

EVALUACION DE VARIEDADES DE SOYA (*Glycine max* (L) Merr) CON DIFERENTE HABITO DE CRECIMIENTO SEGUN LOS NIVELES DE RIEGO

German Chinchilla R.*

Pedro Carrillo S.*

Orlando Agudelo D.**

Hernan Rojas **

COMPENDIO

Se evaluaron 15 genotipos de soya *Glycine max* (L) Merr. de hábito de crecimiento determinado (CD), semideterminado (SD), indeterminado (CI) aplicando 5 niveles de riego suplementario y uno sin riego de efectos fijos en la época más seca del año. Las variables fisiológicas, el rendimiento y sus componentes se evaluaron en R₂ (floración completa), R₅ (inicio de llenado de grano) R₇ (madurez fisiológica) y R₈ (cosecha). Las variables fisiológicas de la soya presentan óptima expresión con riego alrededor de 400 mm y reducciones significativas aplicando menos de 324 mm de siembra a cosecha. La disminución del IAF en R₅ con niveles de poca humedad puede ser el principal mecanismo de tolerancia a sequía, principalmente por la senescencia y abscisión de hojas de la planta. Las variedades entre y dentro de hábito de crecimiento difieren en su capacidad para sostener el rendimiento final, permitiendo seleccionar genotipos tolerantes a sequía (línea - 121 (CD) ICA-Tunía (CS) y L-141 (CI).

ABSTRACT

Fifteen genotypes of *Glycine max* (L) Merr. with determinate (CD) semideterminate (SD) and indeterminate (ID) growth habits were evaluate by applying five levels of supplementary irrigation and one without irrigation of permanent effects during the year dry season. The physiologic variables, yield, components were evaluated in R₂ (total flowering), R₅ (begining of grain replenishment), R₇ (physiologic maturity) and R₈ (harvest). The physiologic variables of soybean present and optimun expression applying about 400 mm of irrigation, and showed an significant reduction applying less than 324 mm between planting and harvest. The reduction of foliar area index (FAI) in R₅ and low humidity levels can be the main mechanism of drowght tolerance by senescence absition of leaves. The varietyts inside and among the growth habits showed different in their capacity to surtain the final yield allowing to select genotypes for their drought tolerance (line L-121 (CD), ICA-Tunía (CS), L-141 (CI).

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia- Palmira.

** Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. A.A. 233, Palmira.

1. INTRODUCCION

En el trópico, las sequías periódicas, causadas por la distribución irregular de las lluvias, son responsables de reducciones importantes en el rendimiento de la soya; las cuales se agravan cuando la disminución de agua disponible coincide con estados críticos del desarrollo del cultivo o cuando se siembran variedades que se salen de los regímenes de lluvias. Hasta ahora, los agricultores han buscado estrategias para minimizar la interacción de la sequía con el crecimiento del cultivo y su rendimiento. Para disminuir riesgos e incrementar la producción, explorar los mecanismos de tolerancia genética se considera como la alternativa más valiosa: mientras en las variedades resistentes la producción redujo en 20 o/o en las no resistentes lo hizo casi en 40 o/o (Medersky, Jeffers y Peters, 12).

En soya uno de los primeros signos del estrés de agua es la detención del crecimiento de la hoja, causando el cierre de los estomas, reducción del proceso de la fotosíntesis y la actividad de los cloroplastos (Finn y Brun, 6). Generalmente se acepta que los estados anteriores a la floración son más tolerantes a los déficit de agua que los estados reproductivos (Doss, Pearson y Rodgers, 3; Kadhem, Specht y Williams, 9). El déficit de agua también produce disturbios en la concentración y en el patrón normal de síntesis de hormonas (ácido abscísico, ABA) y proteínas (Dereck, 2).

Si hay sequía durante el período de floración, este se reduce y se incrementa el número de flores abortadas. Si ocurre en el inicio de formación de vainas y/o llenado de vainas, se reduce el rendimiento final por la disminución en el número de vainas y semillas por planta, reducción en el peso y tamaño de la semilla, abscisión de las hojas inferiores, secamiento prematuro de vainas y la reducción del período de maduración (Sionnit y Kramer, 17).

El éxito obtenido hasta ahora en el mejoramiento para aumentar la tolerancia a la sequía en los cultivos, estuvo limitada por la falta de técnicas y de conocimientos sobre las condiciones de tolerancia a la sequía (Doss y otros, 3). Hoy se conoce que la tolerancia a la sequía es el resultado de la asociación compleja de características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas y que la herencia genética es multigénica, razón por la cual se hace difícil la transferencia de la tolerancia a sequía para genotipos promisorios (Saint-Clair, 15). Desde esta concepción se plantea como hipótesis de trabajo, evaluar la posible existencia de grados de tolerancia a la sequía en variedades y líneas promisorias de soya, de distinto hábito de crecimiento, del Programa de Leguminosas del Instituto Colombiano Agropecuario-ICA.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en el ICA, Palmira, en un suelo de textura arcillosa, con infiltración rápida y permeabilidad lenta en los primeros horizontes del perfil (IGAC, 8), durante la época más seca del año agrícola (enero-marzo), con una precipitación promedio de 55 mm/mes y temperatura media de 24° C. Se utilizaron 15 genotipos promisorios de soya del Programa de Leguminosas de Grano del ICA, de crecimiento determinado, semideterminado e indeterminado (Rodríguez V, 14).

Se utilizó un diseño de campo de "gradiente" donde una línea de aspersión se utiliza para generar seis niveles de aplicación de agua; con un máximo adyacente a la línea de aspersión y cero al final del radio húmedo. Las variedades se sembraron en surcos (18 m) perpendiculares a la línea de aspersión y separados 0.60 m. Todo material estuvo representado por tres surcos adyacentes, teniéndose dos repeticiones, una a cada lado de la línea de aspersión. El análisis estadístico utilizado fue el de bloques al azar con un factor no aleatorizable (Chávez, 1). Cada nivel de riego tuvo una longitud de tres metros. El riego se aplicó cuando existió un agotamiento del 50 o/o del agua aprovechable en el nivel de riego uno. Se colocaron pluviómetros en el centro de cada parcela a 5-10 cm por encima de la cobertura vegetal. Las evaluaciones se realizaron en 10 plantas competidas, seleccionadas completamente al azar dentro de cada nivel de riego.

El análisis estadístico consistió en análisis de varianza y pruebas de rango múltiple de Duncan para comparar los promedios de los diferentes hábitos de crecimiento, los promedios entre las cinco variedades de cada hábito y su comportamiento de acuerdo a los diferentes niveles de riego, en los estados reproductivos (Fehr *et al*, 5) R₂ (floración completa), R₅ (inicio de llenado de grano), R₇ (madurez fisiológica), para las variables de altura de la planta, índice de área foliar, materia seca total/planta y longitud de raíz. La altura de carga, el rendimiento y sus componentes se estudiaron en un análisis multivariado. Se hizo un análisis de regresión entre el rendimiento y el agua suministrada en cada nivel de riego para cada genotipo, utilizando la pendiente de dicha función como indicador de la susceptibilidad a la sequía. El rendimiento del nivel de riego uno se usó como indicador del rendimiento potencial del material (ICRISAT, 9). Con el fin de determinar la tolerancia a la sequía se siguió la metodología de Fischer y Wood (1979), en la cual la relación del rendimiento obtenido en el nivel de riego seis sobre el rendimiento del nivel de riego uno menos la unidad, expresada en porcentaje, se usa para seleccionar los genotipos menos susceptibles, dentro del grupo de alto rendimiento (Pandey, Herrera y Pendleton, 13). Los genotipos tolerantes deben presentar alto rendimiento potencial y bajo índice de susceptibilidad.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Altura de la planta.

El comportamiento de la altura de la planta en floración completa (R_2) indicó poca influencia del estrés de humedad, por que las reducciones no fueron altamente significativas para las variedades en ningún hábito de crecimiento (Cuadro 1). Entre los estados R_2 y el R_5 , los niveles con poca humedad provocaron retraso considerable del crecimiento de las variedades semideterminadas (33.4 o/o) e indeterminadas (16.2 o/o). En el estado de madurez fisiológica (R_7), el grado de reducción de la altura aumentó en las variedades indeterminadas (32 o/o) y se mantuvo estable en las semideterminadas y determinadas. Las variedades indeterminadas siempre presentaron las mayores alturas de planta, tanto en niveles con buena humedad como en niveles con poca humedad, mientras que las variedades determinadas presentaron las menores reducciones en todos los estados reproductivos. Los resultados confirman que los estados anteriores a la floración son más tolerantes a la sequía que los estados reproductivos (Doss, Pearson y Rodgers, 3; Kadhem, Specht y Williams, 9) y que la sensibilidad de la soya depende del nivel y duración del estrés de agua y del estado de desarrollo, afectando el crecimiento y la producción por déficit interno de agua en la planta (Medersky y Jeffers, 12).

3.2. Índice de área foliar.

El índice de área foliar (IAF) disminuyó progresivamente entre los niveles de riego y entre los estados reproductivos evaluados; siendo mayores las diferencias entre niveles de poca y buena humedad (1, 2 y 3), en el estado R_2 para las variedades semideterminadas (35 o/o), las cuales parecen requerir mayores cantidades de agua para el desarrollo del área foliar. Entre los estados R_2 y R_5 aumentó el índice de área foliar en todas las variedades y paralelamente disminuyó en los niveles con poca humedad (Cuadro 2) alcanzando las variedades indeterminadas la mayor reducción (54.5 o/o), seguidas de las determinadas (49 o/o) y semideterminadas (45.5 o/o). En el estado de madurez fisiológica se acentuó la reducción del IAF en todas las variedades, alcanzando a reducirse hasta en los niveles con buena humedad. Las reducciones fueron superiores en las variedades semideterminadas (82 o/o), seguidas de las determinadas (77 o/o) y las determinadas (73 o/o). El IAF de los genotipos aumentó en los tres hábitos de crecimiento hasta el inicio de llenado de grano (R_5), disminuyendo después por la caída de hojas viejas, que son las primeras en formarse (González, 7). Las variedades indeterminadas presentaron los mayores valores de IAF en los estados R_2 y R_5 , comparado con los de las semideterminadas y determinadas, que no tuvieron diferencias significativas. Las variedades determinadas presentaron en

Cuadro 1

Promedio de altura de planta (cm) de soya de diferente hábito de crecimiento en seis niveles de riego en el estado reproductivo R₂ . Palmira, 1987

Variedades y/o líneas	Niveles de humedad						\bar{X}
	1	2	3	4	5	6	
Determinadas							
L- 139	32.5	32.0	25.5	31.0	26.0	32.0	29.8 D 1/
L- 124	23.5	31.5	23.0	23.0	21.5	22.0	23.7 EFG
L- 121	35.0	30.5	28.5	29.0	27.5	28.5	29.8 D
Soyica P- 31	27.5	21.5	21.5	21.0	22.5	24.5	23.1 FG
L- 128	24.0	25.0	22.5	23.0	15.0	21.0	21.7 G
\bar{X}	28.5	28.1	24.2	25.4	22.5	25.6	25.6
Semideterminadas							
L- 142	24.5	23.5	27.0	25.5	22.0	24.5	24.4 EFG
L- 135	29.0	32.0	27.0	25.0	22.0	26.0	26.8 DE
L- 137	32.0	31.0	26.0	22.0	27.5	29.5	28.0 DE
ICA- Tunía	28.8	28.0	28.5	24.5	27.5	33.0	28.2 DE
L- 126	33.5	40.5	38.0	31.0	33.5	33.0	34.9 C
\bar{X}	29.6	31.0	29.3	25.6	26.5	29.2	28.3
Indeterminadas							
UFV-1	44.5	54.5	44.2	50.2	47.2	44.2	47.1 A
Pelican SM- ICA	55.5	48.0	45.0	44.0	43.5	46.5	46.5 A
Soyica N- 21	45.0	46.5	39.5	41.0	40.2	39.0	41.2 B
Soyica P- 32	35.0	37.5	32.5	40.0	36.0	32.0	35.5 C
L- 141	47.5	50.0	39.7	52.5	48.5	52.0	49.6 A
\bar{X}	45.5	48.9	40.2	45.5	43.1	43.7	43.9

1/ Los promedios con igual letra son estadísticamente iguales. Las diferencias entre promedios son significativas al 5 o/b.

Cuadro 2

Promedio de índice de área foliar de diferente hábito de crecimiento en seis niveles de riego en el estado reproductivo R₅. Palmira, 1987

Variedades y/o líneas	Niveles de humedad						\bar{X}
	1	2	3	4	5	6	
Determinadas							
L- 139	5.19	4.11	3.22	3.08	3.17	3.26	3.67 A 1/
L- 124	3.16	3.57	1.53	1.51	1.47	2.44	2.28 B
L- 121	3.32	3.48	1.97	3.37	1.80	1.44	2.56 AB
Soyica P- 31	5.11	3.21	2.22	2.15	2.51	1.74	2.82 AB
L- 128	3.35	4.69	2.88	3.58	1.98	1.33	2.97 AB
\bar{X}	4.03	3.81	2.37	2.74	2.19	2.05	2.86
Semideterminadas							
L- 142	4.52	4.09	2.63	2.33	1.84	1.65	2.85 AB
L- 135	2.17	1.23	3.26	3.33	1.65	1.59	2.21 B
L- 137	1.68	4.35	3.12	2.63	1.97	2.56	2.72 AB
ICA-Tunía	2.36	3.33	2.19	1.84	1.77	1.80	2.22 B
L- 126	3.31	5.17	5.46	1.28	1.26	1.49	2.99 AB
\bar{X}	2.56	3.22	2.62	2.50	1.88	1.75	2.59
Indeterminadas							
UFV- 1	3.47	3.33	2.86	1.83	2.69	2.60	2.79 AB
Pelican SM- ICA	4.20	3.41	1.88	2.09	3.26	1.52	2.73 AB
Soyica N- 21	5.44	3.22	1.80	1.81	2.67	2.32	2.88 AB
Soyica P- 32	8.87	3.66	3.04	2.93	1.84	1.61	3.66 A
L- 141	3.22	4.92	2.78	2.46	1.75	3.38	3.09 AB
\bar{X}	5.04	3.71	2.48	2.23	2.44	2.29	3.02

1/ Los promedios con igual letra son estadísticamente iguales. Las diferencias entre promedios son significativas al 5 o/b.

R₇ mayores valores de IAF que las semideterminadas e indeterminadas. La senescencia y la abscisión progresiva de hojas en la parte inferior de la planta en el estado R₅ y el incremento de estos dos procesos en todos los niveles en el estado R₇, puede deberse al aumento del contenido de ácido abs-císico (ABA) y al estímulo de la síntesis de este mismo ácido en hojas senescentes (Eze, Dumbroff y Thompson, 4). Este mecanismo se puede tomar como importante para la tolerancia a sequía en soya, por que resultaría en menor uso de agua por la planta (Pandey, Herrera y Pendleton, 13).

3.3. Longitud de la raíz.

La longitud de la raíz presentó rápido crecimiento hasta floración completa (R₂), en la cual los genotipos de los tres hábitos de crecimiento obtuvieron cerca del 90 o/o del crecimiento total de la raíz principal. En el estado reproductivo, los genotipos de crecimiento indeterminado fueron las más afectadas por las condiciones limitantes de humedad y presentaron una reducción del 55 o/o, seguidas de las semideterminadas (34 o/o); los genotipos de crecimiento determinado presentaron las menores reducciones (15 o/o) e inclusive algunos aumentaron la longitud de raíz en niveles con poca humedad, como la línea L-128 y la variedad Soyica P-31, esta capacidad podría tomarse como mecanismo de tolerancia a sequía en estos materiales (Cuadro 3). Entre los estados R₂ y R₅, aumentó la reducción de la longitud de raíz para las variedades determinadas (20 o/o) y disminuyó en las semideterminadas (30 o/o) e indeterminadas (32 o/o). Entre el estado R₅ y R₇, las reducciones por efecto de las condiciones limitantes de humedad no sufrieron mayores cambios, siendo de 24 o/o en los genotipos determinados, 27 o/o en las semideterminadas y 35 o/o para las indeterminadas. En niveles con buena humedad (1, 2 y 3) las variedades semideterminadas e indeterminadas presentaron los mayores crecimientos de la raíz principal y su máximo lo alcanzaron en el estado R₅, mientras las variedades determinadas ya lo habían hecho en floración completa (R₂). Por el rápido crecimiento de la raíz principal y su escasa disminución en niveles con poca humedad (4, 5, y 6) para los genotipos determinados, podría tomarse en cuenta este comportamiento y asociarlo con otros para mejorar la tolerancia a sequía en estos materiales. En cambio, el rápido crecimiento de la raíz principal en los genotipos semideterminados e indeterminados más las grandes reducciones en los niveles con poca humedad, hacen pensar que este no es el mecanismo empleado por estos dos hábitos de crecimiento para la tolerancia a la sequía, y posiblemente se deba tomar en cuenta la concentración y distribución de raíces secundarias en los primeros centímetros del suelo (Silvius, Johnson y Peters, 16).

Cuadro 3

Promedio de longitud de raíz (cm) de soya de diferente hábito de crecimiento en seis niveles de riego en el estado reproductivo R₂. Palmira, 1987

Variedades y/o líneas	Nivel de humedad						\bar{X}
	1	2	3	4	5	6	
Determinadas							
L- 139	22.0	18.5	20.0	21.0	18.0	19.0	19.7 A
L- 124	20.0	21.0	20.5	16.5	16.0	16.0	18.3 AB
L- 124	19.5	16.0	16.5	17.5	15.0	15.5	16.6 AB
Soyica P-31	15.5	18.5	16.0	18.0	19.5	18.0	17.5 AB
L- 128	22.5	18.7	15.5	17.0	16.0	16.0	17.6 AB
\bar{X}	19.9	18.6	17.7	18.0	16.9	16.9	17.9
Semideterminadas							
L- 142	21.5	19.5	12.5	13.5	16.5	14.5	16.3 AB
L- 135	17.0	23.5	21.5	16.5	15.0	16.5	18.3 AB
L- 137	23.5	23.2	26.0	13.6	15.5	15.0	19.2 AB
ICA-Tunía	24.0	23.5	17.5	12.5	19.5	16.0	18.7 AB
L- 126	21.5	22.5	21.5	19.5	15.2	11.5	18.6 AB
\bar{X}	21.5	22.4	19.8	15.1	16.3	14.7	18.2
Indeterminadas							
UFV- 1	20.5	32.0	20.0	17.0	16.5	13.0	19.7 A
Pelican SM-ICA	23.5	24.0	16.0	14.2	11.5	9.0	16.3 AB
Soyica N-21	24.0	26.0	14.0	13.5	14.0	11.5	17.6 AB
Soyica P-32	21.5	19.5	16.5	10.0	14.0	10.5	14.3 B
L- 141	28.5	29.5	18.0	18.5	16.5	15.0	21.0 A
\bar{X}	23.6	26.2	16.9	14.7	14.5	11.8	17.78

1/ Los promedios con igual letra son estadísticamente iguales. Las diferencias entre promedios son significativas al 5 o/o.

3.4. Materia seca total.

En el estado de floración completa (R_2) la materia seca total por planta presentó diferencias muy pequeñas entre los niveles de riego, aunque la acumulación de la misma fue ligeramente menor en los niveles de baja humedad para los tres hábitos de crecimiento (Fig. 1). Los genotipos indeterminados alcanzaron la mayor producción promedio (9.42 g/planta), muy superior a la de los semideterminados (4.42) y determinados (5.83). Entre los estados R_2 y R_5 , aumentó la materia seca total en los niveles con buena humedad y se redujo progresivamente en los niveles de baja humedad.

Las reducciones fueron similares para los tres hábitos de crecimiento siendo del 42 o/o para las indeterminadas, 45 o/o en las determinadas y 49 o/o en las semideterminadas. Entre los estados R_5 y R_7 aumentó la materia seca total por planta para los genotipos determinados e indeterminados en los niveles de buena humedad, y aumentaron las reducciones en los niveles de baja humedad para los tres hábitos de crecimiento, siendo los más afectados los genotipos determinados y semideterminados (64.5 o/o Vs 54.3 en las indeterminadas). Según los resultados, la materia seca total por planta disminuye progresivamente entre los niveles de riego y entre los estados reproductivos, siendo los genotipos semideterminados los más afectados, seguidos de los determinados. Los materiales indeterminados fueron los menos afectados por las condiciones limitantes de humedad, debido a que tienen un período de defloración más largo y mayor formación de vainas y granos lo que les permite mayor acumulación de fotosíntatos (Lopez y Cuevas, 11).

3.5. Altura de carga y número de nudos.

Durante la cosecha (R_8) la altura de carga aumentó hacia los niveles de baja humedad, debido posiblemente a la caída de hojas y vainas de la parte inferior de la planta a partir del estado R_5 .

El número de nudos por planta fue mayor en las variedades indeterminadas para todos los niveles de riego, sobre todo en los niveles con buena humedad. Las reducciones por las condiciones limitantes de humedad fueron mayores para las variedades semideterminadas (30 o/o), seguidas por las indeterminadas (24 o/o) y por las determinadas (21.4 o/o). Sin embargo, estas reducciones afectan más a las variedades determinadas por su período de floración más corto, ya que cualquier reducción en el número de nudos disminuye más drásticamente el rendimiento por la menor producción de vainas y granos por planta (Lopez y Cuevas, 11).

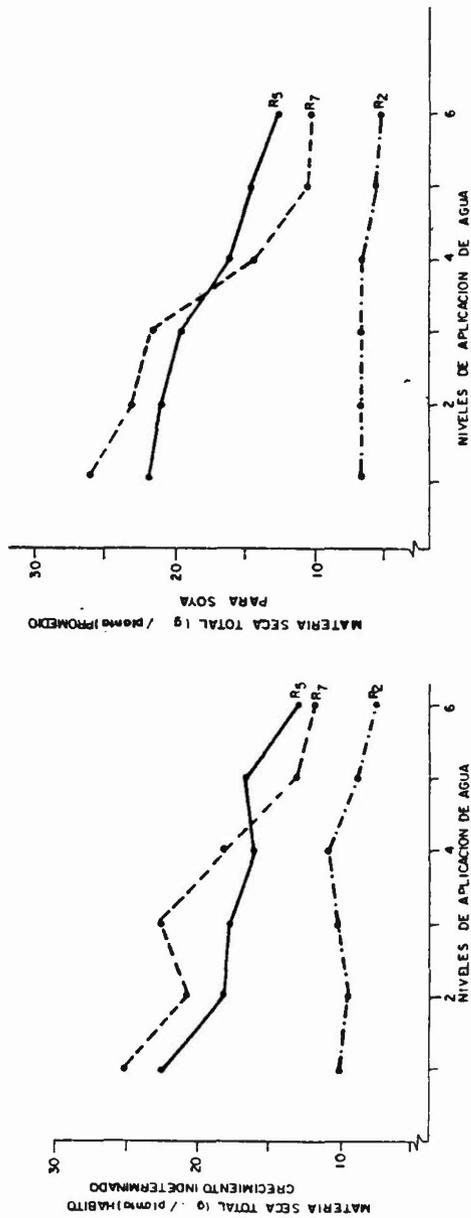
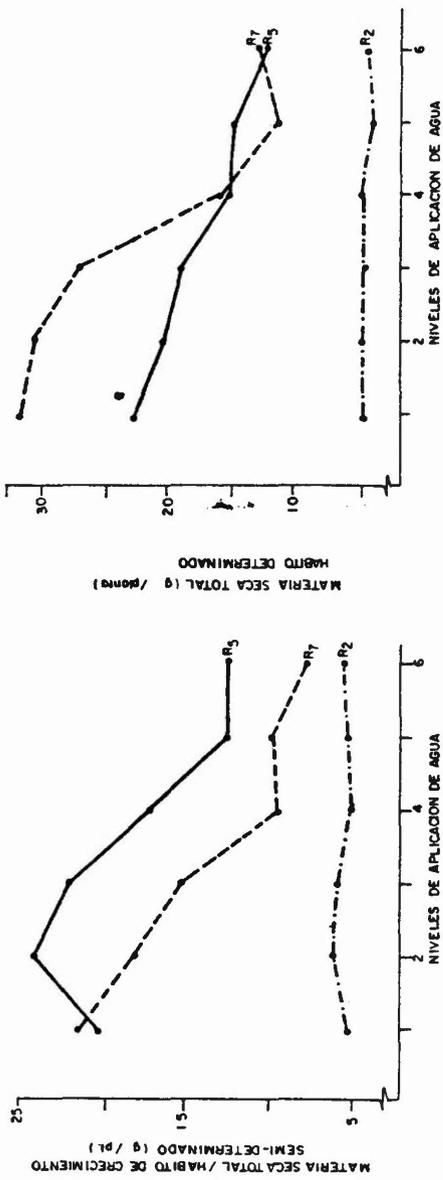


Fig. 1 Materia seca total en los estados reproductivos R₂, R₅ y R₇ para los hábitos de crecimiento, determinado, semideterminado e indeterminado en seis niveles de riego.

3.6. Rendimiento.

El número de vainas y granos por planta fueron los componentes de rendimiento más afectados en condiciones limitantes de humedad. Estos dos componentes presentaron reducciones progresivas entre los niveles de riego, mostrando siempre la mayor reducción en el nivel de riego seis (Cuadro 4). Las variedades determinadas y semideterminadas fueron las más afectadas por el estrés de humedad al reducir la producción de vainas (71.1 y 75.4 o/o) y granos por planta (69.3 y 72.6 o/o). Las variedades indeterminadas fueron las de menor reducción en el número de vainas por planta (54.6 o/o) y de granos por planta (59.3 o/o), posiblemente por su mayor crecimiento en los tres estados reproductivos y porque presentaron la menor reducción en materia seca total por planta; también se pudieron ver favorecidas por tener mayor período de floración. En condiciones de buena humedad los genotipos semideterminados fueron los de mayor producción de vainas y granos por planta, seguidas de los indeterminados y por último las determinadas.

Las variedades entre y dentro de hábito de crecimiento presentaron diferencias en su habilidad para mantener el rendimiento en condiciones limitantes de humedad. En condiciones de buena humedad las variedades semideterminadas presentaron los mayores rendimientos por planta, seguidas de las indeterminadas y por último las determinadas. Este mismo comportamiento se observó en el rendimiento promedio de las variedades, siendo de 9.7 g/planta para las semideterminadas 9.0 para las indeterminadas y 8.10 g/planta en las determinadas. Pero en condiciones de poca humedad las variedades determinadas (80.55 o/o) junto con las semideterminadas (77 o/o) fueron las que presentaron las mayores reducciones; mientras que las de crecimiento indeterminado solo presentaron una reducción de 66 o/o. Las reducciones se hicieron significativas a partir del nivel de riego dos para las variedades determinadas y semideterminadas y para las indeterminadas a partir del nivel de riego tres.

Considerando el comportamiento de cada variedad, las de mayor rendimiento potencial (rendimiento en el nivel uno) fueron: Soyica P-32 (23.7 g/planta) de crecimiento indeterminado; L-121 (19.2 g/planta) de crecimiento determinado; L-142 (18.0 g/planta) de crecimiento semideterminado; L-135 e ICA-Tunía de crecimiento semideterminado, L-141 y Pelican SM-ICA de crecimiento indeterminado, con un rendimiento entre 17.0-17.7 g/planta. Todas las demás presentaron rendimientos menores a 15.8 g/planta.

Las variedades menos afectadas por la sequía presentaron menores índices de susceptibilidad y las muy afectadas valores cercanos a 100 o/o (Fig. 2). Las variedades L-121 de crecimiento determinado, ICA-Tunía de crecimiento semideterminado y L-141 de crecimiento indeterminado se situaron den-

Cuadro 4

Vainas por planta de variedades de soya de diferente hábito de crecimiento en seis niveles de riego en cosecha (R₆). Palmira, 1987

Variedades y/o líneas	Nivel de humedad						\bar{X}	
	1	2	3	4	5	6		
Determinada								
L- 139	48.1	40.3	25.2	30.7	14.9	9.9	32.2	ABC ^{1/}
L- 124	29.8	31.0	27.2	23.0	14.5	14.1	24.5	CD
L- 121	39.6	39.9	24.5	20.0	15.0	13.0	25.40	BCD
Soyica P- 31	48.7	32.3	28.9	23.5	21.4	12.8	27.95	ABCD
L- 128	51.8	44.5	37.7	28.4	19.7	11.6	32.3	ABC
\bar{X}	43.6	37.6	28.7	25.1	17.1	12.3	27.3	
Semideterminada								
L- 142	53.0	49.1	32.2	28.5	18.1	15.8	32.8	ABC
L- 135	70.5	42.6	35.2	25.6	16.6	14.3	34.1	ABC
L- 137	54.7	27.6	33.3	30.4	21.8	15.8	30.6	ABC
ICA- Tunía	45.7	41.4	38.5	32.2	22.3	17.1	32.9	ABC
L- 126	49.1	50.6	45.7	25.6	20.4	20.6	35.7	A
\bar{X}	54.6	42.2	37.0	28.5	19.8	16.7	33.1	
Indeterminada								
UFV- 1	38.2	48.6	34.6	19.4	18.8	13.3	28.8	ABCD
Pelican SM- ICA	56.5	46.5	33.8	30.7	23.4	18.1	34.8	AB
Soyica N- 21	39.2	40.6	32.6	23.3	23.2	25.3	30.7	ABC
Soyica P- 32	41.3	38.7	58.8	28.6	20.8	24.4	35.4	AB
L- 141	28.0	27.5	22.4	18.6	15.8	11.3	20.6	D
\bar{X}	40.6	40.4	36.4	24.1	20.4	18.4	30.0	

1/ Los promedios con igual letra son estadísticamente iguales. Las diferencias entre promedios son significativas al 5 o/o.

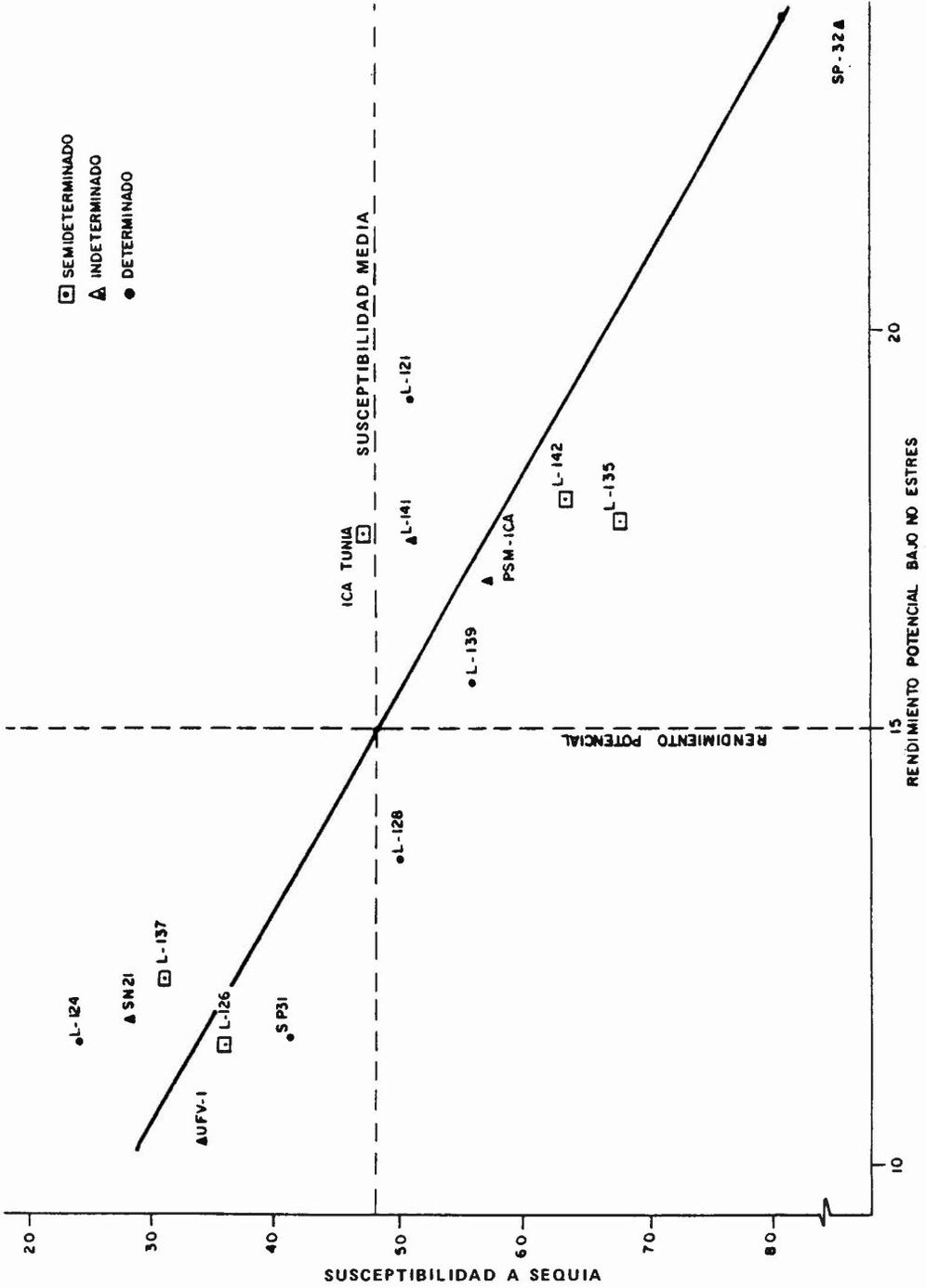


Fig. 2 Relación entre el rendimiento potencial y la susceptibilidad a sequía -CNI -Palмира 1987

tro del grado de alto rendimiento potencial y baja susceptibilidad a sequía.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. En condiciones de poca humedad, las variedades de crecimiento determinado reducen significativamente su altura de planta, índice de área foliar y longitud de raíz en los primeros estados reproductivos; mientras las variedades de crecimiento semideterminado e indeterminado se ven mucho más afectadas para estas mismas variables en los estados R_5 y R_7 .
- 4.2. La soya presentó óptima expresión de la altura de planta, índice de área foliar, materia seca total por planta, longitud de raíz y rendimiento y componentes de rendimiento en los niveles de agua total alrededor de 400 mm de siembra a cosecha. La reducción en todas las variables se hicieron significativas cuando se aplicó menos de 324 mm.
- 4.3. El agua total aplicada por nivel de riego mostró asociación positiva y altamente significativa en todos los niveles de riego con la altura de planta y el índice de área foliar. La asociación con la materia seca total fue regular y con la longitud de raíz no hubo significancia.
- 4.4. El principal mecanismo de tolerancia a sequía empleado por la soya con base en el IAF, podría ser la senescencia y abscisión de hojas posiblemente para economía de agua, principalmente en el inicio de llenado de grano (R_5).
- 4.5. Los componentes de rendimiento difieren en su respuesta al estrés de sequía entre variedades y dentro de hábito de crecimiento. El número de granos y vainas por planta presentó reducción significativa a partir del nivel dos para los tres hábitos de crecimiento.
- 4.6. Las variedades entre y dentro de hábito de crecimiento difieren en su capacidad para sostener el rendimiento final en niveles con poca humedad, permitiendo esta variabilidad seleccionar variedades con tolerancia a sequía basados en esta metodología.
- 4.7. Las variedades L-121, de crecimiento determinado, ICA-Tunía, de crecimiento semideterminado y L-141 de crecimiento indeterminado, fueron las más tolerantes a sequía, por tener alto rendimiento potencial y menor índice de susceptibilidad a sequía.
- 4.8. Variedades como L-124 de crecimiento determinado, L-137 de crecimiento semideterminado y Soyica N-21 de crecimiento indeterminado,

con buena tolerancia a sequía pero con bajo rendimiento potencial, se pueden seleccionar para hibridación o formación de poblaciones a mejorar por esta característica.

5. BIBLIOGRAFIA

1. CHAVEZ B, C. Análisis estadístico para un arreglo factorial con un factor no aleatorizable. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), 1986. 25 p. (mimeografiado).
2. DERECK, B. J. Protein synthesis. In: PALEG, L. G.; ASPINALL, D. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. New York, Academic Press, 1981. p.261-279.
3. DOSS, B. D.; PEARSON, R. W.; RODGERS, H. T. Effects of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agronomy Journal. v. 66, p.297-299. 1974.
4. EZE, J. M. O.; DUMBROFF, E. B.; THOMPSON, J. E. Effects of moisture stress and senescence on the synthesis of abscisic acid in the primary leaves of bean. Physiology plantarum. v. 51, p. 418-422. 1981.
5. FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E.; BURMOOD, D. T.; PENNINGTON, J. S. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L) Merril. Crop Science, v. 11, p. 929-931. 1971.
6. FINN, G. A; BRUN, W. A. Water stress effects on CO₂ assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance and nodule activity in soybean. Crop Science. v.20, n. 3. p. 431-434. 1980.
7. GONZALEZ, A. Alteración de las variables fisiológicas de la soya, *Glycine max* (L) Merril, bajo diferentes sistemas de labranza. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1985. (Tesis Ing. Agr.).
8. INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI". BOGOTA (COLOMBIA). Estudio semi-detallado de suelos del valle geográfico del río Cauca. Bogotá, IGAC, 1982. 135 p.
9. INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI -ARID TROPICS-ICRISAT. Annual report, 1981. p.37-45.
10. KADHEM, F. A.; SPECHT, J. E.; WILLIAMS, J. H. Soybean Irrigation Serially Timed during stage R₁ to R₆. II. Yield component responses. Agronomy Journal. v. 77, p. 299-304. 1985.

11. LOPEZ, E. A.; CUEVAS, A. F. Evaluación de la duración del período de llenado en líneas o variedades de soya, **Glycine max (L)** Merrill, y su relación con el rendimiento. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1985. 108 p. (Tesis Ing. Agr.).
12. MEDERSKY, H. J.; JEFFERS, D. L.; PETERS, D. E. Water and relations. In: CADDWELL, B. E. (Ed.) Soybean: improvement, production and uses. Madison, Am. Soc. Agr., 1973. p. 239-266.
13. PANDEY, R. K.; HERRERA, W. A. T.; PENDLETON, J. W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. Agronomy Journal v. 76, n. 4. p. 549-552. 1984.
14. RODRIGUEZ V. E. Response of soybean stem termination types to water stress and supplemental irrigation. Iowa State University, 1983. 120 p. (Ph.D. Thesis).
15. SAINT-CLAIR, P. M. Guía para estudiar la resistencia de la planta a la sequía. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Informe Técnico n. 8. 1981.
16. SILVIUS, J. E.; JOHNSON, R. R.; PETERS, D. B. Effect of water stress on carbon assimilation and distribution on soybean plants at different stage of development. Crop Science. v. 17, p. 713-716. 1977.
17. SIONIT, N.; KRAMER, P. J. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. Agronomy Journal v. 68, p. 274-278. 1977.