

21
2ej

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

"EFECTO DE LA SEQUIA EN DESARROLLO Y
CRECIMIENTO DE LAS RAICES DE CUATRO
GENOTIPOS DE FRIJOL EN EL INVERNADERO"

Tesis que para obtener el título de:

B I O L O G O

Presenta:

SILVIA GUADALUPE BENDIMEZ SALINAS

**TESIS CON
FOLIA DE C...**

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

I N D I C E

C O N T E N I D O

P A G .

RESUMEN

1.	Introducción.	1
2.	Objetivos	2
3.	Revisión de literatura	3
	3.1. Importancia del agua en las plantas.	3
	3.2. Desarrollo del deficit hídrico en la planta.	3
	3.3. Efectos del deficit hídrico en la planta.	3
	3.3.1. Efectos morfológicos	3
	3.3.2. Efectos fisiológicos	3
	3.4. Resistencia a la sequía	4
	3.5. Características de las raíces que influyen en la sobrevivencia de las plantas a la sequía.	5
	3.6. Interfase Suelo/Raíz o contacto Suelo/Raíz.	6
	3.6.1. Características físicas de la interfase	6
	3.6.2. Características biológicas de la interfase.	6
	3.7. Resistencias al movimiento del agua	7
	3.7.1. Resistencias en la interfase Suelo/Raíz.	7
	3.7.2. Resistencias a través de las raíces.	7
	3.8. Relación entre raíz y parte aérea	8
4.	Localización	9
5.	Materiales y métodos	9
	5.1. Material biológico	9
	5.2. Invernadero	10
	5.2.1. Preparación de los recipientes utilizados	11
	5.2.2. Forma de sembrar en los recipientes	12
	5.2.3. Forma de organizar los recipientes en el invernadero.	13
	5.2.4. Registro de datos durante el crecimiento de las plantas situadas en las cajas rectangulares.	13
	5.2.4.1. Incrementos de raíz	13
	5.2.4.2. Altura de la parte aérea.	13
	5.2.5. Registro de datos al momento de la cosecha de las plantas.	13

5.2.5.1.	Parte aérea	13
5.2.5.2.	Raíz	13
5.2.6.	Registro de datos de cantidad de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera.	14
5.2.6.1.	Suelo	14
5.2.6.1.1.	Método gravimétrico	14
5.2.6.1.2.	Tensiómetros	14
5.2.6.2.	Planta	15
5.2.6.3.	Atmósfera	15
6.	Resultados	16
6.1.	Condiciones atmosféricas	17
6.2.	Condiciones edáficas	17
6.2.1.	Cajas rectangulares	18
6.2.2.	Bolsas de plástico de 10.9 dm ³ .	18
6.3.	Incrementos de raíz y parte aérea	19
6.3.1.	Incrementos de raíz Principal.	19
6.3.2.	Incrementos de raíz secundaria	23
6.3.3.	Incrementos de raíces nuevas	27
6.3.4.	Incrementos de la parte aérea	30
6.4.	Componentes del rendimiento	33
6.4.1.	Peso seco de raíz	33
6.4.1.1.	Bolsas de plástico de 4.25 dm ³	33
6.4.1.2.	Bolsas de plástico de 10.9 dm ³	33
6.4.1.3.	Cajas rectangulares	33
6.4.2.	Peso seco, parte aérea	34
6.4.2.1.	Bolsas de plástico de 4.25 dm ³	34
6.4.2.2.	Bolsas de plástico de 10.9 dm ³	37
6.4.2.3.	Cajas rectangulares.	37
7.	Discusión	41
7.1.	Incrementos de raíz y parte aérea	41
7.2.	Componentes del rendimiento	43
7.2.1.	Bolsas de plástico de 4.25 dm ³	43
7.2.2.	Bolsas de plástico de 10.9 dm ³	45
7.2.3.	Cajas rectangulares.	49

	7.2.3.1.	Peso seco de raíz	49
	7.2.3.2.	Peso seco parte aérea	54
8.	Conclusiones		61
9.	Bibliografía		63
10.	Lista de Gráficas		67
11.	Lista de Cuadros		68
12.	Anexo.		71

RESUMEN.

En el presente estudio se observaron las características de desarrollo radical de cuatro genotipos contrastantes de frijol en respuesta a deficiencias hídricas de un suelo típico temporalero, bajo condiciones de invernadero.

Los genotipos se sembraron en tres diferentes tipos de recipientes: bolsas de plástico de 4.25 dm³ y 10.9 dm³ y cajas rectangulares de madera, que consideradas como unidades experimentales se agruparon bajo el diseño de bloques completos al azar, y fueron sometidos durante su crecimiento y desarrollo a sequía edáfica.

Durante el transcurso del crecimiento y desarrollo de las plantas situadas en las cajas rectangulares se registraron simultáneamente los incrementos del sistema radical y de la parte aérea. Cuando se procedió a la cosecha de las plantas en los tres diferentes tipos de recipientes utilizados, se determinó el peso seco de sus componentes morfológicos tanto de la raíz, como de la parte aérea. Mientras que el registro de la cantidad de agua en el sistema suelo/planta/atmósfera se realizó durante y al finalizar el experimento.

Los análisis de los datos obtenidos indican que aún bajo el periodo de déficit hídrico al que fueron sometidos los genotipos estudiados, hubo crecimiento del sistema radical cuya distribución estuvo relacionada con las diferencias en el perfil hídrico del suelo.

El crecimiento radical se presentó en mayor proporción (respecto a la parte aérea) en las cajas rectangulares de madera que en las bolsas de plástico y estuvo relacionado con las características de la parte aérea como altura de la planta, cantidad de hojas y producción de órganos reproductores (flores, vainas y granos).

El crecimiento del sistema radical fué un mecanismo adaptativo que al mantener la absorción de agua, permitió a los genotipos P.acutifolius y Durango 222 sobrevivir, y a los genotipos MSU-800122 y 1213-2 sobrevivir a además producir satisfactoriamente durante el periodo de déficit hidrico.

1. INTRODUCCION

En México el frijol forma parte importante en la alimentación básica de la población, es para los sectores de escasos recursos económicos, la principal fuente de proteína. En el país se cultivan de esta leguminosa aproximadamente de 2'271 620 has., obteniéndose una producción de 1'287 021 ton (I) de tal forma que tanto en superficie como en volumen, el frijol se coloca en segundo lugar en importancia a nivel Nacional (INEGI, 1990).

Durango es a nivel nacional el segundo Estado productor de frijol, en el se destina a su cultivo el 47% de la superficie agrícola, por lo que en la entidad esta leguminosa tiene el primer lugar en importancia ya que se siembran alrededor de 299,079 has. de las cuales el 97% son de temporal obteniéndose rendimientos de 390 Kg. de grano por hectárea. Así la mayor producción de frijol es obtenida en zonas eminentemente temporaleras donde tanto el desarrollo del cultivo como su rendimiento se ven afectados por la baja precipitación y la mala distribución de ésta durante el ciclo de cultivo, lo cual ocasiona períodos de sequía que frecuentemente coinciden con la etapa de floración y llenado de grano.

Las plantas cultivadas bajo condiciones de sequía desarrollan mecanismos y adaptaciones que les permiten crecer y reproducirse con poca disponibilidad de humedad. La eficiencia de la utilización del agua en el suelo es una función compleja que depende de características de la raíz como: profundidad, densidad, distribución, grosor, las cuales están relacionadas con la variedad de plantas también depende de las condiciones físicas y químicas del suelo como: humedad, densidad, textura, profundidad, fertilidad, pH. y de condiciones atmosféricas tales como distribución y cantidad de lluvias, temperaturas, humedad relativa, demanda atmosférica. No se puede generalizar un solo

patrón radical para todos los ambientes de sequía, por ejemplo existe una relación entre la humedad del suelo y el crecimiento radical, las características morfológicas de la raíz como profundidad, extensión y distribución que varían dentro y entre especies contribuyen a la sobrevivencia y producción de las plantas mejor adaptadas a condiciones específicas de sequía

Las características de desarrollo radical varían su respuesta a un determinado patrón de humedad, en localidades donde existen deficiencias hídricas (tal es el caso del lugar donde se realizó el presente estudio) una planta con una raíz que se adapte a los cambios de humedad puede ser menos afectada por la falta de agua.

2. OBJETIVOS

- Observar como influyen las deficiencias hídricas de un suelo típico del área en el desarrollo y crecimiento de la raíz de cuatro genotipos contrastantes de frijol, bajo condiciones de invernadero.
- Observar como influye el volumen de diferentes recipientes en el desarrollo y crecimiento de la raíz.
- Determinar la relación que se establece entre el crecimiento de la raíz y el crecimiento de la parte aérea.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. IMPORTANCIA DEL AGUA EN LAS PLANTAS.

El agua desempeña un papel muy importante en el desarrollo de las plantas, ya que es el principal componente de los tejidos fisiológicamente activos, interviene en los procesos de fotosíntesis e hidrólisis, es solvente de sales, azúcares y otros solutos; es esencial para mantener turgente a la planta y necesaria para el incremento de tamaño celular y para el crecimiento [Kramer, 1974]. El ensanchamiento de las células depende de un grado mínimo de turgencia, y el alargamiento de tallos y hojas es controlado o detenido rápidamente por déficits hídricos [Hsiao, 1973].

3.2. DESARROLLO DEL DEFICIT HIDRICO EN LA PLANTA.

Durante el proceso de transpiración de una planta, el agua se evapora de las células del mesófilo de las hojas al ambiente circundante, causando un descenso de potencial hídrico desde las hojas hasta la superficie de absorción de las raíces. Así los déficits se desarrollan en la hoja, tallo y tejidos de las raíces. [Begg y Turner, 1976].

3.3. EFECTOS DEL DEFICIT HIDRICO EN LA PLANTA.

3.3.1. EFECTOS MORFOLOGICOS.- Cuando la planta sufre deficiencias hídricas la falta de turgencia en la célula impide el proceso de alargamiento celular así como también puede acelerar la senescencia foliar y en muchas especies puede ocurrir el enrollamiento de las hojas cuando la cantidad de agua en la planta se ve reducida a niveles letales [Hsiao y Acevedo, 1974; Begg y Turner, 1976; Turner, 1979].

3.3.2. EFECTOS FISIOLÓGICOS.- Bajo condiciones

extremas de gran demanda atmosférica o reducido abastecimiento de agua, los gradientes de potencial hídrico pueden llegar a un valor negativo tan bajo que inducen el cierre estomatal disminuyendo consecuentemente el nivel de fotosíntesis que a su vez podría estar también limitado por la acumulación de fotosintatos que no son utilizados debido al retraso en el crecimiento de las plantas durante dicho periodo de sequía [Hsiao, 1973; Kramer, 1974; Sullivan y Brun, 1975; Begg y Turner, 1976].

Los mencionados efectos del déficit hídrico en la planta podrían considerarse como mecanismos adaptativos ya que reducen el uso y regulan la pérdida de agua, permitiendo a la planta sobrevivir a los déficit hídricos del suelo y de la atmósfera.

3.4. RESISTENCIA A LA SEQUIA.

Crecer y producir satisfactoriamente en áreas sujetas a deficiencias hídricas periódicas del suelo y de la atmósfera se ha denominado como resistencia a sequía [Turner, 1979]. Esto contrasta con la definición de resistencia a sequía en términos ecológicos definida como la habilidad de una planta para permanecer viva durante periodos de bajo abastecimiento de agua [Levitt, 1980]. En las especies cultivables interesa no simplemente la capacidad para sobrevivir a periodos de déficit hídrico, sino también la habilidad de producir [Begg y Turner, 1976].

May y Milthorpe [1962] citados por Turner, 1979, han identificado tres tipos de resistencia a sequía:

1. ESCAPE A LA SEQUIA.- Cuando una planta completa su ciclo de vida rápidamente antes de que se desarrollen severos déficit hídricos del suelo y de la planta.

2. TOLERANCIA A LA SEQUIA. CON BAJOS POTENCIALES HIDRICOS EN LOS TEJIDOS.- Cuando una planta soporta periodos sin lluvia significativa con bajos potenciales hidricos mantiene la turgencia por medio del ajuste osmótico, aumento de la elasticidad, disminución del tamaño de la célula y mediante procesos que capacitan el protoplasma para sobrevivir y recobrase de severos déficit hidricos [Turner, 1979].

3. TOLERANCIA A LA SEQUIA CON ALTOS POTENCIALES HIDRICOS EN LOS TEJIDOS.- Cuando la planta soporta periodos de alta demanda evaporativa y/o creciente déficit hidrico del suelo en sus tejidos, restringe la pérdida de agua al aumentar la resistencia estomatal y cuticular y/o mantener su abastecimiento de agua (aumentando la densidad y profundidad de la raíz) [Turner, 1979].

Los mecanismos de adaptación que permiten un aumento en la producción de los cultivos bajo condiciones de sequía dependen de la duración del período de bajo abastecimiento de agua, y de la forma de producción de la cosecha [Begg y Turner, 1976].

3.5. CARACTERISTICAS DE LAS RAICES QUE INFLUYEN EN LA SOBREVIVENCIA DE LAS PLANTAS A LA SEQUIA.

Las características más importantes del sistema radical, que capacitan a las plantas para resistir el déficit hídrico al mantener la absorción del agua del suelo dependen del efecto combinado de la profundidad a la que las raíces penetran, la extensión a la cual se ramifican en zonas donde el agua esta disponible y a su habilidad para regenerarse cuando el abastecimiento de agua llega a ser favorable [Taylor y Klepper, 1974].

3.6. INTERFASE SUELO/RAIZ O CONTACTO SUELO/RAIZ.

Todos los nutrientes y agua que entran a la planta atraviesan la interfase entre raíz y el suelo. El término "interfase" implica solamente el límite entre los tejidos radicales externos y las partículas del suelo que están más cercanas a ellas [Scott Russell R., 1979].

3.6.1. CARACTERISTICAS FISICAS DE LA INTERFASE.-

Desde el punto de vista de la transferencia de agua y nutrientes a las plantas, el aspecto físico más importante de la interfase es: el grado de contacto físico entre la raíz y el suelo.

Bajo condiciones de sequía ese contacto disminuye ya que en este periodo la raíz pierde turgencia de tal forma que se encoge produciendo un hueco entre ella y el suelo, mismo que al perder agua se contrae aumentando aún más el espacio entre ambos. Este "hueco raíz-suelo" puede restringir significativamente la toma de agua y nutrientes en suelos secos [Tinker, 1976; citado por Atrinson y Wilson, 1979].

3.6.2. CARACTERISTICAS BIOLOGICAS DE LA

INTERFASE.- En raíces relativamente jóvenes como las de plantas anuales, tejidos como la epidermis y pelos radicales representan el límite exterior de la interfase [Scott R.R., 1979] sin embargo la superficie externa de la epidermis de la raíz probablemente no es la superficie de contacto inmediato entre la planta y el suelo, ya que parece ser que está comunmente cubierta por una capa de mucilago [Oades, 1978; citado por Greenland D. J., 1979].

La continuidad formada por el mucilago de la raíz y las partículas del suelo, implica que conforme el suelo se seca y la raíz se encoge es probable que una capa de suelo se encuentre

unida a la raíz, reforzando así el contacto raíz-suelo. Sin embargo permanece el hecho de que los suelos no se contraigan en perfecta coordinación con las raíces y el hueco raíz-suelo" esto puede ser significativo en limitar el flujo masivo de la difusión de agua a pesar de que las capas de mucilago y los pelos radicales mitiguen los efectos de este "hueco" [Huck et al, 1970].

3.7. RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DEL AGUA.

3.7.1. RESISTENCIAS EN LA INTERFASE SUELO/RAIZ.-

El movimiento del agua hacia las raíces en respuesta a la transpiración despoja al suelo de agua y con ello decrece el potencial hídrico del suelo [Winter E. J., 1974]. Weatherley, (1979) afirma que el descenso en dicho potencial no reside en el suelo alrededor de las raíces, sino en la interfase entre el suelo y la superficie de la raíz, la cual presenta una alta resistencia al flujo de agua.

Así la resistencia interfase causa un descenso en el potencial hídrico de la planta al inicio del aumento en la tasa de transpiración, de lo cual resulta una contracción de la raíz y un aumento en la resistencia interfacial [Weatherley, 1979].

3.7.2. RESISTENCIAS A TRAVES DE LAS RAICES.-

Se asume que la mayor parte de la resistencia al flujo de agua en la planta está localizada en la raíz [Kramer, 1974; Taylor y Klepper, 1978; Boyer, 1971, Tomar y Otoole, 1982]. Regularmente se considera que la absorción de agua por la raíz está controlada por dos componentes del flujo de agua: el flujo radical a través de la epidermis y cortex hacia el xilema y el flujo axial ascendente en el xilema de la raíz a las partes superiores [Feddes, 1981]. Se ha visto que la resistencia al flujo radical es el componente dominante de la resistencia radical ya que la resistencia al flujo axial es relativamente pequeña [Newman, 1976 citado por Blum, 1979; Klepper y Taylor, 1979].

3.8. RELACION ENTRE RAIZ Y PARTE AEREA.

Las raíces de las plantas se forman, multiplican, funcionan y mueren en íntima dependencia y en directa competencia con la parte aérea de la planta. [Quinsenbery et al., 1981; Katering D.L., 1984]. La raíz depende de la parte aérea para su abastecimiento de carbohidratos, los cuales se forman principalmente en las hojas por medio de la fotosíntesis y la parte aérea obtiene su abastecimiento de agua y nutrientes minerales del sistema radical, [Taylor, 1979; Taylor y Klepeer, 1974]

Si algún factor del crecimiento de la planta es alterado trastornando el balance entre raíz y parte aérea, la planta acelera el crecimiento de alguno de los dos de tal forma que la relación raíz-parte aérea retorne al equilibrio [Brower, 1963 citado por Taylor H. M. 1981]. Por ejemplo hay evidencia de que pequeños decrementos del potencial hídrico inducen aumentos de la relación raíz-parte aérea en plantas de soya [Read y Bartlett, 1972 citados por Levitt, 1980].

Una alta relación raíz-parte aérea puede aumentar la tasa de transpiración y por lo tanto mejorar la adaptación a la sequía en dos formas: 1) menos cantidad de agua necesita ser absorbida por unidad de superficie de raíz, para abastecer la parte aérea 2) obviamente, la planta con un gran sistema radical absorbe más agua llegando a punto del marchitamiento del suelo más rápidamente [Parker, 1956; citado por Levitt, 1980]. Así la resistencia a la sequía ha estado asociada con una mayor capacidad de crecimiento de la raíces de una región de alto déficit hídrico a un de bajo déficit hídrico [Levitt, 1980, Scott R. R., 1979].

4. LOCALIZACION

El presente trabajo se realizó en un invernadero situado dentro del Campo Agrícola Experimental Valle del Guadiana, ubicado dentro del municipio de Durango, que se localiza entre las coordenadas 23 24' latitud norte y 104 18' longitud oeste.

5. MATERIALES Y METODOS.

5.1. MATERIAL BIOLÓGICO.

El material biológico utilizado fueron cuatro genotipos provenientes de dos diferentes bancos de germoplasma [INIFAP (antes INIA) y MICHIGAN] que fueron previamente elegidos por sus características contrastantes en cuanto a su habilidad para resistir sequía, teniendo como extremos al P. acutifolius (más resistente) y al MSU-800122 (menos resistente), los otros dos genotipos intermedios son: Durango 222 y el 1213-2. Las características agronómicas de estos genotipos se indican en el cuadro I.

CUADRO I. Características agronómicas de los genotipos utilizados.

GENOTIPO	ORIGEN	HABITO DE CRECIMIENTO	COLOR DEL GRANO
P. acutifolius	INIA	INDETERMINADO	CREMA
1213-2	INIA	INDETERMINADO	PINTO
Durango 222	INIA	INDETERMINADO	BLANCO
MSU-800122	MICHIGAN	INDETERMINADO	BLANCO

5.2. INVERNADERO.

En el invernadero cuyo techo de bóveda y paredes de polietileno, cubren una porción del terreno del Campo Agrícola de forma rectangular, se controlaron la temperatura y humedad a través de ventiladores (que funcionaron automáticamente) colocados en las partes anchas del invernadero.

El suelo utilizado de textura migajón arcillo-arenoso derivado de cenizas volcánicas o roca ígnea extrusiva provino de la región de "los llanos", mismo que fue previamente cribado antes de utilizarse con el fin de eliminar el exceso de rocas.

5.2.1. PREPARACION DE LOS RECIPIENTES UTILIZADOS.

Se utilizaron 36 bolsas de plástico de 2 capacidades diferentes; 16 bolsas de 10.9 dm³ se llenaron con 12.3 kg de suelo al que se agregó 1.0 g de fertilizante (Urea-superfosfato) y 4 dm³ de agua, las restantes 20 bolsas de 4.25 dm³ de capacidad se llenaron con 5.5 kg de suelo al que se añadió con 0.6 g del mismo fertilizante y 2 dm³ de agua.

La cantidad del suelo con que llenaron las bolsas de plástico se calculó con el dato del volumen del recipiente y el de la densidad aparente (1.3 g/cc) que presenta el suelo de la región de "los llanos". La cantidad de fertilizante utilizado representa la dosis de 25.35 kgs/ha. El agua se añadió tres días anteriores a la siembra para elevar el nivel de humedad del suelo a capacidad de campo.

Otro tipo de recipientes utilizados fueron 16 cajas rectangulares de madera (118.3 cm de largo; 56.3 cm de ancho; 9.1 cm de espesor) donde una de sus caras era de cristal, dichas cajas se colocaron en una estructura metálica a una inclinación de 30° ángulo formado entre el piso del invernadero y la cara de cristal de la caja, con el fin de que las raíces se pegaran al vidrio y así se facilitara su observación. Para proteger a las raíces de la luz, se colocaron sobre los cristales de cada una de las cajas unas tapas de triplay de la misma manera que con las bolsas de plástico, se determinó el volumen de la caja y con este dato y el de la densidad aparente que se deseaba (1.3 g/cc) se calculó la cantidad de suelo con que fueron llenadas, por cada 90 kgs. Se añadieron 10 g de urea, 10 de super-fostafo con el fin de que los nutrientes no fueran una limitante en el crecimiento de las plantas ya que el suelo utilizado tenía bajas concentraciones de materia orgánica. Cuatro días anteriores a la siembra, se añadieron, 22 dm³ de agua a cada caja de tal manera que al momento de la siembra el suelo estuviera a capacidad de campo.

5.2.2. FORMA DE SEMBRAR EN LOS RECIPIENTES.- En las 36 bolsas de plástico utilizadas se sembraron (10 de abril de 1984) dos semillas en cada recipiente de los genotipos de frijol ya mencionadas, con cuatro repeticiones por variedad. De las dos plantas nacidas en estos recipientes se cortó una de ellas, dejando la mejor desarrollada que se mantuvo en observación de síntomas de sequía (flacidez y/o enrollamiento foliar), una vez que estos se presentaron, se aplicaron riegos de auxilio, siete en total (seis de 0.5 dm³ y una de 1.0 dm³ aproximadamente). Finalmente se procedió a la cosecha del material a los 65 días en las bolsas de 4.25 dm³ y a los 74 días en las bolsas de 10.9 dm³ de capacidad.

En las cajas rectangulares se sembraron (2 de abril de 1984) seis semillas en cada caja de los cuatro genotipos de frijol, con cuatro repeticiones por variedad. De las plantas nacidas se dejaron tres (las mejor desarrolladas). Una vez que la raíz de las de las plantas estuvo bien establecida (tres semanas después de la siembra), se procedió al registro de datos efectuándolos diariamente durante la última semana de abril y dos veces por semana durante el mes de mayo.

Con el fin de evitar la muerte por sequía del material biológico con el que se trabajo, se dieron cuatro riegos de auxilio, el primero de 1.0 dm³ al momento de la siembra para asegurar la germinación, posteriormente dos riegos de 2.0 dm³ los días 21 y 25 de marzo, y el último el día 22 de junio de 3.0 dm³. Entre el primer y segundo riego se agregó 0.5 dm³ de agua solamente a la variedad MSU-800122 que mostró en ese lapso síntomas graves de sequía. Finalmente se procedió a la cosecha de las plantas el día 10 de julio.

5.2.3. FORMA DE ORGANIZAR LOS RECIPIENTES EN EL INVERNADERO. Tanto las bolsas de plástico como las cajas

rectangulares consideradas como unidades experimentales se organizaron bajo el diseño experimental de bloques completos al azar. Esto es que cuatro unidades experimentales (recipientes) se agruparon en bloques o repeticiones donde en cada una se encontraban aleatoriamente los tratamientos (cada uno de los diferentes genotipos), con el objetivo de maximizar las diferencias entre bloques para detectar las diferencias de los tratamientos (genotipos).

5.2.4. REGISTRO DE DATOS DURANTE EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS SITUADAS EN LAS CAJAS RECTANGULARES.

5.2.4.1. INCREMENTOS DE RAIZ. Sobre el vidrio de la caja, se marcó con un color diferente cada día las raíces que iban apareciendo, y las que iban creciendo, midiendo la longitud señalada y anotándola, distinguiendo entre raíces primarias, secundarias y nuevas.

5.2.4.2.- ALTURA DE LA PARTE AEREA.- Se tomó este dato simultáneamente con los de incremento de raíz, de cada una de las tres plantas desarrolladas en las cajas, para cada una de las cuatro repeticiones por genotipo.

5.2.5. REGISTRO DE DATOS AL MOMENTO DE LA COSECHA DE LAS PLANTAS.

5.2.5.1. PARTE AEREA. Se separaron folíolos, flores y vainas de las ramas colocándolas por separado en bolsas de papel y manteniéndolas en la estufa por espacio de 24 hrs. a 75 C pesándolas posteriormente.

5.2.5.2. RAIZ. En las bolsas de plástico para separar la raíz del suelo, se retiró la bolsa y el bloque se colocó sobre un tamiz fino lavando el suelo lentamente con agua hasta que solo quedó la raíz, que así obtenida, se limpió del

suelo atrapado en ella, introduciéndola en una probeta que contenía un volumen inicial de agua, el volumen desplazado por la raíz se consideró como el volumen de la misma. Al sacar la raíz de la probeta se eliminó el exceso de agua y se colocó en una bolsa de papel que se mantuvo en la estufa por espacio de 24 hrs a 75 C para obtener su peso seco.

Para obtener la raíz de las cajas rectangulares se procedió de la siguiente manera. Una vez cosechada la parte aérea, se colocó la caja en forma horizontal, se retiró la cara de cristal, y se fraccionó el suelo cada 10 cms de profundidad, colocando cada una de las fracciones por separado en bolsas de plástico de las que se obtuvo la raíz procediendo de la forma siguiente: se colocó el suelo de la bolsa sobre un tamiz fino, y se fueron separando manualmente una por una las raíces encontradas. Dado que este procedimiento era mucho muy lento, solo se muestreo de esta manera una repetición (la repetición 4 que constaba como las otras de cuatro cajas con diferente variedad cada una), y se optó por obtener la raíz (que se hizo con las otras tres repeticiones) de la misma manera como se procedió para las bolsas de plástico determinado igualmente su volumen.

5.2.6. REGISTRO DE DATOS DE CANTIDAD DE AGUA EN EL SISTEMA SUELO / PLANTA / ATMOSFERA.

5.2.6.1. SUELO.

5.2.6.1.1. METODO GRAVIMETRICO.-

Para determinar la humedad del suelo en las bolsas de plástico y en las cajas, al momento de separar la raíz del suelo, se tomó una muestra del mismo, se determinó su peso, y llevándolo después a la estufa en la que permaneció 24 hrs. a 110° C (Torres, 1983), se determinó nuevamente su peso ya seco, y con estos datos se calculó el porcentaje de humedad del suelo.

5.2.6.1.2. TENSIOMETROS.- Se utilizaron para registrar el potencial mátrico del suelo en las cajas, colocando dos por unidad experimental, uno a los primeros 30 cms. y el otro a los 60 cms. de profundidad, debido a que no se disponía de un gran número de ellos, se colocaron en solo cuatro cajas rectangulares donde estaban sembrados los diferentes genotipos de frijol estudiados.

5.2.6.2. PLANTA .

Para registrar el potencial hídrico de la parte aérea de la planta, tanto de las bolsas de plástico como en las cajas, se utilizó la bomba de presión sólo una vez en todo el transcurso del experimento. Se efectuaron las mediciones cortando una hoja trifoliada totalmente iluminada con el peciolo largo, que inmediatamente se colocaba en el dispositivo de la bomba de presión, cerrandolo perfectamente y abriendo la válvula para que entrara el gas a la cámara, permitiendo llegar al equilibrio entre el potencial hídrico de la planta y la presión de la cámara, en ese momento se registró la lectura así como también la hora a la que ésta se realizó.

5.2.6.3. ATMOSFERA.

Para registrar en forma continua la temperatura y la humedad relativa del invernadero durante todo el experimento, se colocó un higrotermógrafo dentro de una caseta meteorológica dispuesta en el área donde se encontraban las cajas rectangulares y las bolsas de plástico.

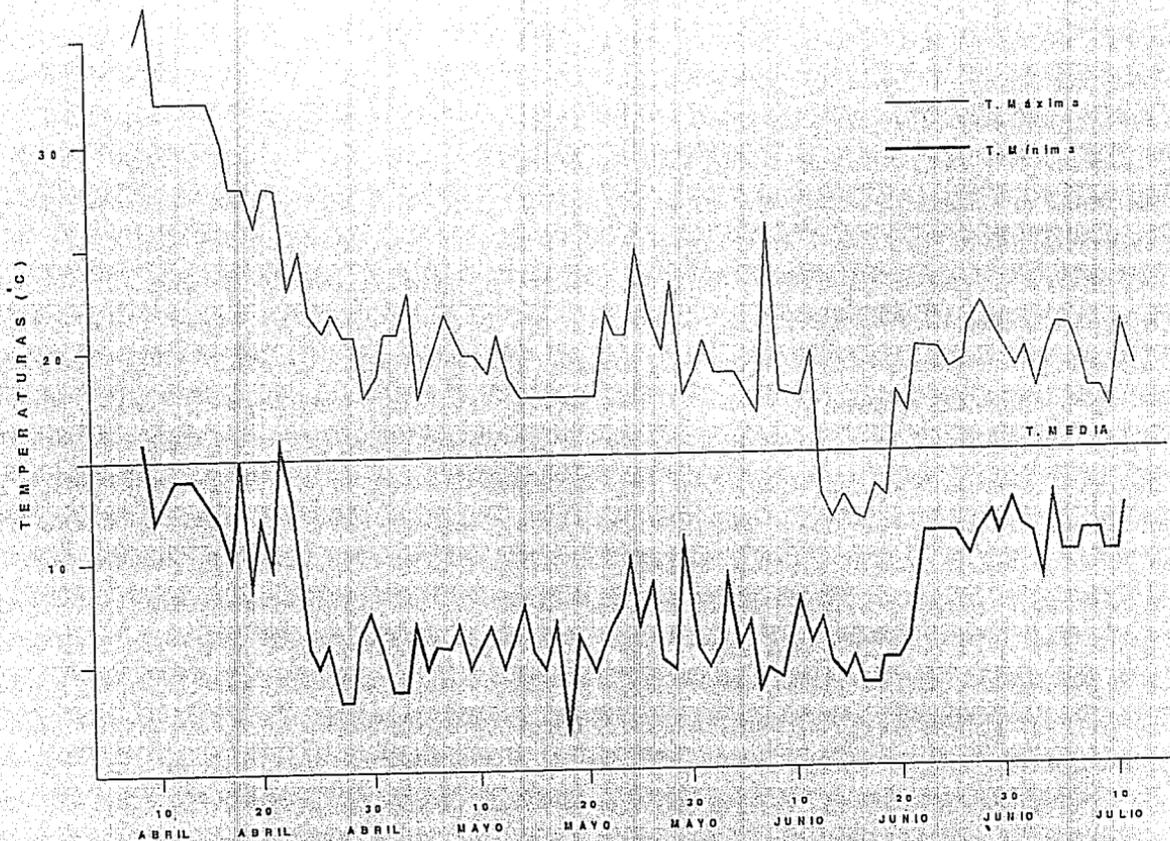
6. RESULTADOS.

6.1. CONDICIONES ATMOSFERICAS.

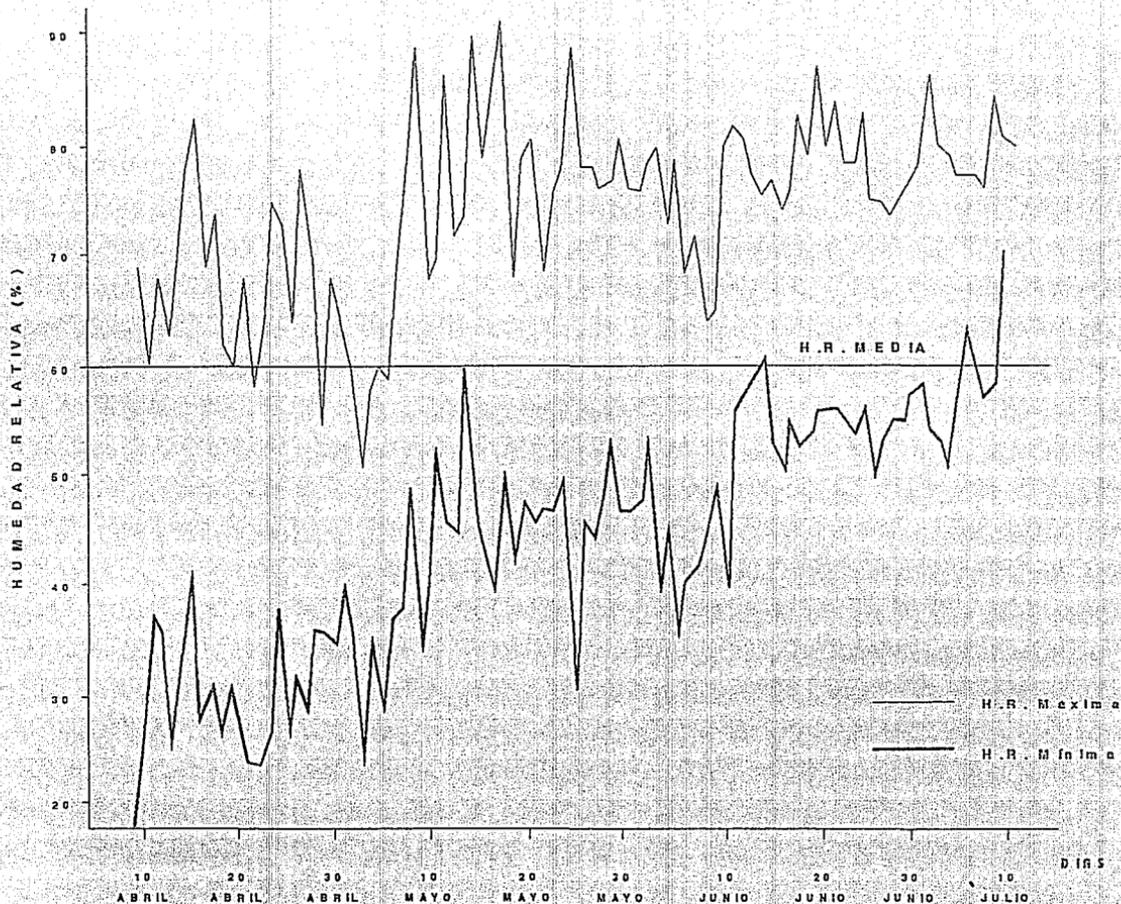
Los registros de los parámetros medidos indican que tanto la temperatura y la humedad relativa, variaron durante el tiempo en que se llevó a cabo el experimento [FIGS. 1 y 2]. La temperatura máxima fue de 35° C. el día 10 de abril a las 14:00 hrs. con una humedad relativa de 32%; la temperatura mínima fue de 26° C. el día 18 de mayo a la 06:00 Hrs. coincidiendo con la máxima humedad relativa máxima registrada que fue de 92%, mientras que la mínima humedad relativa fue de 18% registrada el 9 de abril a las 18:00 hrs. con una temperatura de 34° C.

Las oscilaciones observadas de los parámetros antes referidos estuvieron en función de las fluctuaciones diurnas debido a la salida y puesta del sol. A medida que el sol salía, el techo y paredes del invernadero permitían el paso de la radiación solar hacia su interior, calentándolo y aumentando así la temperatura hasta que se alcanzaba aproximadamente los 30° C. entre las 14:00 Hrs. y 15:00 hrs. que era controlada por ventiladores que enfriaban el aire. Al disminuir la radiación solar por la tarde, el calor acumulado dentro del invernadero tendía a conservarse, sin embargo, como el exterior se enfriaba debido a la liberación del calor hacia la atmósfera, la temperatura en el exterior y con ella el interior del invernadero disminuían constantemente durante la noche alcanzando la mínima al salir el sol (generalmente entre la 06:00 hrs. y 07:00 hrs).

La humedad relativa también siguió variaciones proporcionales en función a los cambios de temperatura, disminuyendo durante el día, registrándose la mínima entre la 15:00 y las 19:00 hrs., y aumentando durante la noche, en este caso coincidiendo con las horas en que se registro la temperatura mínima (generalmente entre las 06:00 y 07:00 hrs.).



GRAFICA 1. TEMPERATURAS MAXIMA Y MINIMA REGISTRADAS EN EL TRANCURSO DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS EN EL INVERNADERO



GRAFICA 2. HUMEDADES RELATIVAS MAXIMAS Y MINIMAS REGISTRADAS EN EL TRANSURSO DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS EN EL INVERNADERO

Los datos promedio registrados fueron: temperatura máxima 21.036 C.; temperatura mínima 8.146 C.; humedad relativa máxima 74.34%; humedad relativa mínima 44.46%.

Al fluctuar la temperatura y la humedad relativa, consecuentemente cambio la presión de vapor de agua (FIG. 3) calculándose en promedio de 10.30 mb, siéndo la máxima de 17.7 mb. (el 15 de abril) y la mínima de 6.5 mb. (el 5 de mayo).

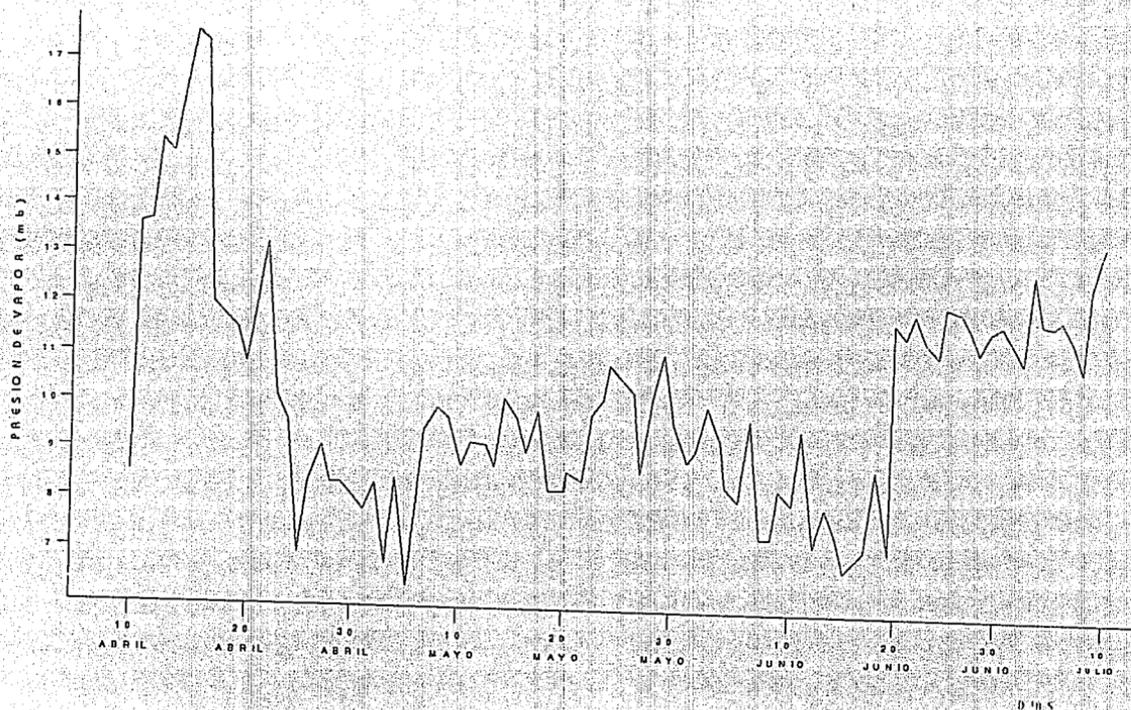
7.2. CONDICIONES EDAFICAS.- Habiendo sido anteriormente mencionadas las características del suelo utilizado, solo se hará referencia al contenido final de agua dado por los porcentajes de humedad obtenidos para los diferentes tipos de recipientes utilizados.

6.2.1. CAJAS RECTANGULARES.- En los datos de porcentaje de humedad del suelo cada 10 cms. de profundidad, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos estudiados en ninguna de las profundidades muestreadas. Sin embargo, en la gráfica puede apreciarse que en la profundidad 30 -40 cms, y 80 - 90 cms. los genotipos MSU-800122 Y Durango 222 respectivamente se diferenciaron de los demás por su mayor porcentaje de humedad en el suelo. [CUADROS 2 Y A GRAFICA 4].

Los registros de los cambios de humedad en el suelo obtenido por medio de los tensiómetros, indicaron que hubo una disminución del potencial hídrico de -0.05 a -0.65 barias conforme transcurrieron los días observándose aumentos eventuales debidos a los riegos de auxilio.

En las BOLSAS DE PLASTICO de 4.25 dm³. de capacidad, no se registraron datos suficientes de porcentaje de humedad del suelo para realizar el análisis estadístico.

6.2.2. BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³.-

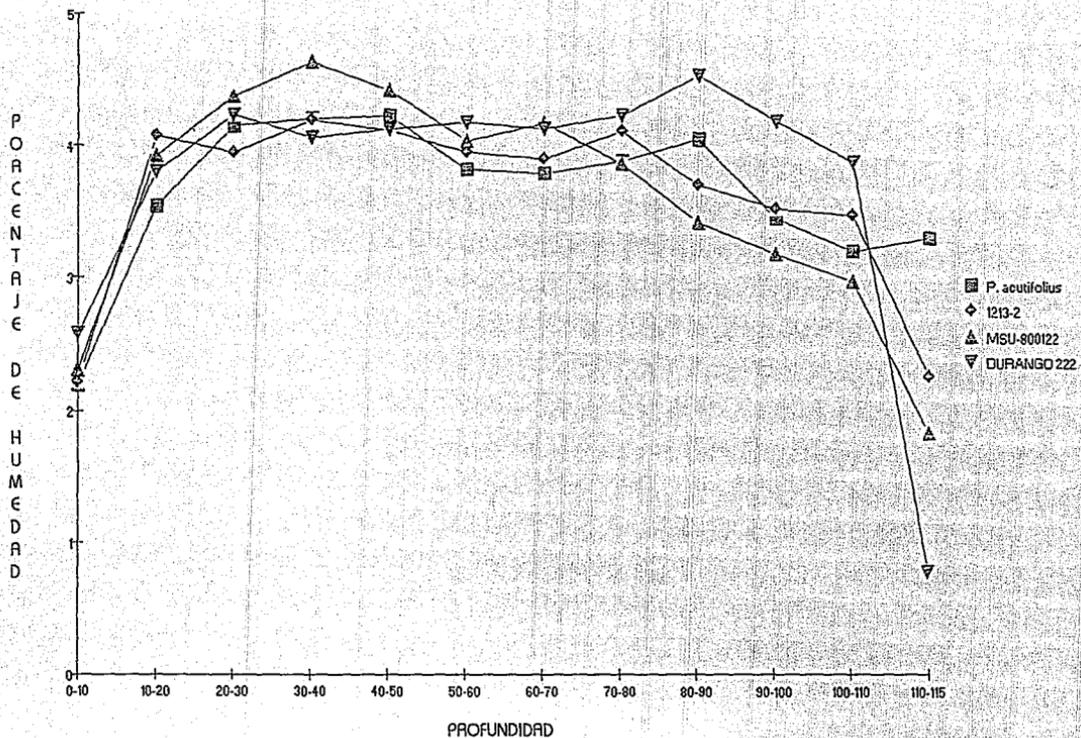


GRAFICA 3. PRESION DE VAPOR EN EL INVERNADERO DURANTE EL TRANSURSO DE PERMANENCIA DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS

Estadísticamente se encontraron, diferencias significativas en la profundidad 0 - 30 cms. entre los genotipos MSU-800122 y P.acutifolius. por el mayor y menor porcentaje de humedad respectivamente, pero ambos no se diferenciaron significativamente del genotipo Durango. En este tipo de recipiente se eliminó de todo el experimento el genotipo 1213-2 por no contar con suficientes datos del mismo que permitieran realizar el análisis estadístico [CUADRO B].

CUADRO 2. DATOS PROMEDIO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO CONTENIDO EN LAS CAJAS RECTANGULARES PARA CADA 10 cms. DE PROFUNDIDAD.

G E N O T I P O .				
	p.acutifolius	1213-2	MSU-800122	Durango 222
PROFUND				
0 - 10	2.20	2.22	2.31	2.58
10 - 20	3.54	4.07	3.92	3.80
20 - 30	4.14	3.94	4.36	4.22
30 - 40	4.19	4.18	4.62	4.05
40 - 50	4.21	4.10	4.40	4.11
50 - 60	3.81	3.94	4.02	4.16
60 - 70	3.78	3.89	4.15	4.11
70 - 80	3.87	4.09	3.85	4.21
80 - 90	4.03	3.69	3.41	4.51
90 - 100	3.44	3.51	3.17	4.16
100 - 110	3.19	3.46	2.96	3.86
110 - 115	3.29	2.25	1.83	0.79



GRAFICA 4. PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO CONTENIDO EN LAS CAJAS SITUADAS DENTRO DEL INVERNADERO CADA 10 cm. DE PROFUNDIDAD

CUADRO 3. DATOS PROMEDIO DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO CONTENIDO EN LAS BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³. DE CAPACIDAD.

P R O F U N D I D A D (cm)		
	0 - 30	30 - 60
GENOTIPO		
MSU-800122	5.45 a	6.80 a
DURANGO 222	4.82 ab	9.89 a
P.acutifolius	3.64 b	7.94 a

Numeros con letras diferentes son estadisticamente diferentes (Duncan 5%).

6.3. INCREMENTOS DE RAIZ Y PARTE AEREA.

6.3.1. INCREMENTOS RAIZ PRINCIPAL.- Con respecto a los incrementos de longitud de la raiz principal no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre genotipos excepto el día 2 de mayo donde el genotipo MSU-800122 fué el único diferente a los demás por tener el menor incremento de longitud esto también se puede apreciar en la gráfica 5 (CUADRO 4, CUADRO C ANEXO Y GRAFICA).

La suma de incrementos registrados para determinar la longitud alcanzada, dió diferencias significativas entre genotipos en los días 2, 18 y 28 de mayo a un nivel de probabilidad menor de 10% para cada uno. Para el día 2 de mayo el genotipo MSU-800122 fué significativamente diferente del p. acutifolius y del Durango 222 por tener menor longitud, no hubo diferencia significativa entre estos dos últimos, en tanto que el

CUADRO 4. DATOS PROMEDIO DE INCREMENTOS DE LONGITUD DE RAIZ PRINCIPAL (Cm) PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES OBTENIDOS EN DIFERENTES FECHAS.

D I A	p. acutifolius	1213-2	MSU-800122	Durango 222
ABRIL 26	3.43	2.84	2.31	2.61
27	1.75	3.28	0.25	1.88
30	10.42	7.74	7.21	9.02
MAYO 2	6.85 a	6.03 a	0.37 b	7.26 a
4	5.76	3.93	4.13	6.99
7	9.31	4.59	3.98	6.19
11	7.75	8.95	3.68	8.81
14	5.47	4.90	1.70	2.48
18	3.51	6.86	0.00	0.00
21	0.00	2.25	0.00	0.50
28	0.88	2.80	0.00	2.38

Numeros con letras diferentes son estadisticamente diferentes al nivel 5% (Prueba de Duncan)

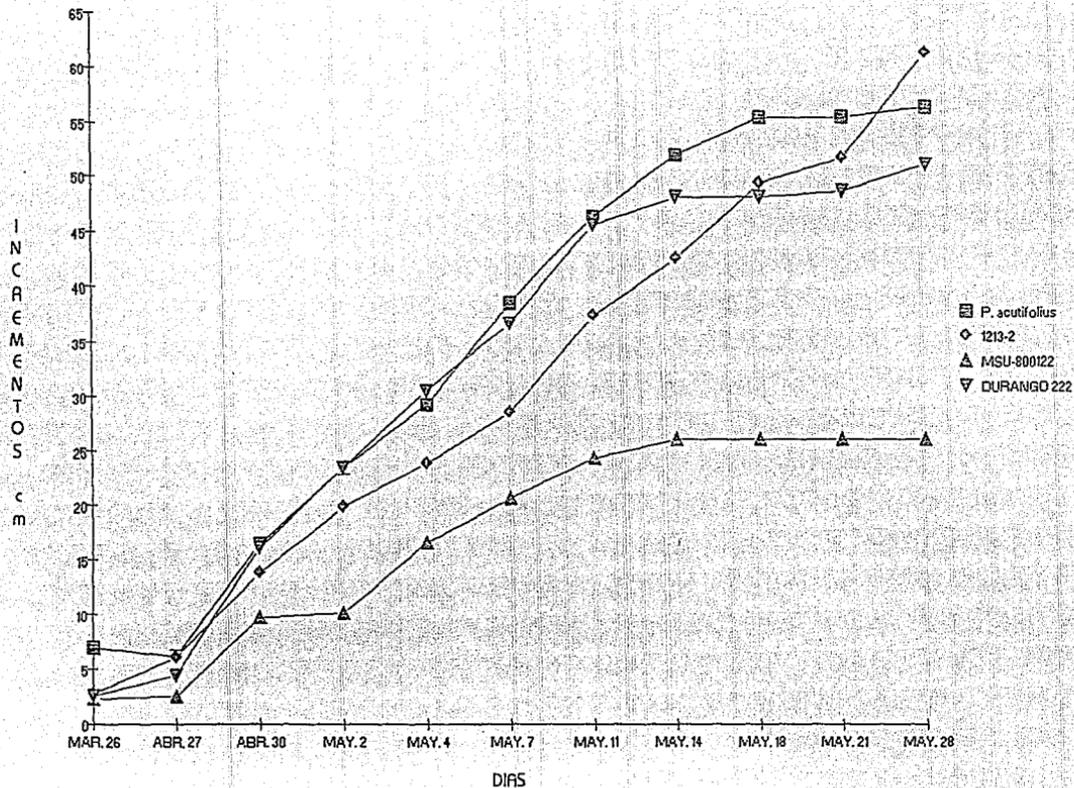
genotipo 1213-2 no se diferenci6 significativamente de ninguno de los anteriores. El d1a 18 de mayo hubo diferencia significativa s6lo entre el genotipo P. acutifolius y el MSU-800122 por su mayor y menor longitud alcanzada respectivamente. Sin embargo para el 28 de mayo el genotipo 1213-2 desplaza al P. acutifolius respecto a la mayor longitud alcanzada aunque no se diferenci6 significativamente de 6ste ni del Durango 222, en tanto que el genotipo MSU-800122 sigui6 teni6ndo la menor longitud, diferenci6ndose significativamente s6lo del 1213-2. El mencionado desplazamiento podr1a atribuirse a que tres d1as anteriores (25 de mayo) a este 6ltimo registro de datos se aplic6 un riego de auxilio al que respondi6 en mayor forma el genotipo 1213-2 y s6lo ligeramente los genotipos P. acutifolius y Durango 222, y al que no respondi6 el genotipo MSU-800122 (CVADRO 5, CUADRO D, ANEXO Y GRAFICA 5).

En general el patr6n de crecimiento de la raiz principal fu6 distinta para los genotipos estudiados (GRAFICA 5). En el periodo comprendido entre el 26 de abril y 21 de mayo, las plantas fueron sometidas a un d6ficit hidrico, en este periodo, el crecimiento de la raiz principal del genotipo 1213-2 aument6 en forma casi directamente proporcional al tiempo mientras que los genotipos P. acutifolius y Durango 222 cuyos crecimientos fueron casi semejantes hasta el d1a 11 de mayo tuvieron aumentos en menor proporci6n respecto al primero, despu6s, se observ6 en el genotipo Durango 222 una tendencia a disminuir el crecimiento haci6ndose m6s lento esto tambi6n se observ6 en el genotipo MSU-800122 el crecimiento de la raiz principal fu6 menor a los otros crecimientos cesando despu6s del d1a 14 de mayo sin operarse cambio alguno en crecimiento de la raiz principal despu6s de la aplicaci6n de dos riegos de auxilio (21 y 25 de mayo) en tanto que el crecimiento de la raiz principal del genotipo 1213-2 reaccion6 positivamente a estos dos riegos creciendo m6s que los genotipos P. acutifolius y Durango 222.

CUADRO 5. DATOS PROMEDIO DE SUMA DE INCREMENTO DE LONGITUD DE RAIZ PRINCIPAL PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES OBTENIDOS EN DIFERENTES FECHAS.

DIA	P. ACUTIFOLIUS	1213-2	MSU-800122	Durango 222
ABRIL 26	3.43	2.84	2.31	2.61
27	6.14	6.12	2.56	4.48
30	16.56	13.86	9.76	16.22
MAYO 2	23.41a	19.89ab	10.13b	23.47a
4	29.16	23.81	16.62	30.46
7	38.47	28.41	20.60	36.65
11	46.22	37.36	24.27	45.45
14	51.68	42.25	25.97	47.93
18	55.19a	49.11ab	25.97b	47.93ab
21	55.19	51.36	25.97	48.93
28	56.07ab	60.97a	25.97b	50.80ab

Numeros con letras diferentes son estadisticamente diferentes al nivel 5% (Prueba de Duncan)



GRAFICA 5. INCREMENTOS DE LONGITUD DE RAIZ PRINCIPAL DE CADA UNO DE LOS GENOTIPOS QUE SE DESARROLLARON EN LAS CAJAS SITUADAS DENTRO DEL INVERNADERO

6.3.2. INCREMENTOS DE RAIZ SECUNDARIA.- Con respecto a los incrementos de la raíz secundaria, se encontraron diferencias significativas entre genotipos los días 2, 14 y 28 de mayo (CUADRO E). El día 2 de mayo el genotipo MSU-800122 se diferenció por su menor incremento respecto a los demás genotipos, cuyos incrementos no resultaron ser significativamente diferentes entre sí. El día 14 de mayo, el genotipo P.acutifolius se diferenció significativamente por su mayor incremento de los otros genotipos, los que no se diferenciaron entre sí. En el día 28 de mayo se presentó la misma situación que en el día 14 de mayo. [CUADROS 6 Y F ANEXO].

Al sumar los incrementos para determinar la longitud alcanzada también se encontraron diferencias significativas entre genotipos los días 14 y 28 de mayo. El 14 de mayo, el genotipo P.acutifolius al haber tenido el mayor incremento este día, alcanzó el mayor crecimiento en longitud, de su raíz secundaria, diferenciándose solo del MSU-800122 que tuvo el menor crecimiento, los genotipos 1213-2 y Durango 222 no se diferenciaron entre sí ni de los dos anteriores. El 28 de mayo, la situación varió ligeramente, el genotipo P.acutifolius se siguió diferenciando por su mayor crecimiento alcanzado, aunque esta vez no sólo se diferenció del genotipo MSU-800122 sino también del Durango 222, no encontrándose entre estos dos últimos diferencias significativas entre sí, en tanto que el genotipo 1213-2 no se diferenció de ninguno de los tres anteriores [CUADRO 7 Y CUADRO F, ANEXO].

CUADRO 6. DATOS PROMEDIO DE INCREMENTO DE LONGITUD DE RAIZ SECUNDARIA (cm) PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES OBTENIDOS EN DIFERENTES FECHAS.

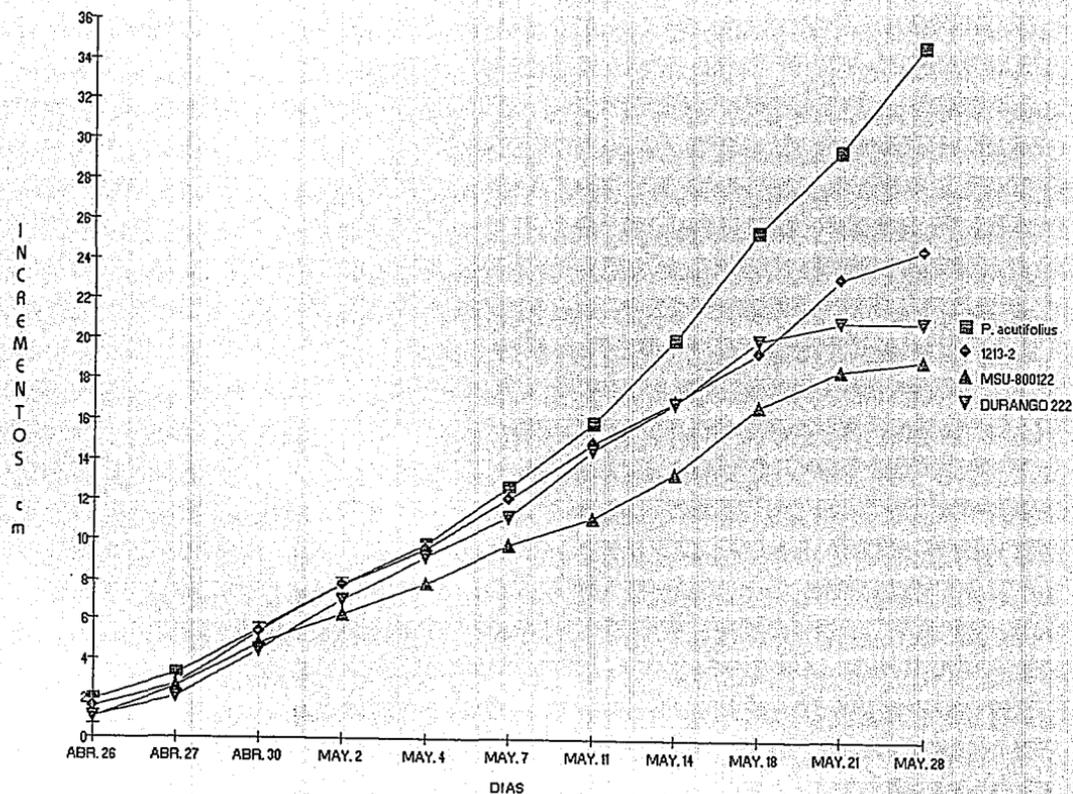
DIA	P. acutifolius	1213-2	MSU-800122	Durango 222
ABR. 26	1.91	1.56	0.98	1.03
27	1.33	1.14	1.58	1.05
30	2.40	2.66	2.23	2.38
MAYO 2	2.18 a	2.43 a	1.44 b	2.54 a
4	1.95	1.75	1.62	2.20
7	2.86	2.49	1.90	1.92
11	3.16	2.77	1.33	3.37
14	4.16 a	2.07 b	2.20 b	2.32 b
18	5.44	2.42	3.31	3.13
21	4.00	3.74	1.74	0.91
28	5.25 a	1.44 b	0.53 b	0.00 b

Valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes al nivel 5% (Prueba de Duncan).

CUADRO 7. DATOS PROMEDIO DE LAS CUATRO REPETICIONES POR GENOTIPO DE SUMA DE INCREMENTOS DE RAIZ SECUNDARIA PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES. OBTENIDOS EN DIFERENTES FECHAS.

DIA	P. acutifolius	1213-2	MSU-800122	Durango 222
ABRIL 26	1.91	1.56	0.98	1.03
27	3.24	2.70	2.57	2.07
30	5.46	5.36	4.79	4.45
MAYO 2	7.82	7.79	6.23	6.99
4	9.77	9.54	7.85	9.19
7	12.63	12.03	9.76	11.12
11	15.79	14.80	11.08	14.49
14	19.95 a	16.87ab	13.36 b	16.81 ab
18	25.39	19.29	16.67	19.93
21	29.38	23.02	18.41	20.84
28	34.64 a	24.46ab	18.94 b	20.84 b

Valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes al nivel 5% (Prueba de Duncan).



GRAFICA 6. INCREMENTOS DE LONGITUD DE RAIZ SECUNDARIA DE CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SEMBRADOS EN LAS CAJAS SITUADAS DENTRO DEL INVERNADERO

El patrón de crecimiento descrito puede seguirse en la GRAFICA 6, en la cual se observa que durante el periodo de déficit hídrico impuesto (26 de abril al 21 de mayo) el crecimiento de los genotipos *P.acutifolius*, 1213-2 y Durango 222 gráficamente y estadísticamente fue semejante hasta el día 11 de mayo, fecha a partir de la cual el aumento de crecimiento de la raíz secundaria del primero tiende a ser mayor respecto a los otros dos genotipos cuyos crecimientos continuaron pero no en la misma proporción, aunque esa diferencia en la gráfica, estadísticamente, no fué significativa. Es dentro de este periodo, a partir del día 18 de mayo, en que el crecimiento de la raíz secundaria del genotipo Durango 222 comienza a disminuir, no así el crecimiento del *P.acutifolius*, ni del 1213-2. Dentro de éste mismo periodo de sequía el crecimiento del MSU-800122 fue semejante a los otros hasta el día 4 de mayo, fecha en la que empieza a ser gráficamente menor a los demás, y fué a partir del día 14 de mayo cuando el crecimiento de la raíz secundaria de este genotipo fué estadísticamente menor al crecimiento del genotipo *P.acutifolius*.

Las respuestas de los genotipos estudiados a los dos riegos de auxilio aplicados (21 y 25 de mayo) fueron diferentes. El crecimiento de la raíz secundaria del genotipo *P.acutifolius* aumentó casi en proporción semejante al crecimiento que éste había tenido antes de los riegos. El crecimiento radical del genotipo 1213-2 en relación al primero, se vió ligeramente favorecido por los riegos. En tanto que el crecimiento radical del genotipo Durango 222 fue muy poco respecto a los demás y respecto al ritmo de aumento que había tenido. En el genotipo MSU-800122 se observó una respuesta levemente mayor que la del genotipo Durango 222.

Considerando el patrón de desarrollo descrito, fue el genotipo *P.acutifolius* el que tuvo una ramificación más extensa seguida del genotipo 1213-2.

6.3.3. INCREMENTO DE RAICES NUEVAS.- En cuanto a la proliferación de raíces nuevas, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos sólo los días 30 de abril, 7, 11 y 28 de mayo. En los primeros 3 días, los genotipos *P.acutifolius* y 1213-2 se diferenciaron por sus mayores longitudes del genotipo MSU-800122 que tuvo la menor longitud de raíz nueva, en tanto que el genotipo Durango 222 no se diferenció de ninguno de los anteriores. Para el último día mencionado (28 de mayo) fué mayor la longitud de raíz nueva en el genotipo *P.acutifolius* de tal forma que se diferenció significativamente del genotipo 1213-2 así como también del Durango 222 y MSU-800122 no encontrando diferencia significativa entre éstos últimos tres genotipos [CUADRO 8 Y G ANEXO].

Al sumar las longitudes de raíces nuevas para determinar su proliferación por día se observó que fué semejante en los cuatro genotipos estudiados sólo hasta el día 30 de abril, después se diferenciaron tanto gráfica como estadísticamente de tal forma que al inicio los genotipos 1213-2 y MSU-800122 se diferenciaron por tener una mayor y menor proliferación de raíces nuevas respectivamente, en tanto que los genotipos *P.acutifolius* y Durango 222 no se diferencian entre sí ni de los dos anteriores. A partir del día 18 de mayo gráficamente se empezó a definir la diferencia en la proliferación de raíces nuevas entre los genotipos estudiados, observándose cierta tendencia de una mayor proliferación radical en los genotipos 1213-2 y *P.acutifolius* y una menor proliferación en los genotipos Durango 222 y MSU-800122 aunque estadísticamente éste último y el primero son los únicos que se diferenciaron significativamente [CUADRO 9 Y GRAFICA 7].

Fué hasta el día 28 de mayo donde estadísticamente se confirma y gráficamente se observó la mencionada tendencia a la separación de los genotipos en dos grupos, según la mayor (1213-2 y *P.acutifolius*) o la menor (Durango 222 y MSU-800122) proliferación de raíces nuevas [GRAFICA 7].

CUADRO 8. DATOS PROMEDIO DE INCREMENTO DE RAIZ NUEVA (cm)
PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN
CAJAS RECTANGULARES OBTENIDOS EN DIFERENTES
FECHAS.

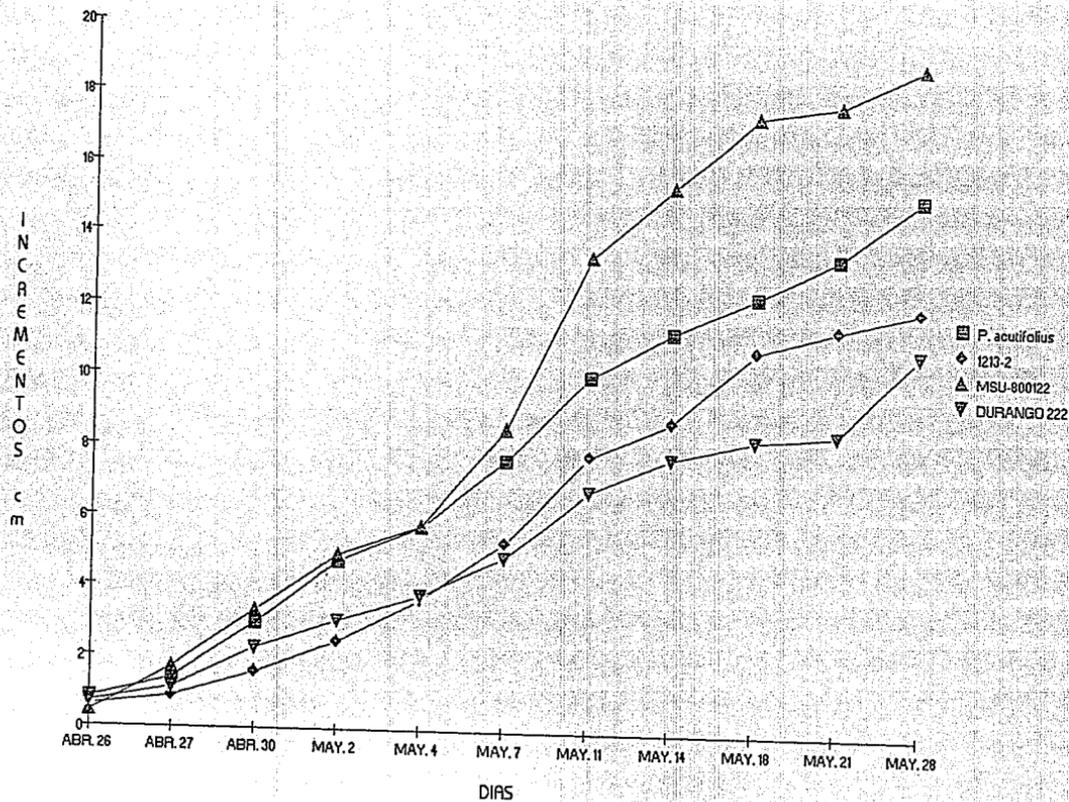
DIA	P. acutifolius	1213-2	MSU-800122	DURANGO 222
ABR 26	0.64	1.22	0.84	0.97
27	0.94	1.42	0.92	1.36
30	2.82 a	2.91 a	1.91 b	2.33 ab
MAY 2	1.72	2.85	1.62	1.99
4	1.54	1.65	1.36	1.43
7	2.06 ab	2.69 a	1.48 b	1.87 b
11	1.88 a	1.66 ab	1.43 b	1.69 ab
14	2.78	2.83	2.15	2.12
18	3.39	2.32	2.98	2.71
21	2.31	2.31	1.68	0.30
28	3.20 a	1.32 b	0.82 b	1.04 b

Numeros con letras diferentes son estadisticamente diferentes al nivel 5% (Prueba de Duncan).

CUADRO 9. DATOS PROMEDIO DE SUMA DE INCREMENTOS DE RAIZ NUEVA (cm) PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES OBTENIDOS EN DIFERENTES FECHAS.

DIA	P. acutifolius	1213-2	MSU-800122	Durango 222
ABR. 26	0.64	1.22	0.84	0.97
27	1.57	2.64	1.79	2.33
30	4.39ab	5.55a	3.66b	4.66ab
MAY. 2	6.11 b	8.39a	5.28b	6.65ab
4	7.65 b	10.05a	6.63b	8.08 b
7	9.71 b	12.74a	8.11b	9.95 b
11	11.59 b	14.39a	9.53b	11.64 b
14	11.37ab	17.22a	11.08b	13.76 b
18	17.83ab	19.54a	14.66b	16.47ab
21	20.14	21.85	16.34	16.76
28	23.34a	23.16a	17.16b	17.80 b

Numeros con letras diferentes son estadisticamente diferentes al nivel 5% (Prueba de Duncan).



GRAFICA 7. DESARROLLO DE RAICES NUEVAS DE CADA UNO DE LOS GENOTIPOS SEMBRADOS EN LAS CAJAS SITUADAS DENTRO DEL INVERNADERO

6.3.4. INCREMENTOS DE LA PARTE AEREA (ALTURA DE LA PLANTA).- Sólo se encontraron diferencias significativas entre genotipos los días 27 de abril, 30 de abril y 11 de mayo en los cuales se observó que fué el genotipo MSU-800122 el que alcanzó el mayor incremento de altura seguido de los genotipos P.acutifolius y Durango 222 de los que no se diferenció significativamente en tanto el genotipo 1213-2 tuvo el menor incremento de altura por lo que se diferenció significativamente del primero. Posteriormente el 11 de mayo el genotipo MSU-800222 con mayor incremento de altura se diferenció significativamente de los otros tres genotipos que tuvieron menores incrementos de altura y entre los cuales no hubo diferencias significativas [CUADRO 10 y CUADRO I, ANEXO].

Al sumar los incrementos de altura registrados se encontraron diferencias estadísticas significativas entre genotipos en todos los días en que se efectuaron las mediciones (excepto los días 26 y 27 de abril) siendo los genotipos MSU-800122 Y P.acutifolius los que desde el día 30 de abril al 4 de mayo tuvieron los mayores crecimientos en la parte aérea diferenciándose de los genotipos Durango 222 y 1213-2 que tuvieron los menores crecimientos en la parte aérea. Esta situación se observa en la gráfica 8. A partir del día 7 al 28 de mayo el genotipo MSU-800122 alcanzó el mayor crecimiento de la parte aérea diferenciándose significativamente de los genotipos 1213-2 y Durango 222 que tuvieron menores crecimientos, y entre los que no hubo diferencia significativa, mientras que el genotipo P.acutifolius tuvo un crecimiento intermedio respecto a los anteriores, observándose gráficamente una diferencia respecto al MSU-800122, sin haberla estadísticamente [GRAFICA 8, CUADROS II Y J ANEXO].

CUADRO 10. DATOS PROMEDIO DE INCREMENTO DE ALTURA DE LA PARTE AEREA (cm) PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS SITUADOS EN LAS CAJAS RECTANGULARES. OBTENIDOS EN DIFERENTES FECHAS.

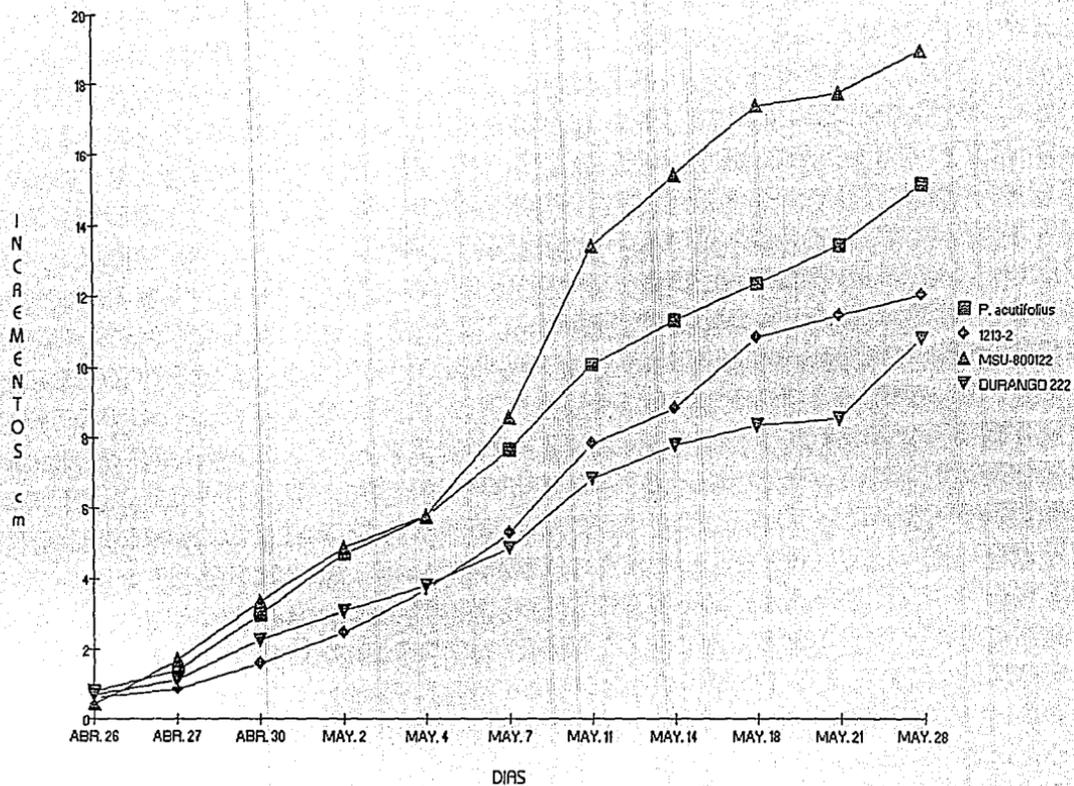
DIA	P.acutifolius	1213-2	MSU-800122	DURANGO 222
ABRIL 26	0.84	0.63	0.45	0.73
27	0.57 ab	0.28 b	1.26 a	0.43 b
30	1.56 a	0.69 b	1.63 a	1.10 ab
MAYO 2	1.76	0.87	1.58	0.81
4	1.03	1.21	0.87	0.74
7	1.91	1.64	2.77	1.09
11	2.38 b	2.51 b	4.84 a	1.92 b
14	1.24	0.98	1.98	0.98
18	1.04	2.02	2.02	0.54
21	1.09	0.60	0.35	0.19
28	1.71	0.56	1.15	2.27

Tanto los valores seguidos por una letra común como aquellos sin letra no son significativamente diferentes entre genotipos al nivel 5%.

CUADRO 11. DATOS PROMEDIO DE SUMA DE INCREMENTOS DE ALTURAS DE LA PARTE AEREA PARA CADA UNO DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS SITUADOS EN LAS CAJAS RECTANGULARES. OBTENIDOS EN DIFERENTES FECHAS.

DIA	P.acutifolius	1213-2	MSU-800122	DURANGO 222
ABR 26	0.84	0.63	0.45	0.73
27	1.41	0.91	1.71	1.16
30	2.97 a	1.60 b	3.33 a	2.26 ab
MAY 2	4.73 a	2.47 b	4.91 a	3.07 ab
4	5.75 a	3.68 b	5.78 a	3.80 b
7	7.66 ab	5.31 b	8.55 a	4.89 b
11	10.04 ab	7.82 b	13.39 a	6.81 b
14	11.28 ab	8.79 b	15.37 a	7.78 b
18	12.32 ab	10.81 b	17.39 a	8.33 b
21	13.41 ab	11.42 b	17.74 a	8.51 b
28	15.12 ab	11.98 b	18.89 a	10.78 b

Tanto los valores seguidos por una letra común como aquellos sin letra no son significativamente diferentes entre genotipos al nivel 5%.



GRAFICA 8. INCREMENTOS DE ALTURA DE LA PARTE AEREA DE LOS GENOTIPOS DESARROLLADOS EN LAS CAJAS SITUADAS DENTRO DEL INVERNADERO

6.4. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

6.4.1. PESO SECO DE RAIZ.- Dado que esta información se obtuvo para los diferentes tipos de recipientes utilizados en el invernadero, se hará referencia a cada uno de ellos.

6.4.1.1. BOLSAS DE PLASTICO DE 4.25 lts. DE CAPACIDAD.-

El genotipo Durango 222 tuvo el mayor peso seco de raíz diferenciándose de los genotipos P. acutifolius y 1213-2 mismos que tuvieron los menores pesos secos de raíz, en tanto que el genotipo MSU-800122 no se diferenció significativamente de ninguno de los anteriores [CUADROS 12 Y K ANEXO].

También al considerar el volumen de la raíz se encontró esta misma diferenciación entre genotipos, lo que indicó que a mayor peso seco de raíz consecuentemente fué mayor su volumen, esto se corrobora por la correlación positivamente significativa encontrada entre estos dos parámetros [CUADRO 18].

6.4.1.2. BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 lts DE CAPACIDAD.-En este tipo de recipiente fué también el genotipo Durango 222 el que tuvo mayor peso seco de raíz y mayor volumen de la misma, diferenciándose significativamente por el peso seco de raíz de los genotipos P. acutifolius y MSU-800122 los cuales no se diferenciaron entre sí, y por el volumen de raíz se diferencio significativamente [CUADRO L] del genotipo MSU-800122, pero no así del P. acutifolius. [CUADRO 13].

6.4.1.3.- CAJAS RECTANGULARES.- No se encontraron diferencias significativas entre genotipos, ni en cuanto a peso seco total de raíz, ni en cuanto a volumen de la misma [CUADRO 15].

Al analizar estadísticamente datos del peso seco de raíz obtenidos cada 10 cm de profundidad se encontraron diferencias significativas entre genotipos sólo en la profundidad 30 - 40 cm en la que el genotipo Durango 222 fué el que tuvo el mayor peso

seco de raíz diferenciándose de los genotipos *P. acutifolius* y 1213-2 que tuvieron los menores pesos secos de raíz, éstos genotipos no se diferenciaron significativamente entre sí ni del MSU-800122 que tampoco se diferenció del primero [CUADROS 14 Y M ANEXO]. En las demás profundidades aunque gráficamente pueden apreciarse diferencias entre genotipos (por ejemplo en las profundidades 20 - 30 cm y 60 - 70 cm) estadísticamente dichas diferencias no fueron significativas [GRAFICA 9].

De la determinación de los pesos de raíz de cada 10 cms de profundidad pudo obtenerse un patrón de distribución radical en el suelo para cada uno de los genotipos estudiados el cual en general indicó que el peso seco de raíz disminuyó con la profundidad, encontrándose la mayor parte del sistema radical en los primeros 30 cms. de profundidad y la menor parte en los últimos cms. de profundidad. Sin embargo en la capa 60 - 70 cms. se observó en la gráfica un aumento en el peso seco de raíz principalmente en el genotipo *P. acutifolius* y menos marcada en los genotipos Durango 222 y MSU-800122, aunque como se mencionó a pesar de que gráficamente fué notable tal diferencia entre genotipos estadísticamente no lo fué [CUADRO 14, GRAFICA 9].

6.4.2. PESO SECO PARTE AEREA.

6.4.2. BOLSAS DE PLASTICO DE 4.25 dm³ DE CAPACIDAD - En este recipiente fué el genotipo Durango 222 el que alcanzó mayor peso seco de la parte aérea diferenciándose significativamente de los otros tres genotipos [*P. acutifolius*, MSU-800122 Y 1213-2] que tuvieron menores pesos secos sindiferenciarse significativamente entre sí. Esta misma diferenciación se estableció entre los genotipos en cuanto a la distribución de materia seca en la porción aérea, es decir que también el genotipo Durango 222 fué el que alcanzó mayor peso seco de hojas y tallos diferenciándose significativamente de los otros genotipos. La misma diferenciación se dió para el peso seco total de la planta [CUADROS 12 Y K ANEXO].

CUADRO 12. PESO SECO (gr) DE LOS COMPONENTES DEL
 RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS
 ESTUDIADOS EN LAS BOLSAS DE
 PLASTICO DE 4.25 dm³ DE CAPACIDAD.

P E S O S E C O . (gr)							
GENOTIPO	HOJAS	TALLO	PARTE AEREA	RAIZ	VOL. RAIZ	P.S. TOTAL	RAIZ/ P.AEREA
DURANGO 222	2.68a	1.31a	3.99a	3.63a	23.67a	7.63a	0.87a
P.acutifoliu	0.97b	0.39a	1.36b	0.69b	7.67b	2.06b	0.51a
MSU-800122	0.97b	0.47b	1.41b	1.08ab	12.83a	2.49b	1.10a
1213-2	0.98b	0.25b	1.23b	0.59b	6.83b	1.82b	0.75a

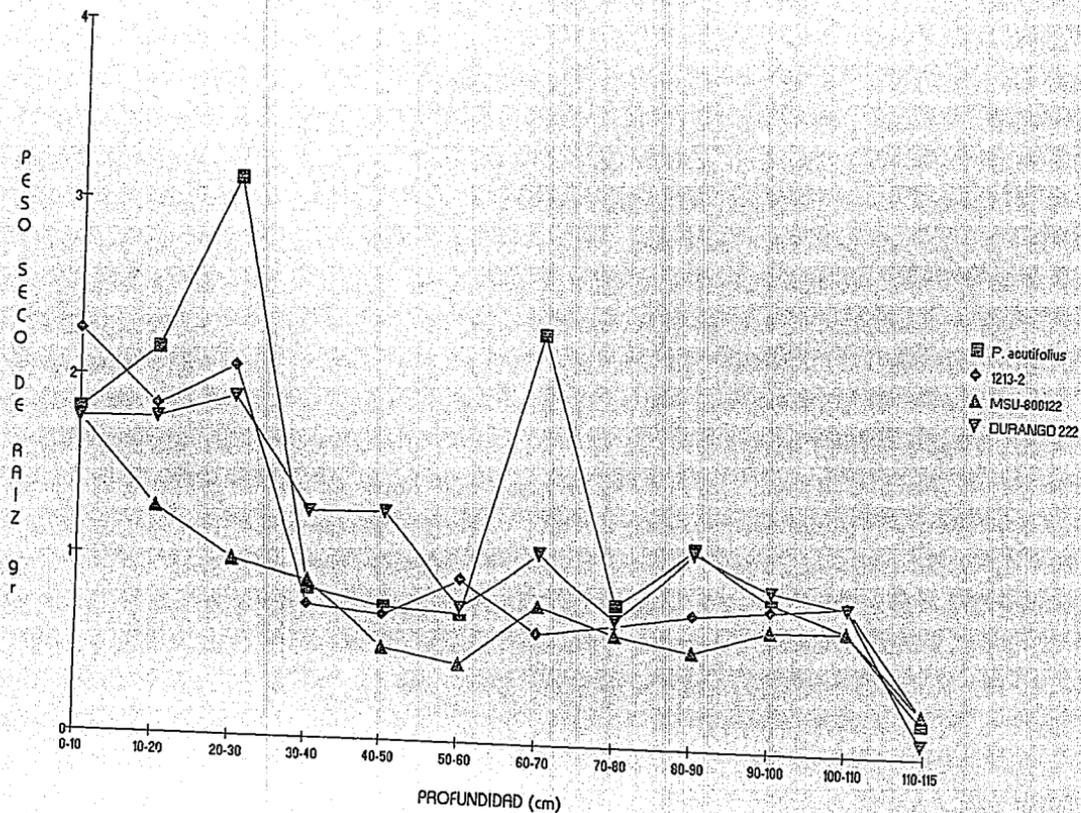
CUADRO 13. PESO SECO (gr) DE LOS COMPONENTES DEL
 RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS
 ESTUDIADOS EN LAS BOLSAS DE
 PLASTICO DE 10.9 dm³ DE CAPACIDAD.

P E S O S E C O (gr).							
GENOTIPO	HOJAS	TALLO	PARTE AEREA	RAIZ	VOL. RAIZ	P.S. TOTAL	RAIZ/P AEREA
DURANGO 222	2.86a	1.65a	4.51a	3.59a	20.5a	8.10a	0.80
P.acutifolius	3.21a	1.59a	4.79a	2.31b	15.0ab	7.10a	0.48
MSU-800122	2.47b	1.75a	4.23a	2.22b	12.17b	6.25a	0.54

CUADRO 14. PESO SECO DE LA RAIZ (gr) CADA 10 cm. DE PROFUNDIDAD DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

PROFUND.	P. acutifolius	1213-2	MSU-800122	Durango 222
0-10	1.81	2.25	1.76	1.76
10-20	2.16	1.84	1.27	1.77
20-30	3.13 a	2.07 ab	0.99 b	1.90 ab
30-40	0.85 b	0.75 b	0.89 ab	1.27 a
40-50	0.75	0.70	0.52	1.28
50-60	0.72 ab	0.92 a	0.44 b	0.76 ab
60-70	2.30	0.62	0.78	1.07
70-80	0.80	0.68	0.63	0.71
80-90	1.12	0.75	0.55	1.10
90-100	0.84	0.79	0.68	0.91
100-110	0.69	0.83	0.69	0.82
110-115	0.20	0.25	0.25	0.08

Numeros con letras diferentes son estadisticamente diferentes al nivel 5 % (Prueba de Duncan).



GRAFICA 9. PESO SECO DE RAIZ (gr.) CADA 10 cm. DE PROFUNDIDAD DE LOS GENOTIPOS DESARROLLADOS EN LAS CAJAS SITUADAS DENTRO DEL INVERNADERO

Respecto a la relación raíz/parte aérea no hubo diferencias significativas entre genotipos en los que se encontró una relación menor a la unidad indicando que los fotosintatos se acumularon en mayor cantidad en la parte aérea y en menor cantidad en la raíz, excepto en el genotipo MSU-800122 en el que dicha relación fué igual a la unidad lo que significa que se acumuló igual cantidad de fotosintatos tanto en la raíz como en la parte aérea por lo que probablemente en cuanto a peso seco de raíz no difirió significativamente del genotipo Durango 222 [CUADROS 12 Y K ANEXO].

6.4.2.2. BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³ DE CAPACIDAD.-

En cuanto a peso seco de la parte aérea no hubo diferencias significativas entre genotipos. Sin embargo si las hubo en cuanto a la distribución de la materia seca en la porción aérea es decir entre peso seco de tallos (donde no se hallaron diferencias significativas) y peso seco de hojas, donde fué el genotipo P.acutifolius el que alcanzó mayor peso seco diferenciándose significativamente del genotipo MSU-800122, no así del Durango 222 que tampoco se diferenció del mencionado en segundo término [CUADRO 13 Y L ANEXO].

En los genotipos anteriores se encontró una relación raíz/parte aérea menor a la unidad lo que significa que hubo una menor acumulación de fotosintatos en la raíz y una mayor acumulación de ellos en la parte aérea, aunque la diferencia entre genotipos no fué significativa [CUADROS 13 Y L].

6.4.2.3. CAJAS RECTANGULARES.-

Se encontraron diferencias significativas en peso seco de hojas en el cual el genotipo P.acutifolius alcanzó el mayor peso seco, diferenciándose significativamente solo del genotipo MSU-800122 que tuvo el menor peso seco de hojas, en tanto que los genotipos Durango 222 y 1213-2 no se diferenciaron entre sí ni de los dos anteriores. También se encontraron diferencias significativas en

el peso seco de tallos en el que los genotipos *P. acutifolius* y Durango 222 alcanzaron los mayores pesos secos ambos diferenciándose significativamente de los genotipos 1213-2 y MSU-800122 que tuvieron los menores pesos secos entre estos últimos genotipos no hubo diferencias significativas [CUADROS 15 Y N].

Al considerar el peso seco de la parte aérea en conjunto solo fué cercana a la significancia la diferencia entre genotipos lo que es explicable, tomándo en cuenta que dentro del peso seco de la parte aérea se consideró además de hojas y tallos, el peso seco de flores, vainas y granos, que sólo se desarrollaron en los genotipos 1213-2 y MSU-800122. Probablemente en estos genotipos la sequía indujo precocidad, y la formación de órganos florales y vainas receptoras de fotosintátos disminuyeron su distribución de ellos hacia la raíz encontrándose la menor relación raíz/parte aérea (0.99) en el genotipo MSU-800122 difiriendo significativamente sólo del genotipo *P. acutifolius* que tuvo la mayor relación raíz/parte aérea (2.44) que es considerado como síntoma claro de resistencia sequía. En tanto que los genotipos Durango 222 y 1213-2 no se diferenciaron entre sí ni de los dos anteriores [CUADROS 15 Y N].

Sin embargo aunque antagónicos en la relación raíz/parte aérea los genotipos MSU-800 y *P. acutifolius* tendieron a semejarse en sus potenciales hidricos diferenciándose sólo del genotipo Durango 222 en el que se observó el menor potencial hidrico mientras que el genotipo 1213-2 no tendió a diferenciarse de ninguno de los anteriores [CUADROS 16 Y O].

CUADRO 15. PESO SECO (gr) DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

GENO TIPOS	HOJAS	TALLO	FLO RES	GRA NOS	VAINA	TOTAL	TOTAL	VOL.	P.S.	T.R.
						PARTE AEREA	RAIZ	RAIZ	TOT	TPA.
P.acu- tifoli	5.33a	3.24a	---	---	---	8.57a	20.1a	57.2	28.7	2.42
Dgo. 222	5.13 ab	3.02a	---	---	---	8.16a	14.5a	56.0	22.7	1.87 ab
1213-2	4.14 ab	2.33b	0.04	1.52	0.53	8.55a	14.0a	52.5	22.5	1.66 ab
MSU- 800122	3.53b	2.11b	0.045	3.99	1.49	11.1a	11.1a	41.4	22.2	0.99 b

CUADRO 16. DATOS PROMEDIO DE POTENCIAL HIDRICO DE LA HOJA EN LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

GENOTIPO	POTENCIAL HIDRICO (barias)
P. acutifolius	-2.95 a
MSU-800122	-3.05 a
1213-2	-4.00 ab
Durango 222	-5.00 b

Numeros con letras diferentes son estadisticamente diferentes al nivel 5% (Prueba de Duncan).

7. DISCUSION.

7.1. INCREMENTOS DE RAIZ Y PARTE AEREA [GENOTIPOS ESTUDIADOS EN LAS CAJAS RECTANGULARES].- Durante el periodo de sequía impuesto a los genotipos estudiados, hubo crecimiento en las raíces, observándose algunas diferencias entre ellos, las cuales, podrían atribuirse a los diversos eventos llevados a cabo en la parte aérea. Así el genotipo MSU-800122 el significativamente menor crecimiento de su sistema radical, y el significativamente mayor crecimiento de su parte aérea estarían indicando que una pequeña porción de los fotosintatos, estuvieron disponibles para la raíz, ya que la mayor parte se utilizaron en el crecimiento en altura de la parte aérea, aumento en su área foliar, y formación de órganos florales. En el genotipo *P. acutifolius* diferente al anterior por su significativamente mayor crecimiento de su sistema radical, y estadísticamente semejante al MSU-800122 por su crecimiento de la parte aérea, indicaría que la distribución de los fotosintatos entre raíz y parte aérea fué casi equitativa ya que la utilización de éstos para el crecimiento de la raíz disminuyó sólo gráficamente el crecimiento de la porción aérea [FIG. 8] donde los fotosintatos se utilizaron también en el aumento del área foliar, lo que si brevemente disminuyó la cantidad de fotosintatos para el crecimiento de la raíz, posteriormente fué una fuente de mayor cantidad para ésta, lo que no sucedió con el genotipo MSU-800122, puesto que la formación de órganos florales (que no tuvo lugar en el *P. acutifolius*) fué otro sitio (además de la raíz) que demandó fotosintatos. El genotipo 1213-2 estadísticamente igual al genotipo *P. acutifolius* por su crecimiento radical y diferente al genotipo MSU-800122 por su menor crecimiento aéreo, indica que una cantidad de fotosintatos fué utilizada para el crecimiento de la raíz, y una menor cantidad estuvo disponible para la parte aérea limitando su crecimiento en altura ya que los fotosintatos también se utilizaron en la formación de órganos florales. Para el genotipo Durango 222 estadísticamente igual al MSU-800122 por

su crecimiento radical y diferente al mismo por su menor crecimiento aéreo fué posible que inicialmente los fotosintatos se hubieran destinado al aumento de la parte aérea reduciéndolos para la raíz, y posteriormente tal aumento en la parte aérea disminuyó, debido a una paulatina caída de hojas (como mecanismo para evadir la sequía al reducir la superficie transpiracional) reduciendo consecuentemente la fuente de fotosintatos para la raíz y para la misma porción aérea lo que limitó así sus crecimientos. Con respecto al crecimiento de los componentes morfológicos del sistema radical (raíces secundarias y raíces nuevas) para los genotipos 1213-2 y *P. acutifolius* el mayor crecimiento de sus raíces laterales (raíces secundarias) originó un mayor desarrollo de raíces nuevas aún bajo déficit hídrico (como fué observado en el trabajo de Vartanian N. 1981) las que posiblemente fueron más eficaces en la absorción de agua que las raíces viejas a través de las cuales la toma de agua fué mas lenta (como fué observado en los trabajos de Taylor y Kleeper, 1974 y Stone et al. 1976) debido posiblemente a que se suberizaron y disminuyeron su permeabilidad (como lo indica Hsiao et al, 1976). Además la proporción con la cual se desarrollaron las raíces nuevas en estos genotipos después del aumento en el contenido hídrico en el suelo fué importante en la recuperación del crecimiento de la planta. Para los genotipos Durango 222 y MSU-800122 el menor crecimiento de sus raíces laterales consecuentemente derivó en un menor desarrollo de raíces nuevas y con ello también disminuyó la efectividad en la extracción de agua después del aumento en el contenido hídrico en el suelo (21 y 28 de mayo).

Con el fin de establecer como fué la relación entre los incrementos de la parte aérea y la de los diferentes componentes de la raíz, se calculó la correlación entre ellos para cada día en que se efectuaron las mediciones [CUADRO 17]. Así las correlaciones entre incrementos de la raíz principal e incrementos de la parte aérea fueron generalmente negativos

aunque significativos sólo los días 27 de abril y 11 de mayo. Mientras que las correlaciones entre los incrementos de raíces secundarias y los incrementos de la parte aérea fueron ligeramente más veces negativos y sólo significativo el 11 de mayo. En tanto que las correlaciones entre los incrementos de raíces nuevas y los de la parte aérea fueron generalmente negativos pero ninguna vez significativos [CUADRO 17].

Las correlaciones negativas, indicaron que al aumentar los incrementos radicales, disminuyeron los incrementos de la parte aérea, es decir, que el crecimiento de las raíces se produjo a expensas del crecimiento de la parte aérea (esto mismo se observó en el trabajo de Hsiao y Acevedo, 1974). Sin embargo las correlaciones positivas aunque no fueron significativas nos indicaron que dicha situación no siempre estuvo presente y que probablemente algunas veces, al mismo tiempo que los incrementos de la parte aérea disminuían, los incrementos de la raíz disminuían también (como lo observaron Taylor y Klepeer, 1974).

7.2. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.

7.2.1. BOLSAS DE PLASTICO DE 4.25 dm³. DE CAPACIDAD.- El mayor peso seco en la parte aérea en el genotipo Durango 222 podría representar por un lado una mayor capacidad de transpiración respecto a los otros genotipos al mismo déficit hídrico atribuido posiblemente a una mayor absorción de agua por su gran cantidad de raíces y por otro lado posiblemente este genotipo comenzó a cerrar sus estomas a potenciales hídricos de la hoja inferiores a los otros genotipos (como observó en algunos genotipos Shimshi et al, 1982) con lo cual pudo mantener relativamente alta su tasa de fijación de CO₂ y con ello un mayor nivel fotosintético. Así con la producción de fotosintatos y el contenido hídrico en las hojas probablemente pudo continuar la expansión de las mismas aún bajo déficit hídrico, de tal forma que el mayor peso seco de la hoja se interpretó en términos de

CUADRO 17. CORRELACION ENTRE INCREMENTOS DE ALTURA DE, LA PARTE AEREA E INCREMENTOS DE RAIZ DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

INCREMENTOS DE ALTURA DIA	INCREMENTOS RAIZ PRINCIPAL	INCREMENTOS RAIZ SECUNDARIA	INCREMENTOS RAIZ NUEVA
ABRIL 26	0.857	0.676	- 0.324
27	- 0.937"	0.923"	- 0.776
30	0.241	0.881	- 0.593
MAYO 2	- 0.422	- 0.689	- 0.722
4	- 0.653	- 0.484	0.882
7	0.996	- 0.087	- 0.491
11	0.966	- 0.999	- 0.814
14	- 0.563	- 0.031	- 0.435
18	0.403	- 0.405	- 0.322
21	- 0.070	0.894	0.778
28	- 0.050	0.024	0.183

" Nivel de significancia al 10% o menos

· Nivel de significancia al 5% o menos

· Nivel de significancia al 1% o menos

resistencia a la sequía (esta misma consideración la hizo Shimshi, et al, 1982 en los genotipos que estudió).

Las correlaciones significativamente positivas entre los componentes morfológicos de la parte aérea y el peso seco de raíz confirmaron que a mayor producción de fotosintatos en la parte aérea hubo mayor disponibilidad de los mismos para la raíz, así también los valores significativamente positivas entre los componentes del rendimiento en la parte aérea indicaron que al aumentar el peso seco de tallos, aumento el peso seco de hojas (como los señala Kohashi-Shibata J; 1979) y por consiguiente hubo aumento en el peso seco de la parte aérea y peso seco total de la planta [CUADRO 18].

7.2.2. BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³. DE CAPACIDAD.- La mayor relación raíz/parte aérea del genotipo Durango 222 [CUADRO 13] se reflejó en su mayor peso seco de raíz con lo cual tuvo un mayor acceso al agua disponible en el suelo. Así la correlación entre raíz y parte aérea y peso seco de raíz fue positivamente significativa puesto que a mayor o menor peso seco de raíz dicho coeficiente aumenta o disminuye. No obstante de que el peso seco de raíz del genotipo *P.acutifolius* fue significativamente menor al del genotipo Durango 222 [CUADRO 13], el volumen de raíz del primero fue significativamente igual al del segundo, lo que indicó que el genotipo *P.acutifolius* con menos fotosintátos acumulados en la raíz pudo alcanzar un desarrollo radical tal que exploró un volumen del suelo semejante al del genotipo Durango 222 [CUADRO 19].

CUADRO 18. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN BOLSAS DE PLASTICO DE 4.25 dm³. DE CAPACIDAD.

	P.S. Raíz	VOL. Raíz	P.S. Hojas	P.S. Tallos	P. Aérea
Vol. Raíz	0.980*				
P.S. Hojas	0.986*	0.933"			
P.S. Tallos	0.995**	0.976*	0.978*		
P.S. Parte A	0.995**	0.954*	0.997**	0.991**	
P.S. Total	0.999**	0.968*	0.993**	0.994**	0.999*

* Nivel de Significancia al 10% o menos

** Nivel de Significancia al 5% o menos

*** Nivel de Significancia al 1% o menos

CUADRO 19. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DEL FRIJOL SEMBRADO EN BOLSAS DE PLASTICO DE 10 dm³.

	P.S. RAIZ	VOL. RAIZ	P.S. HOJAS	P.S. TALLOS	PARTE AEREA	P.S. TOTAL
VOL. RAIZ	0.947					
P.S. HOJAS	0.045	0.363				
P.S. TALLOS	-0.156	-0.465	-0.994*			
P.S. PARTE A.	0.013	0.334	1.000	-0.990**		
P.S. TOTAL	0.937	1.000	0.392	-0.492	0.363	
RAIZ/P. AEREA	1.010	0.881	-0.163	0.042	0.179	0.886

* Nivel de significancia al 10% o menos

** Nivel de significancia al 5% o menos

*** Nivel de significancia al 1% o menos

Así aunque la correlación entre raíz/parte aérea y volumen de raíz fué positiva, no fué significativa [CUADRO 19] ya que el mayor volumen de raíz no sólo dependió de un mayor peso seco de raíz y por consiguiente de una mayor relación raíz/parte aérea sino que probablemente el volumen radicular también estuvo relacionado con el nivel hídrico de la planta según lo indicó la correlación negativa significativa encontrada en dichos parámetros entre menor fue el descenso del potencial hídrico, mayor fue el volumen de raíz esto es, que al haber mayor volumen de raíz, fué mayor la absorción de agua y menor el descenso del potencial hídrico [CUADROS 20 Y 21].

De esta manera posiblemente en los genotipos Durango 222 y *P. asutifolius* tanto la absorción de agua como la tasa de transpiración fueron semejantes expresado esto en una semejanza significativa en cuanto a la acumulación de materia seca tanto en tallos como en hojas ya que al mantener la transpiración, se mantuvo la apertura estomatal y en consecuencia la fijación del CO₂ que después dió lugar a los productos fotosintéticos que fueron la principal fuente del peso seco de hojas. Así mismo en estos dos genotipos la absorción de agua mantuvo relativamente altos sus potenciales hídricos de tal forma que la correlación entre peso seco de raíz y potencial hídrico de las hojas fué positiva aunque no significativa ya que el aumento del primero no fue consecuencia directa del aumento del segundo sino más bien de la distribución de fotosintatos hacia la raíz [CUADROS 20 Y 21].

Mientras que el genotipo MSU-800122 tuvo un potencial hídrico en la hoja significativamente menor al de los otros dos posiblemente debido a que tuvo una menor producción de raíces y en consecuencia una menor extracción de agua. De esta manera la correlación entre peso seco de hojas y potencial hídrico fue negativa es decir que entre menor fue el descenso del potencial hídrico fue mayor el peso seco de hojas aunque dicha correlación no fue significativa ya que el peso seco de hojas no estuvo en

función únicamente del potencial hídrico en las mismas sino más bien de la producción y acumulación de fotosintatos en ellas [CUADROS 20 Y 21.

De esta forma al haber mayor peso seco de hojas fue mayor el peso seco de la parte aérea y el peso seco total de la planta y en consecuencia las correlaciones entre estos pesos y el potencial hídrico fueron también negativas y no significativas. En tanto que la correlación entre peso seco de tallos y potencial hídrico en las hojas fue positiva pero no significativa, ya que el tallo además de depender del nivel hídrico en la planta para que se efectúe su elongación, depende de la acumulación de fotosintatos en él.

7.2.3. CAJAS RECTANGULARES.

7.2.3.1. PESO SECO DE RAIZ.- El patrón de distribución radical para los genotipos estudiados estuvo relacionado con las diferencias del contenido hídrico en el perfil del suelo, que a diferencia de la distribución radical fue menor cerca de la superficie y aunque la correlación entre dichos parámetros fue negativa no fue significativa ya que la disminución del contenido hídrico no fue debida solamente a la absorción de agua por las abundantes raíces en esta zona sino también al movimiento del agua hacia abajo y a su evaporación hacia la atmósfera. Aunque probablemente la mayor acumulación de peso seco de raíz en la parte superior se haya debido a que en ella hubo un mayor contenido de agua después de los riegos de auxilio a los cuales según la mayor producción de raíces nuevas y el mayor peso seco de raíz en la profundidad 20 - 30 cm respondió más eficaz el genotipo *P.acutifolius* [CUADROS 22, GRAFICA 9].

CUADRO 20. DATOS PROMEDIO DE POTENCIAL HIDRICO DE LA HOJA EN LOS GENOTIPOS SITUADOS EN BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³ DE CAPACIDAD. (TOMADOS AL MEDIO DIA).

GENOTIPO	POTENCIAL HIDRICO (barias)
Durango 222	-2.40 a
P. acutifolius	-3.60 a
MSU-800122	-6.13 b

CUADRO 21. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE EL POTENCIAL HIDRICO DE LA HOJA Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³ DE CAPACIDAD.

	P.S. Raíz	VOL. Raíz	P.S. Hojas	P.S. Tallos	P.S. P. Aérea	P.S. Total
Pot. Hid.	0.751	-0.995	-0.693	0.852	-0.670	-0.935

Bajo la parte superficial del suelo el contenido hidrico fue mayor probablemente a consecuencia de que mermada la cantidad de

agua proveniente de los riegos de auxilio, el amontonamiento, envejecimiento y suberización de las raíces encontradas entre los 20 y 40 cms de profundidad disminuyeran su efectividad de absorción [GRAFICA 4].

Se había mencionado que hubo una tendencia a disminuir el peso seco de raíz con la profundidad, sin embargo se observó un aumento de éste en la profundidad 60 - 70 cm en los genotipos *P.acutifolius* (principalmente) y Durango 222 e incluso en el MSU-800122 que había tenido anteriormente menores pesos secos de raíz lo cual probablemente haya ocurrido durante el período de sequía, en el cual fué posible que las raíces experimentaran condiciones favorables de humedad y usando los fotosintátos demandados por el sistema radical que en algunas de sus partes no estaban siendo aprovechados al haber en ellas disminuido o inhibido su actividad por el déficit hídrico, en dicha zona las raíces se extendieron y ramificaron más que el resto del sistema radical.

De esta manera se observó que al haber aumentado el peso seco de raíz disminuyó el porcentaje de humedad del suelo, correlación que aunque fue negativa no fue significativa ya que ese aumento en peso seco de raíz no fué resultado únicamente de la disponibilidad de agua en el suelo, sino también de la utilización de los fotosintátos que invertidos en el crecimiento radical, limitaron el desarrollo de la parte aérea, como lo es la expansión foliar, aunque después tal crecimiento radical pudo abastecer de agua a la porción aérea para que continuara la expansión foliar y la acumulación de materia seca, como sucedió con los genotipos *P.acutifolius* y Durango 222. Así después de los riegos de auxilio la toma de agua pudo ocurrir en la mitad superior de la zona de enraizamiento, mientras que durante el período de sequía pudo ocurrir en la mitad inferior de la zona de enraizamiento (como fué observado por Feddes, 1981). Considerando el peso seco de raíz como la densidad de enraizamiento (Turner, 1979) se observó que éste cambió

substancialmente, al inicio del déficit hídrico decreciendo con la profundidad (en los 40 - 50 y 50 - 60 cm) pero aumentando (en los 60 - 70 y 80 - 90 cm) durante el periodo de sequía (tal cómo fué observado en el trabajo de Taylor y Kleeper, 1974).

En la profundidad 80 - 90 cm se observó una correlación positivamente significativa entre peso seco de raíz y porcentaje de humedad en el suelo esto pudo ser explicable, ya que al haber habido mayor disponibilidad de agua en esta capa respecto a las anteriores donde había ocurrido una gran proliferación de raíces hubo un aumento de peso seco de raíz que no fué tan pronunciado [CUADRO 22].

En las profundidades inferiores (90 - 115 cm) donde hubo menor peso seco de raíces, también hubo menor porcentaje de humedad en el suelo, relación que se corroboró por la correlación positiva entre estos dos parámetros que no fue significativa ya que la disminución en el contenido hídrico en el suelo no fué a consecuencia únicamente de la absorción de agua por las raíces, sino también por la pérdida de agua por drenaje. En estas capas donde hubo bajos pesos secos de raíz probablemente fue mayor la efectividad de toma de agua, debido posiblemente a que las raíces estuvieron menos amontonadas, con lo que disminuyó la competitividad entre ellas (como fue observado en el trabajo de Stone, et al 1976) además de que las raíces profundas que a menudo están en el suelo húmedo son más jóvenes y están menos suberizadas por lo que la absorción de agua es menos lenta (como lo señalan Taylor y Kleeper, 1974). Así una parte relativamente pequeña del sistema radical puede ser responsable de la mayor toma de agua de la planta (como fué observado en el trabajo de Fedes, 1981) [CUADRO 22].

Algunas de las afirmaciones anteriores pueden confirmarse por la correlación entre los pesos secos de la raíz cada 10 cm y

53

CUADRO 22. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE PESO SECO DE RAIZ CADA 10 cm DE PROFUNDIDAD Y PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO CONTENIDO EN CAJAS RECTANGULARES.

PROFUNDIDAD	COEFICIENTE DE CORRELACION
0-10	-0.469
10-20	-0.573
20-30	-0.531
30-40	-0.139
40-50	-0.642
50-60	-0.218
60-70	-0.614
70-80	-0.054
80-90	0.900"
90-100	0.872
100-110	0.883
110-115	0.592

" Nivel de Significancia al 10%.

los pesos secos de las diferentes partes de la planta [CUADRO 23]. Así las correlaciones positivamente significativas entre

peso seco de raíz de las profundidades 10 - 20 cm 20 - 30 cm y peso seco total de raíz indicaron que el mayor peso seco de raíz en estas capas contribuyó con el mayor peso seco total del sistema radical. Las correlaciones establecidas entre peso seco de la raíz cada 10 cm con el peso seco de hojas y peso seco de tallos en su mayoría fueron positivas pero no significativas lo indicó que no sólo el aumento en peso seco de la raíz que significó mayor volumen del suelo explorado para abastecer mayor cantidad de agua a la planta se propicia el aumento en peso seco de hojas y tallo. Aunque la correlación positivamente significativa entre peso seco de raíz en la profundidad 80 - 90 cm y peso seco de hojas y tallos indicó que el aumento en el peso seco de raíz en esta profundidad fué importante en la exploración del suelo y por consiguiente en un eficaz abastecimiento de agua a la parte aérea que permitió la elongación de las células de hojas y tallos con lo cual alcanzó mayor superficie fotosintética que consecuentemente aumentó el peso seco de hojas y tallos, situación ocurrida especialmente en los genotipos P.acutifloius y Durango 222 [GRAFICA 9]. En tanto que las correlaciones entre los pesos secos de raíz cada 10 cm y el peso seco total de la parte aérea fueron negativas, es decir, que el costo de producir más raíces, disminuyó el crecimiento de la parte aérea, ya que los fotosintatos pudieron ser invertidos en una mayor área foliar y fueron utilizados por las raíces, aunque el hecho de que dichas correlaciones no hayan sido significativas, pudiera indicar que no en todos los genotipos el crecimiento de las raíces redujo la cantidad de fotosintatos (tal como ocurrió en los genotipos MSU-800122 y 1213-2) para la parte aérea.

7.2.3.2. PESO SECO PARTE AEREA.- Ya que los genotipos 1213-2 y MSU-800122 mantuvieron los procesos involucrados en el crecimiento, desarrollo y producción bajo periodos de déficit hídrico (reflejado esto en el peso seco de hojas, tallos, vainas y granos) podrían reconocerse como resistentes a la sequía (como lo fué considerado por Turner,

CUADRO 23. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE PESO SECO DE RAIZ CADA 10 cm Y LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS ESTUDIADOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

PROFUNDIDAD (cm)	P.S. Tot. Raiz (gr)	P.S. Hojas (gr)	P.S. Tallos (gr)	P.S. P. Aérea (gr)
0-10	0.572	-0.314	-0.479	-0.455
10-20	0.954	0.831	0.707	-0.881
20-30	0.921"	0.817	0.687	-0.704
30-40	0.197	0.426	0.588	-0.067
40-50	0.551	0.681	0.767	-0.689
50-60	0.666	0.451	0.318	-0.894
60-70	0.691	0.746	0.699	-0.077
70-80	0.911"	0.899	0.814	-0.607
80-90	0.945"	1.000"	0.993"	-0.788
90-100	0.847	0.870	0.880	-0.867
100-110	0.233	0.127	0.104	-0.694
110-115	0.500	-0.675	-0.875	-0.498

" Nivel de Significancia al 10% o menos.

1979), puesto que siendo especies cultivables no simplemente sobrevivieron durante el déficit hídrico, sino que también tuvieron la habilidad de producir. Estos genotipos soportaron períodos de déficit hídrico a altos potenciales hídricos en sus tejidos manteniendo relativamente alto el estado hídrico en la planta, al mantener su abastecimiento de agua por medio de la cantidad de sus raíces producidas que al explorar un volumen suficiente de suelo, suministraron el agua requerida y así mantuvieron la transpiración, la apertura estomatal y la fijación de CO₂ (como fue observado en los genotipos estudiados por Shimshi et al. 1982), funciones que produjeron los fotosintatos que fueron distribuidos entre hojas, tallos, flores, vainas, granos y raíz. Además de que en estos genotipos un moderado desarrollo foliar respecto al *P. acutifolius* tuvo un efecto benéfico en cuanto a que redujo la superficie transpiracional y consecuentemente la pérdida de agua, además de que probablemente los fotosintatos que se hubieran utilizado en la expansión de la hoja, estuvieron disponibles para la formación de órganos florales.

Mientras que los genotipos *P. acutifolius* y Durango 222 podrían considerarse resistentes a sequía pero sólo desde el punto de vista ecológico ya que sobreviven a períodos de déficit hídrico (como lo considera Levitt, 1980) pero sin producir. En estos genotipos el déficit hídrico indujo un gran aumento en la relación raíz/parte aérea (como se ha observado en los trabajos de Hsiao y Acevedo, 1974; Begg y Turner, 1978; Read y Bartlett, 1972 citados por Levitt, 1980) esto dió una relación fue mucho mayor a la unidad lo que significó que hubo una mayor acumulación de los fotosintatos en la raíz y una menor acumulación de ellos en la parte aérea. Fué este mecanismo adaptativo el que probablemente impidió la formación de órganos florales ya que en estos genotipos su gran crecimiento se llevó a cabo a expensas del crecimiento de la parte aérea, es decir, que hubo una menor disponibilidad de fotosintatos para ser utilizados en la parte

aérea puesto que la raíz demandó gran cantidad de los mismos. Además posiblemente en estos genotipos fué mayor la pérdida de agua ya que su profuso sistema radical pudo haber absorbido una mayor cantidad de agua, consumiéndola rápidamente y como se observó en el genotipo *P. acutifolius* hubo una mayor superficie de transpiración y evaporación del agua [CUADRO 15].

Entre los genotipos *P. acutifolius* y Durango 222 hubo una tendencia a la diferencia significativa [CUADRO 0] en el potencial hídrico de la hoja, lo que podría atribuirse a diferencia en el transporte de agua debido a diferencias en la resistencia al flujo del agua en la raíz (como lo establecieron Kramer, 1974; Tomar y O'tolle, 1982) que además posiblemente fué alterada por el cambio substancial en la densidad de enraizamiento durante el periodo de sequía observada en estos genotipos (como lo establecieron Taylor y Klepper, 1978). Sin embargo ambos sobrevivieron al déficit hídrico aunque uno a mayor potencial hídrico (*P. acutifolius*) en el que posiblemente fué mayor la resistencia al flujo de agua.

Finalmente las correlaciones establecidas entre los componentes de rendimiento podrían apoyar parcialmente algunas consideraciones mencionadas [CUADRO 24].

Las correlaciones entre peso seco total de raíz y peso seco de hojas, peso seco de tallos fueron positivas aunque no significativas, ya que entre mayor cantidad de fotosintatos producidos por hojas y tallos, hubo mayor disponibilidad de ellos para la producción de raíces por lo que disminuyeron la acumulación de los mismos para la parte aérea resultando así una relación raíz/parte aérea igual (en el genotipo MSU-800122) e incluso mayor que la unidad (en los genotipos *P. acutifolius*, 1213-2 y Durango 222) y consecuentemente una correlación positivamente significativa entre peso seco de raíz y coeficiente raíz/parte aérea pues entre mayor fue la cantidad de raíz

producida, mayor fue dicho coeficiente. De esta manera en todos los genotipos el peso seco de raíz, contribuyó de manera importante al peso seco total de la planta por lo que la correlación entre dichos pesos fue positivamente significativa.

CUADRO 24. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

	P.S. Tot.Raiz	P.S. Hojas	P.S. Tallos	P.S. P.A.	P.S. Total
P. S. Hojas	0.8480				
P. S. Tallos	0.865	0.989			
P. S. P. Aérea	-0.629	-0.808	-0.714		
P. S. Total	0.938"	0.673	0.735	-0.321	
Raiz/P. Aérea	0.963	0.934"	0.919	-0.809	0.813

" Nivel de significancia al 10% o menos

' Nivel de significancia al 5% o menos

•• Nivel de significancia al 1% o menos

Se observó una correlación negativa entre el peso seco de raíz y peso seco de la parte aérea, lo que indicó que al

distribuirse fotosintatos hacia la raíz, disminuyó la cantidad de ellos en la parte aérea esta correlación no fué significativa ya que se observó que el genotipo MSU-800122 con menor peso seco de raíz tuvo mayor peso seco en la parte aérea, en dicho genotipo, así como en el genotipo 1213-2 la raíz no fué la única región que demandó fotosintatos, sino que además hubo otros sitios de demanda en la parte aérea como los meristemos y órganos de reserva en crecimiento como en vainas con grano que fueron receptores de fotosintatos.

La correlación entre peso de hojas y peso seco de tallos fue positivamente significativa ya que a mayor peso seco de tallos mayor número de ramas y por eso mayor cantidad de hojas, en tanto que la correlación entre peso seco de hojas, tallos y peso seco de la parte aérea fué negativa aunque no significativa ya que se observó sólo en los genotipos P.acutifolius y Durango 222 que con mayores pesos secos de hojas y tallos tuvieron menores pesos secos en la parte aérea debido a que en ellos no hubo sitios receptores de fotosintatos como vainas con grano en crecimiento, teniéndolo a la raíz como la principal región de demanda de fotosintatos por lo que en estos genotipos se observó una relación raíz/parte aérea mucho mayor a la unidad de ahí que se haya establecido una correlación positiva de hojas, tallos y el coeficiente raíz/parte aérea pues entre mayor fué la cantidad de fotosintatos producidos por la relativamente mayor cantidad de hojas, mayor cantidad de ellos se acumularon en la raíz, por lo cual aumentó dicho coeficiente [CUADRO 15].

Fueron positivas las correlaciones entre peso seco de hojas, tallos y peso seco total de la planta ya que lógicamente al aumentar los primeros aumentó el segundo, aunque no fué significativa ya que el peso seco total de la planta se incrementó principalmente con el peso seco de raíz.

También se estableció una correlación negativa entre peso

seco de la parte aérea y el coeficiente raíz/parte aérea, que lógicamente al ser menor el peso seco de la parte aérea, la relación raíz/parte aérea fué mayor (como ocurrió en los genotipos P.acutifolius y Durango 222) y al haber sido mayor el peso seco de la parte aérea fué menor la relación raíz/parte aérea (como ocurrió para los genotipos 1213-2 y MSU-800122) aunque no fué significativa ya que la menor relación raíz/parte aérea estuvo dada por un menor peso seco de raíz y uno de los mayores pesos secos de la parte aérea, tal fué el caso del genotipo MSU-800122. Finalmente la correlación entre peso seco total y la relación raíz/parte aérea fué positiva aunque no significativa ya que si bien al peso seco total de la planta contribuyó significativamente el peso seco de raíz del cual dependió la mayor o menor relación raíz/parte aérea, esta última no sólo varió con la presencia de raíces sino también con el peso seco de la parte aérea.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En todos los genotipos estudiados hubo crecimiento del sistema radical durante el periodo de déficit hídrico al que fueron sometidos, lo que fué un carácter de resistencia a la sequía.

El crecimiento del sistema radical se produjo a expensas del crecimiento de la parte aérea, pues en el genotipo con mayor crecimiento radical (P.acutifolius) el cociente raíz/parte aérea fue mayor a la unidad (2.42) mientras que en el genotipo con menor crecimiento radical (MSU-800122) dicho cociente fue casi igual a la unidad (0.99).

En los genotipos P.acutifolius y Durango 222 el déficit hídrico indujo un gran aumento en la relación raíz/parte aérea, fue este mecanismo adaptativo el que probablemente impidió o retrazó la formación de los órganos florales, por lo cual se recomienda que para estudios posteriores se coseche el material después de la floración y llenado de grano para evaluar su rendimiento, ya que parecen ser genotipos tardíos por lo que se recomendarían para regiones donde el periodo de lluvias sea mayor de tres meses.

Los genotipos MSU-800122 y 1213-2 regularon la sequía con incrementos de su sistema radical a la vez que mantuvieron los procesos involucrados en el crecimiento y producción en la parte aérea durante el periodo de déficit hídrico, reflejándose esto en el peso seco de hojas, tallos, vainas y granos, por lo que se reconocen como resistentes a la sequía con la habilidad de producir. Debido a la precocidad mostrada por estos genotipos se recomiendan en regiones donde el periodo de lluvias sea breve (60 - 70 días).

La relación raíz/parte aérea fué diferente en cada uno de los tipos de recipientes utilizados. En las bolsas de plástico de

4.25 dm³ y 10.9 dm³ de capacidad, dicho cociente fue menor a la unidad y en las cajas rectangulares fue mayor para los genotipos *P.acutifolius*, Durango 222 y 1212-2, mientras que para el genotipo MSU-800122 el cociente raíz/parte aérea no fue mayor a la unidad en ninguno.

Los genotipos *P.acutifolius*, Durango 222 y 1213-2 al disponer en las cajas rectangulares de un volumen de suelo mayor que en las bolsas de plástico, se desarrolló la potencialidad de su crecimiento radical en tanto que el genotipo MSU-800122 aun mantuvo el balance entre crecimiento de la raíz y el de la parte aérea.

La densidad de enraizamiento estuvo en relación con las diferencias del contenido hídrico en el suelo. Al inicio del déficit hídrico decreció con la profundidad, pero aumentó (en los 60 - 70 cm y 80 - 90 cm principalmente) durante el período de sequía.

9. BIBLIOGRAFIA.

1. Atkinson D. and Wilson S.A. (1979) THE ROOT/SOIL INTERFASE AND ITS SIGNIFICANCE FOR FRUIT TREE ROOTS OF DIFFERENT AGES Ed. Harley J.L. and Scott Russell Academic Press Inc. London don Great Britain. pp. 264-270.
2. Begg J.E. y Turner N.C. (1976) CROP WATER DEFICITS Advances in Agronomy, Vol 28 Academic Press, Inc. New York San Francisco London. pp. 161- 213.
3. Blum A. (1979) GENETIC IMPROVEMENT OF DROUGHT RESISTANCE IN CROP PLANTS: A CASE OF SORGHUM Ed. Harry Mussell and Richard C. Staples a Wiley Interscience Publicaton. pp. 38- 52.
4. Boyer J.S. (1971) RESISTANCE TO WATER TRANSPORT IN SOYBEAN, BEAN AND SUNFLOWER Crop Science 11: 403-406.
5. Feddes R.A. (1981) WATER USE MODELS FOR ASSESSING ROOT ZONE MODIFICATION in Modifying The Root Enviroment To Reduce Crop Stress Ed. Arkin G.E. and Taylor H.M. American Society of Agricultural Engineers. pp. 47-286.
6. Greenland D.J. (1979) THE PHYSIC AND CHEMISTRY OF THE SOIL/ ROOT INTERFACE: SOME COMENTS; in The Soil-Root Interfase Ed. Harley J.L. and Scott Russell R. Academic Press Inc, London, Great Britain. pp 83-97
7. Hsiao T.C. (1973) PLANT RESPONSES TO WATER STRESS Ann. Rev. Plant Physiology 24: 519-570.
8. Hsiao T.C. and Acevedo E. (1974) PLANT RESPONSES TO WATER DEFICITS WATER/USE EFFICIENCY, AND DROUGHT RESISTENCE Agric. Meteorol. 14: 59-84.

9. Hsiao, T.C. and Acevedo E., Ferreres, E and Henderson D. W. (1976) Stress Metabolism. WATER/STRESS, GROWTH AND OSMOTIC ADJUSTMENT Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. 479 - 500.
10. Huck, M.C., Klepper, B., Taylor, H.M. (1970) DIURNAL VARIATION IN ROOT DIAMETER. Plant Physiology 45: 529-530.
11. INEGI (1990). ANUARIO ESTADISTICO de la PRODUCCION AGRICOLA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS.
12. Ketrin D.L. (1984) ROOT DIVERSITY AMONG PEANUT GENOTYPES Crop Science 24: 229-232.
13. Klepper B. and Taylor H.M. (1979) LIMITATIONS TO CURRENT MODELS DESCRIBIN WATER UPTAKE BY ROOT SYSTEMS The Soil Root Interfase Ed. Harley J.L. y Scott Russell R. Academic Press Inc. London Great Britain. pp. 54-82
14. Kohashi-Shibata J. (1979) FISIOLOGIA. CONTIBUCIONES AL CONOCIMIENTO DEL FRIJOL. Ed. Mark Engelman Colegio de Post graduados, Chapingo, México. pp.39-51
15. Kramer P.J. (1974) RELACIONES HIDRICAS DE SUELO Y PLANTAS EDUTEX S.A. México. p.380.
16. Little T.M. y Hills F.J. (1976) METODOS ESTADISTICOS PARA LA INVESTIGACION EN LA AGRICULTURA Ed. Trillas S.A. México. p.165.
17. Levitt J. (1980) RESPONSES OF PLANTS OF ENVIROMENTAL STRESSES 2a. Ed. Vol. II Academic Press New York USA. pp. 85-125.
18. Quinsenberry J.E, Jordan. R., Roartz., and Fryrear D. (1981) EXOTIC COTTONS AS GENETIC SOURCES FOR DROUGHT RESISTANCE Crop Sci. 21: 889-895.

19. Scott Russel R. (1979) PLANT ROOT SYSTEMS THEIR FUNCION AND INTERACTION WITH THE SOIL Mc Graw Hill Book Company Great Britain. pp. 95-110, 219-233.
20. Shimshi D. Mayoral, M., and Atsmon, D.S. (1982) RESPONSES TO WATER STRESS IN WHEAT AND RELATED WILD SPECIES Crop Science 22: 123-127.
21. Slatyer R.O. (1967) PLANT/WATER RELATIONSHIPS Academic Press New York U.S.A. p. 247.
22. Stone L.R. Teare, I., Nichell, C. and Mayari, W. al (1976) SOYBEAN ROOT DEVELOPMENT AND SOIL WATER DEPLETION Agronomy Journal 68: 677-680.
23. Sullivan T.P. and Brun W.A. (1975) EFFECT OF ROOT GENOTYPE ON SHOOT WATER RELATIONS IN SOYBEANS Crop Science 15: 319-322.
24. Taylor H.M. (1981) ROOT ZONE MODIFICATION FUNDAMENTALS AND ALTERNATIVES in Modifying The Root Environment to Reduce Crop Stress. Ed. Arking G.F. y Taylor H. M. Michigan USA. pp. 3-17.
25. Taylor H.M. (1979) MANAGING ROOT SYSTEMS TO REDUCE PLANT WATER DEFICITS en The Soil-Root Interfase Ed. Harley J. L. y Scott Russell R. Academic Press Inc. London Great Britain. pp. 47-62
26. Taylor H.M. and Klepper B. (1974) WATER RELATIONS OF COTTON ROOT GROWTH AND WATER USE AS RELATE TO TOP GROWTH AND SOIL WATER CONTENT, Agronomy Journal, 66, 584 - 588.

27. Taylor H.M. and Klepper B. (1978), THE ROLE OF ROOTING CHARACTERISTIC IN THE SUPPLY OF WATER TO PLANTS. Advances in Agronomy Vol. 30 Academic Press Inc, U.S.A. pp. 99 - 128.
28. Tomar V.S. y O'Tolle J.C. (1982) A FIELD STUDY ON LEAF WATER POTENTIAL, TRANSPIRATION AND PLANT RESISTANCE TO WATER FLOW IN RICE Crop Science 22: 5-9.
29. Torres, R.E. (1983). AGROMETEOROLOGIA, Ed. Diana, México. 150 p
30. Turner N. (1979) DROUGHT RESISTANCE AND ADAPTATION TO WATER DEFICITS IN CROP PLANTS. Stress Physiology in Crop Plants Ed. Harry Mussell and Richard C. Staples A Wiley Interscience Publication, New York, U.S.A. pp. 73-97
31. Vartanian N. (1981) SOME ASPECTS OF STRUCTURAL AND FUNCION MODIFICATIONS INDUCED BY DROUGHT IN ROOT SYSTEMS in Structure and Function of Plant Roots Ed. R. Brower et al Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publisher. The Hauge/ Boston/London. pp. 82-124.
32. Weatherley P.E. (1979) THE HIDRAULIC RESISTANCE OF THE SOIL ROOT INTERFASE A CAUSE OF WATER STRESS IN PLANTS in the Soil-Root Intefase Ed. Harley J.L. y Scott Russel R. Academic Press Inc. London Great Britain. pp.275-285.
33. Winter E.J. (1974) ENTRY WATER TO THE PLANT in Water, Soil and the Plant Mac Millan Press LTD Hong Kong. pp.87-95.

LISTA DE GRAFICAS.

1. Temperaturas máxima y mínima registradas en el transcurso del crecimiento de las plantas en el invernadero.....
2. Humedades relativas máxima y mínima registradas en el transcurso del crecimiento de las plantas en el invernadero.....
3. Presión de vapor en el invernadero durante el transcurso de permanencia de los genotipos estudiados.....
4. Porcentaje de humedad del suelo contenido en las cajas situadas dentro del invernadero cada 10 cms. de profundidad.....
5. Incrementos de longitud de raíz principal de cada uno de los genotipos estudiados que se desarrollaron en las cajas situadas dentro del invernadero.....
6. Incrementos de longitud de raíz secundaria de cada uno de los genotipos estudiados sembrados en las cajas situadas dentro del invernadero.....
7. Desarrollo de raíces nuevas de cada uno de los genotipos estudiados sembrados en las cajas situadas dentro del invernadero.....
8. Incrementos de altura de la parte aérea de los genotipos estudiados desarrollados en las cajas situadas dentro del invernadero.....
9. Peso seco de raíz (gr) cada 10 cm de profundidad de los genotipos estudiados desarrollados en las cajas situadas dentro del invernadero.....

LISTA DE CUADROS.

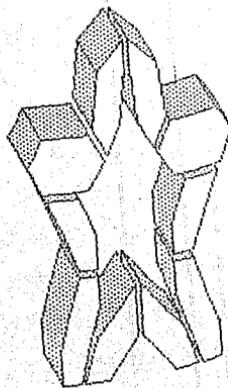
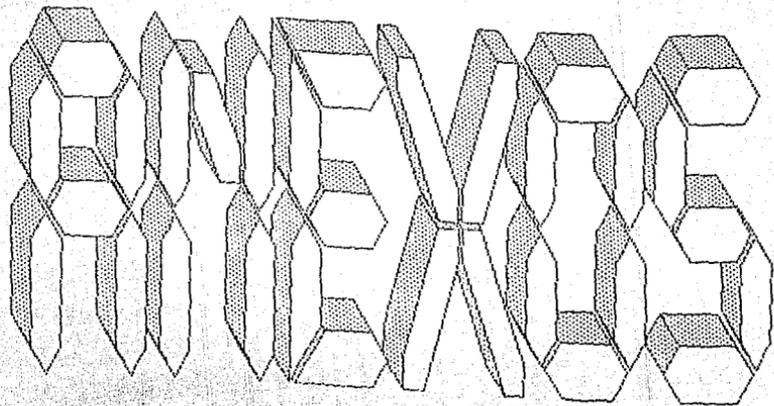
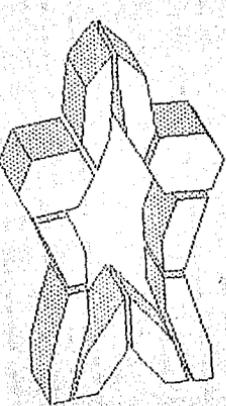
1. Características agrónomicas de los genotipos utilizados.
2. Datos promedio de porcentaje de humedad del suelo contenido en cajas rectangulares para cada 10 cm de profundidad.
3. Datos promedio de porcentaje de humedad del suelo contenido en bolsas de plástico de 10.9 dm³ de capacidad.
4. Datos promedio de incremento de longitud de raíz principal (cm) para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares.
5. Datos promedio de suma de incrementos de longitud de raíz principal para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares, obtenidos en diferentes fechas.
6. Datos promedio de incremento de longitud de raíz secundaria (cm) para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares, obtenidos en diferentes fechas.
7. Datos promedio de suma de incrementos de longitud de raíz secundaria para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares, obtenidos en diferentes fechas.
8. Datos promedio de incremento de raíz nueva cm para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares obtenidos en diferentes fechas.
9. Datos promedio de suma de incrementos de raíz nueva (cm) para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares, obtenidos en diferentes fechas.
10. Datos promedio de incremento de altura de la parte aérea (cm)

para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares, obtenidos en diferentes fechas.

11. Datos promedio de suma de incrementos de altura de la parte aérea para cada uno de los genotipos situados en cajas rectangulares, obtenidos en diferentes fechas.
12. Peso seco (gr) de los componentes del rendimiento de los genotipos situados en bolsas de plástico de 4.25 dm³ de capacidad.
13. Peso seco (gr) de los componentes del rendimiento de los genotipos en bolsas de plástico de 10.9 dm³ de capacidad.
14. Peso seco de raíz (gr) de cada 10 cm de profundidad de los genotipos situados en cajas rectangulares.
15. Peso seco (gr) de los componentes del rendimiento de los genotipos en cajas rectangulares.
16. Datos promedio de potencial hídrico de la hoja en los genotipos situados en cajas rectangulares.
17. Correlación entre los incrementos de altura de la parte aérea e incrementos de la raíz de los genotipos situados en cajas rectangulares.
18. Coeficientes de correlación entre los componentes del rendimiento de los genotipos situados en bolsas de plástico de 4.25 dm³ de capacidad.
19. Coeficientes de correlación entre los componentes de rendimiento de los genotipos sembrados situados en bolsa de plástico de 10.9 dm³ de capacidad.
20. Datos promedio de potencial hídrico de la hoja de los

genotipos en bolsas de plástico de 10.9 dm³ de capacidad.

21. Coeficientes de correlación entre potencial hidrico de la hoja y componentes del rendimiento de los genotipos situados en bolsas de plástico de 10.9 dm³ de capacidad.
22. Coeficientes de correlación entre peso seco de raiz cada 10 cm de profundidad y porcentaje de humedad del suelo contenido en cajas rectangulares.
23. Coeficientes de correlación entre peso seco de raiz cada 10 cm de profundidad y los componentes de rendimiento de los genotipos situados en cajas rectangulares.
24. Coeficientes de correlación entre los componentes del rendimiento de los genotipos situados en cajas rectangulares.



CUADRO A. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO CONTENIDO EN CAJAS RECTANGULARES.

PROFUNDIDAD	CUADRADO MEDIO
0-10	0.13
10-20	0.20
20-30	0.12
30-40	0.24
40-50	0.08
50-60	0.09
60-70	0.13
70-80	0.13
80-90	0.89
90-100	0.70
100-110	0.60
110-115	4.27

En ninguna de las profundidades se encontro un nivel de probabilidad significativo.

CUADRO B. ANALISIS DE VARIANZA DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO CONTENIDO EN LAS BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³ DE CAPACIDAD.

PROFUNDIDAD	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
0 - 30	2.55	menor al 5 %
30 - 60	7.36	no significativo

COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE PESO SECO DE RAIZ Y PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO $r = 0.977$ no significativo ni al 10%

CUADRO C. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS DE RAIZ
PRINCIPAL DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS
RECTANGULARES.

DIAS	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.906	-
27	6.115	17.70
30	8.220	-
MAYO 2	41.270	0.16
4	8.369	-
7	22.741	-
11	24.435	-
14	13.368	39.84
18	43.277	10.04
21	4.563	-
28	6.777	-

CUADRO D. ANALISIS DE VARIANZA DE LA SUMA DE INCREMENTOS DE LONGITUD DE RAIZ PRINCIPAL DE LOS GE--NOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

DIA	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.906	no significativo
27	11.56	"
30	39.21	"
MAYO 2	158.23	sig. a menos del 10%
4	158.31	no significativo
7	270.18	"
11	415.29	"
14	514.36	"
18	654.06	sig. a menos del 10%
21	690.52	no significativo
28	967.26	sig. a menos del 10%

CUADRO E. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTO DE RAIZ
SECUNDARIA DE LOS GENOTIPOS EN CAJAS REC--
TANGULARES.

DIA	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.786	38.28
27	0.226	-
30	0.129	-
MAYO 2	0.982	3.93
4	0.257	43.28
7	0.875	23.53
11	3.389	20.67
14	3.792	6.31
18	6.789	-
21	9.118	-
28	22.539	0.30

CUADRO F. ANALISIS DE VARIANZA DE LA SUMA DE INCREMENTOS DE LONGITUD DE RAIZ SECUNDARIA DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

DIA	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.786	38.28
27	0.92	no significativa
30	1.16	"
MAYO 2	2.28	"
4	2.94	"
7	6.29	"
11	16.84	"
14	28.93	casi sig. al 10%
18	53.60	no significativa
21	88.60	"
28	195.79	menor al 5%

CUADRO G. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS DE RAIZ
NUEVA DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS
RECTANGULARES

DIA	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.241	"
27	0.289	37.69
30	0.867	4.60
MAYO 2	1.237	31.88
4	0.065	32.05
7	1.030	6.20
11	0.138	14.84
14	0.603	24.28
18	0.822	-
21	3.611	42.59
28	4.752	6.43

CUADRO H. ANALISIS DE VARIANZA DE LA SUMA DE INCREMENTOS DE RAIZ NUEVA DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

DIA	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.241	no significativa
27	0.99	"
30	2.44	casi sig. al 10%
MAYO 2	6.93	sig. a menos del 5%
4	8.19	sig. a menos del 1%
7	14.81	sig. a menos del 1%
11	15.91	sig. a menos del 5%
14	20.92	sig. a menos del 5%
18	17.09	sig. a menos del 10%
21	28.36	no significativa
28	44.66	sig. a menos del 10%

CUADRO I. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS DE ALTURA
DE LA PARTE AEREA DE LOS GENOTIPOS SITUADOS
EN CAJAS RECTANGULARES.

DIA	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.105	33.70
27	0.738	5.27
30	0.759	4.28
MAYO 2	0.948	31.24
4	0.168	-
7	1.952	23.36
11	6.883	2.33
14	0.908	-
18	2.176	30.86
21	0.622	16.53
28	2.149	41.21

CUADRO J. ANALISIS DE VARIANZA DE LA SUMA DE INCREMENTOS DE ALTURA DE LA PARTE AEREA DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

DIA	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
ABRIL 26	0.11	33.70
27	0.47	"
30	2.36	menor al 1%
MAYO 2	5.88	menor al 5%
4	5.48	menor al 10%
7	12.66	menor al 5%
11	34.00	menor al 1%
14	45.69	menor al 1%
18	58.55	menor al 1%
21	60.09	menor al 1%
28	52.64	menor al 5%

CUADRO K: ANALISIS DE VARIANZA DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN BOLSAS DE PLASTICO DE 4.25 dm³ DE CAPACIDAD.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD (%)
Peso Seco de Hojas	2.225	1.68
Peso Seco de Tallos	0.689	0.30
Peso Seco Parte Aérea	5.338	0.81
Peso Seco Raíz	6.186	11.26
Volumen Raíz	180.028	6.03
Peso Seco Total	22.955	3.46
Raíz/Parte Aérea	0.136	-

CUADRO L. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS COMPONENTES DE -
 RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN
 BOLSAS DE PLASTICO DE 10.9 dm³ DE CAPACIDAD.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD (%)
Peso Seco de Hojas	0.404	6.55
Peso Seco de Tallos	0.021	42.83
Peso Seco Parte Aérea	0.241	32.14
Peso Seco Raiz	1.673	3.37
Volumen Raiz	53.861	15.80
Peso Seco Total	1.931	15.89
Raiz/P. Aérea	0.08	-

CUADRO M. ANALISIS DE VARIANZA DE PESO DE RAIZ CADA 10 CM DE PROFUNDIDAD DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES.

PROFUNDIDAD	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD (%)
0-10	0.222	-
10-20	0.533	-
20-30	1.387	17.22
30-40	0.206	6.29
40-50	0.428	17.93
50-60	0.158	15.31
60-70	2.315	38.82
70-80	0.022	-
80-90	0.303	35.26
90-100	0.037	-
100-110	0.026	-
110-115	0.025	-

- Significa no significativo.

CUADRO N. ANALISIS DE VARIANZA DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS RECTANGULARES

COMP. DEL RENDIMIENTO	CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD (%)
Peso Seco de Hojas	1.488	11.58
Peso Seco de Tallos	0.751	4.19
Peso Seco Parte Aérea	3.022	13.37
Peso Total de Raíz	19.390	-
Volumen de Raíz	93.42	-
Peso Seco Total	26.04	-
Raíz/P. Aérea	0.65	12.45

CUADRO O. ANALISIS DE VARIANZA DE POTENCIAL HIDRICO DE
LA HOJA DE LOS GENOTIPOS SITUADOS EN CAJAS
RECTANGULARES.

CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
3.673	menor al 10 %

CUADRO P. ANALISIS DE VARIANZA DE POTENCIAL HIDRICO DE
LA HOJA DE LOS GENOTIPOS SITUADOS BOLSAS DE
PLASTICO DE 10.9 dm³ DE CAPACIDAD.

CUADRADO MEDIO	PROBABILIDAD
10.90	menor al 5%