

4. FISILOGIA DE LA SOYA

Orlando Agudelo D. **
Guillermo Riveros

La soya (Glycine max) (L) Merr, posee amplia variabilidad genética en sus componentes fisiológicos lo cual puede ser aprovechado en mejoramiento genético para obtener genotipos más eficientes. Además, la soya puede ser hibridada con otras especies de la misma familia, lo cual amplía aún más su potencial.

En el trópico no se ha dado énfasis al estudio y utilización de las características fisiológicas de la soya como en las zonas templadas, de aquí que una investigación más intensa debe ser tenida en cuenta para la difusión de la soya. Los factores limitantes de alta temperatura y alta humedad relativa deben ser entendidos plenamente para lograr la implementación adecuada del cultivo. Además, existen en cada zona otros factores que condicionan el crecimiento de las plantas, como el fotoperíodo, el cual no puede ser olvidado ya que el comportamiento de la soya es diferente en cada sitio y la adaptación de los genotipos debe ser lograda para proceder al mejoramiento respectivo.

* Colaboración del Programa de Oleaginosas del ICA Palmira. Apartado aéreo 233.

** Respectivamente I.A. M. Sc. Sección Oleaginosas ICA. CI Palmira. e I.A. Ph.D. Director Nacional Oleaginosas ICA. La Libertad, Villavicencio.

4.1 FOTOPERIODO

La soya es una planta de día corto que tiene un período crítico de luz para florecer. Este período es indispensable para la floración y obligó a clasificar las variedades en doce grupos, de acuerdo con su respuesta a la latitud. En 1920, Garner y Allard acuñaron el término fotoperíodo para designar la respuesta de la planta a la longitud del día; después de allí una serie de investigadores han trabajado en este fenómeno y últimamente se le ha dado un gran interés al fotoperíodo y a la búsqueda de insensitividad con lo cual se puede dar una más amplia cobertura por área a las variedades liberadas. Mientras la soya pertenezca a los grupos primeros, más temprano madura en el trópico y viceversa (Agudelo y otros, 1986). En Colombia la diferencia en horas luz del Valle a la Costa es de media hora aproximadamente, lo cual se hace patente para algunas variedades las que presentan un comportamiento diferente cuando se siembran simultáneamente en ambos sitios, aunque la temperatura y la luminosidad también intervienen en esta respuesta. Un caso concreto ocurre en el Valle, con la diferencial respuesta de la soya al comparar el menor crecimiento en Palmira, donde existe mayor nubosidad y Roldanillo donde hay mayor luminosidad. (Camacho, 1971).

Así pues, la duración del día, la temperatura y la humedad son los factores más estudiados en relación con el fotoperíodo, indicando que los dos primeros interactúan frecuentemente, dando respuestas notorias en cada caso.

Parker y Borthwick (1939) indican que la diferenciación floral es influenciada en mayor grado por las variaciones de temperatura durante la noche que por la duración del día. La temprana floración sucedió cuando la temperatura varió durante la noche entre 18 y 24°C. Inouye y otros (1979), reportaron que a altas temperaturas las variedades determinadas tienden a producir mayor número de nudos y a simular un tipo indeterminado de soya, lo cual fué referido como un inestable

tipo de crecimiento. Thomas y Raper (1981), utilizando la variedad "Ransom" encontraron que bajas temperaturas (menos de 14°C) y altas temperaturas (mayores de 35°C) produjeron aborción floral y vainas mal formadas. Brown y Chapman (1960), encontraron que la temperatura y la humedad fueron correlacionadas con la rata de desarrollo durante el período de floración; análisis de regresión múltiple mostraron una variación significativa en la rata de desarrollo floral relacionada con las condiciones de humedad.

La insensitividad de la soya al fotoperíodo puede jugar un papel muy importante en el incremento de área para la adaptación de las variedades; por esta razón la insensitividad al fotoperíodo por la soya ha merecido la atención en los últimos años. Se ha encontrado que las variedades determinadas son generalmente menos sensitivas al fotoperíodo que las indeterminadas. La insensitividad ha sido determinada en muy pocas variedades dentro de las que pueden mencionarse Fiskeby V. Shinsei y el Pl 3173348 (Kitami Shiro) (Shanmugasundaran, 1979), sin que se haya podido transferir adecuadamente estos genes en variedades comerciales.

4.2 DESARROLLO DE LA RAIZ

La raíz tiene un patrón de forma inicialmente y con abundantes raicillas que proliferan rápidamente durante el estado de plántula (Mitchell y Russell 1971). El 80-90% de peso seco ocurre en los primeros 15 centímetros de profundidad del suelo. González y otros, 1985, indican que el crecimiento de la raíz es continuo a lo largo del período vegetativo, cesando sólo en maduración para el estado R7, antes del cual se obtiene el mayor peso seco.

La preparación del suelo y desde luego la textura inciden directamente en el desarrollo de la raíz. González y otros, 1985, encontraron para un suelo franco-arcilloso que la no preparación del suelo (labranza, cero) redujo el crecimiento. la penetración y la materia

seca de la raíz en comparación con suelos preparados por labranza mínima y convencional, los cuales difirieron poco para este tipo de suelo. El agua del subsuelo parece más importante para la planta que la superficial, por eso el crecimiento hacia abajo de la raíz es muy significativo en comparación con un mayor crecimiento lateral que es lo que ocurre cuando se dan labranzas mínimas o no labranza. La selección de genotipos con raíz profunda son intereses de los programas de mejoramiento para mejor uso del agua y tolerancia a bajas precipitaciones.

4.3 NODULACION Y FIJACION DEL NITROGENO

El exclusivo papel de la nodulación y la fijación del N, aunque discutido profundamente no ha sido completamente dilucidado en su parte bioquímica. Para la toma de la información se usan dos métodos, prevalentemente, la reducción de acetileno y el N directo, este último más preciso pero costoso y el primero con dificultades en su interpretación (Shibles y otros, 1978).

Se han descrito cuatro genes afectando la nodulación (Vest y otros, 1976), uno que previene la nodulación para la mayoría de las razas de Rhizobium, y el resto sólo afecta casos individuales de variedades. Las razas de soya son muy específicas para el cultivo, por ejemplo, muchas razas de R. japonicum inducen nodulación en caupí, pero sólo unas muy pocas de caupí, inducen nodulación en genotipos muy específicos de soya. En Africa, recientemente, se han encontrado razas promiscuas que presentaron nodulación en ambos cultivos, estas variedades no presentaron resultados positivos en Colombia con las razas adaptadas a nuestro medio. Dentro de las razas efectivas para la nodulación, se han descrito tres por Dobereiner et al (1970) con altas ratas de fijación por peso de nódulo. Ha sido muy difícil implementar estas razas en donde el Rhizobium ya existe y la competencia se hace difícil con razas adaptadas al suelo.

Un caso especial de clorosis - inducida por razas de Rhizobium en suelos arenosos ha sido indicado. Este fenómeno fue comprobado sembrando 25 especies de leguminosas, obteniendo siempre los mismos resultados. Una toxina Rhizobitoxine (inhibidor de clorofila) se ha encontrado como causal de la clorosis. La toxina sintetizada por el R. japonicum, inicialmente un buen número de plantas puede morir aunque otras se recuperan a medida que crecen (Vest y otros, 1976).

Finalmente, se ha descubierto que ciertas razas pueden volver a utilizar el N_2 , o sea reasimilarlo o recapturar la energía gastada en producción.

Las razas eficientes llamadas HUP^+ en contraste con la HUP^- , permiten aproximadamente un 14% más de eficiencia en la producción de N que las razas negativas. Esta práctica es un punto que está por resolverse comercialmente (Shibles, 1983).

4.4 HABITO DE CRECIMIENTO

Se han reconocido dos hábitos de crecimiento, el determinado y el indeterminado, y en medio de ellos se ha sugerido el semideterminado, del cual se supone se pueden obtener mejores rendimientos por sus similitudes con los dos primeros mencionados. El primero termina en racimo floral y el segundo en parte vegetativa. Genéticamente el determinado se identifica con el $dt1 dt2$, el indeterminado con $dt1 dt2$ y el semideterminado con $dt1 dt2$, éste es similar al primero en que termina en inflorescencia y al segundo en número de nudos y altura de planta (Shibles y otros, 1978).

Shibles (1980), citando a otros investigadores indica tres genes mayores afectando la floración y la maduración. El genotipo normal del hábito indeterminado es el $E2, E1$, que retarda la aparición de flores y la maduración; $e2$ que acelera la floración y más aún la maduración; y $e3$ que también acelera la floración y la maduración.

Para el Valle del Cauca se usan variedades de cualquier tipo de los mencionados de acuerdo con la precipitación de la zona y disponibilidad de riego. Las variedades florecen entre los 34 y 52 días, con madurez fisiológica entre 85 y 110 días. Mientras más rápido florece una planta de soya, más baja es su altura de carga de planta y viceversa; por esta razón es conveniente tener floraciones entre 38 y 50 días, logrando mayor crecimiento y mayor altura de las primeras vainas, evitando pérdidas por soca en la cosecha directa. A medida que la variedad florece más tarde, su período vegetativo es mayor y el requerimiento de agua para llenar las vainas formadas es grande, lo cual puede ser contraproducente para agricultores que no tienen riego artificial (Cuevas y otros, 1985).

Un nuevo concepto fisiológico ha sido desarrollado en soya, denominado "Duración del llenado", el cual puede ser considerado como responsable del rendimiento final de la planta. El período está comprendido entre los estados reproductivos R5 (inicio del llenado) y R7 (inicio de la madurez), el cual está controlado por factores genéticos, aunque no se ha identificado el número de genes responsables. Este período como indicador de la producción resulta ser una promesa para elevar los rendimientos (Reikosky y otros, 1982). Una evaluación de la duración del llenado para variedades determinadas, semi e indeterminadas de soya en Palmira, concluyó que las variedades determinadas de soya después de la floración incrementan el rendimiento basadas en el incremento de tamaño de la semilla, mientras que las indeterminadas tienen mayor duración del llenado e incrementan su producción con base en un mayor número de vainas y mayor tamaño de semilla. Se observó que existe dentro de las líneas gran habilidad con respecto a las combinaciones, tamaño de semilla, número de vainas/planta y duración del llenado que pueden ser aprovechados para obtener rendimientos adecuados (Cuevas y otros, 1985).

4.5 ACUMULACION DE MATERIA SECA

La producción de hojas y materia seca se incrementa rápidamente en una función casi lineal de acuerdo con la distancia de siembra, obteniendo un máximo IAF de 5 a 8, durante el estado R5 (llenado de semilla), (Tabla 1), González y otros, 1985 y Múnera y Bastidas, 1984, encontraron para el Valle del Cauca que los máximos IAF están comprendidos en el estado mencionado y que las variedades usadas actualmente difirieron significativamente en el valor para esta característica. Después de allí, el índice de área foliar decrece progresivamente debido a la pérdida de las hojas bajas por maduración (Shibles et al, 1978).

Cuando se usan surcos anchos versus surcos estrechos, estos alcanzan primero el IAF y en época de llenado de las vainas se observa que hay una mayor pérdida de hojas bajas. Shibles y Weber, 1966, encontraron que el máximo IAF para intercepción de luz fluctuó entre 3.1 y 4.5 dependiendo de la densidad de plantas y arreglo espacial en el campo.

La rata de crecimiento diario del cultivo difiere entre cultivares entre 8.8 y 14.9 g/m/día, pero se ha encontrado que la rata de peso seco de la semilla fué similar para todos los cultivares, siendo de 9.9 g/m/día aproximadamente. De allí que se haya concluído que las diferencias en rendimiento fueron atribuídas a la duración del período de llenado y no a la rata de crecimiento diario (Buttery, 1970).

Desarrollo Productivo

La soya como planta afectada por el fotoperíodo depende de un período crítico para florecer, el cual debe existir o de lo contrario

TABLA 1. PROMEDIOS DE INDICE DE AREA FOLIAR (IAF)
DURANTE EL LLENADO DE VAINAS (R5).

Variedad y/o línea	IAF
ICA L-128	5.36
Soyica P-31	7.93
ICA L-137	6.76
Soyica Ariari I	7.51
Soyica P-32	8.43
ICA Tunía	4.19

Múnera y Bastidas, 1984.

la soya presentará desadaptación al medio. La floración para el Valle ocurre entre los 33 y los 50 días después de la siembra y mientras más precoz sea la floración, más pequeño es el porte de la planta y más corto el período vegetativo, lo contrario sucede si la floración es demasiado tardía, lo cual puede traer consigo períodos vegetativos de más de 120 días, lo cual puede ser un problema en semestres secos y por falta de equipos de riego.

Considerando las temperaturas, éstas afectan la aparición de las flores; por debajo de 20° C la floración es pobre, se incrementa hasta los 33° C y de allí en adelante hay problemas de aborto y mala formación de vainas. La floración se inicia en la parte basal del tallo ascendiendo por las ramas hasta la parte apical.

El número de óvulos por vainas varía entre 2 y 4, los cuales son heredados genéticamente y varían con el ambiente. La mayoría de los cultivares comerciales tienen tres óvulos, de los cuales dos son generalmente fertilizados para dar un mayor porcentaje de dos semillas por vaina (Shibles y otros, 1978).

La variedad Soyica P-33 posee combinaciones de 1, 2, 3 y 4 semillas por vaina en la misma planta, en porcentajes de 3%, 26%, 66% y 5% donde se ve claramente que el mayor aporte es hecho por vainas de dos y tres semillas, con un total de 92% (Bastidas y otros, 1986). Esto indica que cuando ocurre el estrés por agua puede haber un aborto notorio en las vainas que contienen mayor cantidad de semillas.

Las vainas se desarrollan lentamente después de la fertilización con el rápido incremento luego del quinto día, con completa elongación de vaina entre los 15 y 20 días después del inicio de la misma. Las semillas dentro de la vaina no crecen a la misma rata, los apicales crecen más rápido y le siguen en desarrollo los basales y en los estados finales las semillas del centro son dominantes con un acelerado crecimiento. La soya presenta una pérdida sustancial de flores, vainas pequeñas y grandes dentro de las cuales hay diferencia en aborto. Las pérdidas de flores y vainas se estiman entre 40 y 80% (Shibles y otros, 1978).

Agudelo y Bastidas (1977), encontraron un aborto en flores desarrolladas de soya (flores que no son convertidas en vainas) para las condiciones del Valle del Cauca de 31% aproximadamente. El dato se encontró para variedades determinadas e indeterminadas para las cuales el aborto fué similar, destacándose que hubo mayor producción de flores en las indeterminadas.

Hasta aquí se reporta que la abscisión mayor ocurre durante los tempranos estados de desarrollo del embrión, por lo tanto una falta de agua o bajos niveles de fertilidad en el suelo pueden ocasionar grandes pérdidas en el rendimiento. El aborto también es promovido por largos fotoperíodos y altas temperaturas (Shibles y otros, 1978).

4.6 ACEITE Y PROTEÍNA

La semilla de soya contiene cerca del 21% de aceite y 41% de proteína. Aunque el aceite se incrementa algo, la proteína no incrementa y siempre se encuentran dos veces de proteína por uno de grasa. Cuando ocurre estrés durante el llenado de la semilla, la grasa crece algo. El aceite

de soya contiene un buen balance de aminoácidos; oleico 25.5%, linoleico 52.4%, palmítico 10.6%, esteárico 3.8% y linolénico 7.7%. Este último aminoácido causa inestabilidad al aceite de soya y se presume que juega papel importante en el enranciamiento de la soya. El ácido linolénico ha podido reducirse a 3.5% en ciclos de selección, también incrementando el ácido oleico puede aumentarse la calidad del aceite (Ogre and Rinne, 1976). Hoy en día existen variedades con no más del 3% de este ácido, lo cual facilita el almacenamiento de semilla.

En relación con las cantidades de ácidos grasos durante el desarrollo de la semilla, estos están ya formados a los 40 días después de la floración, para esta época ya existe un 20% de aceite en la semilla y los ácidos grasos alcanzan su valor normal. Un cambio notable ocurre solamente durante el llenado de la semilla, cuando el porcentaje de linolénico baja de 23% a 7%.

La proteína tampoco varía mucho durante el desarrollo y crecimiento de la semilla y es menos lo que se conoce de su bioquímica, por lo cual son necesarios más estudios para clasificar su biosíntesis. En los últimos quince años se ha dado gran importancia a este factor. En muchas ocasiones se ha demostrado que el porcentaje de proteína está negativamente correlacionado con rendimiento. Los últimos estudios han ayudado para obtener hasta 50% de proteína, con aceptable rendimiento pero con bajo porcentaje de aceite, de donde se deduce que la aceptación de este producto por la industria está por ser conocido.

4.7 FACTORES DEL RENDIMIENTO

4.7.1 Fotosíntesis

Las hojas de soya alcanzan su máximo potencial de asimilación de fotosintatos unos pocos días después de la expansión total. Luego del llenado de la soya, las hojas superiores difieren en capacidad,

siendo las superiores más eficientes que las inferiores. Las vainas y tallos tienen fijaciones mucho más bajas aunque se presume que pueden dar cerca de 14% y 3% respectivamente, mientras que las hojas hacen el 82%. Existen diferencias entre cultivares que parecen relacionados con conductividad estomática y con factores internos de la hoja. Cuando se han buscado altas ratas fotosintéticas con base en el peso específico de la hoja, grosor de la misma y contenido de nitrógeno, se ha concluido que el primero de ellos puede ser el mejor criterio de selección, evaluando primero los estados de desarrollo debidos a la variabilidad de la hoja de acuerdo con el ambiente (Shibles y otros, 1978). Follajes bien desarrollados muestran saturaciones de luz a IAF de 4 ó menos; máximas asimilaciones de CO_2 se dan a IAF de 5 a 6 bajo alta irradiación. Una alta proporción de luz es interceptada en la periferia de las hojas por lo cual un follaje erecto podría ser muy beneficioso para incrementar fotosíntesis.

4.7.2 Respiración y Fotorespiración

La respiración es un proceso que debe hacer la planta de soya para su mantenimiento. Esta planta exhibe una característica típica fotorespiratoria de las plantas C_3 , las cuales deben gastar CO_2 en el proceso de respiración, al contrario de las C_4 como maíz, para las cuales este proceso es mínimo. La respiración en las reacciones dentro de la planta puede contar por un tercio de la fotosíntesis. Un punto muy importante a tener en cuenta es el oxígeno, el cual inhibe competitivamente la fijación del CO_2 (Menz y otros, 1969), citados por Shibles y otros (1978), describen una técnica para seleccionar variedades por baja compensación de CO_2 para mezclas de maíz y soya en cámaras cerradas y no encontraron tipos de soya con baja compensación, de aquí que otra técnica debe ser usada.

4.7.3 Transpiración

La soya requiere de una gran cantidad de agua durante su ciclo de vida. Los estudios han demostrado que con lluvia frecuente y agua asequible el uso consuntivo puede llegar a 392 milímetros en zonas templadas. El uso consuntivo es determinado por el área foliar y su distribución, el suministro de agua y el coeficiente diario de evaporación de la zona. Antes que el suelo esté totalmente cubierto el área foliar es el elemento más importante, después de allí la evaporación es el principal factor (Laing, 1966). El incremento en población trae un aumento en la demanda debido al incremento de la transpiración y al aumento en el número de raíces.

Según Boyer (1971), existe una alta resistencia al movimiento de agua a través de la planta de soya, la cual es notoria por una marchitez aún en tiempo de buena agua y alta demanda por evaporación, por tanto la soya puede estar estresada más severa y frecuentemente que otras plantas; las diferencias en raíces (cantidad y tamaño), podrán ser tenidas en cuenta para mejoramientos basados en eficiencia en la toma de agua. Otro punto a considerar es la cobertura con hojas inclinadas, las cuales tienen más baja temperatura y más baja resistencia de difusión que aquellas que son horizontales. Otra característica es la de densa pubescencia la cual es un arma valiosa para reducir transpiración. Estos tres detalles mencionados anteriormente parecen ser la base de la tolerancia a sequía exhibida por la nueva variedad de soya Soyica P-33 la cual produce bien bajo menores cantidades de agua (Rojas y Agudelo, 1986).

4.7.4 Tipos de Estrés

El estrés de soya más frecuentemente encontrado es el de la falta de agua, y en menor grado suelos ácidos o salinos dentro de los cuales los nutrientes no están completamente asequibles. Tomando en cuenta el déficit de agua el primer síntoma grave es el no poder desarrollar

totalmente las hojas, seguido de respiración incrementada y caída de fotosíntesis. La fotosintética respuesta es debida casi completamente a fenómenos de cierre de estomas y conducción de CO_2 . A medida que pasa el estrés viene un recobramiento de la fotosíntesis, pero ésta no llega a ser total después de recobrada la capacidad de campo (Shibles y otros, 1978).

Shibles y otros, 1978, indican que estrés por agua durante el estado primario de la floración redujo el rendimiento aproximadamente en 10%; otro estrés durante el final de la floración y vaina en una pérdida fué compensada por desarrollo de vainas en la parte superior y tamaño de semilla en la parte baja. Agudelo y Rojas, 1986, trabajando con gradiente de riego indican que existe una respuesta diferencial de las variedades de soya donde se han podido detectar materiales como Soyica P-33, Soyica P-31 y Davis que presentan una menor pérdida en rendimiento basados en densa pubescencia, tamaño de raíz y color del follaje. La calidad de la semilla es un factor importante porque durante el estrés la semilla se quema y presenta colores completamente diferentes a normal, acompañada de semilla pequeña, chupamiento y a esto se suma la mayor incidencia de enfermedades como Cercospora kikuchii, tal como sucede con la ICA Tunía.

Se ha observado también que a medida que se dá menos agua a la planta, las hojas no se desarrollan completamente, se tornan oscuras y por unidad de área, la hoja pesa más debido a la poca traslocación de los nutrientes. Finalmente, el aborto es patente a medida que falta el agua, mostrando las variedades tolerantes poca sintomatología de aborto y secado uniforme, el cual no es conseguido con variedades poco tolerantes.

El estrés por suelos ácidos radica en la baja capacidad de la planta para tomar el fósforo necesario en la producción, el suelo también requiere de un encalamiento para nivelar el pH y hacer más fácil la labor de la planta. En los suelos salinos las deficiencias de Fe son notorias y el crecimiento de la planta reducido; programación al momento de la siembra de buenos drenajes y elementos menores en tres o cuatro

aplicaciones hasta los 40 días del cultivo, cambian el follaje de amarillento a verde; halan la planta rápidamente fuera del suelo para conseguir así producciones cercanas a lo normal. Uno de los daños más notorios en ambos suelos es la baja casi total de nodulaciones. Rotaciones con gramíneas e incorporación de socas son prácticas aconsejables.

4.8 RENDIMIENTO, POSIBILIDADES Y LIMITACIONES

Los más altos rendimientos de soya en muchos países han sido conseguidos en surcos estrechos (entre 20 y 30 centímetros) con totales de 5.500 Kg/ha. Esta cifra se obtuvo en Colombia con la variedad ICA-Pance (1971). El promedio en el Valle del Cauca ha fluctuado entre 1.900 y 2.200 kg/ha, pero muchos agricultores han estado siempre por encima de esta cifra, donde es notorio resaltar los rendimientos de la zona sur, central y norte del Valle; en la localidad de Roldanillo las respuestas son muy diferentes por luminosidad, agua y variedad. Se debe resaltar aquí que una zona nueva en soya, la de Caicedonia, Armenia (1.200 msnm), debido a su buena precipitación anual está rindiendo hasta 4.000 kg/ha. de semilla, mostrando el potencial que se esperaba en la soya.

Exite la evidencia de que en la soya el rendimiento está basado en el número de semillas producido. El rendimiento es pobremente relacionado con el tamaño de la semilla y la variación más importante está basada en el número de nudos fructificados y el aborto relacionado con los mismos nudos (Shibles y otros, 1978).

Hablando de la fijación de nitrógeno, nadie ha podido incrementar los rendimientos cuando la fijación está declinando. Se indica sí que una adecuada cantidad de N es conveniente durante la fase vegetativa, floración y desarrollo de semilla para obtener altos rendimientos (Shibles y otros, 1978).

Existe también la evidencia de que incrementando la fotosíntesis se incrementa el rendimiento. Cuando se han tomado plantas competidas de soya con luz suplemental en la parte basal sombreada del tallo, ha habido un incremento en la fotosíntesis, lo cual dió más rendimiento basado en más nudos en las ramas. También, atmósferas enriquecidas con CO₂ han producido más rendimientos en semilla por mayor fertilización de las vainas. Probablemente un paso importante es utilizar variedades altas indeterminadas usando reguladores de crecimiento como TIBA el cual produce mayor número de vainas y más ramificación al cambiar la morfología de la planta (Shibles y otros, 1978).

Otro punto de vista es el usar surcos estrechos para mayor interceptación de luz en estados tempranos y obtener mayor producción, para el cual se deben modelar tipos con hojas erectas, buena pubescencia, raíz profunda, poca ramificación y follajes claros, con los cuales se trabaja actualmente, utilizando las variables de plantas por hectárea, para mayor producción.

4.9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUDELO, O.; GREEN, D. and SHIBLES, R. 1986. Methods of estimating developmental periods in soybean. Iowa State University; journal papel No. j-11925, Iowa, 50010.
2. AGUDELO, O. y BASTIDAS, G. 1977. Aborto natural de flores en soya bajo condiciones del Valle del Cauca. COMALFI, X Reunión, Bogotá.
3. BUTTERY, B.R. 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maiza and soybeans. Crop Sci. 10: 9-13.
4. BOYER, J.S. 1971. Resistances to water transporth in soybean, bean and sunflower. Crop Sci. 11: 403-407.

5. CAMACHO, L.H. 1971. Breeding soybeans for tropical conditions. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Palmira. 15 p mimeografiado).
6. DOBBEREINER, J.; FRANCO, A.A. and GUZMAN, I. 1970. Estirpes de de Rhizobiu japonicum de excepcional eficiencia. Pesq. Agropec. Brasil. 5: 155-161.
7. GONZALEZ, A.; AGUDELO, O. y ROJAS, H. 1985. Alternación de las variables fisiológicas de la soya bajo diferentes sistemas de labranza. ICA, Palmira. A.A. 233. 22 p.
8. LAING, D.R. 1966. The water envirionment of soybeans Ph.D., Thesis Iowa. State University library. Ames.
9. LOPEZ, E.A.; CUEVAS, L.A. y AGUDELO, O. 1985. Evaluación de la duración del período de llenado de líneas y/o variedades de soya y su relación con el rendimiento Tesis, Universidad Nacional. Palmira. 108 p.
10. MUNERA, A.E. y BASTIDAS, G. 1984. Estudio de distancias y densidades de siembra de cinco líneas y/o variedades de soya. Tesis, Universidad Nacional. Palmira. 88 p.
11. MITCHELL, R.L. and RUSELL, W.J. 1971. Root development and rooting patterns of soybeans evaluated under field conditions. Agro. j. 63: 313-316.
12. OGREN, W. and RINNE, R. 1976. Photosynthesis and seed metabolism in soybean. B.E. Caldwell Ed. 391-416 pp.
13. PARKER, M. and BORTHWICK. 1939. Effect of variations in temperature during photoperiodic induction upon initiation of flower primordial in biloxi soybeans. Bot. GAZ 101: 145-167.

14. REIKOSKY, D.A.; ORF, S.H. and PONELIET. 1982. Soybean germoplasm evaluation for length of seed-filling period. *Crop Sci* 22: 319-322.
15. ROJAS, H. y AGUDELO, O. 1986. Tolerancia de los cultivos a la sequía. ICA, Recursos de Agua y Tierra. Palmira. 24 p. (mimeografiado).
16. SHIBLES, R.M. 1980. Adaptation of soybeans to different seasonal durations. p. 279-286. In: R.j. Summerfield and A.H. Bunting (eds) *Advances in legume science*. Royal Botanic Gardens. Kew.
17. SHANMUGASUNDARAM, S. 1979. Variation in the photoperiodic response on several characters in soybeans *Emphytics*. 28: 495-507.
18. SHIBLES, R.H. and WEBER, C.R. 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybeans planting patterns. *Crop. Sci.* 6: 55-59.
19. THOMAS, J. and RAPER, C. 1981. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybeans *Bot. GAZ* 142.