

E.A.P.

031(6)

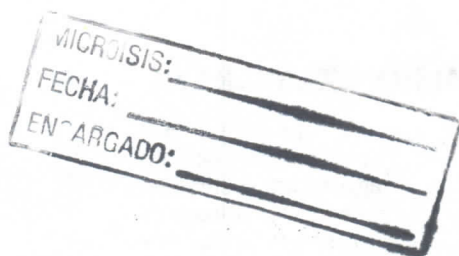
C.6

ZAMORANO

El Cultivo de la SOYA

Juan Carlos Rosas, Ph. D.

Roberto A. Young, Ph. D.



El Cultivo de la SOYA

Juan Carlos Rosas, Ph. D.
Roberto A. Young, Ph. D.



208457

**Publicación No. AG-9603, Departamento de Agronomía
Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana**

MISION ZAMORANO

Zamorano prepara líderes
para las Américas en
agricultura sostenible,
agronegocios, manejo de
recursos naturales y
desarrollo rural.



CREDITOS

Contenido Técnico: *Juan Carlos Rosas, Ph. D., Roberto Young, Ph. D.*

Edición: *Ercilia Romero*

Diseño: *Ana Isabel Acosta*

Producción: Centro de Recursos Didácticos (CERED)
Departamento de Protección Vegetal, Zamorano

© 1996 Derechos reservados. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Agronomía. Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra con fines educativos y no de lucro. Solo se requiere citar la fuente.

Rosas, J. C. y R. Young. 1996. El Cultivo de la Soya, Quinta edición, Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 68p.

Publicación No. AG-9603, Departamento de Agronomía, Zamorano.

ISBN: 1-885995-10-5

EL CULTIVO DE LA SOYA

<u>Capítulo</u>	<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
I	GENERALIDADES	4
II	MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE SOYA	8
III	FISIOLOGÍA DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE SOYA	10
IV	FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE LA SOYA	15
V	PRÁCTICAS CULTURALES	22
VI	NUTRICIÓN MINERAL DEL CULTIVO DE LA SOYA	29
VII	ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LA SOYA Y SU MANEJO	37
VIII	INSECTOS QUE ATACAN AL CULTIVO DE LA SOYA	46
IX	COSECHA Y ALMACENAMIENTO	54
X	MEJORAMIENTO DE LA SOYA	57
XI	PROCESAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LA SOYA	61
XII	EL CULTIVO DE LA SOYA EN HONDURAS	64
XIII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

El presente manual es producto de la experiencia de los autores, quienes durante los últimos años han trabajado con el cultivo de la soya. Asimismo, han efectuado una recopilación de información mediante la revisión de literatura, para hacer más accesible el tema. Este manual ha sido producido para ser utilizado como texto por estudiantes de Agronomía y como información general para personas e instituciones interesadas.

Juan Carlos Rosas

EL CULTIVO DE LA SOYA

I. GENERALIDADES

A. Importancia Económica

Entre las leguminosas de grano, la soya (*Glycine max*) es el cultivo más importante a nivel mundial en términos de producción total y mercadeo internacional. Para el caso, durante los últimos 15 años ha dominado el mercado mundial en producción de aceite vegetal, seguido del algodón, maní y girasol.

Hasta el inicio de los años 70, Estados Unidos y la República Popular de China habían sido los mayores productores y exportadores en el mundo. A partir de 1970, el cultivo de soya comenzó a tomar auge en Brasil, a tal grado que para 1974 llegó a desplazar a China en el ámbito de la exportación internacional. Recientemente, Argentina se ha convertido en uno de los mayores productores de soya, siguiendo el mismo patrón de expansión utilizado por Brasil.

Estados Unidos, Brasil, China y Argentina representan más del 90% de la producción mundial de esta leguminosa. El Cuadro 1 nos muestra un resumen del panorama global de los países productores de soya.

Cuadro 1. Producción Mundial de Soya en 1992.

País	Area cosechada (1000 ha)	Producción (1000 t)	Rendimiento (kg/ha)
EE.UU.	2 4596	6 1881	2 516
Brasil	9 419	19 161	2 034
China	7 204	9707	1 347
Argentina	1 874	11315	2 322
México	317	670	2 115
Paraguay	627	1 315	2 099
Colombia	49	96	1 945
Bolivia	210	400	1 905
Ecuador	80	158	1 981
Nigeria	160	1 000	1 600
Ex-URSS	800	940	1 175
Rumania	166	106	762
Indonesia	1 667	1 881	1 128
Total mundial	54 591	114 011	2 088

Fuente: FAO (1993). Anuario de Producción.

B. Composición Química

El contenido de aceite en las semillas de la planta de soya varía de 14-24% y el de proteínas entre 30-50%. En el cuadro 2 se presenta un resumen de la composición química de esta leguminosa. En general, las soyas con bajo contenido de grasa son altas en proteínas, y viceversa.

La proteína de soya contiene los aminoácidos esenciales para el alimento humano y animal, lo que la hace atractiva como materia prima para numerosas industrias y los más diversos usos. De ella se deriva desde el aceite para cocina, hasta sustitutos de la carne y la leche, así como tortas proteicas para la fabricación de concentrados. La soya contiene 2-3 veces más cenizas (minerales) que el trigo, y es una fuente valiosa de calcio y fósforo. Además, posee un alto contenido de vitamina B1 (tiamina), tal como otras semillas de leguminosas comestibles.

Cuadro 2. Composición química (porcentaje) del forraje verde, heno, granos y torta de soya (Martín, Leonard y Stamp, 1976).

	<u>Humedad</u>	<u>Cenizas</u>	<u>Proteína cruda</u>	<u>Carbohidratos</u>		<u>Aceite o grasa</u>
				<u>Fibra cruda</u>	<u>Extracto libre de N</u>	
Forraje	75.1	2.6	4.0	6.7	10.6	1.0
Heno	8.4	8.9	25.8	24.3	38.8	3.8
Granos	6.4	4.8	39.1	5.2	25.8	18.7
Torta ²	8.3	5.7	44.3	5.6	30.3	5.7

² Torta obtenida del proceso de extracción de aceite.

C. Historia

Las evidencias actuales señalan a la mitad del Este del Norte de China como el área en que la soya cultivada emergió como un cultivo domesticado alrededor del Siglo XI A.C. La dispersión de la soya de esta área hacia el Sur de China, Corea, Japón y el sureste de Asia, probablemente se llevó a cabo durante la expansión de la dinastía Chou (Siglos XI al III A.C.)

Para 1712, los europeos se enteraron del potencial de la soya a través de las publicaciones de Engerlbert Kaemfer, quien vivió en Japón en 1691-92. Desde 1875, y durante varios años, el Prof. Frederick Haberland de Viena intentó expandir la producción de soya en Europa pero no tuvo mucho éxito.

La soya es mencionada por primera vez en la literatura de EE.UU. en 1804. Sin embargo, la expansión de la producción de soya en este país no se llevó a cabo sino hasta la tercera década del Siglo XX. Por otra parte, la fecha más temprana del conocimiento de su introducción en Brasil es 1882. Posteriormente, su producción en este país se expandió de tal forma que llegó a convertirse en el segundo productor mundial después de los EE. UU.

En los últimos años, el mayor énfasis de los programas de mejoramiento ha sido el desarrollo de variedades de alto rendimiento, que posean un elevado contenido de aceite y proteínas. En las próximas décadas, la demanda de proteína de soya para abastecer las necesidades de la producción animal y especialmente para su uso en alimentos para humanos continuará creciendo. En el pasado, la mayor parte del incremento en producción provenía del aumento en el área total sembrada con soya. Sin embargo, las áreas que pueden ser usadas para cultivar soya son cada vez más limitadas, como sucede en general con la mayoría de cultivos. En vista de lo anterior, será necesario desarrollar nuevos cultivares de soya que permitan incrementar los rendimientos.

D. Taxonomía

Más de 280 especies, subespecies y variedades taxonómicas han sido reportadas bajo el género Glycine. Afortunadamente, los trabajos de Hermann (1962) y Verdcourt (1966, 1970) han aclarado enormemente la taxonomía del género Glycine (Hadley y Hymowitz, 1976). Hace pocos años se volvió a reclasificar al género Glycine, y actualmente se subdivide en dos subgéneros: Glycine y Soja, tal y como se presenta en el cuadro 3.

El Glycine max no ha sido encontrado en forma silvestre. Probablemente se originó de G. soja (antes G. ussuriensis) que crece en forma silvestre en el Valle del Río Yangtze, las provincias del Norte y Noroeste de China y áreas adyacentes de Rusia, Corea y Japón. Es una enredadera con semillas pequeñas, duras, redondas, de color café oscuro. Muchas personas han producido híbridos entre G. soja y soya. La evidencia actual indica que existen pocas -o ninguna- barreras citogenéticas al flujo de genes entre G. soja y soya.

Basado en el número y tamaño de los cromosomas, morfología, distribución geográfica y bandas electroforéticas de proteínas de las semillas, G. soja es el más probable ancestro de soya. Las mayores

diferencias entre el domesticado, *G. max*, y su ancestro putativo, *G. soja*, son las siguientes: incremento en tamaño de la semilla, aumento en contenido de aceite pero reducción en proteínas en las semillas, hábito de crecimiento erecto, plantas más grandes y reducción de la dehiscencia de las vainas a la maduración.

Cuadro 3. La Soya y sus parientes del género *Glycine*.

Nombre	2n	Distribución
<u>Subgénero GLYCINE</u>		
<i>G. clandestina</i>	40	Australia
<i>G. falcata</i>	40	Australia
<i>G. latrobeana</i>	40	Australia
<i>G. canescens</i>	40	Australia
<i>G. tabacina</i>	40,80	Australia, Sur de China, Taiwan, Islas del Pacífico Sur
<i>G. tomentella</i>	38,40,78,80	Australia, Sur de China, Taiwan, Filipinas y Papúa Nueva Guinea.
<i>G. arenaria</i>	40	Australia
<i>G. arqvrea</i>	40	Australia
<i>G. curvata</i>	40	Australia
<i>G. latifolia</i>	40	Australia
<i>G. cvrtoloba</i>	40	Australia
<u>Subgénero SOJA</u>		
<i>G. soja</i> (soya silvestre)	40	China, Taiwan, Japón, Corea, Federación Rusa
<i>G. max</i> (frijol soya)	40	Cultivada

Fuente: Singh et al. (1988).

La clasificación taxonómica más reciente de la soya cultivada es la siguiente:

Clase: Dicotiledóneas
Orden: Rosales
Familia: Leguminosae
Tribu: Phaseoleae
Género: *Glycine*
Subgénero: Soja
Especie: *Glycine max* (L.) Merrill

II. MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE SOYA

La soya es una planta herbácea, erecta, anual y ramificada, cuya altura puede variar entre 0.30 y 2.0 m y su ciclo de vida puede ir desde 80 hasta 200 días aproximadamente, según sea la variedad y las condiciones ambientales.

El sistema radical de la soya es predominantemente axial, fasciculado, constituido básicamente de una raíz principal de donde emergen raíces secundarias y en las cuales se forman varias raíces laterales. La raíz primaria puede alcanzar una profundidad de 2.0 m, sin embargo el 80% de las raíces se encuentra a 15-30 cm de profundidad. La formación de nódulos en las raíces es consecuencia de la presencia de bacterias Bradyrhizobium japonicum, que viven en el suelo como saprófitas o que han sido inoculadas en la semilla al momento de la siembra. Gracias a esta simbiosis, las bacterias que se localizan en el interior de los nódulos son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico que luego es utilizado por la planta que, a cambio, le provee hidratos de carbono para su desarrollo.

El tallo y las hojas son producto del desarrollo de la plúmula. El tallo es de tipo erecto con varios grados de pubescencia y ramificación, dependiendo del cultivar. Tres tipos diferentes de hojas se desarrollan en una planta de soya: las cotiledonales (2), son las primeras en emerger una vez iniciado el proceso de germinación, seguidamente, en la parte de arriba se desarrolla un par de hojas unifoliadas; finalmente, tenemos las hojas compuestas o trifoliadas que comienzan a aparecer en forma alternada en tallos y ramas después del segundo nudo unifoliado del tallo principal. Los folíolos de las hojas pueden ser de forma ovalada o lanceolada, angosta o ancha, según la variedad. Cada hoja uni y trifoliada posee un pulvínulo que permite los movimientos y posiciones de los folíolos durante el día y la noche.

La flor de la soya es perfecta o completa, es decir, tanto los órganos sexuales femeninos como masculinos se encuentran en la misma flor. El cáliz es tubular de 5 sépalos pubescentes; la corola está compuesta de 5 pétalos de color blanco o púrpura en diferentes tonalidades. Los órganos sexuales se encuentran envueltos por uno de los pétalos, conocido como quilla. El androceo está formado por 10 estambres, encontrándose nueve unidos y uno separado; los estambres forman una especie de tubo alrededor del gineceo. La flor puede aparecer en las axilas de las hojas o en el ápice del tallo, formando parte de inflorescencias racimosas.

El polen se encuentra fértil antes que las partes de la flor se hayan expandido completamente, asegurando la autofecundación de la planta; sin embargo, se ha observado hasta un 1% de cruzamiento natural bajo condiciones de campo.

El fruto es una vaina achatada, con pubescencia de color amarilla, gris y/o negra. Una inflorescencia puede llegar a desarrollar de 2 a 20 o más vainas, y una planta puede llegar a producir más de 400 vainas. El número de semillas por vaina varía de 1 a 4, siendo más común 2 ó 3 semillas por vaina. Durante la madurez de la planta, las vainas pueden presentar diferentes grados de dehiscencia, según sea la variedad que se cultive.

La forma de la semilla es variable, desde esférica hasta ovalada; la testa según el genotipo, puede ser de distintos colores, amarilla, verde, negra y/o café. El color del hilum puede ser negro o café. El tamaño de la semilla puede variar desde 2 hasta 30 g por 100 semillas, dependiendo del cultivar utilizado.

El embrión consta de dos cotiledones grandes, una plúmula con dos hojas primarias bien desarrolladas y un eje conformado por el hipocotilo y radícula que descansa en una depresión formada por los cotiledones. La punta de la radícula está rodeada de la envoltura de un tejido formado por la cubierta de la semilla.

III. FISILOGIA DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE SOYA

El desarrollo de una planta de soya es un proceso continuo que se inicia con la germinación de la semilla y concluye cuando ésta alcanza su madurez fisiológica y se encuentra lista para la cosecha.

Durante su ciclo de vida, la planta se ve expuesta a una serie de factores que podrían acelerar o retardar su crecimiento y productividad. Algunos de estos factores son controlados por la naturaleza, tales como el viento, la lluvia, las heladas, la sequía, etc. Sin embargo, el hombre puede influir significativamente en el desarrollo y la productividad del cultivo a través de la aplicación de pesticidas, fertilizantes, fechas y métodos de siembra y prácticas de manejo del cultivo.

La respuesta de la planta al factor que condiciona su crecimiento dependerá de la etapa de desarrollo en que se encuentre.

A. Etapas de desarrollo de una planta de soya - Introducción.

Es importante que el productor de soya conozca y utilice la terminología correcta cuando se refiera al crecimiento y desarrollo de su cultivo.

La mayoría de las compañías que fabrican agroquímicos recomiendan la aplicación de un determinado producto con base en una etapa de desarrollo del cultivo en particular. Por otro lado, la utilidad de emplear términos técnicos en común facilita la comunicación entre productores, comerciantes de agroquímicos, extensionistas e investigadores.

Entre las plantas de soya es común encontrar variaciones en el desarrollo de la etapa vegetativa a la reproductiva. La fecha de siembra, variedad utilizada, localidad y condiciones climáticas, pueden influir en la cantidad de follaje que se desarrolla antes del inicio de la floración.

Existe una marcada diferencia en el desarrollo entre variedades de crecimiento indeterminado y determinado, así:

Variedades indeterminadas

1. Al inicio de la floración las plantas apenas alcanzan

Variedades determinadas

1. Después del inicio de la floración las plantas crecen

menos de la mitad de su altura final.

muy poco.

2. Son plantas de porte alto y continúan produciendo ramas durante la floración, formación de vainas y llenado de grano.

2. La floración ocurre al mismo tiempo tanto en la parte superior como inferior de la planta.

3. La formación de vainas y el llenado de grano avanzan más rápidamente en la parte inferior de la planta que en la superior.

3. El nudo terminal del tallo principal, normalmente posee un racimo alargado que contiene un número determinado de vainas.

4. La parte superior de la planta, normalmente posee hojas de tamaño inferior en comparación con las hojas de la parte baja.

4. Estas variedades poseen una hoja terminal en el tallo principal, la cual es del mismo tamaño que las hojas inferiores.

B. Etapas de desarrollo de una planta de soya - Descripción.

Para la determinación de las etapas vegetativas y reproductivas es necesario identificar los nudos en el tallo principal. Debido a que los nudos permanecen en la planta, son éstos y no las hojas los que se utilizan en la descripción de las etapas de desarrollo.

Los cotiledonares son los primeros nudos y se encuentran uno opuesto al otro en el tallo principal. Asimismo, los dos nudos unifoliales se localizan directamente opuestos uno al otro inmediatamente arriba de los cotiledonares. Todos los nudos por encima de los unifoliales se alternan a ambos lados, a lo largo del tallo principal.

Los nudos del tallo principal que poseen o tuvieron hojas completamente desarrolladas son considerados en la determinación de las etapas de desarrollo.

Una hoja es considerada como completamente desarrollada (nudo contado) cuando la hoja en el nudo superior ha comenzado a

desenvolverse a tal punto que los dos márgenes de cada foliolo no se tocan.

En el cuadro 4 se indica la descripción detallada de las etapas vegetativas de una planta de soya.

Cuadro 4. Descripción de las etapas vegetativas de una planta de soya y duración en días de cada etapa (Fehr y Caviness, 1977).

Etapas	Nombre	Descripción (duración)
Ve	Emergencia	Cotiledones aparecen sobre el suelo (5-15 días).
Vc	Cotiledonar	Bordes de las hojas primarias dejan de tocarse (3-10 días).
V1	Primer nudo	Hojas primarias desarrolladas. Bordes del primer trifolio dejan de tocarse (3-10 días).
V2	Segundo nudo	Primera hoja trifoliada desarrollada. Bordes del segundo trifolio dejan de tocarse (3-8 días).
V3	Tercer nudo	Tres nudos en el tallo principal con hojas completamente desarrolladas, empezando con el nudo unifoliar.
Vn	Enésimo nudo	La enésima hoja trifoliada completamente desarrollada. «n» puede ser cualquier número, contando como uno (1) el de las hojas unifoliadas (2-5 días).

C. Descripción de las etapas reproductivas

Las ocho etapas reproductivas (R) se dividen en cuatro partes: R1 y R2, describen la floración, R3 y R4, el desarrollo de vainas, R5 y R6, el desarrollo de granos, y R7 y R8, la maduración de la planta. En el cuadro 5 se presenta una descripción más precisa de cada etapa.

Cuadro 5. Descripción de las etapas reproductivas de una planta de soya y duración en días de cada etapa (Fehr y Caviness, 1977).

Etapas	Nombre	Descripción (duración)
R1	Inicio de floración	Una flor en cualquier nudo (1-7 días).
R2	Floración completa	Una flor en uno de los dos últimos nudos del tallo principal (5-15 días).
R3	Inicio formación de vainas	Vaina de 5 mm en uno de los 4 nudos superiores (4-26 días).
R4	Vaina formada	Vaina de 2 cm en uno de los 4 nudos superiores (4-26 días).
R5	Llenado de vainas	Semilla de 3 mm en uno de los 4 nudos superiores (11-20 días).
R6	Semilla formada (vaina llena)	Semillas llenan la cavidad de la vaina en uno de los 4 nudos superiores (3-9 días).
R7	Madurez fisiológica	Una vaina en el tallo principal alcanza color de vaina madura, 50% hojas amarillas (7-18 días).
R8	Madurez completa	95% de vainas con color típico de la madurez.

D. Secuencia del Proceso de Desarrollo de una Planta de Soya

La tasa de aumento en el peso seco de una planta de soya es muy lenta al principio, pero gradualmente se incrementa a través de las etapas vegetativas (V) y reproductiva 1 (R1), conforme se desarrollan nuevas hojas y la superficie foliar aumenta. Casi a la R2, la tasa diaria de acumulación de peso seco es esencialmente constante hasta que gradualmente decrece durante el período del llenado de grano (poco después de la R6). Esta acumulación de peso seco es inicialmente en las partes vegetativas, pero entre la R3 a R5-R6 la acumulación cambia

gradualmente hacia las vainas y granos.

La tasa de crecimiento de las hojas, pecíolos y tallos sigue muy de cerca la de la planta total, hasta que las vainas y granos empiezan a crecer, aproximadamente en la R4. Poco después de la R5-R6, el peso seco es máximo en estas partes vegetativas y empieza a reubicarse en los granos en rápido desarrollo. La pérdida de hojas y pecíolos empieza en las etapas R4 a R5 en los nudos de las hojas bajas y progresa lentamente hacia arriba, hasta poco después de la R6. En este período, la pérdida llega a ser más rápida y continúa hasta la R8, cuando generalmente todas las hojas y pecíolos se han caído.

La floración inicia en la R1 en el tercero a sexto nudo del tallo principal y desde ahí progresa hacia arriba y hacia abajo. Ya en la etapa R5, la planta ha completado la mayoría de la floración, pero unas pocas flores nuevas pueden presentarse en las ramas y parte superior del tallo principal. Tres o cuatro días después de que una flor individual se abre, los pétalos se secan y la vaina empieza a alargarse y en 2-2 1/2 semanas de que la flor se abrió, se ha formado una vaina con su longitud máxima. El crecimiento de vainas en la planta es rápido entre la R4 y R5, ya que unas pocas vainas están presentes en los nudos bajos a la R4. Muchas vainas alcanzan su máxima longitud a la R5; sin embargo, casi todas las vainas alcanzan este tamaño a la R6.

Las semillas (granos) dentro de una vaina individual no empiezan a crecer rápidamente hasta que la vaina alcanza su longitud máxima. Desde que las semillas individuales más grandes en una planta a la R5 tienen casi 5 mm de largo, empiezan una rápida acumulación de peso seco. Para la R5-R6 la tasa combinada de acumulación de peso seco de todas las semillas en una planta es rápida y esencialmente constante. Este rápido crecimiento de las semillas en toda la planta empieza a decrecer poco después de la R6 y se detiene para la R7.

IV. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE LA SOYA

A. Suelo

La soya se adapta a casi todos los tipos de suelos dependiendo de las características físicas que tengan. Sin embargo, dentro de esa gama de variaciones existen determinados tipos que reúnen condiciones más propicias.

El suelo ideal tiene las siguientes características:

1. Buena capacidad de retención de agua y nutrientes disponibles para la planta.
2. Aereación satisfactoria que permite un adecuado desarrollo radical.
3. No debe presentar una cama endurecida debajo de la superficie que obstaculice el desarrollo de las plantas.
4. Baja susceptibilidad a la erosión.

Deben evitarse los suelos de textura arenosa debido a su baja capacidad de retención de agua y nutrientes disponibles a las plantas.

Los suelos de textura mediana, con contenido de arcilla superior al 20%, y de textura arcillosa (arcilla $\leq 60\%$) son los más recomendados.

Los tipos de estructuras más adecuadas para el cultivo son la granular y/o en bloques angulares y/o subangulares, los cuales permiten una mejor circulación del aire y agua en el interior del perfil del suelo, favoreciendo la penetración y desarrollo del sistema radical.

Aunque el 70% de las raíces de la planta se encuentran en las capas más próximas a la superficie del suelo (0 a 25 cm), es recomendable que el suelo sea profundo (1 a 2 m). Considerando que la soya es un cultivo altamente tecnificado, con un elevado índice de uso de mecanización en las diversas etapas del ciclo del cultivo, se deben preferir terrenos de topografía plana (0 a 3% de pendiente) o suavemente ondulados (4 a 8% de pendiente).

Un amplio rango de pH puede ser tolerado si es que la disponibilidad de micronutrientes y la nodulación no son afectados. Para la soya se recomienda que el pH del suelo se encuentre alrededor de 6.0.

B. Agua

El agua es frecuentemente el primer factor limitante en la producción de soya, convirtiéndose en una constante preocupación en el manejo de este cultivo.

La cantidad de lluvia requerida por el cultivo de soya puede oscilar en un rango entre 350 a 750 mm de agua. Debe tomarse en consideración que el uso del agua puede ser afectado por varios factores, entre ellos:

1. Longitud del período del cultivo.
2. Tasa de desarrollo del cultivo antes de cubrir totalmente el suelo.
3. Cantidad de agua disponible en el suelo.

La distribución adecuada de las lluvias es esencial para la producción de soya. Lo ideal sería que la cantidad de agua se adecuara a cada período de crecimiento y al llegar a la cosecha la precipitación fuera nula. El primer período crítico de humedad para la soya es el de la emergencia, pues éste es el que determina la uniformidad de la población de plantas por unidad de área. Un contenido de humedad de 50% es requerido para la germinación de la semilla, mientras que en el maíz y en el arroz sólo se necesitan 30.5 y 26.5%, respectivamente, de humedad en la semilla para iniciar el proceso germinativo.

El segundo período crítico se da durante la formación de vainas y el llenado del grano; si falta agua en este período no habrá producción rentable. Un estrés hídrico durante la floración y el desarrollo de vainas puede derivar en un significativo aborto de flores y vainas. Asimismo, la falta de agua durante el llenado del grano repercute en un tamaño reducido de las semillas.

Las diferencias de rendimiento entre variedades se relacionan generalmente con las desigualdades en rendimiento producido bajo condiciones deficientes de humedad. Existen algunas diferencias varietales en la sequía. Además de tener la habilidad para tolerar períodos cortos de sequía, la soya puede soportar períodos cortos de exceso de agua relativamente mejor que el maíz y el caupí. La soya puede llegar a desarrollar un sistema radical bastante extensivo.

En suelos sin barreras para la penetración de raíces, el cultivo puede extraer humedad hasta una profundidad de 1.80 m. En regiones secas, con una limitada disponibilidad de riego, las variedades precoces pueden ser una mejor alternativa que los materiales tardíos.

En regiones con distribuciones bimodales de lluvia, la soya generalmente produce altos rendimientos, pero en la primera estación se obtiene semilla de más baja calidad que en la segunda. Casi siempre la segunda estación es corta y no muy deseable, a menos que se disponga de riegos suplementarios. En regiones con distribuciones monomodales de lluvia, son más adecuadas las variedades de duración media o tardía.

El exceso de agua también puede llegar a afectar el cultivo de la soya. Un suelo con exceso de humedad restringe drásticamente la germinación y el crecimiento inicial de la soya; la causa principal puede ser la falta de oxígeno disponible para la semilla y las raíces. Otro factor importante es el desarrollo de microorganismos patógenos, que se ven favorecidos bajo estas condiciones y que atacan la semilla y las raíces. La hidratación rápida del tejido cotiledonal externo, comparado con el tejido interno, puede causar lesiones graves en los cotiledones; esto puede suceder cuando una semilla con bajo contenido de humedad ($\pm 6\%$) es colocada en un suelo con alta humedad, lo que trae como consecuencia un menor porcentaje de sobrevivencia de plántulas y/o un débil crecimiento inicial.

Las variedades de soya difieren en su tolerancia al exceso de agua en el suelo. Se han observado mayores reducciones en el rendimiento de granos en plantaciones inundadas por 30 días durante la prefloración (Vn), floración (R2) y el inicio del llenado de vainas (R5). La reducción en el rendimiento de granos en este caso fue de 40, 66 y 28%, respectivamente, comparado con una plantación en suelos de drenaje efectivo.

La humedad relativa (HR) del aire también puede afectar el rendimiento de la soya. Se han observado reducciones de rendimiento hasta de un 21% en cultivos creciendo bajo condiciones de $\pm 46\%$ de HR, en comparación con plantaciones bajo condiciones de 83% de HR. La baja HR contribuye a la reducción del número de vainas, y está asociada con el aborto de flores. El peso seco total de la parte aérea de la planta, el peso seco de tallos y el número de nudos/planta disminuyen en condiciones de HR bajas. La baja HR también favorece la dehiscencia de vainas.

Manejo del Agua de Riego

Suelos de textura media y liviana (arena fina, franco-arenoso).

Por lo general, estos suelos presentan una reducida capacidad de almacenamiento de agua. Para estos casos se aconsejan riegos frecuentes y ligeros (20-50 mm). La recomendación general en el manejo del riego sugiere no permitir que más del 50% de la humedad disponible del suelo se reduzca en los primeros 60 cm de profundidad durante la floración (R1) y a los 90 cm de profundidad después de la misma (R2).

También es recomendable el uso de tensiómetros u otro método para medir estos parámetros. Otra forma de manejar el agua de riego es la aplicación fija de cierta frecuencia de riego (7 días aproximadamente) durante las etapas reproductivas; este esquema puede ser ajustado en el caso de lluvias inesperadas.

Suelos profundos de textura pesada (arcillosos).

Generalmente, estos suelos presentan una capacidad de agua disponible de más de 35 mm/cada 30 cm de profundidad. A una profundidad de 90 cm la disponibilidad de agua de la capacidad de campo varía entre los 100-150 mm. Para estos suelos se recomienda riegos menos frecuentes y de mayor volumen que para suelos de textura liviana.

El Riego de la Soya

La práctica del riego o las lluvias excesivas durante las etapas de desarrollo vegetativo normalmente no son beneficiosas para el cultivo, excepto cuando el contenido de humedad del suelo es demasiado bajo.

La aplicación del riego al cultivo de soya se recomienda, la mayoría de las veces, para las etapas reproductivas del cultivo; sin embargo, cuando se utilizan variedades indeterminadas, para realizar el traslape entre las fases vegetativa y reproductiva será necesario iniciar el riego en las últimas etapas de crecimiento vegetativo.

La cantidad total (evaporación + transpiración) de agua utilizada por el cultivo de soya varía entre el rango de 500 a 600 mm por ciclo. Cerca del 65% de esta agua es aprovechada por la planta durante las etapas reproductivas. La tasa máxima de utilización del agua se encuentra alrededor de los 7.5 mm/día, y ocurre durante el desarrollo de las vainas. La tasa promedio del uso del agua durante las etapas

reproductivas es de 6.25 mm/día.

Las épocas en las que el suplemento necesario de agua debe estar disponible para las plantas se dan durante el desarrollo de la vaina y el llenado del grano.

La mayor concentración de raíces en el suelo y de humedad disponible ocurre entre 60 y 90 cm, por lo tanto, el agua de riego no deberá alcanzar una penetración mayor que este rango. Para la estimación de la humedad en estos tipos de suelo se recomienda el uso de bloques de yeso.

Desde la floración del cultivo (R2) hasta completar el llenado del grano (R6) se requieren entre 250 a 275 mm de agua. Pueden obtenerse altos rendimientos, bajo un régimen normal de lluvias, con 2 riegos de 75 mm cada uno, tanto en la floración o formación de vainas, como en el inicio del llenado del grano. En regiones muy secas podría ser necesario un riego adicional de 75 a 125 mm.

C. Luz - Fotoperíodo

En el campo, la soya sólo florece cuando los días se acortan bajo un valor crítico para una determinada variedad, por esto es llamada «planta de días cortos». Esta respuesta al fotoperíodo es un factor importante en la producción de soya. La planta permanecerá en estado vegetativo casi indefinidamente si los días son suficientemente largos, y algunas variedades florecerán en menos de un mes si los días son muy cortos. El fotoperíodo ha sido reconocido como el principal factor en la determinación del área de adaptación y el tiempo de maduración de las variedades.

La soya es una planta de días cortos, pero hay una considerable variación genética de acuerdo a la sensibilidad al fotoperíodo. Esta sensibilidad es una consideración importante cuando los genotipos son cultivados fuera de su área de adaptación. Algunas variedades han sido identificadas como relativamente insensibles al fotoperíodo.

En la práctica, la influencia más importante del fotoperíodo involucra tanto la inducción como la iniciación de la floración. Como hemos mencionado, la mayoría de genotipos de soya son plantas de días cortos, y florecerán rápidamente si se exponen a fotoperíodos más cortos que el «fotoperíodo crítico» característico de cada genotipo.

Se han establecido 10 grupos de maduración que identifican las regiones de adaptación de las variedades de soya en Estados Unidos y Canadá. Los grupos 00, 0, y I se adaptan mejor al norte en áreas con días más largos y los grupos subsiguientes se van adaptando progresivamente hacia el sur. Existen materiales que florecen aún más tarde que las variedades del grupo VIII, que pertenecen a los grupos IX y X, para un total de 12 grupos de maduración.

El conocimiento de estos grupos de variedades de soya y sus requerimientos latitudinales es importante para trabajar este cultivo en el trópico, donde los días son más cortos que en altas latitudes y donde las pequeñas variaciones que ocurren en la longitud del día, durante el año, pueden ser determinantes para el éxito del cultivo.

Esto implica que las variedades del grupo VIII, IX y X son las que tienen mayores posibilidades de lograr un mejor desarrollo vegetativo en las condiciones de centroamérica. Las variedades que requieren mayores horas de luz para lograr un desarrollo vegetativo completo, al ser llevadas a un ambiente de días más cortos florecen prematuramente, alcanzando un tamaño muy pequeño, sin desarrollar toda su capacidad productiva.

D. Temperatura

Durante el período vegetativo de la soya son adecuadas las temperaturas promedio entre 22 y 30°C. La tasa de crecimiento, el tiempo que requieren las plantas para cubrir el suelo y las fechas de floración son afectadas por la temperatura. Para la mayoría de los procesos de crecimiento, la temperatura óptima de la soya es de 30°C.

Generalmente, la semilla de soya tiene capacidad de germinación bajo temperaturas entre 10 y 40°C. Pero la emergencia se ve favorecida más rápidamente entre los 25 y 30°C. Temperaturas entre los 10 y 15°C durante el crecimiento vegetativo pueden causar daños al cultivo. Temperaturas debajo de los 15°C previenen la formación de vainas en muchos cultivares de soya.

Al someterse a altas temperaturas (encima de 38°C) ocurre un aumento de abortos y caída de flores y vainas. Temperaturas de 18°C o menos no permiten la formación de vainas. El tamaño de la semilla es mayor en plantas sembradas a temperaturas arriba de los 27°C, y el número de vainas por planta se ve favorecido en temperaturas arriba de los 30°C.

Los efectos de la temperatura durante la maduración de la semilla pueden reflejarse en la próxima época de siembra en la alteración de su calidad. Las temperaturas óptimas para la maduración de la semilla se ubican dentro del rango de 25°C durante el día y 15°C por la noche. Temperaturas mayores a éstas pueden reducir la subsecuente germinación de las semillas, y provocar variaciones en la germinación y vigor de las plántulas de un año a otro.

E. Estación de Crecimiento de la Soya

En regiones tropicales y subtropicales, las estaciones de crecimiento se determinan generalmente por los patrones de lluvia y no por la temperatura, como ocurre en regiones templadas o de altas latitudes. La soya evolucionó en una región templada en la que el crecimiento vegetativo se llevó a cabo durante los días largos; mientras que el desarrollo de las semillas tuvo lugar durante longitudes decrecientes del día. En latitudes subtropicales, los cambios en la longitud del día pueden ser suficientemente grandes para influenciar los días a floración y a maduración, y el crecimiento vegetativo. En estas situaciones la soya se comporta mejor si crece vegetativamente cuando las longitudes del día son más largas, y desarrolla las semillas durante los períodos de longitudes del día más cortas. Sin embargo, en muchas áreas los períodos óptimos de humedad del suelo no coinciden con los fotoperíodos idóneos. En estos casos, y si no se dispone de riego, el período debe ser seleccionado cuando la humedad del suelo sea adecuada.

Una estación de crecimiento de cerca de 120 días con poco o sin déficit de humedad, usualmente produce rendimientos máximos. Es importante que la soya madure bajo condiciones secas al final de la estación de lluvias. Por ejemplo, si la estación de lluvias dura 150 días y la variedad madura en 120 días, se debe atrasar la siembra por 30 a 40 días después de iniciadas las lluvias. La calidad de la semilla es mejor cuando la última lluvia coincide con la madurez fisiológica.

V. PRACTICAS CULTURALES

A. Preparación del suelo

Un suelo preparado adecuadamente facilitará las operaciones de siembra y cultivo mecánico, así como la emergencia y el desarrollo inicial de las plantas. Las operaciones de labranza que se realizan normalmente incluyen un pase de arado y una o más labores de rastra, efectuadas con una grada de discos, una rastra de dientes flexibles u otro instrumento de este tipo. Cuando se incorporan al suelo considerables cantidades de residuos vegetales, o cuando el suelo se descompone en grandes terrones, la arada inicial debe preceder varias semanas a la siembra. Esto estimulará la descomposición de los residuos vegetales, y los procesos naturales contribuirán a romper los terrones de mayor tamaño. Un gradeo (pase de rastra) oportuno matará las pequeñas malezas a medida que germinan, romperá los grandes agregados de suelo y nivelará el terreno. La última labor antes de la siembra no deberá agotar la humedad del suelo hasta el punto de que se retrase o impida la germinación.

Como la profundidad de siembra de la soya es de pocos centímetros, permite programar cada año una profundidad de preparación del suelo a diferente escala, con el objeto de evitar pisos de arado y rastra.

La aplicación de un fertilizante al voleo se hace justo antes de un gradeo profundo, de forma que el fertilizante pueda mezclarse bien en la capa superior del suelo. La cal debe ser aplicada antes de la arada inicial o en la cosecha anterior para dar tiempo suficiente a su reacción.

Posterior a la preparación del terreno y antes de la siembra se deben realizar muestreos en el área a sembrar para determinar la presencia de larvas de insectos, especialmente Phyllophaga sp., Spodoptera sp. y Feltia sp., y programar su control.

B. Epoca de siembra

La época de siembra tiene efectos en las fechas de floración y maduración. La respuesta al fotoperíodo es la clave para determinar la época de siembra. Debido a que la soya es una planta de días cortos, sólo florecerá cuando el fotoperíodo es suficientemente corto. La reproducción y maduración también se llevan a cabo cuando decrece la duración del fotoperíodo. En el trópico, las épocas de siembra de

soya estarán determinadas por el patrón de lluvias (humedad del suelo). El crecimiento y la reproducción de la soya en esta situación deberán estar sincronizados con el factor climático, por lo que se deberán emplear tipos de soya adaptados al fotoperíodo presente en estas épocas de lluvia.

C. Densidad de siembra (población de plantas)

La densidad de población que permita obtener una completa cobertura del terreno antes de la etapa R1 dependerá del tamaño de las plantas, lo que, a su vez, depende de la variedad, hábito vegetativo, fertilidad del suelo, humedad del terreno, fotoperíodo y otros factores que afectan el crecimiento de las plantas.

Espacios entre hileras de 50 a 60 cm, dejando 20 a 25 plantas por metro de surco, han demostrado altos rendimientos. Sin embargo, cada productor podrá diseñar su propio sistema de acuerdo con las facilidades y métodos de control de malezas y plagas que tenga a su disposición. Inclusive se puede usar el doble surco a 18 cm con espaciamientos de 53 cm entre dobles hileras, de modo que quede el mismo número de plantas por metro lineal. Este sistema puede ser útil donde haya riesgos de erosión y se quiera recurrir al laboreo mecánico.

Si se cultiva una variedad de porte bajo y precoz o si el nivel de fertilidad es tal que el crecimiento vegetativo es limitado, se sugiere que las distancias entre hileras sean tan estrechas como el equipo y maquinaria disponible lo permitan; esto redundará en rendimientos más altos que si se utilizaran hileras muy separadas.

El desarrollo vegetativo de la mayoría de variedades de soya en los trópicos, es reducido a consecuencia de una floración rápida. En este caso, el rendimiento puede aumentarse mediante un incremento en la población de plantas.

No se han encontrado diferencias entre sembrar a 36, 54 ó 72 cm entre hileras con densidades de 200 000 a 400 000 plantas/ha, correspondientes a un rango entre 8 a 30 plantas por metro lineal en un suelo con fertilidad adecuada. Entre tanto, en un suelo con baja fertilidad, falta de humedad, o en el cual ha fallado la inoculación, las distancias más cortas (36 cm) y densidades altas, compensan la deficiencia de producción por planta. En suelos fértiles se recomiendan distancias entre surcos desde 50 hasta 70 cm y 20-25 plantas/m lineal; en suelos de baja fertilidad es aconsejable reducir las distancias a 40-50 cm entre surcos manteniendo entre 20-25 plantas/m lineal.

En conclusión, cuando el crecimiento vegetativo es reducido, con frecuencia el rendimiento de la soya puede ser incrementado aumentando el número de plantas por unidad de área y disminuyendo el espacio entre hileras. Las variedades altas y tardías requieren menos plantas por unidad de área para producir rendimientos máximos que las variedades pequeñas y de madurez temprana.

D. Siembra

Cuando el área a sembrar es considerablemente grande, se recomienda utilizar una combinación de variedades de ciclo precoz, medio y tardío; de esta forma se aumentará el período de cosecha, permitiendo que una máquina coseche más área en forma continua. Por otro lado, se reducirán los riesgos de pérdida total de la plantación por causa de un déficit hídrico durante un período crítico de desarrollo del cultivo (floración o llenado del grano). La calidad de la semilla a utilizar es importante; es preferible utilizar semilla certificada ya sea de instituciones o compañías responsables.

Para obtener la densidad de plantas deseada se recomienda hacer una prueba de germinación aproximadamente 15 días antes de la siembra. Una forma práctica de llevar a cabo esta prueba es a través del uso de cajas de madera llenas de arena. Con 4 muestras de 100 semillas por lote sería suficiente. Después de la germinación se cuentan las plántulas y se calcula el porcentaje de germinación del lote. Luego de haber calculado la cantidad de semillas que deberá ser distribuida en cada metro de surco, deberá añadirse 5% como margen de seguridad en caso de pérdidas eventuales de semilla.

La cantidad de semilla necesaria puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$CS = \frac{1000 \times P \times A \times D}{G \times S} + 5\%$$

CS=	cantidad de semilla requerida en kg
P=	peso 100 semillas en g de la variedad utilizada
A=	Area a ser sembrada en ha(s)
D=	Densidad (No. plantas/m lineal)
G=	Porcentaje de germinación de la semilla
S=	Distancia entre surcos en cm

Finalmente, para garantizar una buena población de plantas debe calibrarse la sembradora que se utilizará.

La calibración correcta de la sembradora es de mucha importancia, tanto para el cálculo de la cantidad de semilla por metro lineal como para la distribución de la dosis correcta de fertilizante a ser aplicado. Es necesario realizar una regulación preliminar con la sembradora parada, usando como referencia de la distancia el propio diámetro de su rueda. Después de haber ajustado el número deseado de semillas por metro lineal, se debe efectuar la prueba final en el campo, con el tractor ya en velocidad de trabajo, lo que permitirá determinar el número de semillas por metro lineal, su distribución e incluso si sufren algún daño mecánico. Se recomienda consultar el manual de operaciones de la sembradora para el cambio de discos o poleas cuando fuera necesario para alcanzar las condiciones ideales para la siembra.

E. Sistemas de cultivo de la soya

Las condiciones ambientales en los trópicos y subtrópicos permiten la producción de cultivos durante casi todo el año. Una variedad de cultivos crecen en forma intercalada o secuencialmente en la misma área de terreno durante un mismo año. Desde que la soya se ha vuelto más popular, debido a lo rentable de su cultivo, los agricultores la han incorporado dentro de sus sistemas de producción.

En Asia se emplean los siguientes sistemas:

Soya/arroz: Se siembra en áreas recientemente cultivadas con arroz, en un sistema sin labranza.

Soya/arroz en cultivo intercalado: Se siembra en hileras antes de cosechar el arroz, principalmente para la producción de vainas verdes (habichuelas) que se venden como vegetales.

Soya/otros cereales: Se siembra de forma intercalada o a continuación de otros cereales como maíz y cebada. Otros sistemas en Taiwan usan un surco de maíz o sorgo por cada 4 surcos de soya. La combinación de maíz/soya en Taiwan les permite un máximo retorno, aunque el rendimiento de soya baja de 35-65% en comparación a cuando es cultivada en monocultivo.

Soya/caña de azúcar: en Asia varias leguminosas, incluyendo soya y maní, se siembran entre surcos de caña recién sembrados o recientemente cortados.

Soya/cultivos de plantaciones: la soya disminuye el crecimiento de malezas, provee ingresos adicionales y reduce la erosión del suelo en las plantaciones. Cuatro surcos de soya pueden ser sembrados en el primer año entre plantas nuevas de banano. En Filipinas y Sri Lanka, la soya es cultivada en plantaciones de cocotero; y en Malasia entre plantas jóvenes de caucho y palma aceitera.

F. Control de malezas

El daño más serio asociado con la competencia entre malezas y cultivos es la reducción del rendimiento. Algunos factores que afectan el grado de esta competencia son la densidad de población de las malezas, el tipo de malezas y las condiciones de crecimiento. La competencia es mucho mayor en los trópicos y subtrópicos, y la reducción del rendimiento tiende a ser mucho mayor que en las zonas templadas. Remover las malezas puede constituir un aumento del rendimiento de más de 25% en las zonas templadas y de 100% o más en los trópicos.

Los datos disponibles de varios autores consideran que aproximadamente el promedio de pérdida del rendimiento en los trópicos y subtrópicos debido a la competencia de malezas es de 50%.

Diferentes estudios realizados en Colombia durante seis años (cuadro 6), indican que el promedio de reducción del rendimiento causado por malezas anuales (gramíneas y hojas anchas) comunes fue de 60%. La reducción de los rendimientos debido a condiciones en que la maleza predominante era Cyperus rotundus («coyolillo», «coquito», etc.) fue superior al 80%. Normalmente las especies gramíneas son más competitivas que las malezas de hojas anchas.

Cuadro 6. Efecto de la competencia de malezas en el rendimiento de soya. Palmira, Colombia (Pulver, 1974).

<u>Año</u>	<u>Rendimiento (kg/ha)</u>		Reducción del rendimiento (%)
	Desyerba manual	Sin desyerbe	
1968	1551	409	74
1969	1464	613	58
1970	1937	606	69
1971	1159	262	77
1972	2282	1565	32
1973	2111	1013	52
Promedio	1751	745	<u>60</u>

La época en que las malezas compiten agresivamente con el cultivo de la soya se desarrolla durante los primeros 35 ó 40 días de su ciclo vegetativo. Posteriormente, el cultivo cubre la superficie casi en su totalidad e impide la penetración de luz, por lo que las malezas no logran desarrollarse eficientemente.

Al final del ciclo existe otro período en el que aparecen nuevas generaciones de malezas que sobresalen en el cultivo. Esta infestación tardía no afecta el rendimiento, pero incide en la calidad de la semilla cosechada y aumenta las pérdidas en la recolección ya que interfiere con la labor de la combinada.

Métodos de control de malezas

Actualmente, existen varias opciones disponibles para el control de malezas. No se debe pensar que estos métodos son independientes unos de otros, ya que frecuentemente los mejores resultados se obtienen si se utilizan varias prácticas en forma integrada. Cuando al agricultor se le da a escoger el método de control de malezas, elegirá sólo aquellos que están disponibles y que resultan económicos.

Entre los métodos de control se encuentran los siguientes:

- Preparación del terreno
- Desyerba manual
- Desyerba mecánica
- Control químico
- Rotación de cultivos
- Densidad de siembra
- Variedades competitivas
- Cobertura vegetal (mantillo)

Para el control de malezas es vital un sistema integrado y eficiente que permita el mejoramiento de la producción del cultivo de soya. El uso de herbicidas juega un papel importante cuando sólo es parte de un sistema de control total de malezas que incorpora los diferentes métodos.

Control químico

El uso de herbicidas en el cultivo de soya ha sido uno de los métodos más utilizados para el control de malezas. Este sistema puede ser de gran utilidad si se toman las precauciones necesarias, tales como:

- cumplir con las indicaciones técnicas que acompañan al producto.

- buena preparación del suelo.
- buenas condiciones de humedad del suelo.
- conocimiento de las especies de malezas prevalecientes en el campo.

En el cuadro 7 se presentan los herbicidas comúnmente utilizados para el control de malezas en el cultivo de soya según la época de su aplicación y el tipo de malezas que controlan. Para las dosis puede referirse a las instrucciones que vienen con los mencionados productos, o consultar con personal especializado en el uso de estos herbicidas.

Cuadro 7. Herbicidas comúnmente utilizados para el control de malezas en el cultivo de la soya.

Nombre común	Nombre comercial	Aplicación	Malezas que controla
Acifluorfen	Blazer Takle	POST	Hoja ancha y algunas gramíneas.
Alaclor	Lasso	PSI PRE POST-T	Mayoría de gramíneas anuales, algunas hojas anchas y ciperáceas.
Bentazon Chloramben	Basagran Amiben	POST PSI PRE POST	Hoja ancha y algunas ciperáceas. Hoja ancha y gramíneas.
EPTC	Eptam Erradicane	PSI	Gramíneas anuales y perennes, algunas hojas anchas y ciperáceas.
Fluazifop-butil Linuron	Fusilade Lorox Afolon	POST PRE POST	Gramíneas anuales y perennes. Hoja ancha y gramíneas anuales.
Metolachlor	Dual	PSI PRE POST-T	Gramíneas anuales, coyotillo, algunas hojas anchas.
Metribuzina	Sencor	PSI PRE POST-T	Gramíneas anuales y hojas anchas.
Oryzalin Pendimetalina	Surflan Prowl	PRE PSI PRE POST-T	Gramíneas anuales y algunas hojas anchas. Gramíneas anuales y algunas hojas anchas.
Quizalofop-etil	Assure	POST	Gramíneas anuales y perennes.
Trifluralina	Treflan	PSI PRE	Gramíneas anuales, pasto Johnson y algunas hojas anchas.

PSI=Presiembra incorporado; PRE=Preemergente; POST-T=Postemergente temprano; POST=postemergente.

Fuente: Pitty y Muñoz (1993).

VI. NUTRICION MINERAL DEL CULTIVO DE LA SOYA

A. Generalidades

Las plantas de soya requieren los siguientes elementos (nutrimentos) esenciales: N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo y Cl. La mayoría de nutrimentos son absorbidos del suelo; sin embargo, parte del N es obtenido por la fijación de N por bacterias en los nódulos y algo del S es absorbido (primariamente como SO_2 y H_2S) del aire. Los nutrimentos del suelo son absorbidos por las raíces de las plantas con el agua y se mueven por el interior de las plantas a las hojas y hacia otras partes vegetativas. Todos estos elementos intervienen en procesos metabólicos esenciales y la ausencia de alguno de ellos afecta el crecimiento normal de la planta o el desarrollo de las etapas reproductivas que inciden directamente en el rendimiento.

Las cantidades de nutrimentos disponibles varían según el tipo de suelo, profundidad y prácticas de labranza, y son influenciados por las condiciones de humedad y temperatura del suelo. La exigencia de la soya, en cuanto a la absorción de los macro y micronutrimentos es elevada (cuadro 8). Cerca del 50% de los elementos mayores N, P, K y S, que la planta acumula son removidos con el grano. La proporción de Ca y Mg acumulada en el grano es menor. Otro pequeño porcentaje ocurre con los micronutrimentos B, Cl, Cu, Mo, Zn y Mn. Esta relación es muy importante, porque alerta sobre la necesidad de realizar una fertilización adecuada que restituya al suelo la extracción de nutrimentos hecha por la cosecha anterior.

Los patrones de acumulación de los nutrimentos en las diferentes partes de las plantas de soya son variables. Las cantidades de nutrimentos tomados por las plantas en las primeras etapas de crecimiento son relativamente bajas debido a su tamaño. Sin embargo, la concentración de nutrimentos en hojas individuales de plantas bien nutridas son tan altas en este período como en las etapas posteriores. La toma y acumulación de algunos nutrimentos (como Ca) continúa a través de toda la estación hasta la madurez; la absorción de otros nutrimentos es casi completa cerca de la etapa R6 (como en el caso del N).

La redistribución de los nutrimentos minerales de las partes viejas (maduras) de las plantas a las partes nuevas en crecimiento son la fuente

primaria de algunos nutrimentos, los cuales son inmediatamente translocados de las partes viejas a las nuevas. La redistribución de N, P y S, son la fuente primaria de estos nutrimentos para el crecimiento de las semillas que resulta en una severa reducción de estos elementos en las hojas, pecíolos, tallos y vainas durante la etapa avanzada del llenado de las semillas. Sin embargo, algunos nutrimentos como el calcio son sumamente inmóviles en las plantas por lo que sólo hay una pequeña distribución hacia las partes en crecimiento. La distribución de otros elementos en la planta generalmente son intermedios entre los extremos para el N muy móvil y el Ca inmóvil. El K es distribuido de las partes vegetativas hacia las semillas en desarrollo pero no a las vainas.

Cuadro 8. Extracción de nutrimentos por cada 1000 kg de rendimiento de semilla de soya.

Macronutrimentos	Absorción por la semilla (kg)	Absorción total de la planta (kg)
Nitrógeno (N)	55 - 67	63 - 100
Fósforo (P)	4 - 9	7 - 13
Potasio (K)	- 19	30 - 42
Calcio (Ca)	3	22 - 48
Magnesio (Mg)	2 - 5	7 - 32
Azufre (S)	2 - 3	6 - 8

Fuente: Montero y Mata (1988).

B. El Encalado

Una buena producción de soya depende, entre otros factores, de la aplicación de nutrimentos al suelo en cantidades adecuadas y en la época correcta.

La práctica del encalamiento de suelos demasiado ácidos es de suma importancia para propiciar un buen desarrollo y una óptima producción de la mayoría de las plantas. El aumento del pH del suelo por el encalado permite que el fósforo y el molibdeno estén más disponibles para las plantas; corrige las deficiencias de calcio y magnesio, y elimina la toxicidad de aluminio, manganeso y hierro intercambiables. Las leguminosas en general, se ven favorecidas por la corrección de la acidez del suelo en vista de su gran sensibilidad a la presencia de aluminio intercambiable. Al mismo tiempo, las bacterias fijadoras de nitrógeno se ven afectadas por altos contenidos de este elemento.

Es importante que la práctica del encalado se haga con suficiente anticipación para poder elevar el pH al nivel deseado de 5.5 - 6.5. Se recomienda incorporar la cal uniformemente y a cierta profundidad, por lo menos 60 días antes de la siembra. El contenido de humedad del suelo influirá en la velocidad de las reacciones de neutralización de la acidez.

El cálculo de la cantidad necesaria de cal puede ser efectuado en función de los contenidos intercambiables en el suelo de Al^{+++} , Ca^{++} y Mg^{++} , utilizando la siguiente fórmula:

$$2 \times Al^{+++} + [2 - (Ca^{++} + Mg^{++})] = t \text{ cal/ha}$$

Al^{+++} , Ca^{++} y Mg^{++} son dados en mg/100 g de suelo. El valor entre corchetes no deberá ser considerado cuando este fuere negativo. El resultado obtenido se refiere al total de cal/ha necesario con PRNT (Poder Relativo de Neutralización Total) = 100%. Cuando el PRNT de la cal es diferente al 100% se deberá corregir la cantidad de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Valor calculado (t cal/ha con PRNT=100\%)} \times 100\%}{\text{PRNT de la cal (\%)}} = t \text{ cal/ha}$$

Las variedades de soya difieren en su tolerancia al aluminio. Para estimar el efecto de aluminio sobre la planta se utiliza el valor del porcentaje de saturación relación existente entre el contenido de Al del suelo y el total de bases. Variedades con alta tolerancia pueden cultivarse en suelos con 38-40%, pero la mayoría son para suelos con valores inferiores a 20% de saturación de Al.

Por otro lado, debe recordarse que un sobreencalado puede conducir a la deficiencia de los micronutrientes B, Cu, Fe, Mn y Zn, creando un desequilibrio entre el Ca, Mg, y K, y una fijación temporal del P.

C. Uso de Fertilizantes y Manejo de la Fertilidad

Cuando el suelo no puede suplir los nutrientes requeridos por las plantas, se deben agregar fertilizantes para complementar el abastecimiento normal. La absorción de nutrientes agregados al suelo no siempre es un proceso eficiente. Bajo buenas condiciones lo que se recupera de lo aplicado en un año varía entre 5 a 20% para el P y de 30 a

60% para K, para el N puede ser menor de 30%.

La aplicación de fertilizantes a la soya

Varios factores influyen en las dosis de aplicación que deben ser considerados. Uno es la cantidad del elemento que debe utilizarse en el cultivo. El segundo es la cantidad probable que permanezca disponible a través de la estación de crecimiento.

Algunos elementos son fáciles de ser lavados y otros permanecen sin ser disponibles debido a combinaciones químicas con otros constituyentes del suelo. La relativa importancia del lavado y las combinaciones químicas dependen de las propiedades del suelo, la lluvia y las propiedades químicas de los fertilizantes usados.

Un tercer factor a considerarse es como otros elementos en la rizósfera influyen en la absorción del elemento deficiente. Cuando un elemento es deficiente y los otros están en relativa abundancia, el incremento de algunos de estos elementos abundantes puede reducir el rendimiento ya que una menor cantidad del elemento deficiente es absorbido.

Nitrógeno

Las plantas de soya pueden usar N residual del suelo, fertilizante nitrogenado o N atmosférico que es convertido a una forma utilizable en los nódulos de las raíces a través de las relaciones simbióticas entre bacterias Bradyrhizobium japonicum y plantas hospederas de soya. La soya al igual que otras leguminosas tiene la habilidad de suplirse sus propias necesidades de N, siempre y cuando hayan sido inoculadas o que el suelo contenga bacterias nativas capaces de formar nódulos efectivos y que otros nutrimentos minerales en el suelo no estén en deficiencia. De esta manera, no es necesario proveer fertilizante nitrogenado excepto posiblemente de una cantidad pequeña (10-30 kg/ha) como para estimular el crecimiento inicial, ya que la soya utiliza nitratos como fuente primaria de N durante las etapas vegetativas iniciales.

Se estima que las plantas de soya absorben alrededor de 200 kg N/ha para un rendimiento de semilla de 2 500 kg/ha. Para que las plantas absorban 200 kg N/ha de un fertilizante, probablemente se necesitarían aplicaciones de por lo menos 300 a 400 kg N/ha. Plantas bien noduladas que crecen en un medio ambiente favorable son capaces de fijar por lo menos 270 kg N/ha, de ahí que resulta prácticamente prohibitivo fertilizar este cultivo con nitrógeno. Sin embargo, experimentalmente se han obtenido rendimientos superiores con fertilización química. La

pregunta es, ¿será ésta una alternativa económica? En la práctica no sería lo más recomendable no sólo por los aspectos de rentabilidad económica, sino también por los efectos negativos que pudieran causarse al ambiente por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados.

Fósforo

El fósforo (P) es esencial para la transferencia de energía, por eso es usado en la formación y translocación de todo producto intermedio o final. La absorción de P es relativamente constante a través de la estación de crecimiento, pero el pico de absorción normalmente se lleva a cabo durante las etapas tempranas del desarrollo de las semillas. Durante la etapa tardía del desarrollo de las semillas, el P es translocado de las partes vegetativas a las semillas. La soya requiere relativamente grandes cantidades de P a través de toda la estación y éste debe ser mezclado en la capa arable en vez de concentrarlo cerca de la superficie. Los centímetros superiores del suelo pueden llegar a estar tan secos que las raíces no pueden alimentarse efectivamente.

La aplicación de cal en algunos suelos ácidos incrementa la disponibilidad o la absorción de P. En algunos casos, la aplicación de cal puede reducir o eliminar la necesidad inmediata de la fertilización con P.

El exceso de P puede ser perjudicial. Niveles altos de P inducen deficiencias de Zn y pueden acentuar la deficiencia de K. Por eso, niveles moderados de fertilizante P son efectivos en aumentos de la producción. Una producción de soya de 2 000 kg/ha puede requerir entre 30 a 50 kg de P/ha.

Potasio

Las plantas de soya usan relativamente grandes cantidades de potasio (K). La tasa de absorción de K se incrementa durante el período de rápido crecimiento vegetativo, y declina cuando los granos empiezan a formarse. El K es susceptible al lavado; pero un menor lavado ocurre cuando el sistema radical está bien establecido. Por eso, en condiciones favorables al lavado (lluvias fuertes, suelos ligeros), la aplicación total de K debe dividirse en dos aplicaciones, una al momento de sembrar y la otra 30 o más días después, cuando las raíces estén bien establecidas. El fertilizante K debe ser incorporado en el suelo para evitar pérdidas por escorrentía superficial durante lluvias fuertes.

Micronutrientes

La función de los micronutrientes es principalmente en los sistemas enzimáticos de las plantas. Excepto por Mo, los micronutrientes están más rápidamente disponibles cuando el pH del suelo es bajo. Debido a que los micronutrientes son requeridos en cantidades pequeñas, las deficiencias pueden ser corregidas mediante aspersiones al follaje con sales solubles apropiadas. También pueden usarse las aplicaciones de sales solubles al suelo.

D. Fijación Simbiótica de Nitrógeno en la Soya

La soya como leguminosa presenta una característica propia de las plantas de esta familia, que es la asociación simbiótica con bacterias del género Bradyrhizobium.

Por medio de la infección de los pelos radicales, las bacterias inducen en el sistema radical la formación de nódulos, en los cuales se fija el nitrógeno del aire. Es así como la planta se suple de este elemento a partir de los 15-20 días después de su germinación, dependiendo de varios factores, hasta la época de floración y/o llenado de grano.

La soya es un cultivo que requiere de altas cantidades de nitrógeno, siendo sus principales fuentes de extracción, el suelo, los fertilizantes y la fijación simbiótica. Algunos trabajos de investigación han demostrado que aplicaciones de más de 200 kg de N/ha en forma de urea no presentan diferencias significativas en la producción de granos en comparación con tratamientos solamente inoculados. No obstante, la cantidad de nitrógeno fijado por el sistema dependerá de la interacción de una serie de factores entre los cuales se encuentran:

1. Efectividad y eficiencia de las cepas de Bradyrhizobium japonicum presentes en el inoculante o en el suelo, en relación a las variedades y al ambiente. Se debe considerar que la relación planta-bacteria es específica a nivel de nodulación y a nivel de cantidad de N_2 fijado, siendo que estas dos etapas del sistema son controladas por factores genéticos independientes, y que al mismo tiempo son grandemente influenciadas por factores ambientales.
2. El número de bacterias en el inoculante en relación a la población nativa. Para la infección de raíces es necesario un número adecuado de bacterias, calculado por algunos investigadores de 3 000 células vivas por semilla. Condiciones

adversas e incompatibilidad con la microflora natural del suelo pueden contribuir al fracaso de la inoculación. En algunos casos esta situación puede ser superada con la introducción de un número mayor de bacterias.

3. Las técnicas de inoculación, humedad y temperatura del suelo en el momento de la siembra, cuando son adecuadas, aumentan la sobrevivencia del Bradyrhizobium alrededor de las raíces.
4. Los factores ambientales, principalmente los relacionados con el suelo, afectan en primera instancia la sobrevivencia y multiplicación de las bacterias introducidas, y más tarde, la infección de raíces y el funcionamiento de los nódulos. Por estas razones la acidez del suelo debe ser corregida.

La Práctica de la Inoculación

La mayoría de los suelos donde no se ha cultivado soya son deficientes en B. japonicum, por lo tanto, es necesario introducir la bacteria junto con la semilla. Al inocular la semilla para la siembra se deben tomar en cuenta los siguientes cuidados y recomendaciones:

- a. Conservar el inoculante en un lugar fresco o en refrigeración, evitando altas temperaturas o exposición al sol.
- b. Usar un inoculante cuyo vencimiento no haya caducado.

Procedimiento

- a. La inoculación de la semilla puede hacerse con la ayuda de una mezcladora o a mano en la tolva de la sembradora.
- b. Se agregan de 5 a 8 ml de agua por kg de semilla, revolviendo bien y garantizando la formación de una fina película de agua sobre la semilla. Se puede preparar una solución adhesiva para garantizar una mejor inoculación agregando 50 cc de adherente/L de agua y aplicando 5 ml de esta solución/kg de semilla.
- c. Mezclar la semilla con las manos hasta que esté totalmente humedecida.
- d. Agregar el inoculante, usar 6 a 8 g de inoculante/kg de semilla para suelos nuevos; y 4 a 6 g/kg de semilla en suelos anteriormente cultivados con soya.

- e. Mezclar bien todos los ingredientes.
- f. Proceder a la siembra de inmediato.

Evaluación de la fijación del N a nivel de campo

Consiste en observar un número determinado de plantas, evaluando el número, tamaño, coloración interna de los nódulos y el aspecto general de las mismas.

Los muestreos pueden ser hechos a partir de los 40 días después de la germinación hasta la floración de las variedades. Nódulos normales miden entre 5 a 8 mm, tienen una superficie rugosa, y coloración interna rosada; esta última característica indica actividad de la leghemoglobina, pigmento presente en la fijación de nitrógeno.

VII. ENFERMEDADES QUE AFECTAN AL CULTIVO DE LA SOYA Y SU MANEJO

Existen más de 100 enfermedades que afectan al cultivo de soya; sin embargo, solamente 35 de ellas son consideradas de importancia económica porque causan pérdidas significativas en el cultivo.

La severidad de los daños y la aparición de enfermedades dependen de las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y la humedad relativa. También la susceptibilidad de las variedades y la virulencia de los patógenos influyen en el desarrollo de epidemias.

La siembra de variedades resistentes es el método de control más seguro y económico para combatir las enfermedades. El control químico en el campo puede llegar a encarecer sobremanera los costos de producción; sin embargo, en lotes de producción de semilla puede ser justificado su uso, específicamente para controlar patógenos que se transmiten por la semilla.

A. Enfermedades Bacterianas

La aparición y severidad de las enfermedades causadas por bacterias pueden variar considerablemente de un año a otro. Estas enfermedades son más severas en años con alta humedad relativa.

1. Añublo o tizón bacteriano

El añublo bacteriano aparece alrededor del mundo y es la enfermedad bacteriana más común de la soya, especialmente durante clima frío y húmedo.

Organismo causal: Pseudomonas syringae pv. glycinea.

Síntomas. Las lesiones son más obvias en las hojas pero pueden encontrarse frecuentemente en tallos, pecíolos y vainas. En las hojas aparece en forma de manchas pequeñas, angulares, translúcidas, acuosas, de color amarillo o café claro. Las hojas jóvenes aparecen frecuentemente achaparradas y cloróticas. También puede ocurrir la defoliación temprana de las hojas bajas.

Las lesiones en vainas al principio son pequeñas y acuosas, más tarde se extienden hasta cubrir la mayor parte de la vaina. La bacteria puede sobrevivir en los residuos de cosecha de una estación a otra, o puede

ser transmitida por la semilla. La contaminación por la semilla puede ocurrir durante el crecimiento de las vainas o durante la cosecha; las semillas infectadas no presentan síntomas visibles. Después de la emergencia, los cotiledones pueden presentar lesiones necróticas a partir de los bordes; la enfermedad puede continuar desarrollándose en las hojas unifoliadas para, posteriormente, infectar los trifolios superiores.

Manejo

- Evitar sembrar cultivares altamente susceptibles en lugares donde la enfermedad es un problema potencial.
- Sembrar semillas relativamente libres del patógeno.
- Hacer rotaciones con cultivos no susceptibles.
- Enterrar completamente los residuos vegetales durante la labranza después de la cosecha de soya.
- No realizar labores de cultivo cuando el follaje está húmedo.

2. Pústula bacteriana

Ha sido reportada en la mayoría de las áreas de cultivo de soya donde predominan temperaturas cálidas y lluvias frecuentes durante la estación de crecimiento. Su óptima temperatura de crecimiento es de 30 a 33°C (max 38°C y min 10°C).

Organismo causal: Xanthomonas phaseoli pv. glycinea.

Síntomas. Los síntomas tempranos son en forma de manchas pequeñas verde pálido con la parte central elevada en ambas superficies de las hojas. Luego se forma una pústula ligeramente coloreada en el centro y en la cara inferior de las hojas. Estos síntomas a veces son confundidos con los producidos por la roya. La infección severa resulta en defoliación.

En las vainas pueden formarse pequeñas manchas café rojizas en cultivares susceptibles. La bacteria se puede transmitir por semilla y por residuos de cosechas anteriores. Las semillas infectadas aparentemente no se diferencian de las semillas sanas, por ello son difíciles de distinguir visualmente.

Manejo

- Usar cultivares resistentes.
- Seguir las medidas de control sugeridas para tizón bacteriano.

3. Quemazón bacteriana

Organismo causal: Pseudomonas syringae pv. tabaci

Síntomas. La quemazón sólo se produce en plantas infectadas con pústula bacteriana, y en general, en focos aislados en el campo. Los síntomas son de un halo amarillo en torno de una pústula. El desarrollo de la quemazón acentúa marcadamente la reducción del rendimiento. La bacteria puede sobrevivir en los residuos de la cosecha de un año a otro, o en la superficie de raíces de varias plantas. La transmisión por semillas infectadas también es posible. Las temperaturas elevadas, lluvias y vientos fuertes, favorecen la rápida dispersión de la enfermedad.

Manejo

- a. Todas las variedades resistentes a la pústula bacteriana son resistentes a la quemazón.
- b. Se recomienda enterrar los residuos de cosecha.
- c. Usar semillas sanas.

B. Enfermedades Producidas por Hongos

1. Mancha ojo de sapo de la hoja

Algunas veces llamada mancha Cercospora de la hoja. Es conocida alrededor del mundo; es común en regiones cálidas durante clima cálido y húmedo.

Organismo causal: Cercospora sojina

Síntomas. Es primariamente una enfermedad del follaje, sin embargo, puede infestar tallos, vainas y semillas; normalmente los síntomas son observados después del inicio de la floración. Aparecen como manchas muy pequeñas, café rojizas, circulares y angulares en la superficie superior de las hojas. Conforme se expande y madura esta lesión, la parte central llega a ser de color gris verdoso o gris ceniza, rodeadas por un borde angosto rojo oscuro. Las lesiones en el tallo aparecen más tarde y son menos comunes y notorias que las infecciones en el follaje. Las lesiones en las vainas son circulares y elongadas, ligeramente hundidas y de color café rojizo. La calidad de la semilla es reducida por la decoloración y por la reducción en la germinación de las semillas infestadas. Cuando se utilizan cultivares susceptibles, la enfermedad

puede causar daños hasta de 100% de pérdidas en la producción.

Manejo

- a. Cultivar variedades resistentes y adaptadas.
- b. Sembrar semilla de alta calidad relativamente libre del patógeno.
- c. Rotar soya con otros cultivos.
- d. Aplicar fungicidas a las etapas R3-R4 (formación de vainas).
- e. Incorporar residuos de la cosecha.

2. Antracnosis

Causa daños considerables tanto en áreas cálidas y húmedas de las regiones templadas como en los trópicos y sub-trópicos.

Organismo causal: Varias especies de Colletotrichum de los cuales C. truncatum es el más común.

Síntomas. Las plantas de soya son susceptibles a antracnosis en todas sus etapas. Los síntomas aparecen frecuentemente en tallos, vainas y pecíolos. Los tallos, vainas y hojas pueden estar infestados sin mostrar los síntomas, los cuales se hacen evidentes cuando las condiciones son más favorables para el desarrollo de la enfermedad. En estados avanzados los tejidos infestados están cubiertos por cuerpos fructíferos de color negro (acérvulos).

Entre los síntomas foliares que pueden desarrollarse después de períodos prolongados de alta humedad, se incluyen: enrollamiento de hojas, necrosis de las nervaduras laminares, chancro en los pecíolos y defoliación prematura.

Durante o después de la emergencia puede ocurrir marchitez si se siembran semillas infectadas, presentándose lesiones hundidas de color café oscuro en los cotiledones.

La antracnosis causa pérdidas severas en las plantas maduras durante los períodos lluviosos, donde las ramas bajas y las hojas pueden ser completamente destruidas; lo mismo ocurre con las vainas jóvenes.

Manejo

- a. Sembrar semillas libres del patógeno.
- b. Tratar las semillas infectadas con un fungicida recomendado.

- c. Asperjar con benomil o fertín-hidróxido entre la floración y el llenado de vainas.
- d. Incorporar los residuos vegetales.
- e. Rotación con otros cultivos no susceptibles (p.e. gramíneas).

3. Roya

Organismo causal: Phakopsora pachyrhizi

Este hongo ha sido reportado en por lo menos 64 leguminosas hospederas en el hemisferio este y en 40 hospederas en el hemisferio oeste y en soya en Puerto Rico, Brasil y Colombia. Temperaturas de $\pm 20^{\circ}\text{C}$ y humedad en las hojas por más de 6 horas, favorecen la infección por el patógeno.

Síntomas. Los síntomas más comunes observados en la roya son la lesión esporulante en la superficie inferior de la hoja; manchas cloróticas a café grisáceas o café rojizas aparecen en las hojas para luego alargarse en forma poligonal, café rojiza a café púrpura. La lesión puede aparecer en ambas superficies de las hojas, en pecíolos y tallos secundarios.

La roya causa defoliación prematura, maduración más temprana, y un peso más bajo en las semillas. Pocas vainas y semillas pueden producirse cuando la infección es temprana y severa. No existe evidencia concreta sobre la transmisión del patógeno por la semilla.

Manejo

- a. Métodos satisfactorios de control no han sido reportados, pero las aspersiones con fungicidas pueden reducir la severidad de la roya. El fungicida Mancozeb ha probado ser eficiente.
- b. Fuentes de resistencia vertical han sido encontradas en la soya; otras fuentes de genes resistentes están siendo buscadas, además de G. max, en G. soja y en soyas perennes del subgénero Glycine.

4. Mancha púrpura y/o tizón de la hoja (Cercospora)

Organismo causal: Cercospora kikuchii

Temperaturas de $28-30^{\circ}\text{C}$ con períodos largos de alta humedad favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Síntomas. Se observan desde el inicio completo de las semillas. Las hojas superiores expuestas al sol tienen una apariencia ligeramente púrpura. Las lesiones púrpura rojizas, de forma angular a irregular ocurren más tarde en ambas superficies de las hojas. Necrosis de las nervaduras también pueden ser observadas. Numerosas lesiones causan una rápida clorosis y necrosis en el tejido de las hojas resultando en defoliación, empezando desde las hojas jóvenes superiores, un síntoma obvio es la brillantez de estas hojas. En variedades más susceptibles aparecen lesiones púrpura rojizas que luego se vuelven púrpura negruzcas en las vainas. Las semillas infectadas pueden presentar decoloración externa y frecuentemente la germinación es reducida. En algunos casos las semillas contaminadas pueden llegar a presentar figuras en la testa. La siembra de semillas contaminadas puede diseminar el patógeno en nuevas áreas. Cuando los períodos de floración y cosecha coinciden con épocas lluviosas puede aparecer un porcentaje elevado de semillas manchadas. El patógeno puede sobrevivir en los residuos de cosecha.

Manejo

- a. Sembrar cultivares resistentes.
 - b. Usar semilla libre del patógeno.
- Tratamiento de semillas con fungicidas a base de TMTD (bisulfato de tetrametil-tiuram).

C. Enfermedades Producidas por Virus

1. Mosaico de la soya (VMS)

Está distribuido alrededor del mundo y es considerado como una de las enfermedades más importantes. Puede producir reducciones en el rendimiento de 50% en cualquier campo.

Organismo causal: virus del mosaico de la soya (VMS), transmitido por varias especies de áfidos.

Síntomas. El VMS puede ser transmitido por la semilla. Las semillas infestadas pueden fallar en germinar o producir plántulas enfermas. Estas plántulas son retorcidas, con hojas unifoliadas rugosas y que pueden tener la forma normal pero con moteados, o pueden enrollarse longitudinalmente hacia abajo. Estas hojas se vuelven cloróticas prematuramente. Posteriormente, las hojas trifoliadas llegan a ser cloróticas y severamente reducidas, con moteados y rugosas. También pueden producirse síntomas en las vainas que se vuelven agudas,

curvadas, pequeñas y planas. El VMS puede causar pérdidas hasta en un 25% o más en la producción, la cual se ve afectada por la reducción del peso de la semilla y el número de semillas por vaina. La calidad también puede sufrir deterioro debido a que el virus produce un pigmento (marrón o negro) que las mancha, pudiendo inclusive reducir hasta la germinación. Este virus puede permanecer viable en la semilla hasta por dos años.

Manejo

- a. Sembrar semillas producidas en campos libres de VMS.
- b. En campos de producción de semillas, eliminar las plantas infestadas mediante raleos.
- c. Usar cultivares resistentes a la infección.
- d. Usar cultivares resistentes a la transmisión por semillas.
- e. Controlar la población de áfidos y de malezas hospederas.

2. Mosaico amarillo (VMAS)

Infecciones mixtas de VMAS y VMS son comunes en la soya. Una reducción en el contenido de aceite ha sido registrado en las semillas infectadas con mosaico amarillo.

Organismo causal: virus del mosaico amarillo (VMAS) que es fácilmente transmitido por insectos vectores (20 especies de Aphis). Su transmisión por semilla no ha sido reportada.

Síntomas. Los síntomas iniciales son esencialmente los mismos que los producidos por VMS en las etapas tardías. Un notorio moteado amarillo de las hojas es característico de esta enfermedad. Manchas necróticas van apareciendo en las áreas amarillas conforme la hoja madura. Los síntomas son más severos a temperaturas inferiores a 20°C, aunque se desarrollan más rápido a mayores temperaturas.

Manejo

- a. Uso de cultivares resistentes.
- b. Seguir las medidas de control sugeridas para el mosaico de la soya.
- c. Control de áfidos y malezas hospederas de estos insectos.

D. Otras enfermedades que afectan el cultivo de la soya

<u>Enfermedad</u>	<u>Organismo causal</u>
Pudrición del tallo	<u>Sclerotium rolfsii</u>
Pudrición de plántulas	varias especies de <u>Phytium</u>
Pudrición radicular	<u>Rhizoctonia solani</u>
Pudrición de la raíz y el tallo	<u>Phytophthora megasperma</u> var. <u>soiae</u>
Pudrición del carbón	<u>Macrophomina phaseolina</u>
Mancha parda o septoriosis	<u>Septoria glycines</u>
Mancha de Ascochyta	<u>Ascochyta</u> sp.
Mancha de hoja	varias especies de <u>Alternaria</u>
Mildíu polvoso	<u>Microsphaera diffusa</u>
Mildíu veloso	<u>Peronospora manshurica</u>
Tizón de tallos y vainas	<u>Diaporthe phaseolorum</u> var. <u>soiae</u> (<u>Phomopsis soiae</u>)
Tizón de la yema terminal	Virus mancha anular del tabaco (VMAT)

E. Tratamiento de la Semilla

El tratamiento de las semillas consiste en la aplicación de productos químicos con el propósito de desinfectar, desinfestar o proteger las semillas de microorganismos patógenos presentes en el suelo o en la propia semilla. La desinfección consiste en la eliminación de microorganismos ya establecidos en el interior de la semilla; mientras que la desinfestación consiste en la eliminación de microorganismos localizados en la superficie de la semilla. La protección busca impedir la infestación y, consecuentemente, la infección.

En forma general, la mayoría de los productos químicos son protectores y desinfestantes.

El tratamiento de la semilla con Captam 50W (0.2%) + Carboxin 75W (0.2%) o Thiram 50W (2%) + Carboxin 75W (0.2%) antes de la siembra ha dado buenos resultados.

También las aplicaciones de mezclas de fungicidas sistémicos con protectores, en la etapa de formación de semilla (R6), ha dado resultados promisorios en la reducción de hongos transmitidos por la semilla tales como: Diaporthe phaseolorum var. soiae, Cercospora kikuchii y

Colletotrichum dematium var. truncatum. Además de estos fungicidas existen otros que han sido utilizados en el control de enfermedades fungosas de la semilla de soya; ellos son, Maneb + Zn, y Carbendazima.

Es importante tener en consideración que el uso de fungicidas e insecticidas adheridos a la semilla, pueden afectar considerablemente la nodulación y la actividad fijadora de las bacterias. Para estos casos se recomienda el uso de fungicidas que contengan molibdeno (Captan-Mo o PCNB-MoO), y tratar la semilla inmediatamente antes de poner el inoculante, evitando el contacto directo. Lo más recomendable para estos casos, sería el uso de inoculantes granulados aplicados al suelo.

VIII. INSECTOS QUE ATACAN AL CULTIVO DE LA SOYA

Varias especies de insectos han sido reconocidos como plagas importantes de la soya y en años recientes se ha dado una gran atención a su clasificación, con base en el grado de daño alcanzado para causar una reducción económica del rendimiento, y a las formas de manejo de las poblaciones de plagas. Asimismo, varias medidas de control están disponibles ahora, tales como el uso de insecticidas y la resistencia varietal. Si se van a usar insecticidas éstos deberán estar relacionados con otros métodos de control para causar el mínimo daño al ambiente y a los enemigos naturales.

Para el manejo adecuado de las plagas en la soya es necesario tener conocimiento de los siguientes factores:

1. Especies de insectos realmente perjudiciales al cultivo.
2. Los enemigos naturales de las plagas que hacen control biológico; por ejemplo, la presencia del hongo Nomuraea rileyi en el control del gusano de la hoja (Anticarsia gemmatilis).
3. Cómo determinar la población de insectos en el cultivo.
- 4.Cuál es el número de insectos y el porcentaje de defoliación que determinan los niveles de daños económicos.
5. Los insecticidas y la dosis a usar.

Se sabe que las poblaciones de plagas fluctúan naturalmente, y con frecuencia permanecen en niveles por debajo de aquellos que causan pérdidas económicas, debido a la acción de los agentes naturales de control. Por otro lado, la soya posee una alta capacidad de recuperación en relación a la defoliación antes de la floración. Se ha encontrado que defoliaciones inferiores a 35% antes de la floración, y defoliaciones del 17% en cualquiera de los estados de crecimiento del cultivo, no afectan el rendimiento de la soya.

A. Plagas del Suelo

1. Gusanos cortadores (Agrotis sp. y otros)

Estos pertenecen a la familia Noctuidae y son un grupo de larvas lepidópteras que atacan el tallo de las plántulas al nivel de la superficie del suelo. Estos pueden ser muy dañinos y atacan también plántulas de frijol, repollo, tabaco, maíz y otros cereales. Estas larvas se alimentan

por la noche cortando las plántulas y alimentándose de ellas. Temprano por la mañana, después que el daño ha sido hecho, la larva puede ser fácilmente encontrada debajo de la superficie del suelo cerca de la planta dañada.

2. Gusanos armada o caterpillars (Spodoptera sp.)

Las orugas (caterpillars) jóvenes son inicialmente de color pálido con cabeza negra, para luego convertirse en color verdoso cuando empiezan a alimentarse. Más tarde desarrollan las líneas negras características en el centro del dorso y a cada lado les aparecen líneas entrecortadas de color pálido con un fondo verde grisáceo. Estas orugas se alimentan vorazmente de hojas de gramíneas, cereales y soya. Las adultas son sumamente destructivas.

3. Barrenador del tallo (Elasmopalpus lignosellus)

Es una larva pequeña de coloración verdosa y café en forma alternada en cada segmento del cuerpo. Penetra las plántulas por la región del hipocotilo o debajo, construyendo una galería ascendente en el tallo. Este insecto se encuentra con mayor frecuencia en suelos arenosos y en períodos secos. En áreas en donde esta plaga es común, como medida opcional de control, debe sembrarse un mayor número de semillas por metro lineal de surco. También una buena preparación del suelo puede minimizar los daños.

B. Plagas del Follaje y/o Vainas

1. Gusano de la hoja (Anticarsia gemmatalis)

En algunos países es considerado como el principal insecto defoliador de la soya. Las larvas son, generalmente, de color verde; sin embargo, larvas de color negro pueden observarse cuando existen altas poblaciones del insecto. Poseen franjas longitudinales claras en su parte dorsal y presentan cuatro pares de patas abdominales y un par terminal.

2. Gusano medidor (Plusia spp.)

Generalmente ocupan el segundo lugar en importancia como defoliadores. Ocurre por lo menos un complejo de tres especies en soya. Las larvas son de color verde y pueden presentar franjas en el dorso, con puntos oscuros distribuidos en el cuerpo. Pueden ser reconocidas fácilmente por la presencia de dos pares de patas abdominales y un

par de patas terminales.

3. Pulgones o Afidos (Aphis spp. y otros)

Este grupo de insectos relativamente pequeño, ataca varios cultivos. Los insectos en este grupo son vectores de algunas enfermedades, especialmente la conocida como Virus del Mosaico de la Soya (VMS), que se transmite a las plantas a través de sus mismos hábitos alimenticios. Las ninfas y adultos succionan la savia celular de las partes tiernas de la planta (hojas y tallos jóvenes). Las plantas infestadas son generalmente de crecimiento reducido y muestran enrollamiento y decoloración de hojas y etiolación.

4. Saltahojas o lorito verde (Empoasca spp.)

Estos se encuentran afectando varios cultivos y es una plaga muy seria porque reduce el vigor y el rendimiento de las plantas, ya que se alimentan de la savia celular. Ninfas y adultos se alimentan chupando la savia, principalmente en el envés de las hojas, prefiriendo hojas recientemente maduras. El amarillamiento del margen de las hojas es una indicación inicial del daño; pero si el daño es severo estas hojas se enrollan y se secan y, finalmente, la planta muere.

5. Chinches (Nezara viridula, Piezodorus guildinii, Euchistus heros)

Estas tres especies de chinches son las más comunes en el cultivo de soya.

Las chinches que aparecen frecuentemente después de la floración pueden causar considerables reducciones en los rendimientos y en la calidad de la semilla, debido al hábito de estos insectos de chupar principalmente las vainas.

El retraso en la madurez de la soya o retención del follaje, ha sido atribuido al ataque de estos insectos. Por otro lado, la transmisión de algunas enfermedades causadas por hongos puede ser realizada por estos insectos; por ejemplo, la mancha de levadura (Nematospora coryli).

Las semillas dañadas por chinches generalmente poseen menor contenido de aceite y mayor contenido de proteína que las semillas sanas. El aumento de ácidos grasos libres disminuye la calidad del aceite.

6. Perforador de brotes (Epinotia aporema)

Las larvas de este insecto se alimentan de hojas tiernas provenientes de los brotes, causando perforaciones en las plantas junto a la región del brote. La larva es pequeña y de color verdosa, con excepción de la cabeza que puede ser negra o café. Atacan las ramas, brotes y flores impidiendo la formación de vainas. Pueden atacar también vainas ya formadas.

7. Perforador de la vaina (Heliothis spp.)

(Gusano de la mazorca del maíz o elotero H. zea)

Este insecto es una de las plagas principales del algodón, pero también ataca a la soya, al frijol, al maíz, a los cítricos, al sorgo, al tabaco, al tomate y al girasol.

La larva es inicialmente verde, pero cuando crece presenta una gran variación de colores, puede permanecer verdosa o volverse de color café con manchas o líneas negruzcas a lo largo. La larva adulta llega a medir hasta 4 cm de tamaño. La larva perfora las vainas y se alimenta de las semillas o de la vaina joven, la que eventualmente se cae. También se alimenta de flores y hojas.

C. Otras plagas de la soya

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre común</u>
<u>Phyllophaga</u> sp.	Gallina ciega
<u>Prodenia</u> sp.	Cortador
<u>Ceratomya fascialis</u>	Vaquitas
<u>Epilachna varivestis</u>	Conchuela mejicana
<u>Epicauda villata</u>	Conchuela

D. Manejo de los insectos plagas

Actualmente, el manejo de insectos en la soya está dirigido a la supresión temporaria de brotes de insectos que se aproximan o exceden el nivel de daño económico.

1. Insecticidas químicos

El uso de insecticidas químicos constituye la única herramienta disponible en la actualidad que asegura una supresión consistente y satisfactoria de tales brotes. Estos químicos deben ser aplicados en dosis mínimas efectivas y sólo cuando sea necesario para evitar el daño económico del cultivo.

Los insecticidas químicos convencionales son necesarios para el control de brotes de insectos en la soya. Sin embargo, insecticidas de amplio espectro son frecuentemente aplicados sin necesidad y en dosis excesivamente altas. La acción de tales productos contra muchos organismos benéficos ha sido mencionada muchas veces. Algunos de estos insecticidas poseen un considerable efecto residual que mata depredadores y parásitos mientras que otros solamente proveen la efectividad inicial contra ciertas especies de plagas. Esto puede llevar a un resurgimiento de la plaga en mayor número del que existió antes de que el insecticida fuera inicialmente aplicado. Investigaciones recientes indican que dosis relativamente bajas de ciertos insecticidas, pueden ofrecer un control adecuado de la plaga y permitir la sobrevivencia de otras especies benéficas.

Las recomendaciones concernientes al tipo de insecticida a usarse, a la época y a las dosis de aplicación, pueden variar considerablemente de una región a otra. En el cuadro 9 se presentan algunos insecticidas comúnmente utilizados en el control de plagas del cultivo de la soya.

Cuadro 9. Insecticidas químicos y biológicos utilizados para el control de plagas en el cultivo de soya.

Insecticidas	Nombre técnico	Tipo de plaga
Furadan G-5	Carbofurán	Insectos del suelo
Lannate	Metomilo	Diabrotica, Cerotoma, chinches
Folidol	Metil-paratión	Diabrotica
Tamaron 600	Metamidofos	Chinches
Ambush	Permetrina	Spodoptera, Heliothis, chinches
Cymbush	Cipermetrina	Chinches, lepidópteros
Arrivo	Cipermetrina	Chinches, lepidópteros
Decis	Decametrina	Chinches, lepidópteros
Thuricide o	<u>Bacillus</u>	Lepidópteros
Dipel	<u>thuringiensis</u>	

2. Depredadores y parásitos

Los reportes sobre la efectividad de depredadores y parásitos de plagas de la soya son limitados. Sin embargo, en algunos casos se hace referencia a este tipo de control. Estas observaciones deben tenerse en cuenta cuando se aplican medidas de control químico, para prevenir serios disturbios en el agroecosistema, lo que puede suceder por el uso indiscriminado de pesticidas. Esto es particularmente significativo en el manejo de sistemas de cultivos intercalados practicados en muchos lugares, debido al valor potencial de tales mezclas de cultivos en promover el control biológico.

3. Enfermedades de insectos

La enfermedad más común observada en insectos que atacan la soya es causada por el hongo Nomuraea rileyi. Existen otros hongos entomopatogénicos como Entomophthora spp. y Metarhizium spp.; Patellus aimilis y Campoletis grioti en el control de larvas de Spodoptera sp. Un organismo que produce una enfermedad bacterial, Bacillus thuringiensis, ha sido cultivado y diseminado artificialmente con algún éxito contra varias larvas de lepidópteros.

4. Prácticas culturales

Algunas prácticas culturales son usadas frecuentemente por los agricultores, en muchos casos sin saberlo, para evitar o reducir pérdidas por insectos. El atraso de las siembras en ciertas áreas puede acelerar la germinación y el crecimiento, reduciendo el posible daño por insectos plagas. Las rotaciones apropiadas pueden reducir el número de insectos y el daño causado. El uso de variedades de maduración temprana puede reducir las posibilidades de daños de plagas en las épocas tardías de la estación de crecimiento.

5. Variedades resistentes

El potencial más grande para un manejo efectivo de las plagas en la soya es disponible a través del desarrollo de variedades resistentes.

Se ha progresado en la identificación de genotipos de soya introducidos a los EEUU con resistencia al daño en follaje por la conchuela mexicana del frijol (Epilachna varivestis) y gusano medidor de la soya (Pseudoplusia includens). Estos genotipos son también resistentes a

daños al follaje por el gusano de la mazorca del maíz (Heliothis zea), y la conchuela de ampolla rayada (Epicauta vittata), y a otros insectos. Los mecanismos de resistencia incluyen la no preferencia y la antibiosis. Desde que estos materiales introducidos son generalmente de pobre adaptación, los genes de resistencia necesitan ser transferidos a tipos adaptados.

E. Determinación de Poblaciones de Insectos

Para determinar la población de insectos que existen en una plantación de soya, es necesario inspeccionar el campo semanalmente.

Para evaluar las poblaciones de larvas y chinches, se utiliza una manta (o plástico) de color blanco, de 1 m de largo x 0.6 m de ancho. Cada muestreo abarca 2 m de hilera de soya. Para facilitar la ejecución, los puntos de muestreo pueden estar próximos al perímetro de la plantación, a 20-30 m del borde del campo. El número de muestras que deben ser tomadas varían con el tamaño de la plantación:

1 a 9 ha	-	6 muestreos
10 a 30 ha	-	8 muestreos
30 a 90 ha	-	10 muestreos

Determinación del nivel de defoliación

Por defoliación se entiende el área foliar dañada por los insectos. Las observaciones deben ser hechas por lo menos una vez por semana.

Una forma práctica de evaluación puede ser hecha colectando al azar, los trifolios de diversas plantas. Se hace un estimado del área foliar dañada, y se calcula un promedio de daño. Se deben coleccionar entre 10 a 20 foliolos al azar en cada punto de muestreo.

Plan de protección del cultivo contra defoliadores y chinches

Siembra

Entre la siembra y la floración: proteger el cultivo cuando la defoliación sea de aproximadamente 30% y/o el número de larvas, con 1.5 cm o más de largo, sea de 40/muestreo.

Floración

Entre la floración y la cosecha: proteger el cultivo cuando la defoliación fuera de aproximadamente 15% y/o el número de larvas con 1.5 cm o más de largo, sea de 40/muestreo.

Desarrollo de vainas

Entre el inicio del desarrollo de vainas y la cosecha: se deben controlar las chinches cuando se encuentran 4 con 0.5 cm o más de largo por muestreo.

IX. COSECHA Y ALMACENAMIENTO

Todos los cuidados técnicos de un cultivo bien conducido pueden llegar a fracasar si la cosecha se lleva a cabo en forma inadecuada, o si el almacenamiento del grano no se realiza con las debidas precauciones.

Es muy importante conocer las variedades con las que se trabaja, principalmente en lo relacionado con su ciclo de vida, época de siembra, tipo de madurez, altura de la primera vaina, etc. Otros factores que ejercen una marcada influencia sobre el ciclo promedio de vida de los cultivares son la latitud y la época de siembra. Estas consideraciones son de mucha utilidad en la planificación de la siembra del cultivo, tratando siempre de evitar que la cosecha coincida con períodos de lluvia.

A. Época de Cosecha

Normalmente la cosecha se inicia cuando las plantas se encuentran en completa madurez, lo que en la práctica, coincide con el amarillamiento y caída de las hojas. En esta etapa los granos de soya se encuentran con un porcentaje de humedad alrededor del 16 al 18%. Después de este punto y si no caen más lluvias, el contenido de humedad disminuye rápidamente hasta llegar a niveles no muy favorables para la cosecha, dificultando el corte de las plantas y acelerando la dehiscencia de las vainas.

La época ideal para la cosecha de la soya será cuando los granos alcancen el 14 ó 15% de humedad. Sin embargo, en plantaciones muy extensas la cosecha deberá iniciarse cuando tengan contenidos más elevados de humedad, alrededor del 16 al 17%, de tal forma que las últimas áreas cosechadas no se encuentren en niveles muy bajos de humedad.

La cosecha deberá iniciarse cuando las plantas presenten por lo menos un 95% de sus vainas maduras. En esta etapa todavía se pueden encontrar algunos granos verdes que aumentan el porcentaje promedio de humedad de los granos, por esta razón es necesario verificar si existe la necesidad del secado de los granos antes del almacenamiento. Cuando se retrasa la cosecha, los granos toman mal aspecto, se quiebran con mayor facilidad en el beneficio, además de la pérdida en el campo debido a la dehiscencia de las vainas.

B. Cosecha Mecanizada

En la actualidad, la cosecha de la soya se efectúa por medio de máquinas combinadas, que realizan la cosecha en menos tiempo que otros procesos y reducen significativamente el costo de producción.

Las pérdidas de granos con el uso de combinadas varían entre 4-13%, dependiendo de varios factores. Estas pérdidas, sin embargo, pueden ser minimizadas si se mantiene una velocidad de 4 a 5 km/hora y la barra de corte trabajando tan cerca del suelo como sea posible.

La mayor parte de las pérdidas que se producen durante la cosecha se deben a la dehiscencia de las vainas, por el impacto de la barra de corte, siendo mayores cuando las vainas están excesivamente secas.

Para facilitar el trabajo de la combinada y disminuir la pérdida de los granos por la cosecha mecánica es necesario realizar las siguientes prácticas culturales:

1. Realizar una buena preparación del suelo.
2. Sembrar el cultivar recomendado para la región.
3. Sembrar en la época más adecuada utilizando el distanciamiento más apropiado para obtener una buena densidad de plantas.
4. No utilizar cultivadores que hagan surcos muy profundos a lo largo de las calles.
5. Mantener la soya libre de malezas; antes de la cosecha proceder a una pre-limpieza si fuera necesario.
6. Iniciar la cosecha después de la maduración de las plantas y sus granos de 14 a 15% de humedad.

Se recomienda aproximadamente una combinada por cada 200-300 ha de soya.

C. Almacenamiento

Los problemas de almacenamiento se deben no solamente a factores climáticos, alta temperatura y humedad, sino también a la baja calidad del producto cosechado y al procesamiento inadecuado.

En muchos países la soya se cosecha en un período corto de tiempo y la mayoría de la producción se comercializa directamente de la finca a la industria del aceite.

Para el almacenamiento en la finca, se debe proceder a la limpieza y secado de los granos hasta obtener una humedad inferior al 13%. En este nivel de humedad, la soya podrá ser guardada por un año o más, sin daños substanciales causados por insectos. El secado de la soya en secadores por medio de aire forzado, permite la cosecha más temprano que otros tipos de secado. El uso de secadores facilita la cosecha y el almacenamiento, ya que el secado puede ser realizado en cualquier época, independientemente de las condiciones del tiempo.

Los granos destinados a la industria pueden secarse entre 54 a 60°C, debiendo mantener las temperaturas más bajas durante el período inicial del secado, cuando el contenido de humedad puede ser muy elevado.

X. MEJORAMIENTO DE LA SOYA

Hasta 1966 el área de cultivo de la soya en los trópicos y sub-trópicos correspondía a sólo 4.5% del área mundial. Desde esta época se ha ido incrementando ligeramente, mediante los esfuerzos considerables realizados en algunas áreas para que el cultivo de soya se popularice en los trópicos.

Ensayos recientes de adaptación conducidos en diferentes localidades en el trópico, con variedades introducidas de regiones templadas, han revelado diversos problemas de producción asociados con el cultivo de la soya. La ocurrencia de enfermedades y plagas ampliamente diseminadas, pobre germinación de las semillas, menor crecimiento debido a condiciones de días cortos y fallas en la nodulación debido a condiciones variables del suelo, son algunos de los factores que limitan el desarrollo del cultivo de la soya en estas regiones. Por esta razón, los programas de mejoramiento de soya que se lleven a cabo en esta región deberán orientarse al desarrollo de variedades de alto rendimiento, resistentes a enfermedades, con buena germinación y una amplia adaptación bajo condiciones del trópico.

A. Mejoramiento por Resistencia a Enfermedades

El clima caluroso y húmedo de los trópicos y la densa cobertura de la soya provee un ambiente ideal para el desarrollo de numerosas enfermedades. Mosaico amarillo, mosaico de la soya, tizón de las yemas, roya, pudriciones radicales, chancro del tallo, tizón de las vainas, tizón bacterial y pústula bacteriana, han sido observadas en muchos lugares. Los más dispersados y devastadores de todos, el mosaico amarillo y la roya, causan pérdidas de rendimiento de hasta 70% en muchos casos.

En 1970 en la India se llevó a cabo una prueba sistemática para identificar fuentes de resistencia al mosaico amarillo y la roya. El germoplasma completo de soya de USDA fue también evaluado. De un total de 4 000 líneas probadas, sólo 2 líneas fueron inmunes al mosaico amarillo, 6 resistentes a la roya y 15 moderadamente resistentes a la roya. Además, algunas líneas tolerantes al mosaico amarillo también fueron identificadas.

Varias poblaciones segregantes se produjeron de cruzamientos entre líneas resistentes y variedades con características agronómicas superiores. Algunas de las progenies son aparentemente muy buenas,

y se espera que variedades de alto rendimiento en recombinación con resistencia al mosaico amarillo y la roya, puedan estar disponibles pronto.

Fuentes de resistencia a otras enfermedades también han sido descritas, entre ellas la pudrición por Phytophthora, la cual ha sido transferida a variedades adaptadas. Lee 68, Lee 74, Pickett 71 y Tracy, son algunas de las variedades convertidas en tipos resistentes a las pudriciones radiculares mediante la retrocruza.

B. Mejoramiento por Resistencia a Insectos

En la evaluación de germoplasma de soya se ha hecho muy poco trabajo para identificar líneas resistentes a insectos. Sin embargo, con el descubrimiento de líneas resistentes al saltahoja de la papa (líneas de pubescencia densa), surge la posibilidad de obtener líneas resistentes a otros insectos si se efectúan las evaluaciones adecuadas. Fuentes de resistencia a otros insectos defoliadores y masticadores de vainas han sido encontradas últimamente y están siendo introducidas en variedades de mejor adaptación agronómica. Algunas variedades resistentes al nematodo de las agallas han sido obtenidas en los EEUU.

C. Mejoramiento por Mejor Calidad y Germinación de las Semillas

Uno de los mayores problemas en el cultivo de la soya es asegurar una población adecuada de plantas. La pobre capacidad germinativa en la soya se debe en parte a factores inherentes y parcialmente a factores ambientales adversos. El clima cálido y húmedo de los trópicos reduce la calidad de la semilla en la época de maduración y causa pérdida rápida de viabilidad durante su almacenamiento.

Se ha reportado que existe variabilidad genética en la calidad de semilla de la soya. Los resultados indican una considerable diferencia respecto a la pérdida de capacidad germinativa durante el almacenaje, en donde generalmente los genotipos de semilla pequeña mantienen mejor germinación. En ensayos con líneas isogénicas con antecedentes de la variedad Lee, se encontró que los tipos de semilla pequeña mantenían mejor germinación (83.4%) que los tipos con semillas más grandes (57%). En estudios separados se encontró que en tipos de semilla más pequeñas el requerimiento de agua para una completa imbibición fue menor, y que la emergencia de la radícula fue mucho más rápida, en comparación con los tipos de semilla más grandes.

Esta capacidad de rápida germinación con menor requerimiento de agua puede ser una ventaja favorable en ciertas condiciones. Más aún, las semillas pequeñas son menos susceptibles al daño mecánico durante la cosecha y el procesamiento. O sea que, el pequeño tamaño de la semilla parece ser un buen índice de selección para una mejor capacidad germinativa.

Sin embargo, la reducción a un tamaño menor a 11 g/100 semillas puede reducir los rendimientos de grano así como el contenido de aceite; por esto, el rango deseado en tamaño de semilla sería entre 11 y 15 g/100 semillas.

D. Mejoramiento para Mayor Nodulación

En la nodulación de la soya se han observado fallas cuando los suelos son bajos en materia orgánica y la acidez o la alcalinidad son altas. Esto hace necesario que las variedades introducidas posean adaptación a condiciones locales.

Una considerable variación genética ha sido observada en la habilidad para formar nódulos bajo diferentes condiciones de suelo, tanto en variedades de soya como en cepas de Bradyrhizobium japonicum, indicando que si un amplio germoplasma de soya es evaluado en suelos con problemas de respuesta a la inoculación, se podrían identificar líneas con nodulación deseable.

E. Desarrollo de Variedades para Condiciones de Días Cortos

La mayoría de las variedades en uso que han sido evaluadas en los trópicos se han importado de los EEUU. Cuando crecen bajo las condiciones de días cortos de los trópicos, estas variedades frecuentemente florecen y maduran antes que se alcance un crecimiento adecuado. Esto causa reducciones en rendimiento como también en la calidad de las semillas.

Cuando estas variedades crecen en diferentes alturas pero en latitudes similares, el número de días requeridos para alcanzar la madurez aumenta con la elevación, indicando su sensibilidad a la temperatura. Por eso, la sensibilidad de las variedades de soya al fotoperíodo como también a la temperatura deben ser consideradas para una adaptación local exitosa.

Evaluaciones del germoplasma mundial de soya del USDA han revelado, que muchas líneas maduran más tarde que la variedad Hardee y que ellas pueden dar buenos resultados en los trópicos. Estas líneas han sido clasificadas en los grupos de madurez IX y X. La mayoría de estos materiales fueron originalmente colectados en países tropicales como Indonesia, Australia, Tailandia, Malasia, Filipinas e India. Estos genotipos deben ser usados en programas de mejoramiento de soya en los trópicos.

F. Métodos de Mejoramiento y Criterios de Selección

El mejoramiento de variedades de soya en diferentes países ha seguido la ruta familiar de introducción, selección e hibridación.

Los métodos para manejar poblaciones segregantes después de la hibridación han sido en lote o por pedigrí, ligeras modificaciones o combinaciones de éstos, o mejoramiento por retrocruzas. El procedimiento exacto varía, según el parentaje usado y la preferencia y objetivos del investigador.

Los objetivos actuales en programas de soya en el trópico son los de desarrollar variedades resistentes a enfermedades con mejor calidad de semilla, mejor germinación, madurez apropiada y alto rendimiento. Es decir, mayor énfasis en el mejoramiento de caracteres en vez de mejoramiento por alto rendimiento per se.

XI. PROCESAMIENTO Y UTILIZACION DE LA SOYA

En la actualidad la soya puede ser cultivada en muchas regiones del mundo y posee un gran potencial para la solución de problemas nutricionales en las regiones tropicales. Los mayores componentes de las semillas de soya son proteína y aceite. La proteína de soya posee un contenido adecuado de aminoácidos esenciales. Es también una buena fuente de minerales y una fuente adecuada de vitaminas del complejo B, excepto B12. Sin embargo, las semillas son bajas en α -caroteno (pro-vitamina A) y ácido ascórbico (vitamina C), y éstas, así como Ca y Zn, deben ser adicionadas a alimentos como la leche de soya cuando ésta es usada para la alimentación de niños e infantes.

La calidad nutricional de la soya puede reducirse por la presencia de compuestos químicos que afectan su utilización. Los factores antinutricionales conocidos en plantas incluyen inhibidores de proteasa, lectinas, oligosacáridos, antivitaminas, saponinas, etc. El más importante en soya es el inhibidor de la tripsina que causa reducción en el crecimiento porque afecta la digestión de las proteínas; pero este efecto se reduce cuando la soya se cocina por 10-20 minutos. Otros procesos como tostado, microonda y extrusión desactivan al inhibidor de la tripsina. Las lectinas o hemagglutinas pueden causar aglutinación de algunas células rojas de la sangre, pero este efecto también se reduce con el calor.

A. Procesamiento industrial

Estos procesos están diseñados para mejorar el valor alimenticio de la soya mediante la inactivación de factores antinutricionales y el incremento de la disponibilidad de nutrientes. Muchos de estos procesos combinan la extracción de aceite y la producción de la torta residual que es usada como fuente de proteínas en alimentos para consumo animal o como harina en productos alimenticios.

1. Extracción de aceite

Los procesos de presión hidráulica, presión de tornillo y el uso de solventes son los métodos más usados para la extracción de aceite.

Las industrias modernas de extracción de aceite usan el proceso de extracción con solventes, siendo el más usado el hexano. En un primer

paso, los granos se acondicionan en hojuelas y son colocados en un extractor-percolador de vapor sellado, en el cual el solvente es percolado a través de las capas de hojuelas de soya, disolviendo el aceite. El aceite crudo se somete a un proceso de refinamiento, seguido de un proceso de eliminación del solvente mediante calor de vapor y secado a 10% de humedad, lo cual también destruye los factores antinutricionales como inhibidores de tripsina, ureasa y hemoglutininas.

2. Harinas de soya

La torta, subproducto del proceso de extracción de aceite, puede ser usada como materia prima en la industria para producir harinas. También se puede producir harina de granos enteros de soya mediante vapor o hervido, secado a 5% de humedad y luego triturado y molido. La leticina de soya puede ser agregada a cualquier tipo de harina.

La harina de soya y su disponibilidad para los trópicos es muy importante si se desea incrementar su consumo y aceptación; la harina de soya es fácil de producir y utilizar a nivel doméstico en muchos países y su producción y comercialización debe ser promovida en los trópicos.

3. Concentrados proteícos de soya

Estos concentrados deben contener >70% de proteínas en base seca. Se obtienen al remover los carbohidratos solubles, como estaquiosa y rafinosa, de las hojuelas mediante los procesos de blanqueado con alcohol, blanqueado con ácido y humedad/calor. La composición de los concentrados producidos bajo estos tres procesos es similar, pero el índice de solubilidad de nitrógeno (ISN) varía; el ISN obtenido por el proceso de blanqueado con ácido resulta ser el más alto (~70).

4. Torta de soya

En el proceso de extrusión los granos pasan por la cámara cilíndrica del extrusor por menos de 30 segundos a una temperatura alrededor de 135°C. Este período corto y la alta temperatura es suficiente para cocinar los granos sin dañar sus componentes nutricionales y, además, promueve la destrucción de los factores antinutricionales como el inhibidor de la tripsina. Hay dos tipos de extrusores para torta con grasa completa: seca y húmeda. En ambos casos los granos son presionados hacia afuera de un barril extrusor. En la extrusión húmeda, los granos son cocidos con vapor antes del proceso de extrusión. En la

extrusión seca, los granos son finamente molidos en un molino y luego pasan por la extrusión sin adición de agua o vapor. Existe tecnología desarrollada por INTSOY, Universidad de Illinois, que utiliza un extrusor de un solo tornillo en un proceso de extrusión seca de bajo costo. Otro proceso desarrollado por INTSOY, es el de la expulsión mecánica de aceite en combinación con la extrusión seca, en el cual el extrusor está directamente ligado a la prensa mecánica de aceite. Este sistema produce un aceite natural de alto grado que retiene todo el ácido alfa-linoleico (factor Omega 3) de la soya cruda.

Además de aceite, otro producto final del proceso combinado de extrusión y expulsión es una torta de alta calidad parcialmente desgrasada. Esta puede ser molida, y la harina puede ser usada en productos alimenticios como alimentos infantiles, pan, tortillas, sopas y pasabocas.

B. Consumo directo

La soya no es un alimento tradicional en la mayoría de las regiones tropicales y la gente conoce muy poco acerca de su valor nutritivo o cómo utilizarla en sus dietas; por lo que son necesarios programas que permitan promover su consumo, incluyendo información sobre su utilización y su valor nutricional. Para que la soya sea más adecuada a los gustos de la población, debe agregarse a los alimentos tradicionales como un ingrediente complementario, para mejorar el valor nutricional de estos y bajar sus costos.

En el lejano oriente, la soya se consume en forma de alimentos fermentados y no fermentados. Entre los fermentados se encuentran el shoyu, miso, mato y tempeh; mientras que entre los alimentos no fermentados se encuentran la leche de soya, tofu, juba y kinako.

XII. EL CULTIVO DE LA SOYA EN HONDURAS

En 1972, el Ministerio de Recursos Naturales reportó el inicio de la producción comercial de soya en pequeña escala en varios departamentos del país (Olancho, El Paraíso y Comayagua). Tres variedades eran utilizadas en ese entonces: Biloxi, Hardee y Júpiter. Sin embargo, antes de que estos reportes fueran hechos, ya la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) había sembrado algunas hectáreas con las variedades Júpiter y Pelicano.

A través de un convenio firmado en el año 1974 entre la Dirección General de Desarrollo Rural de Recursos Naturales y el Departamento de Investigaciones Agrícolas Tropicales de la Tela Railroad Company, se obtuvo la variedad Siatsa 194 (Biloxi x Hardee). Ese mismo año se fundó el Programa Nacional de Soya de Recursos Naturales.

Para 1982, la Secretaría de Recursos Naturales (SRN), a través del Proyecto de Producción y Consumo de Soya, liberó la variedad Darco 1 y más recientemente la variedad Regional 4. Durante 1988 la EAP introdujo la variedad Clark, que es significativamente más precoz en comparación con otras variedades comerciales también introducidas. Su período de crecimiento hasta la cosecha es de aproximadamente 90 días. Posee una buena adaptación y por su porte bajo y erecto puede ser sembrada a altas densidades. En estos momentos, la EAP evalúa otras líneas de soya de excelente potencial de rendimiento, así como cepas de Bradyrhizobium más eficientes.

A pesar de que el cultivo de soya ha sido promovido durante varios años a través de las diferentes instituciones gubernamentales, la expansión de esta leguminosa de grano no ha sido satisfactoria. Se aduce que es debido a los incentivos limitados a los productores; la producción nacional de soya apenas representa el 1.9% de la demanda. Durante los años 1987 y 1988 las importaciones ascendieron a 4 mil toneladas métricas, lo que representó el 98.2% de la demanda total.

El Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola (IHMA) ha reportado que Honduras ha importado durante los años 1982 a 1986 un promedio anual de 18 642 TM de soya (torta, harinas, aceite y semilla), por un valor de más de seis millones de dólares.

El Proyecto Nacional de Soya reportó que en 1986 apenas se sembraron aproximadamente 525 ha, en el Centro, Norte, Sur y Oriente del país.

En 1990, el gobierno, a través de la SRN realizó un esfuerzo para desarrollar un plan que permitiera incrementar la producción nacional de soya, pretendiendo, en un plazo corto de 5 años, alcanzar un mínimo de 14 000 ha sembradas (1994); sin embargo, después de casi 6 años, no se han producido cambios deseables en el área sembrada con soya.

Algunos de los incentivos gubernamentales se reflejan en el reconocimiento de la soya dentro de la categoría de grano básico (Decreto Ley 65-89), lo que significa que el cultivo gozará de financiamiento para su producción por los bancos nacionales.

A continuación se presenta un resumen de las regiones del país que presentan las mejores condiciones para la siembra de soya, además del potencial de rendimiento y las fechas de siembra recomendadas para cada zona (Cuadros 10 y 11).

Cuadro 10. Area y rendimientos potenciales para el cultivo de la soya en regiones de Honduras (Secretaría de Recursos Naturales, 1989).

Regiones	Rendimiento promedio(kg/ha)	Area (ha)
<u>Región Sur</u>	1 100-1 600	
Costa de los Amates de Valle		2 000
Zonas cañeras de Choluteca		4 900
Cooperativas Algodoneras		1 000
Rotación con melón		1 000
<u>Valle del Río Aguán</u>	1 600-1 800	
Alto, Medio y Bajo Aguán		14 000
<u>Región Norte</u>	1 800	
El Progreso		2 900
Morazán, El Negrito		1 000
San Alejo		1 000
Río Lindo-Villanueva		4 900
<u>Región Occidental</u>	1 600-1 800	
Quimistán		2 000
La Entrada		2 000
<u>Región Centro Occidental</u>	1 400-1 600	
Valle de Comayagua		2 900
<u>Región Central</u>	1 400-1 600	
Talanga y Cantarranas		1 000
Valle de Siria		1 000
Valle de El Zamorano		400
Guaymaca		400
<u>Región Centro Oriental</u>	1 600-1 800	
Juticalpa		7 800
Catacamas		7 800

Cuadro 11. Epocas de siembra recomendadas para el cultivo de soya en Honduras (Secretaría de Recursos Naturales, 1989).

Región Sur	1 abril - 15 mayo (rotación con melón cuando hay riego) 1 junio - 15 agosto
Región Centro Occidental (Comayagua)	1 abril - 15 mayo (rotación con melón y hortalizas cuando hay riego) 1 junio - 15 agosto.
Región Central	1 junio - 15 agosto
Región Occidental	1 junio - 15 agosto
Región Nor Oriental	1 junio - 15 agosto (Olancho)
Región Norte y Litoral Atlántico	1 noviembre - 15 enero
Bajo Aguán	1 noviembre - 15 enero
Medio y Alto Aguán	1 junio - 20 agosto

En todas las regiones, sin incluir la Región Norte, Litoral Atlántico y Bajo Aguán, se puede sembrar bajo riego del 1 de noviembre al 15 de enero. Se puede obtener excelente calidad de semilla con un rendimiento potencial de 1 800 kg/ha.

Variedades comerciales

Las variedades comerciales disponibles para la siembra de soya en Honduras son Regional 4 y Darco 1, promocionadas por la SRN; Siatsa 194, por la EAP; FHIA 11 y FHIA 15, por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA); y Cristalina, por la empresa Bonampak de Guatemala. Algunas de las principales características agronómicas de estas variedades se indican en el cuadro 12.

Cuadro 12. Comportamiento agronómico de variedades comerciales de soya existentes en el mercado nacional de Honduras.

Variedad	Rendimiento (kg/ha) ^z	Maduración (días)	1ra.vaina (cm)	Altura Resistencia acame	Altura planta (cm)	Peso 100 semillas (g)
Regional 4	1 750	109	14	tolerante	70	13.7
Darco 1	1 870	106	15	tolerante	76	12.3
Siatsa 194	2 120	104	17	tolerante	74	13.5
FHIA 11	1 660	111	19	tolerante	66	13.5
FHIA 15	2 380	109	15	tolerante	74	17.5
Cristalina	2 250	110	14	tolerante	55	16.7

^z Promedio de 3 localidades en Honduras (Ensayo Regional Centroamericano, 1988).

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais (EPAMIG). 1978. Soja: cultura em expansao. Inf. Agropec. 4(43):2-56 (Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil).*
- FAO. 1993. Anuario de Producción de 1992. Colección FAO: Estadística 112. Vol.46. FAO, Roma, Italia, 281p.*
- FAO. 1994. Tropical Soybean: Improvement and production. Prepared by scientists from the National Soybean Research Center, the Brazilian Agricultural Research Enterprise, (EMBRAPA/CNPSo), Londrina, Brazil. FAO Plant Production and Protection Series No. 27, Rome, Italy, 254p.*
- Fehr, W.R. y C.E. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Special Report No. 80, Iowa State University, Ames, Iowa, 12p.*
- Martín, J.H., W.H. Leonard y D.L. Stamp. 1976. Principles of Field Production. 3 ed. McMillan Publ. Co., Inc., New York. 1118p.*
- Montero, R.A. y E.J. Mata. 1988. La Soya: Guía para su cultivo y consumo en Costa Rica. Edit. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.*
- Pitty, A. y R. Muñoz. 1993. Guía práctica para el Manejo de malezas. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, 223p.*
- Pulver, E. 1974. Control de malezas en soja. Rev. Comalfi 1: 156-175p.*
- Sediyama T., M.G. Pereira, C.S. Sediyama y J.L. Lopes-Gomes. 1989. Cultura da Soja. Universidad Federal de Vicosa, Imprenta Universitaria, Vicosa, Minas Gerais, Brasil. I Parte 96p. y II Parte 75p.*
- Sinclair, J.B. y P.A. Backman. 1989. Compendium of soybean diseases. 3 ed. APS Press, St. Paul, Minnesota, EE.UU., 106p.*
- Singh, R.J., K.P. Kollipara y T. Hymowitz. 1988. Further data on the genomic relationships among wild perennial species (2n=40) of the genus Glycine Willd. Genome 30:166-17652.*