo con el análisis múltiple de Tukey encontramos tres agrupaciones A, B y C que resultan ser diferentes entre sí (Cuadro 6 del Apéndice)

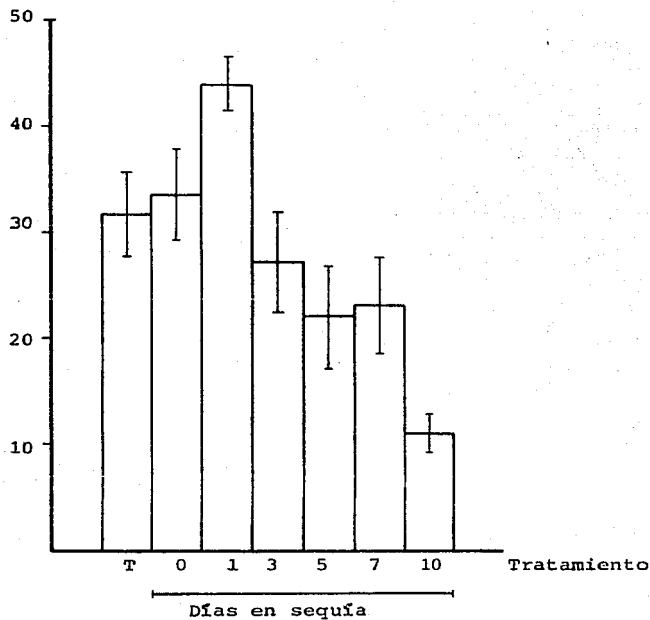
d. Número de granos normales por planta

En la Gráfica 7 se observa el número de granos normales por planta en promedio que se produjo bajo los diferentes tratamientos de sequía, el número de granos producidos por el tratamiento



Gráfica 6. Respuesta de diferentes tratamientos de sequía en Biomasa (g) por planta, para el primer experimento de la var Michoacán 12-A-3, cada columna es la me dia de 8 repeticiones ± e.s.

Número de granos normales/planta



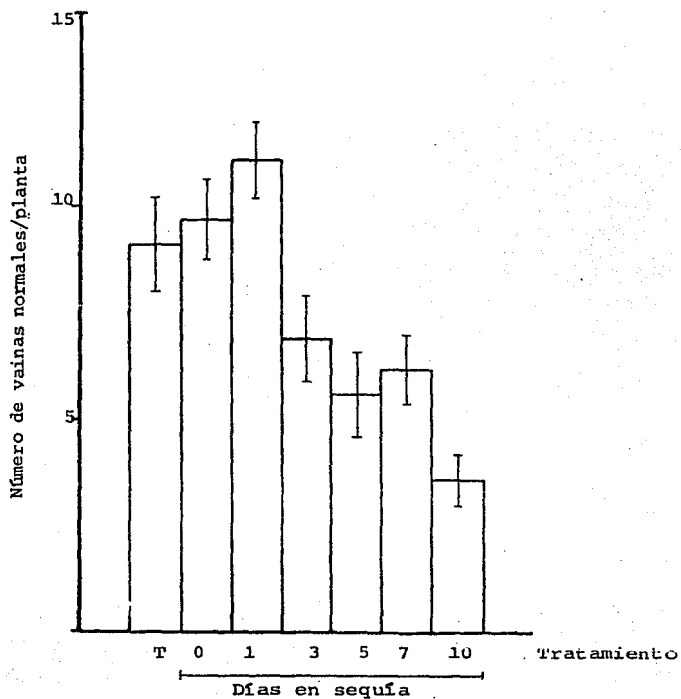
Gráfica 7. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el número de granos normales por planta, para el primer experimento de la var. Michoacán 12-A-3, cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

testigo fue tomado como el 100% para comparar con los demás tratamientos, se observa que los tratamientos con cero y un día de sequía produjeron mayor número de granos por planta con 5.09% respectivamente (Ver Cuadro 7 del Apéndice), los demás tratamientos fueron reduciendo su producción conforme el período de sequía fue en aumento hasta llegar sólo a una producción del 36.07% en el tratamiento de los 10 días.

El análisis múltiple de Tukey, muestra que hay tres agrupaciones A, B y C que resultan ser diferentes entre sí (Cuadro 7 del Apéndice).

C. Número de vainas normales por planta

La Gráfica 8, muestra la respuesta de diferentes tratamientos de sequía en el número de vainas normales por planta en promedio, se ha tomado como el 100% al monto obtenido por el tratamiento testigo para comparar con los demás tratamientos; en dicha gráfica se puede observar que los tratamientos con cero y un día de sequía, presentaron un ligero aumento en este parámetro con 6.84% y 21.91% respectivamente (Ver Cuadro 8 del Apéndice), Los demás tratamientos disminuyeron su producción de vainas normales conforme se aumentó el período de sequía hasta llegar a una producción del 34.24% con respecto al testigo, el cual se presentó en el tratamiento con 10 días de sequía.



Gráfica 8. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el número de vainas normales por planta, para el primer experimento de la var. Michoacán 12-A-3, cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

El análisis múltiple de Tukey muestra que hay cuatro agrupaciones A, B, C y D que resultan ser diferentes entre sí (Cuadro 8 Apéndice).

3. Experimento 3. Efecto de sequía con el frijol Michoacán 12-A-3.

a. Curva de respuesta al contenido de agua

En la Figura 4 se presenta el comportamiento en el tiempo de dos variables:

- I) El peso del suelo muestra la dinámica de pérdida de peso (humedad) de las macetas a las que se les suspendió el riego (s) con respecto a las testigo (t) conforme transcurre el tiempo.

- II) La frecuencia de inicio de sequía muestra el número de plantas que fueron llegando día con día a una transpiración menor o igual a $1 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de vapor de agua.

Relacionando ambas variables se muestra el número de plantas que iniciaron sequía y el peso correspondiente en dicho momento.

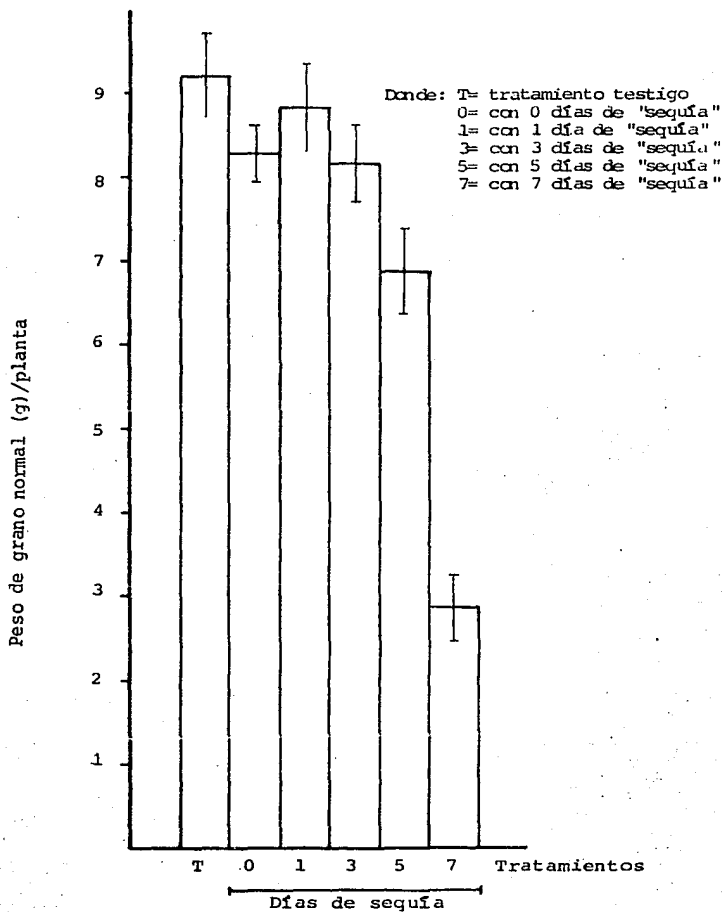
Se puede observar en la Figura que para el cuarto día de suspendido el riego cuatro plantas iniciaron sequía con un peso pro

medio de 5441 g, para el quinto día 19 plantas iniciaron sequía con un peso promedio de 5198 g, para el sexto días iniciaron sequía tres plantas con peso promedio de 5187 g, para el séptimo días siete plantas con peso promedio de 5127 g, para el octavo cuatro plantas con peso promedio de 5162 g, y para el décimo dos plantas con peso promedio de 5193 g; se puede notar que la frecuencia de inicio de sequía se presentó el quinto día de suspendido el riego con 19 plantas, lo que corresponde al 41.3% del total.

b. Peso de grano normal por planta

La Gráfica 9 muestra la respuesta de diferentes tratamientos de sequía en el peso de grano promedio por planta, como se puede observar el testigo fue tomado como el 100% para hacer comparación con los demás tratamientos, al observar la gráfica notamos que los tratamientos con 0,1,3 y 5 días de sequía presentaron una ligera disminución en este parámetro con respecto al testigo sin pasar del 25.13% de disminución, en tanto que el tratamiento con siete días de sequía presentó una producción del 31.49% con respecto al testigo, que equivale a una disminución del 68.50%.

El análisis múltiple de Tukey muestra tres agrupaciones A, B y C que resultan ser diferentes entre sí (Cuadro 9 del Apéndice).



Gráfica 9. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el peso de grano(g) por planta, para el segundo experimento de la var. Michoacán 12-A-3, cada columna es la media de 8 repeticiones \pm c.s.

c. Biomasa por planta

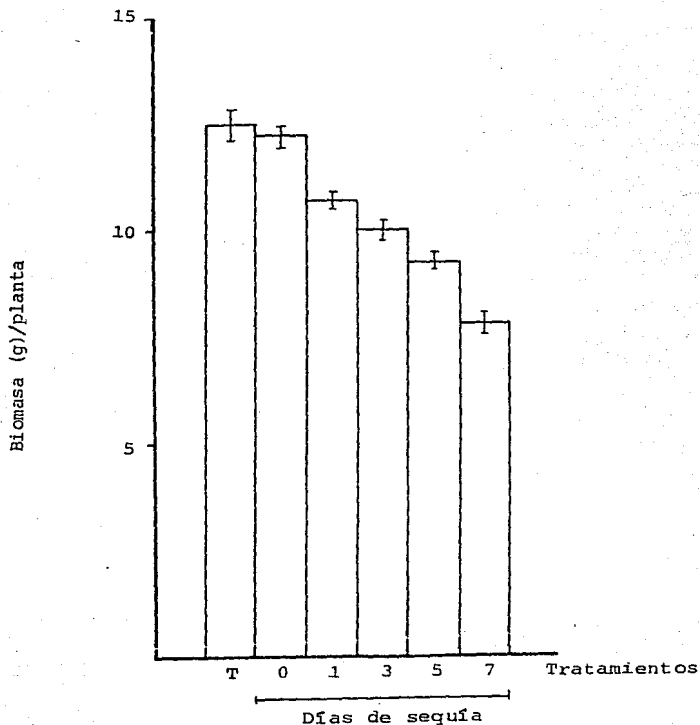
La Gráfica 10 muestra la respuesta de la biomasa promedio por planta para cada uno de los tratamientos de sequía asignados.

Al observar la Gráfica y el Cuadro 10 del Apéndice encontramos que la respuesta de este parámetro a períodos de sequía crecientes, es la disminución de la materia seca. Se ha tomado el tratamiento testigo como el 100% con el fin de comparar con los demás tratamientos. La mayor disminución se obtuvo en el tratamiento con siete días de sequía, teniendo 62.57% de biomasa con respecto al testigo, lo que indica una disminución del 37.42%; los demás tratamientos se encuentran dentro del intervalo.

El análisis múltiple de Tukey muestra que hay cinco agrupaciones A, B, C, D y E que son diferentes entre sí.

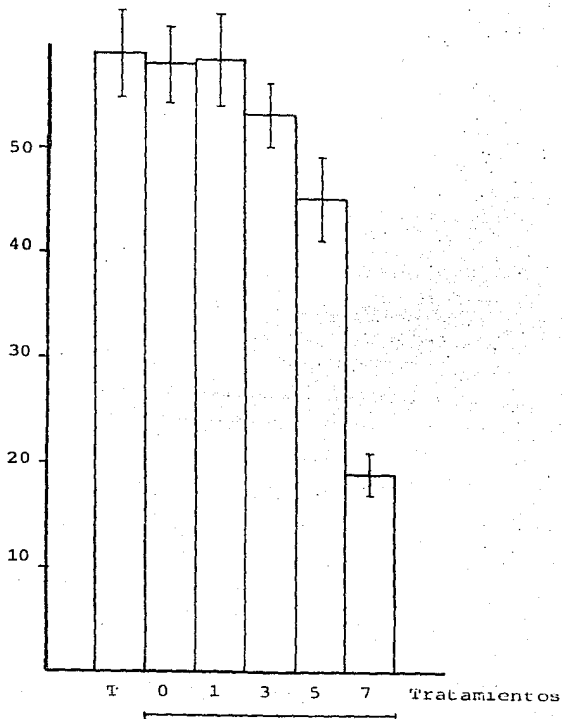
d. Número de granos normales por planta

La Gráfica 11, muestra la respuesta de los diferentes tratamientos de sequía en el número de granos por planta en promedio. Se puede observar que los tratamientos con cero y un día de sequía presentaron una ligera disminución que no pasa del 1.05% con respecto al testigo, los demás tratamientos fueron disminuyendo su producción hasta el 31.35% con el tratamiento de siete días, lo que equivale a un déficit del 68.64%.



Gráfica 10. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en Biomasa (g) por planta, para el segundo experimento de la var Michoacán 12-A-3, cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

Número de granos normales/planta



Gráfica 11. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el número de granos normales por planta, para el segundo experimento de la var. Michoacán 12-A-3, cada columna es la media de 8 repeticiones + e.s.

El análisis múltiple de Tukey muestra dos agrupaciones A y B que resultan ser diferentes entre sí.

c. Número de vainas normales por planta

La Gráfica y el Cuadro 12 del Apéndice, muestran la respuesta de dicho material a diferentes períodos de sequía en el número de vainas normales por planta en promedio, podemos notar que los tratamientos con cero y un día de sequía presentan un incremento hasta del 11.92% en este parámetro con respecto al testigo, mientras que los tratamientos 3 y 5 presentaron una producción intermedia y el tratamiento de los siete días con una reducción del 56%.

El análisis múltiple de Tukey muestra dos agrupaciones A y B que resulta ser diferente entre sí.

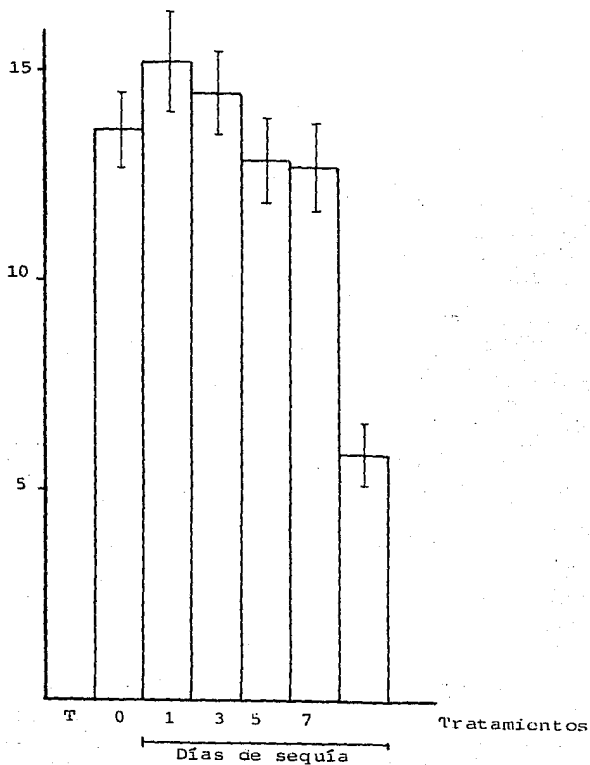
4. Experimento 4. Efecto de sequía en el frijol Cacahuete 72.

En la Figura 5 se presenta el comportamiento en el tiempo de dos variables:

a. Curva de respuesta al contenido de agua

- I. El peso del suelo muestra la dinámica de pérdida de peso (humedad), de las macetas a las que se les suspendió el riego (s) con respecto a las macetas testigo (t) conforme transcurre el tiempo.

Número de vainas normales/planta



Gráfica 12. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el número de vainas normales por planta, para el segundo experimento de la var. Michoacán 12-A-3, cada columna es la media de 8 repeticiones + e.s.

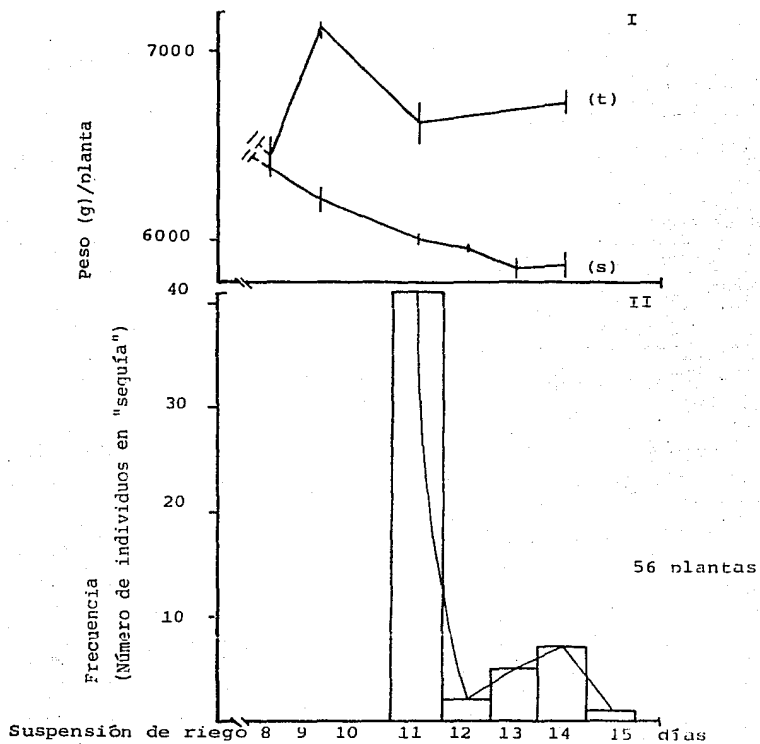


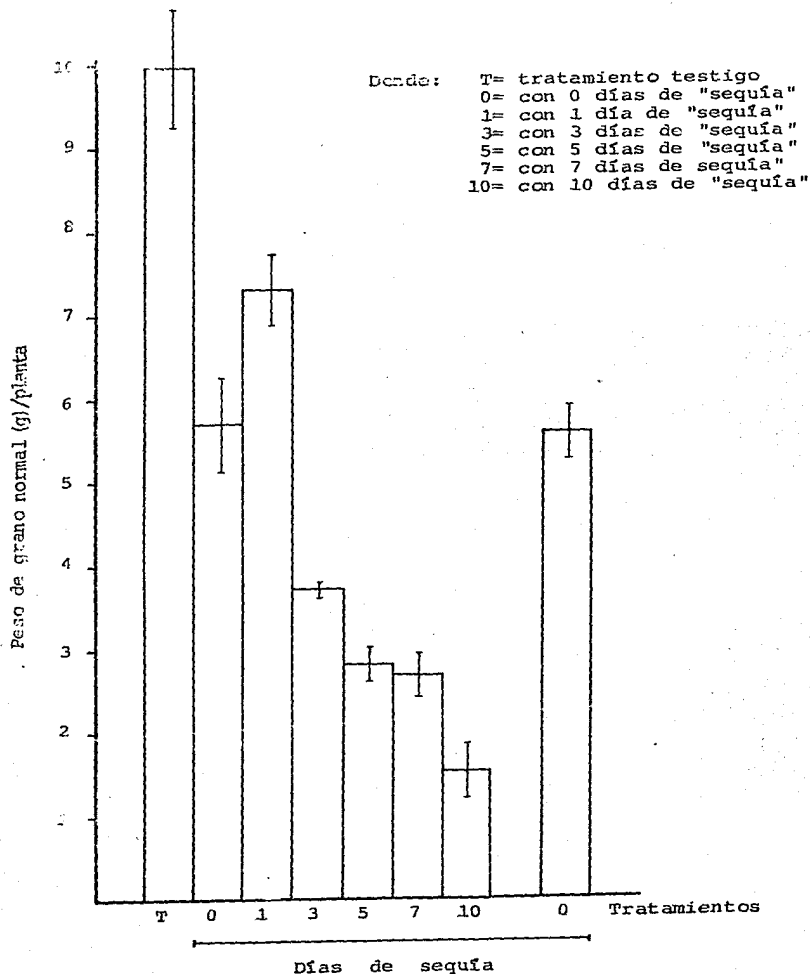
Figura 5. I. Pérdida de peso (g) de las plantas a las que se suspendió el riego (s) con respecto a las testigo (t). Cada punto de t es la media de 8 repeticiones \pm e. s.
 II. Frecuencia de inicio de "sequía" para el segundo experimento de la var. Cacahuete 72.

II) La frecuencia de inicio de sequía muestra el número de plantas que fueron llegando día con día a una transpiración menor o igual a $1.0 \mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ de vapor de agua.

Relacionando ambas variables se muestra el número de plantas que iniciaron sequía y el peso del suelo correspondiente en dicho momento, se observa que para el onceavo día de suspendido el riego 41 plantas iniciaron su sequía con un promedio de 6000.39 g, para el doceavo día solo dos plantas con un promedio de 5963.00 g, para el treceavo día cinco plantas con un promedio de 5859.60 g, para el catorceavo día siete plantas con un peso promedio de 5876.12 g, y para el quinceavo día la última planta (no se registró su peso), se nota que la mayor frecuencia de inicio de sequía se presentó el onceavo día con 41 plantas, lo que corresponde al 73,21% del total.

b. Peso de grano por planta

La Gráfica 13, muestra la respuesta a diferentes tratamientos de sequía en el peso de grano promedio por planta durante el período de llenado de grano; como se puede observar el tratamiento testigo presentó el mayor peso de grano por planta en promedio con 9.96 g, los que se ha tomado como el 100% para comparar con los demás tratamientos; los demás tratamientos sufrieron una disminución en este parámetro hasta del 84.51%. En la gráfica se observa una repetición más del tratamiento con cero días de sequía, esta repetición fue simultánea y presenta resul



Gráfica 13. Respuesta a diferentes tratamientos de "sequía" en el peso de grano normal (g) por planta, para el segundo experimento de la var. Cacahuete 72 cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

todos semejantes a los obtenidos durante el experimento (Ver Cuadro 13 del Apéndice).

El análisis múltiple de Tukey muestra cinco agrupaciones A, B, C, D y E que resultan ser diferentes entre sí.

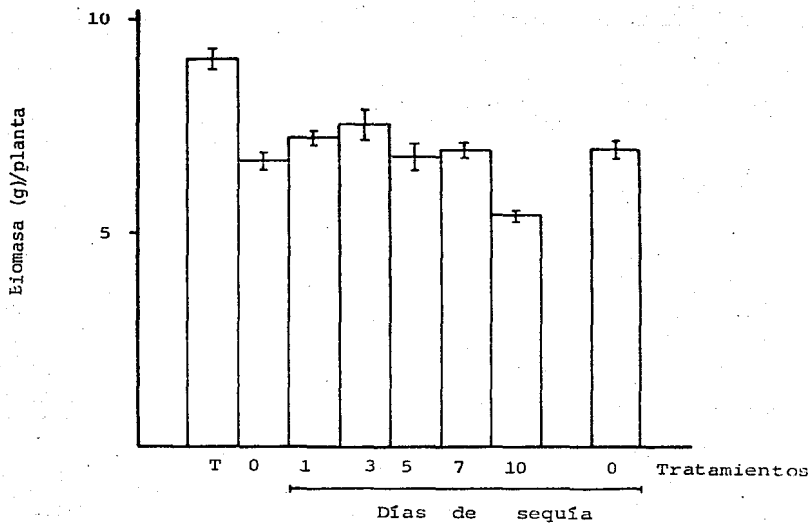
c. Biomasa por planta

La Gráfica 14 muestra la respuesta obtenida en biomasa para cada uno de los tratamientos de sequía asignados. Se ha tomado el tratamiento testigo como el 100% de producción en este parámetro para hacer comparación con los demás tratamientos. Se observó que el tratamiento testigo obtuvo el mayor peso en biomasa, todos los demás tratamientos fueron disminuyendo su producción hasta el 59.1%. Se realizó una repetición adicional del tratamiento con cero días de sequía, sus resultados son semejantes a su homólogo.

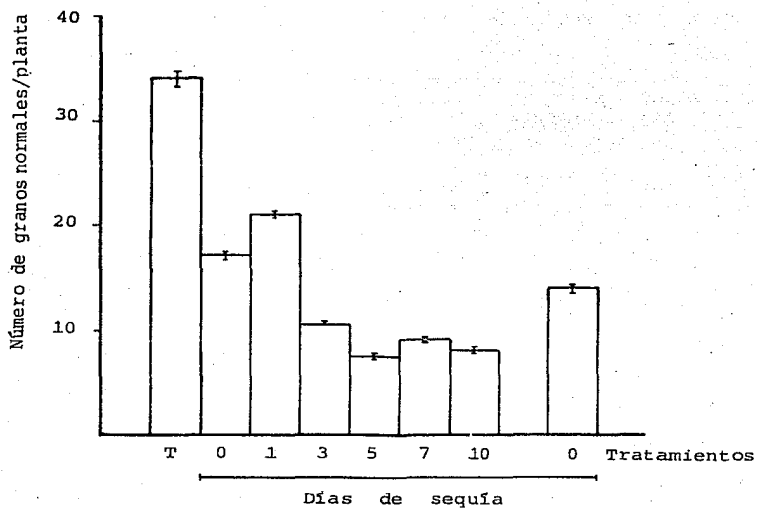
El análisis múltiple de Tukey muestra tres agrupaciones A, B y C que resultan ser diferentes entre sí.

d. Número de granos normales por planta

La Gráfica y el Cuadro 15 del Apéndice, muestran la respuesta de diferentes tratamientos de sequía en el número de granos normales por planta en promedio. Al igual que como se ha venido haciendo hasta ahora, el tratamiento testigo se ha tomado como el 100% de producción para comparar con los demás tra



Gráfica 14. Respuesta de diferentes tratamientos de sequía en producción de Biomasa (g) por planta, para el segundo experimento de la var. Cacahuete 72, cada columna es la media de 8 repeticiones ± e.s.



Gráfica 15. Respuesta de diferentes tratamientos de "sequía" en el número de granos normales por planta, para el segundo experimento de la var. Cacahuete 72, cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

tamientos. Los tratamientos con sequía obtuvieron una producción menor al testigo, dentro del intervalo de 62.27% al 22.34% conforme aumentaba el período de sequía. La segunda repetición del tratamiento con cero días de sequía es semejante al realizado durante el experimento.

El análisis múltiple de Tukey muestra tres agrupaciones A, B y C que resultan ser diferentes entre sí.

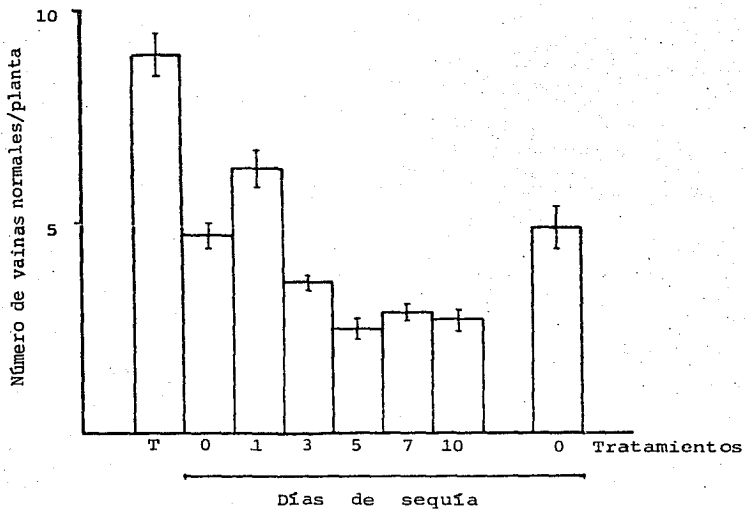
e. Número de vainas normales por planta

La Gráfica y el Cuadro 16 del Apéndice, muestra la respuesta a diferentes períodos de sequía en el número de vainas normales por planta; se ha tomado el tratamiento testigo como el 100% para comparar con los demás tratamientos. Se observa el mismo comportamiento de la gráfica anterior. Todos los tratamientos presentan una disminución que va desde el 78.83% al 27.77% con respecto al testigo. La repetición simultánea del tratamiento con cero días de sequía presenta resultados semejantes a su homólogo.

El análisis múltiple de Tukey muestra cuatro agrupaciones A, B, C y D que resultan ser diferentes entre sí.

VII. DISCUSION Y CONCLUSIONES

En el histograma de frecuencia de individuos que iniciaron sequía para los experimentos de ambas variedades, se puede obser



Gráfica 16. Respuesta de diferentes tratamientos de "Sequia" en el número de vainas normales por planta, para el segundo experimento de la var. Cacahuete 72, cada columna es la media de 8 repeticiones \pm e.s.

var que no todos los individuos reducen su transpiración al valor indicado al mismo tiempo, aunque se les haya suspendido el riego simultáneamente, se hayan sembrado el mismo día, y sean de la misma variedad.

Con respecto a los componentes del rendimiento por planta en el primer experimento de la variedad Cacahuete 72, se obtuvo una considerable disminución en el rendimiento al llegar al valor indicado de transpiración (con cero días de sequía), en el peso se obtuvo una disminución del 72.5%, en biomasa 24.4%, en número de granos normales 58.1% y en número de vainas normales el 60.4%; para los demás tratamientos la disminución fue progresiva para cada uno de los componentes del rendimiento, ya que mientras el período de sequía iba en aumento, la producción disminuía hasta llegar a la nula producción de todos los componentes del rendimiento a excepción de la biomasa cuyo porcentaje mínimo fue de 40.8%.

En el segundo experimento de dicha variedad la respuesta fue semejante, ya que hubo reducción en los componentes del rendimiento; en el peso de grano se obtuvo una reducción del 42.8%, en biomasa de 27.1%, en número de granos normales de 49.8% y en número de vainas normales de 47.2%, en este segundo experimento se tuvo una repetición más de dicho tratamiento, el cual resultó ser muy semejante al mencionado anteriormente; el tratamiento con un día de sequía registró un ligero aumento con respecto

al tratamiento anterior, en peso de grano, número de granos normales y número de vainas normales por planta; para los demás tratamientos la disminución fue progresiva en todos los componentes del rendimiento, sin llegar ninguno a la nula producción.

Para el primer experimento de la variedad Michoacán 12-A-3, se registró un aumento en la producción en todos los componentes del rendimiento al llegar al valor indicado de transpiración (con cero días de sequía), en el peso de grano el aumento fue de 0.2%, en biomasa de 12.2%, en número de granos normales de 5.1% y en número de vainas normales de 6.8%, el tratamiento con un día de sequía registró un considerable aumento en todos los componentes del rendimiento, de hecho fue el tratamiento con mayor producción, los demás tratamientos fueron disminuyendo su producción de acuerdo al aumento del período de sequía en todos los componentes del rendimiento a excepción de la biomasa donde sólo los tratamientos con siete y 10 días de sequía registraron disminución del 21.7 y 31.8% respectivamente.

Sin embargo, en el segundo experimento para dicha variedad el tratamiento con cero días de sequía obtuvo leve disminución en todos los componentes del rendimiento a excepción del número de vainas normales, donde se observó un incremento del 11.9%, en peso de grano la reducción fue del 9.9%, en biomasa 8.1% y en número de granos normales de 1.5%, todos los demás tratamientos fueron disminuyendo paulatinamente su producción sin pasar del 50%, a

excepción del tratamiento de 10 días de sequía que en algunos componentes registraron mayor porcentaje de disminución, sin llegar a la nula producción.

De manera global se puede mencionar que la respuesta para ambas variedades fue similar, ya que al aumentar el período de sequía disminuye la producción, no obstante con algunas variaciones que se pueden atribuir a la plasticidad inherente de las variedades utilizadas.

Se puede sugerir que las plantas resistentes a sequía, son aquellas que tienen la capacidad de adaptarse a las condiciones de sequía en el curso de la ontogenia y de crecer, desarrollarse y producirse normalmente en esas condiciones debido a las múltiples propiedades inherentes adquiridas en el proceso de la evolución bajo la influencia de las condiciones existentes.

Hay evidencia de que algunas variedades de cultivos que presentan una producción elevada como su principal objetivo, han perdido algunas de las más importantes defensas fisiológicas (Davies, Mansfield and Orton, 1978).

Sin embargo no siempre es dañina la tensión hídrica. En algunas circunstancias una tensión hidrostática moderada puede mejorar la calidad de los productos vegetales aún cuando se reduzca el crecimiento vegetativo, se reporta que una tensión hídrica moderada mejora la calidad de manzanas, peras, duraznos

y ciruelas; se dice que el contenido proteico del trigo aumenta debido a la tensión hídrica durante la maduración y que el contenido gomoso del guayule aumenta aunque se reduzca su cre cimiento vegetativo (Richards y Wadleigh, 1952).

El parámetro sugerido de inicio de sequía ($1.0 \mu\text{g H}_2\text{O cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) relacionado con la disminución del rendimiento económico, puede ser utilizando claramente en uno de los cultivos de frijol (Cacahuete 72) de hábito de crecimiento tipo I, mientras que el cultivar de hábito de crecimiento tipo II (Michoacán 12-A-3) sigue un patrón diferente en cuanto al rendimiento económico, lo que demanda mayor experimentación para el caso.

Cabe finalmente señalar que los rendimientos de ambas variedades fueron reducidos, lo que puede enmascarar la evaluación adecuada de los datos.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Caprio Da Costa, J.G. 1981. Efecto de la densidad de población en la morfología, asignación de materia seca y de la energía, y eficiencia en la producción de semilla en frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Doctorado. Chapingo, México, Colegio de Postgraduado. 22lp.
2. Cronquist, A. 1977. Introducción a la Botánica. CECSA México.
3. Davies, W.J., Mansfiel, T.A. and Orton, P.J. 1978. Strategies employed by plants to conserve water: can we improve on them? Proceedings Joint BCPC and BPGKGS. Symposium: opportunities for Chemical Plant, Growth Regulation.
4. Fitter, A.H. and Hay, R.K.M. 1981. Environmental Physiology of Plants. London, Academic Press.
5. Hall, A.E. and Schulze, E.D. 1980. Drought effects on transpiration and leaf water status of cowpea in controlled environments. Aust. J. Plant. Physiol. No. 7: 141:7.
6. Hsiao, T. C. 1973. Plant Responses to Water Stress. Ann. Rev. Plant Physiology. No. 24:519-570.

7. Kenneth, S.A. and Day, J.A. 1977. Agua, espejo de la ciencia. EUDEBA. Colección Ciencia Joven.
8. Kozlowski, T.T. 1976. Water deficits and plant growth. Vol. IV. Soil Water Measurement, Plant Responses, and Breeding for Drought Resistance. New York, Academic Press.
9. Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas; una síntesis moderna. México, EDUTEX.
10. Kramer, P.J. and Turner, N.C. 1980. Drought, Stress and Origen of Adaptations Stress. Jhon Wiley and Sons.
11. Larqué-Saavedra. 1983. En conferencia de sequía. Chapingo, México.
12. Larson, K.L. and Eastin, J.D. 1971. Drought injury and resistance in crops. Pub. by Crop. Science Society of American. Madison, Wisconsin.
13. Levitt, J. 1974. Introduction to Plant Physiology. Second Edition. The C.V. Mosby Company, Saint Louis. 447p.
14. Levitt, J. 1980. Responses of Plant to Environmental Stresses Vol. II. Water, Radiation, Salt and other Stresses. London, Academic Press.

15. Millar, Turk and Forth. 1979. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. México, CECSA.
16. Mojarro Davila F. 1977. Efecto de la sequía en el rendimiento del frijol *Phaseolus vulgaris* L. Aspectos fisiológicos. Tesis M.C. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 109p.
17. Mussel, H. and Straples, R. 1979. Stress Physiology in Crop plants A. New York, John Wiley and Sons, Interscience Publication.
18. Nava Sánchez, T. 1984. Resistencia a la sequía XIV. Resistencia a la sequía de cuatro cultivares de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Licenciatura, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
19. Paleg, L.G. and Aspinall, D. 1981. The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants. Australia, Academic Press.
20. Raper, C.D. Jr. and Kramer, P.J. 1983. Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperate climates, Boulder, Colorado, Westview Press.
21. Richards, A. and Wadleigh, C.H. 1952. Agua del suelo y crecimiento de las plantas. "Soil Physical Conditions and Plant Growth". New York, Academic Press Inc. 73-251.

22. Salisbury, F. 1978. Plant Physiology. Second Edition. Belmont, Calif, Publishing Company, Inc.
23. Sevilla Romero, L. 1983. Resistencia a la sequía XII. El índice estomático, forma, tamaño y distribución de estomas en cuatro cultivares de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Licenciatura. México, Universidad Nacional Autónoma de México.
24. Sullivan, C.Y. 1971. Techniques of measuring plant drought stress. Proc. Symp. Drought Injury and Resistance in Crops. Tucson, agosto 1970. Madison, Publication Am. Soc. Agron.
25. Turner, N.C. et al. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean to water deficit III. Components of leaf water potential, leaf conductance, 14 CO_2 -Photosynthesis and adaptations to water deficit. Aust. J. Plant Physiology. No. 5:179-94.
26. Villarreal Magaña, A. 1978. Determinación del momento de riego en base al potencial de agua de la planta. Tesis de Licenciatura. Guadalajara, México. Universidad Autónoma de Guadalajara. 72p.

1981. Resistencia a la sequía V. Condicionamiento a la sequía en frijol *Phaseolus vulgaris* L., ajuste morfológico y osmótico. Tesis de M.C. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 118p.

APENDICE

CUADRO 1. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN EL PESO DE GRANO PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD CACAHUETE 72, SUS CORRESPONDIENTES PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LAS LETRAS IGUALES INDICAN QUE NO HAY DIFERENTES SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DE PESO DE GRANO ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES + EL ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	Peso del grano (g)	Porcentaje A	Tukey
Testigo	3.38 + 0.58	100.00	A
con 0 días de sequía	0.93 + 0.31	27.50	B
con 1 día de sequía	0.69 + 0.31	20.30	B
con 3 días de sequía	0.13 + 0.08	3.60	B
con 5 días de sequía	0.12 + 0.07	3.00	B
con 10 días de sequía	0.04 + 0.02	1.30	B
con 7 días de sequía	0.00 + 0.00	0.00	B

CUADRO 2. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN BIOMASA PROMEDIO PRODUCIDA POR PLANTA, PARA LA VARIEDAD CACAHUATE 72 SUS CORRESPONDIENTES PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LAS LETRAS IGUALES INDICAN QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DE BIOMASA ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDAR.

Tratamiento	Biomasa (g)	Porcentaje A	Tukey
Testigo	19.73 \pm 0.78	100.00	A
Con 0 días de sequía	19.91 \pm 0.89	75.59	B
Con 1 día de sequía	14.29 \pm 0.35	72.42	BC
Con 5 días de sequía	10.83 \pm 1.01	54.92	CD
Con 3 días de sequía	10.71 \pm 1.51	54.30	D
Con 7 días de sequía	9.28 \pm 0.94	47.03	D
Con 10 días de sequía	7.46 \pm 0.63	37.82	D

CUADRO 3. EFECTO DE DIFERENTES PERIODOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE GRANOS NORMALES PROMEDIO POR PLANTAS PARA LA VARIEDAD CACAHUATE 72, SUS CORRESPONDIENTES PORCENTAJES Y RESULTADOS DE ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LAS LETRAS IGUALES INDICAN QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DEL NUMERO DE GRANOS NORMALES ES EL PROMEDIO DE 8 PLANTAS \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	No. de granos normales	Porcentajes	Tukey
Testigo	10.75 \pm 2.11	100.0	A
Con 0 días de sequía	4.50 \pm 1.38	41.8	B
Con 1 día de sequía	3.37 \pm 1.03	31.4	BC
Con 3 días de sequía	0.83 \pm 0.61	8.1	BC
Con 5 días de sequía	0.50 \pm 0.26	4.6	BC
Con 10 días de sequía	0.25 \pm 0.25	2.3	BC
Con 7 días de sequía	0.00 \pm 0.00	0.0	C

CUADRO 4. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE VAINAS NORMALES POR PLANTA EN PROMEDIO PARA LA VARIEDAD CACAHUATE 72, SUS CORRESPONDIENTES PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%). LAS LETRAS IGUALES INDICAN QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DEL NUMERO DE VAINAS ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamiento	No. de vainas normales	Porcentaje	Tukey
Testigo	5.37 \pm 1.05	100.0	A
Con 0 días de sequía	2.12 \pm 0.58	39.5	B
Con 1 día de sequía	1.87 \pm 0.58	34.8	BC
Con 3 días de sequía	0.50 \pm 0.26	9.3	BC
Con 5 días de sequía	0.50 \pm 0.20	9.3	BC
Con 10 días de sequía	0.12 \pm 0.12	2.3	BC
Con 7 días de sequía	0.00 \pm 0.00	0.0	C

CUADRO 5. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN EL PESO DE GRANO NORMAL Y PLANTA PARA LA VARIEDAD MICHOACAN 12-A-3, SUS CORRESPONDIENTES PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DE PESO DE GRANO EN EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	Peso del grano (g)	Porcentajes	Tukey
Con 1 día de sequía	8.04 \pm 0.41	124.96	A
Con 0 días de sequía	6.43 \pm 0.76	100.23	A
Testigo	6.42 \pm 0.77	100.00	A
Con 3 días de sequía	5.84 \pm 0.95	91.07	A
Con 5 días de sequía	4.61 \pm 1.01	71.82	AB
Con 7 días de sequía	4.41 \pm 0.91	68.82	BC
Con 10 días de sequía	2.08 \pm 0.37	32.51	C

CUADRO 6. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN LA BIOMASA PROMEDIO PRODUCIDA POR PLANTA PARA LA VARIEDAD MICHOCACAN 12-A-3, SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DE BIOMASA ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDAR.

Tratamientos	Biomasa (g)	Porcentajes	Tukey
Con 0 días de sequía	16.46 \pm 0.91	112.29	A
Con 3 días de sequía	16.10 \pm 0.91	109.90	A
Con 1 día de sequía	15.49 \pm 0.60	105.70	A
Con 5 días de sequía	15.17 \pm 0.66	103.48	A
Testigo	14.66 \pm 1.34	100.00	AB
Con 7 días de sequía	11.47 \pm 0.76	78.25	BC
Con 10 días de sequía	9.99 \pm 0.70	68.13	C

CUADRO 7. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE GRANOS NORMALES POR PLANTA EN PROMEDIO PARA LA VARIEDAD MICHOA CANA 12-A-3, SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DE NUMERO DE GRANOS ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	No. de granos normales	Porcentajes	Tukey
Con 1 día de sequía	44.00 \pm 2.80	138.03	A
Con 0 días de sequía	33.50 \pm 4.75	105.09	AB
Testigo	31.87 \pm 4.28	100.00	AB
Con 3 días de sequía	27.37 \pm 4.70	85.88	BC
Con 7 días de sequía	23.50 \pm 4.71	73.72	BC
Con 5 días de sequía	22.25 \pm 5.14	69.80	BC
Con 10 días de sequía	11.50 \pm 1.87	36.07	C

CUADRO 8. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE VAINAS NORMALES POR PLANTA EN PROMEDIO PARA LA VARIEDAD MICHOA CAN 12-a-3. SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. CADA VALOR DE VAINAS NORMALES ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	No. de vainas normales	Porcentajes	Tukey
Con 1 día de sequía	11.12 \pm 0.87	121.91	A
Con 0 días de sequía	9.75 \pm 0.95	106.84	AB
Testigo	9.12 \pm 1.18	100.00	AB
Con 3 días de sequía	6.87 \pm 1.09	75.34	BCD
Con 7 días de sequía	6.25 \pm 0.78	68.49	BCD
Con 5 días de sequía	5.62 \pm 1.08	61.64	CD
Con 10 días de sequía	3.62 \pm 0.56	34.24	D

CUADRO 9. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN EL PESO DE GRANO EN PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD MICHOACAN 12-A-3, SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LITRAS IGUALES NO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. CADA VALOR DEL PESO DE GRANO ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamiento	Peso del grano (g)	Porcentajes	Tukey
Testigo	9.20 \pm 0.53	100.00	A
Con 1 día de sequía	8.84 \pm 0.53	96.15	AB
Con 0 día de sequía	8.28 \pm 0.53	90.05	AB
Con 3 días de sequía	8.15 \pm 0.46	88.66	AB
Con 5 días de sequía	6.88 \pm 0.51	74.86	B
Con 7 días de sequía	2.89 \pm 0.38	31.49	C

CUADRO 10. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN LA PRODUCCION DE BIOMASA POR PLANTA PARA LA VARIEDAD MICHOACAN 12-A-3, SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. CADA VALOR DE BIOMASA ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES + ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	Biomasa (g)	Porcentajes	Tukey
Testigo	12.53 ± 0.37	100.00	A
Con 0 días de sequía	11.51 ± 0.26	91.87	AB
Con 1 día de sequía	10.72 ± 0.22	85.61	BC
Con 3 días de sequía	10.08 ± 0.24	80.46	CD
Con 5 días de sequía	9.27 ± 0.20	74.00	D
Con 7 días de sequía	7.84 ± 0.25	62.57	D

CUADRO 11. EFECTO DE DIFERENTES PERIODOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE GRANOS NORMALES EN PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD MICHOACAN 12-A-3, SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. CADA VALOR DE NUMERO DE GRANO ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTAN DARD.

Tratamiento	No. de granos	Porcentajes	Tukey
Testigo	59.00 \pm 4.22	100.00	A
Con 1 día de sequía	58.37 \pm 4.21	98.94	A
Con 0 días de sequía	58.12 \pm 3.71	98.51	A
Con 3 días de sequía	52.62 \pm 3.20	89.19	A
Con 5 días de sequía	44.62 \pm 4.27	75.63	A
Con 7 días de sequía	18.50 \pm 1.93	31.35	B

CUADRO 12. EFECTO DE DIFERENTES PERIODOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE VAINAS NORMALES EN PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD MICHOACAN 12-A-3, SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. CADA VALOR DE NUMERO DE VAINAS ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	No. de vainas normales	Porcentajes	Tukey
Con 0 días de sequía	15.25 \pm 1.19	111.92	A
Con 1 días de sequía	14.50 \pm 1.03	106.42	A
Testigo	13.62 \pm 0.94	100.00	A
Con 3 días de sequía	12.87 \pm 1.12	94.49	A
Con 5 días de sequía	12.75 \pm 1.25	93.57	A
Con 7 días de sequía	5.87 \pm 0.76	43.11	B

CUADRO 13. EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE "SEQUIA" EN EL PESO DE GRANOS NORMALES EN PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD MICHOACAN 12-A-3, SUS PORCENTAJES Y EL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. CADA VALOR DE NUMERO DE VAINAS ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamiento	Peso de grano (g)	Porcentajes	Tukey
Testigo	9.96 \pm 0.69	100.00	A
Con 1 día de sequía	7.31 \pm 0.43	73.34	B
Con 0 días de sequía	5.69 \pm 0.54	57.14	C
Con 0 días de sequía	5.58 \pm 0.32	56.06	C
Con 3 días de sequía	3.72 \pm 0.17	37.38	D
Con 5 días de sequía	2.81 \pm 0.21	28.24	DE
Con 7 días de sequía	2.68 \pm 0.27	26.98	DE
Con 10 días de sequía	1.54 \pm 0.12	15.48	E

CUADRO 14. EFECTO DE DIFERENTES PERIODOS DE "SEQUIA" EN LA BIOMASA PRODUCIDA EN PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD CACAHUATE 72, SUS PORCENTAJES Y ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES NO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DE BIOMASA ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	Biomasa (g)	Porcentajes	Tukey
Testigo	9.22 \pm 0.46	100.00	A
Con 3 días de sequía	7.58 \pm 0.27	82.22	B
Con 1 día de sequía	7.49 \pm 0.18	81.24	B
Con 7 días de sequía	6.99 \pm 0.16	65.87	B
Con 0 días de sequía	6.71 \pm 0.42	72.80	B
Con 0 días de sequía	7.07 \pm 0.26	76.71	B
Con 5 días de sequía	6.83 \pm 0.33	74.07	B
Con 10 días de sequía	5.45 \pm 0.11	59.10	C

CUADRO 15. EFECTO DE DIFERENTES PERIODOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE GRANOS NORMALES EN PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD CACAHUATE 72, SUS PORCENTAJES Y ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA. CADA VALOR DE NUMERO DE GRANOS NORMALES, ES EL PROMEDIO A 8 REPETICIONES + ERROR ESTAN DARD.

Tratamientos	No. de granos normales	Porcentajes	Tukey
Testigo	34.12 + 2.79	100.00	A
Con 0 días de sequía	17.12 + 1.27	50.18	B
Con 0 días de sequía	16.00 + 1.47	46.88	B
Con 1 días de sequía	21.25 + 1.41	62.27	B
Con 3 días de sequía	10.37 + 0.76	30.40	C
Con 7 días de sequía	9.12 + 0.35	26.73	C
Con 10 días de sequía	8.12 + 0.35	23.80	C
Con 5 días de sequía	7.62 + 0.46	22.34	C

CUADRO 16. EFECTO DE DIFERENTES PERIODOS DE "SEQUIA" EN EL NUMERO DE VAINAS NORMALES EN PROMEDIO POR PLANTA PARA LA VARIEDAD CACAHUATE 72, SUS PORCENTAJES Y RESULTADOS DEL ANALISIS MULTIPLE DE TUKEY (5%), LETRAS IGUALES INDICAN NO DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. CADA VALOR DE VAINAS NORMALES ES EL PROMEDIO DE 8 REPETICIONES \pm ERROR ESTANDARD.

Tratamientos	No de vainas normales	Porcentajes	Tukey
Testigo	9.00 \pm 0.56	100.00	A
Con 1 día de sequía	6.37 \pm 0.46	78.83	B
Con 0 días de sequía	4.75 \pm 0.36	52.77	C
Con 0 días de sequía	4.87 \pm 0.51	54.16	C
Con 3 días de sequía	3.62 \pm 0.18	40.27	CD
Con 7 días de sequía	2.87 \pm 0.22	31.94	D
Con 10 días de sequía	2.75 \pm 0.25	30.55	D
Con 5 días de sequía	2.50 \pm 0.26	27.77	D

TABLA DE CORRELACION DE CUENTAS, RESISTENCIA, CONDUCTANCIA Y TRANSPIRACION

Cuentas	Resistencia	Conductancia	Transpiración
45.94	2.280	0.438	8.882
40.33	1.770	0.564	5.561
66.05	4.110	0.243	5.039
66.27	4.130	0.242	4.520
44.73	2.170	0.460	4.188
47.47	2.420	0.413	3.876
57.15	3.300	0.303	3.087
129.87	9.920	0.100	2.844
169.23	13.500	0.074	2.064
172.53	13.800	0.072	1.544
234.07	19.400	0.051	1.046
374.73	32.200	0.031	0.973
415.39	35.900	0.027	0.535
915.39	81.400	0.012	0.242
4,350.55	394.000	0.002	0.077