

EL CULTIVO DE LA SOYA

BIBLIOTECA WILSON POPLE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA, HONDURAS

Juan Carlos Rosas, Ph. D.
Roberto Young, M. Sc.

Este documento reúne información recopilada a través de revisión de literatura realizada durante los últimos cuatro años y la experiencia personal de los autores. Ha sido producido para ser utilizado como material básico en las clases de "El Cultivo de la Soya", parte del curso de Cultivos Industriales (Agronomía III), y como información general sobre este cultivo para las personas e instituciones interesadas.

El presente manuscrito ha sido producido con la colaboración de Noemi Sevilla, Secretaria, Departamento de Agronomía, en el procesamiento y edición de la información, y José Alfredo Martínez, Departamento de Desarrollo Rural, en el diseño de la carátula y diagramas. A ellos nuestros más sinceros reconocimientos.

Juan Carlos Rosas
Roberto Young

Tercera Edición, Escuela Agrícola Panamericana-El Zamorano, Honduras, Agosto 1991.

El Cultivo de la Soya

<u>Capítulo</u>	<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
I	Generalidades	1
II	Morfología de la planta de soya	5
III	Fisiología del crecimiento y desarrollo de la planta de soya.	7
IV	Factores ambientales que afectan el cultivo de la soya.	13
V	Prácticas culturales	21
VI	Nutrición mineral del cultivo de la soya.	28
VII	Enfermedades que afectan el cultivo de la soya y su control.	36
VIII	Insectos que atacan al cultivo de la soya.	45
IX	Cosecha y almacenamiento	52
X	Mejoramiento de la soya	54
XI	El cultivo de la soya en Honduras	58

EL CULTIVO DE LA SOYA

I. GENERALIDADES

Ia. Importancia Económica

La soya es el cultivo leguminoso de grano más importante a nivel mundial en términos de producción total e intercambio internacional. Durante los últimos 15 años, la soya 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 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 este país alcanza a desplazar a China en el ámbito de exportación internacional. Argentina recientemente se ha convertido en uno de los mayores productores de soya, habiendo seguido el mismo patrón de expansión utilizado por Brasil.

Estados Unidos, Brasil, China y Argentina juntos representan entre el 90 al 95% de la producción mundial de esta leguminosa. El Cuadro 1 nos presenta un resumen del panorama global de los países productores.

Cuadro 1. Producción Mundial de Soya.

País	Area (1000 ha)	Producción (1000 t)	Rendimiento (t/ha)
EE.UU.	28645	61969	2.16
Brasil	8300	14600	1.76
China	8300	8700	1.04
Argentina	2000	3400	1.70
México	390	550	1.41
Paraguay	370	550	1.49
Colombia	56	110	1.96
Bolivia	45	79	1.75
Uruguay	20	25	1.25
Nigeria	165	65	0.39
URSS	800	480	0.60
Rumanía	315	325	1.03
Indonesia	780	620	0.79
India	550	650	1.18
Total mundial	<u>52417</u>	<u>94843</u>	<u>1.81</u>

Fuente: USDA - Foreign Agricultural Service (1983).

Ib. 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 de grano. En general las soyas con bajo contenido de grasa son altas en proteínas y viceversa.

La proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales para alimento animal y humano, 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 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. Al igual que otras semillas de leguminosas comestibles poseen un alto contenido de vitamina B1 (tiamina).

Cuadro 2. Composición química (porcentaje) del forraje y granos de soya.

	Humedad	Cenizas	Proteína cruda	Carbohidratos		Aceite o grasa
				Fibra cruda	Libre de extractos-N	
Forraje ^a	75.1	2.6	4.0	6.7	10.6	1.0
Henov	8.4	8.9	25.3	24.3	38.8	3.8
Granos	6.4	4.8	39.1	5.2	25.8	18.7

^a, y Follaje verde y seco, respectivamente. Fuente: Martin, Leonard y Stamp (1976).

Ic. Historia

Las evidencias actuales indican a la mitad Este del Norte de China como el área en que la soya cultivada (Glycine max) emerge como un cultivo domesticado alrededor del Siglo XI A.C. La migración de la soya de esta área hacia el Sur de China, Corea, Japón y el S.E. 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 por varios años después, 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 hasta la tercera década del Siglo XX. La fecha más temprana del conocimiento de su

introducción en Brasil es 1882. La producción de soya en Brasil se ha expandido grandemente, y este país ha llegado a ser el segundo productor mundial después de los EE.UU. En los últimos años el mayor énfasis en los programas de mejoramiento ha sido el desarrollo de variedades de alto rendimiento, que posean alto 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. En el pasado, la mayor parte del aumento 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, se necesitarán incrementos en rendimientos que deberán provenir del desarrollo de nuevos cultivares de soya.

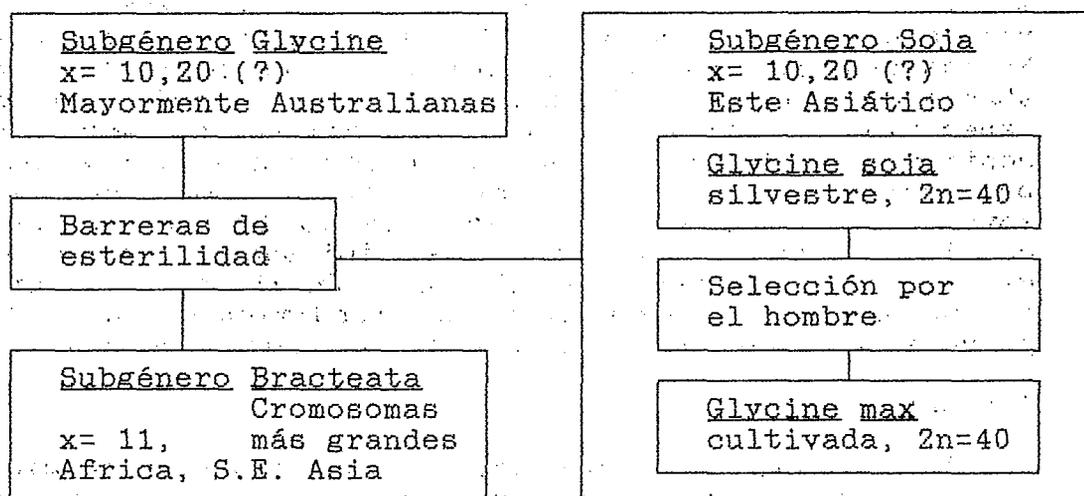
Id. Taxonomía

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. El género Glycine es subdividido en tres subgéneros: Glycine, Bracteata y Soja, tal y como se presenta a continuación (Cuadros 3 y 4):

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

Nombre	2n	Distribución
Subgénero <u>GLYCINE</u> (x=20)		
<u>G. clandestina</u>	40	Australia, Pacífico Sur
<u>G. falcata</u>	40	Australia
<u>G. latrobeana</u>	--	Australia
<u>G. canescens</u>	40	Australia, S.E. Asia
<u>G. tomentella</u>	40,80	Australia, S.E. Asia
Subgénero <u>BRACTEATA</u> (x=11)		
<u>G. wightii</u> (soya perenne)	22,44	Africa, S.E. Asia
Subgénero <u>SOJA</u> (x=20)		
<u>G. soja</u> (soya silvestre)	40	Este de Asia
<u>G. max</u> (frijol soya)	40	Cultivada
<u>Glycine max</u>		
Familia: Leguminosae		
Sub-Familia: Papilionoideae		

Cuadro 4. Relaciones del frijol-soya (Glycine max) y sus parientes del género Glycine.



Glycine max no ha sido encontrada en forma silvestre. Probablemente se originó de G. soja 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. Híbridos entre G. soja y soya han sido producidos por numerosas personas. La evidencia actual indica que existen pocas, o ninguna, barrera citogenética al flujo de genes entre G. soja y soya.

Basado en el número de cromosomas, tamaño de 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: aumento en tamaño de 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.

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 encuentran 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 fijan nitrógeno atmosférico que es utilizado por la planta, la cuál le provee a cambio hidratos de carbono para su desarrollo.

El tallo y las hojas son producto del crecimiento y 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 arriba se desarrollan un par de hojas unifoliadas y 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, estructura 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 andróceo está formado por 10 estambres, encontrándose estos 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.

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 la semilla 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, lluvia, heladas, sequía, etc. Sin embargo, el hombre puede influir significativamente en el desarrollo y productividad del cultivo a través de la aplicación de pesticidas, fertilizantes, fechas y métodos de siembra y prácticas culturales utilizadas.

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

IIIa. 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 en base a 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.

Es común encontrar entre las plantas de soya variaciones en el desarrollo entre la etapa vegetativa y la reproductiva. La fecha de siembra, variedad utilizada, localidad y condiciones climáticas, cualquiera de ellas, pueden influir en la cantidad de follaje que se puede desarrollar 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 menos de la mitad de su altura final.

Variedades determinadas

1. Después del inicio de la floración las plantas crecen muy poco.

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

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

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

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

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

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

IIIb. 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 nudos cotiledonares son los primeros nudos y se encuentran uno opuesto del otro en el tallo principal. Asimismo, los dos nudos unifoliareos se localizan directamente opuestos uno del otro inmediatamente arriba de los nudos cotiledonares.

Todos los nudos por encima de los nudos unifoliareos se alternan a ambos lados a lo largo del tallo principal.

Los nudos en el 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.

La descripción detallada de las etapas vegetativas de una planta de soya se indica en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Descripción de las etapas vegetativas de una planta de soya y la duración en días de cada etapa.

Etapa	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).
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).

Fuente: Montero R.A. y E.J. Mata. 1988. La Soya: Guía para su cultivo y consumo en Costa Rica. Edit. Univ. Costa Rica, San José, Costa Rica.

IIIc. Descripción de las etapas reproductivas

Las ocho etapas R (reproductivas) se dividen en cuatro partes: R1 y R2, describen la floración, R3 y R4, desarrollo de vainas, R5 y R6, desarrollo de granos, y R7 y R8, la maduración de la planta.

En el Cuadro 6 se presenta una descripción más precisa de cada etapa.

Cuadro 6. Descripción de las etapas reproductivas de una planta de soya y la duración en días de cada etapa.

Etapa	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 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.

Fuente: Montero R.A. y E.J. Mata. 1988. La Soya: Guía para su cultivo y consumo en Costa Rica. Edit. Univ. Costa Rica, San José, Costa Rica.

IIIId. 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 R5.5 la acumulación gradualmente cambia hacia las vainas y granos.

La tasa de crecimiento de las hojas, peciolos 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 R5.5, el peso seco es máximo en estas partes vegetativas y empieza a reubicarse en los granos en rápido desarrollo. La pérdida de hojas y peciolos empieza en las etapas V4 a V5 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 peciolos se han caído.

La floración es iniciada a la R1 en el tercero a sexto nudo del tallo principal y desde ahí progresa hacia arriba y hacia abajo. Para 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 que una flor individual se abre, los pétalos se secan y la vaina empieza a alargarse. Después de 2-2 1/2 semanas de que ésta 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 (Fig. 1).

Las semillas (granos) dentro de una vaina individual no empiezan a crecer rápidamente hasta que la vaina no alcanza su longitud máxima. Desde que las semillas individuales más grandes en una planta a la R5 tienen casi 5 mm de largo, éstas pocas semillas empiezan una rápida acumulación de peso seco. Para la R5.5, 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 R6.5 y se detiene para la R7 (Fig. 1).

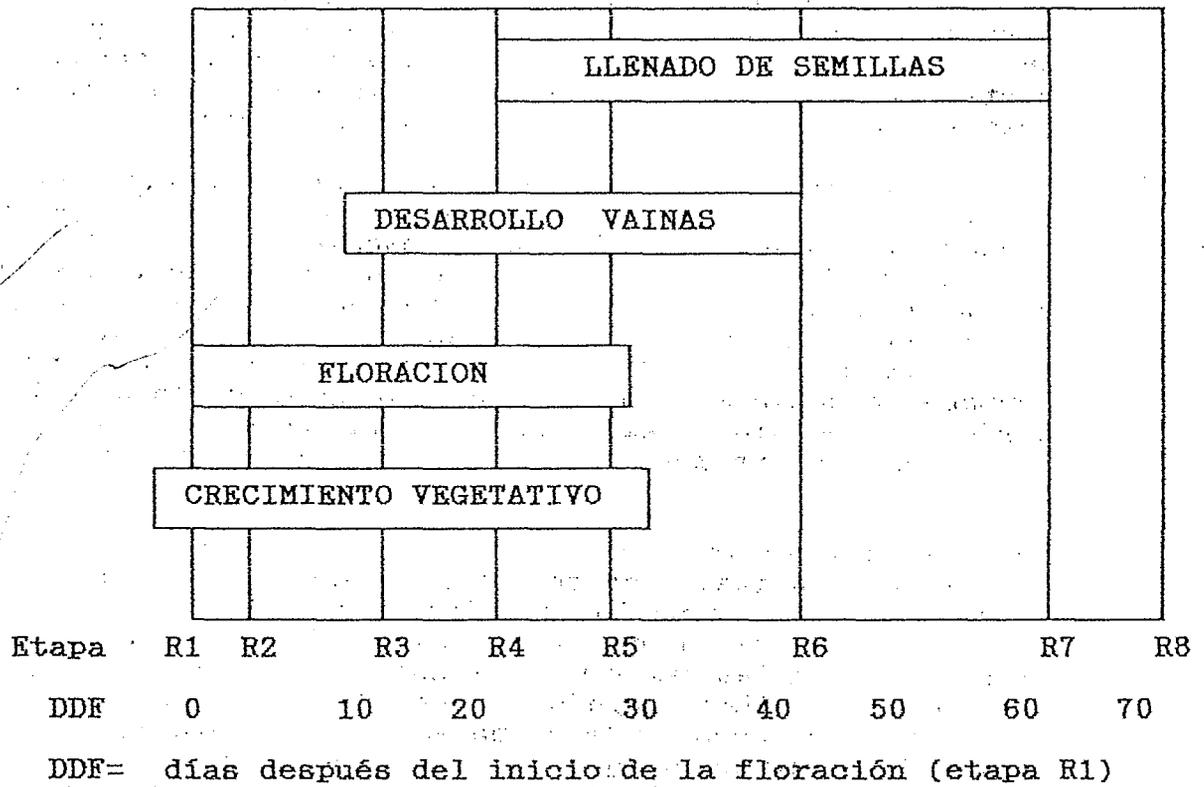


Figura 1. Desarrollo de la planta de soya a través de las etapas reproductivas.

IV. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE LA SOYA

IVa. Agua

El agua es frecuentemente el factor limitante primario en la producción de soya y es por lo tanto una importante preocupación en el manejo de este cultivo.

La cantidad de lluvia requerida por el cultivo de soya puede oscilar en un rango entre ~~330~~ a ~~766~~ mm de agua. Debe tomarse en consideración que el uso del agua puede ser afectado por varios factores, entre ellos:

1. Longitud del periodo del cultivo.
2. Tasa de desarrollo del cultivo antes de cubrir totalmente el suelo.
3. La 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 caída fuera adecuada para cada periodo de crecimiento, hasta llegar a la cosecha en que la precipitación debe ser nula. El primer periodo 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 periodo crítico es durante la formación de vainas y el llenado del grano; si falta agua en este periodo no habrá producción económica. Un estrés hídrico durante la floración y el desarrollo de vainas puede resultar 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 en rendimiento entre variedades están mayormente relacionadas a las diferencias en rendimiento producido bajo condiciones deficientes de humedad. Existen algunas diferencias varietales a la sequía. Además de tener la habilidad para tolerar periodos cortos de sequía, la soya puede tolerar periodos cortos de exceso de agua relativamente mejor que el maíz y caupi. 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 las regiones con distribuciones de lluvia bimodales la soya generalmente produce altos rendimientos, pero semilla de más baja calidad es obtenida en la primera estación que en la segunda. Generalmente la segunda estación es corta y no muy deseable, a menos que se disponga de riegos suplementarios. En las regiones con distribuciones de lluvia monomodales, las variedades de duración media o tardía son más adecuadas que las variedades de corta duración.

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, posiblemente la falta de oxígeno disponible para la semilla y las raíces sería la causa principal. Otro factor importante es el desarrollo de microorganismos patógenos que se ven favorecidos bajo estas condiciones y que atacarán la semilla y raíces. La hidratación rápida del tejido cotiledonal externo comparado con el tejido interno puede causar lesiones graves en los cotiledones; ésto puede suceder cuando semilla con un contenido de humedad bajo ($\pm 6\%$) 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 cuanto a la tolerancia al exceso de agua en el suelo. Mayores reducciones en el rendimiento de granos se han observado 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 ha 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 en la reducción del número de vainas, la cuál 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 disminuyeron en condiciones de HR bajas. La baja HR también favorece la dehiscencia de vainas.

Manejo del Agua de Riego

Suelos de textura pesada (arena fina, franco-arenoso).

Por lo general estos suelos presentan una reducida capacidad de almacenamiento de agua. Para estos casos se recomiendan 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).

El uso de tensiómetros u otro método para medir estos parámetros son recomendados. 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 media y liviana. 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.

Riego en Soya

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

La aplicación del riego al cultivo de soya se recomienda normalmente para las etapas reproductivas del cultivo; sin embargo, cuando se utilizan variedades indeterminadas el traslape entre las fases vegetativa y reproductiva requerirá el inicio del 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, la cual 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 más adecuadas en donde el suplemento de agua necesario debe estar disponible para las plantas son durante el desarrollo de la vaina y el llenado del grano.

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

Entre 250 a 275 mm de agua se requieren para el cultivo desde la floración (R2) hasta completar el llenado de grano (R6). Un riego efectivo más la lluvia deberá proporcionar al cultivo 75 mm durante cada etapa R1-R2 y R3-R4, y 115 mm durante las R5-R6. Bajo un régimen de lluvias normal, altos rendimientos pueden ser obtenidos con 2 riegos de 75 mm cada uno, a la floración o formación de vainas y al inicio del llenado del grano. En regiones muy secas un riego adicional de 75 a 125 mm podría ser necesario.

IVb. Luz - Fotoperíodo

La soya en el campo 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 para 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 a la inducción e 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 con este cultivo en el trópico donde los días son más cortos que en altas latitudes y donde las pequeñas variaciones en la longitud del día que ocurren a lo largo del año, pueden ser determinantes en 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 nuestras condiciones.

Las variedades que requieren mayores horas de luz para lograr un desarrollo vegetativo completo, al ser llevados a un ambiente de días más cortos florecen prematuramente, alcanzando un tamaño muy pequeño y no manifiestan toda su capacidad de producción.

IVc. Temperatura

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

Generalmente la semilla de soya tiene capacidad de germinar bajo temperaturas entre los 10 hasta los 40°C. Pero la emergencia se ve favorecida más rápidamente entre los 25 a los 30°C.

Temperaturas entre los 10 y 15°C durante el crecimiento vegetativo de la soya pueden causar daños al cultivo. Temperaturas debajo de los 15°C previenen la formación de vainas en muchos cultivares de soya.

Un aumento en aborto y caída de flores y vainas ocurre a altas temperaturas (encima de 38°C).

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 puede ser reflejada en la próxima época de siembra a través de la alteración de la calidad de la misma.

Las temperaturas óptimas para la maduración de semilla se encuentran dentro del rango de 25°C durante el día y 15°C durante la noche. Temperaturas mayores a estas pueden reducir la subsecuente germinación de las semillas, pudiendo ser responsables por las variaciones en la germinación y vigor de las plántulas de un año para otro.

IVd. Estación de crecimiento de la soya

En regiones tropicales y subtropicales, las estaciones de crecimiento son determinadas mayormente por los patrones de lluvias en vez de la temperatura, como ocurre con el caso de regiones templadas a altas latitudes. La soya evolucionó en una región templada donde el crecimiento vegetativo se llevó a cabo durante los días largos; mientras que el desarrollo de las semillas tomó lugar durante longitudes del día decrecientes. En latitudes subtropicales, los cambios en la longitud del día pueden ser suficientemente grandes para influenciar considerablemente los días a floración, días a maduración, y el crecimiento vegetativo. En estas situaciones las soyas normalmente se comportan mejor si ellas crecen vegetativamente cuando las longitudes del día son más largos, y desarrollan las semillas durante los periodos de longitudes del día más cortos. Sin embargo, en muchas áreas

los períodos de humedad óptimos del suelo no coinciden con los fotoperíodos óptimos. Donde estos conflictos existen y el riego no es posible, el período cuando la humedad del suelo es adecuada debe ser el seleccionado. Una estación de crecimiento con poco o sin déficit de humedad de cerca de 120 días 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 atrazar la siembra por 30 a 40 días después de iniciadas las lluvias. La calidad de la semilla es la mejor cuando la última lluvia coincide con la madurez fisiológica.

IVe. Suelo

En relación con las características físicas del suelo, la soya se adapta a casi todos los tipos de suelos; sin embargo, dentro de esa gama de variaciones existen determinados tipos que reúnen condiciones más propicias.

El suelo ideal sería aquel que reúna las siguientes características:

- a. Buena capacidad de retención de agua y nutrimentos disponibles para la planta.
- b. Aereación satisfactoria, permitiendo un adecuado desarrollo radical.
- c. No presentar una cama endurecida debajo de la superficie, que obstaculice el desarrollo de las plantas.
- d. Baja susceptibilidad a la erosión.

Los suelos de textura arenosa deben ser evitados debido a su baja capacidad de retención de agua y nutrimentos disponibles a las plantas.

Suelos de textura mediana con contenido de arcilla superiores al 20%, y los 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 de esta forma 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 debe preferir terrenos de topografía plana (0 a 3% de pendiente) o suavemente ondulados (4 a 8% de pendiente).

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

V. PRACTICAS CULTURALES

Va. 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 utilizan normalmente incluyen un pase de arado y una o repetidas labores de rastra efectuadas con una grada de discos, una rastra de dientes flexible u otro instrumento de este tipo. Cuando se incorporan al suelo grandes 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 grandes. 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, esto ofrece la oportunidad de programar cada año, una profundidad de preparación del suelo a diferente profundidad, 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, para dar tiempo suficiente para que reaccione, puede ser aplicada antes de la arada inicial, o en la cosecha anterior. Posterior a la preparación y antes de la siembra, se deben realizar muestreos en el área por sembrar para determinar la presencia de larvas de insectos en el suelo, especialmente Phyllophaga sp., Prodenia sp. y Feltia sp., y así programar su control.

Vb. Época de siembra

La época de siembra tiene efectos en las fechas de floración y maduración. La clave en la determinación de la época de siembra es la respuesta al fotoperíodo. Debido a que la soya es una planta de días cortos, sólo va a florecer cuando el fotoperíodo sea suficientemente corto. La reproducción y maduración también se llevan a cabo cuando el fotoperíodo decrece en duración. En el trópico, las épocas de siembra de soya van a estar determinadas mayormente por el patrón de lluvias (humedad del suelo). El crecimiento y la reproducción de la soya en esta situación deberán estar sincronizados con este factor climático y se deberá emplear soyas adaptadas al fotoperíodo presente en estas épocas de lluvia.

Vc. Densidad de siembra (población de plantas)

La densidad de población para 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 de acción recíproca.

Espacios entre hileras de 50 a 60 cm, dejando 20 a 25 plantas por metro de surco, han demostrado dar resultados de rendimientos altos. 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.

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

El desarrollo vegetativo en los trópicos de la mayoría de variedades de soya, 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 ha 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. Entretanto 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 recomienda distancias entre surcos desde 50 hasta 70 cm y 20-25 plantas/m lineal; en suelos de baja fertilidad reducir las distancias a 40-50 cm entre surcos manteniendo entre 20-25 plantas/m lineal.

Datos sobre efectos de la población de plantas se observan en el siguiente cuadro de un ensayo conducido en Ecuador.

Cuadro 7. Efecto del aumento en la densidad de plantas en el rendimiento de la soya en Ecuador.

Variedad	Rendimiento (kg/ha)		Incremento (%)
	100,000 pl/ha	400,000 pl/ha	
Pelican	1796	1939	8
Mandarin	2101	2135	2
Improved Pelican	2080	2539	22
Hardee	1930	2191	14
Lee 68	1500	2275	52
Davis	2003	2999	50
Clark 63	1695	2475	46
Corsoy	580	1323	128
Hark	1527	2241	47

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

Vd. Siembra

Cuando el área a sembrar es considerablemente grande, se recomienda utilizar variedades de ciclo precoz, medio y tardío; de esta forma se aumentará el período de cosecha, permitiendo que una máquina coseche más área. 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 conteniendo arena. Con 4 muestras de 100 semillas por muestra por lote sería suficiente. Después de la germinación se cuentan las plántulas y se calcula el porcentaje de germinación del lote. Después del cálculo de 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:

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

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 de surco)
 G= Porcentaje de germinación de la semilla
 DS= 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 de surco como también 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 haberse ajustado el número deseado de semillas/m, efectuar la prueba final en el campo, con el tractor ya en velocidad de trabajo, lo que permite observar el número de semillas por metro, su distribución y todavía si ellas están sufriendo algún daño mecánico. Se recomienda consultar el manual de operaciones de la sembradora, para el cambio de discos o poleas cuando ésto fuere necesario para alcanzar las condiciones ideales para la siembra.

Ve. Sistemas de cultivo de la soya

En los trópicos y subtrópicos las condiciones ambientales permiten la producción de cultivos durante casi todo el año. Una variedad de cultivos se encuentran creciendo en forma intercalada o secuencialmente en la misma área de terreno durante un mismo año. Desde que la soya está llegando a ser más popular y económica de ser cultivada, los agricultores están incluyendo este cultivo dentro de sus sistemas de producción.

En Asia se emplean los siguientes sistemas:

- Soya/arroz: la soya es sembrada en áreas recientemente cultivadas con arroz en un sistema sin labranza.

- Soya/arroz: en cultivo intercalado - la soya se siembra en hileras antes que el arroz sea cosechado principalmente para la producción de vainas verdes (habichuelas) que se venden como vegetales.

- Soya/otros cereales: la soya es sembrada 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 máximo retorno aunque el rendimiento de soya baja de 35-65% comparado cuando es cultivada en monocultivo.

- Soya/caña de azúcar: en Asia varias leguminosas, incluyendo soya y maní, son sembradas entre surcos de caña recién sembrados o recién cortados.

- Soya/cultivos de plantaciones: la soya reduce 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, en forma experimental.

Vf. Control de malezas

La reducción del rendimiento es en general, el tipo de daño más serio asociado con la competencia entre malezas y cultivos. Algunos factores importantes que afectan el grado de esta competencia son la densidad de población de las malezas, tipo de malezas, y condiciones de crecimiento. La competencia es mucho mayor en los trópicos y subtrópicos y la reducción en rendimiento tiende a ser mucho mayor que en las zonas templadas. Remover las malezas puede constituir un aumento en 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 el promedio de pérdida en rendimiento en los trópicos y subtrópicos debido a la competencia de malezas es de 50%, aproximadamente.

Datos de diferentes estudios conducidos en Colombia durante cinco años (ver Cuadro 8), indican que el promedio de reducción en el rendimiento causado por malezas anuales 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%.

Cuadro 8. Efecto de la competencia de malezas en el rendimiento de soya. Palmira, Colombia (Pulver, 1974).

Año	Rendimiento (kg/ha)		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			60

La época crítica durante la cual 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 cual aparecen nuevas generaciones de malezas que sobresalen en el cultivo. Esta infestación tardía no va afectar el rendimiento, pero afecta la calidad de la semilla cosechada y aumenta las pérdidas en la recolección por la interferencia con la labor de la combinada.

Métodos de control de malezas

En el presente existen varias opciones disponibles para el control de malezas. Estos métodos no deben pensarse que son independientes unos de otros, porque 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, él escogerá sólo aquellos que están disponibles y que son 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 (mulch)

Un sistema integrado y eficiente para el control de malezas debe ser parte vital en el mejoramiento de la producción del cultivo de soya. El uso de herbicidas juega un papel importante cuando es usado como parte de un sistema de control de malezas total, que utiliza los diferentes métodos de control.

Control químico

El uso de herbicidas en el cultivo de soya ha sido uno de los métodos más utilizados en 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 9 se presentan algunos herbicidas y mezclas de herbicidas que se utilizan en el control de malezas en el cultivo de soya.

Cuadro 9. Herbicidas y mezclas de herbicidas utilizados en el cultivo de soya.

Nombre técnico	Nombre comercial	Dosis(PC en kg o L/ha)			Epoca de aplicación ^y	Malezas que controla
		Suelo ^z				
		Are	Fra	Arc		
Trifluralin	Treflan	1.5	2.0	2.4	PSI	principalmente gramíneas
Alachlor	Lazo E.C.	3.5	4.0	6.0	PE	gramíneas y algunas hojas anchas
Metribuzin	Sencor	-	0.4	0.5	PE	gramíneas y algunas hojas anchas
Pendimetalin	Prowl 500	1.5	2.0	2.5	PE	gramíneas
Metoalachlor	Dual 720	1.5	2.0	2.5	PE	gramíneas
Bentazon	Basagran	2.0-3.0			PoE	hoja ancha
Fluazifop	Fusilade	1.5-2.0			PoE	gramíneas
<u>Mezclas de herbicidas (gramíneas y hoja ancha en general)</u>						
Trifluralin + Metribuzin	Treflan + Sencor	-	1.8	2.4	PSI	
		-	0.4	0.5		
Alachlor + Metribuzin	Lazo + Sencor	-	3.0	4.0	PE	
		-	0.3	0.4		
Metoalachlor + Chlorobromuron	Dual 720 + Maloran	2.0	-	2.5	PE	
		1.0	-	2.0		
Pendimetalin + Metribuzin	Prowl 500 + Sencor	-	-	2.0	PE	
		-	-	0.5		

Fuente: Informe Agropecuario. Año 4, No.43, Julio 1978, Belo Horizonte, Brasil.

^z Are (arenoso), Fra (franco) y Arc (arcilloso).

y PSI (pre-siembra incorporado), PE (pre-emergencia al cultivo) y PoE (post-emergencia al cultivo).

VI. NUTRICION MINERAL DEL CULTIVO DE LA SOYA

VIa. Generalidades

Las plantas de soya requieren todos los siguiente 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 SO₂ y H₂S) 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 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 etapas reproductivas que inciden directamente en el rendimiento.

Las cantidades de nutrimentos disponibles varían con el tipo de suelo, la profundidad, y las 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 10). Cerca del 50% de los elementos mayores, N-P-K-S, que la planta acumula son removidos por 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 diferentes nutrimentos en las diferentes partes de las plantas de soya son variables.

Las cantidades de nutrimentos tomados por las plantas temprano en la estación de crecimiento son relativamente bajas porque las plantas son pequeñas. Sin embargo, la concentración de nutrimentos en hojas individuales de plantas bien nutridas son tan altas en este período como más tarde. 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 de N).

La redistribución de los nutrimentos minerales de las partes viejas (maduras) de las plantas a las partes nuevas en crecimiento es la fuente primaria de algunos nutrimentos. Algunos nutrimentos son inmediatamente translocados de las partes viejas a las nuevas. La redistribución de N, P y S, es la fuente primaria de estos nutrimentos para el crecimiento de las semillas y resulta en una severa reducción de estos elementos en las hojas, peciolo, tallos y vainas durante la etapa avanzada del llenado de las semillas. Sin embargo, algunos nutrimentos como calcio son muy inmóviles en las

plantas y hay una pequeña distribución hacia las partes en crecimiento. La distribución de otros elementos en la planta generalmente son intermedias 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 10. Extracción de nutrientes por cada 1000 kg de rendimiento de semilla de soya.

Elemento	Absorción por la semilla	Absorción total de la planta (raíces, parte aérea, semilla)
	kg/1000 kg semilla	kg/1000 kg semilla
<u>Macronutrientes</u>		
Nitrógeno (N)	55 - 67	63 - 100
Fósforo (P)	4 - 9	7 - 13
Potasio (K)	15 - 19	30 - 42
Calcio (Ca)	3	22 - 48
Magnesio (Mg)	2 - 5	7 - 32
Azufre (S)	2 - 3	6 - 8

Fuente: Montero R.A. y E.J. Mata 1988. La Soya: Guía para su cultivo y consumo en Costa Rica. Edit. Univ. Costa Rica, San José, Costa Rica.

Vib. El encalado

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

La práctica del encalamiento de suelos demasiados ácidos es de suma importancia para propiciar un buen desarrollo y producción de la mayoría de las plantas.

El aumento del pH del suelo por el encalado permite que el fósforo y 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 a un nivel deseado (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 de cal necesaria puede ser efectuada 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 paréntesis 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 a 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 de aluminio, que mide la 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 sobre-encalado puede conducir a la deficiencia de los micronutrientes B, Cu, Fe, Mn y Zn, desequilibrio entre el Ca, Mg, y K, y fijación temporal del P.

Vic. Uso de fertilizantes y manejo de la fertilidad

Cuando el suelo no puede suplir los nutrientes requeridos por las plantas, se debe agregar fertilizantes para suplementar el abastecimiento normal de ellos. La absorción de nutrientes agregados al suelo no es siempre un proceso eficiente. Bajo buenas condiciones lo que se recobra de lo aplicado en un año varía entre 5 a 20% para el P y de 30 a 60% para K; para el caso del N puede ser menor a 30%.

La aplicación de fertilizantes a la soya

Varios factores influyen en las dosis de aplicación que deben ser consideradas. Una es la cantidad del elemento que debe de

ser usado en el cultivo. La segunda es la cantidad que es 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 considerar 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 los elementos en abundancia puede reducir el rendimiento porque una menor cantidad del elemento deficiente es absorbido.

En general, las pruebas de fertilización han demostrado que la soya responde a una relación N:P:K de 1:3:1.

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 tienen la habilidad de suplirse sus propias necesidades de N, siempre y cuando ellas hayan sido inoculadas o que el suelo contenga bacterias de Rhizobium 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, como se indica en la Figura 7.

Se estima que las plantas de soya absorben alrededor de 200 kg N/ha para un rendimiento de semilla de 2500 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 allí que resulta prácticamente prohibitivo fertilizar con nitrógeno este cultivo. Sin embargo, experimentalmente se han obtenido rendimientos superiores con fertilización química (Cuadro 11). La pregunta es, ¿será esta una alternativa económica?. En la práctica parece que no sería lo más recomendable.

Cuadro 11. Efecto de inoculación y fertilización nitrogenada en el rendimiento de soya (variedad Bossier) en siete localidades de Africa. IITA (1980).

Tratamiento	Rendimiento promedio siete localidades (kg/ha)
Control sin inoculación	1660
Inoculado (Cepa IRJ 2111)	2170
Fertilizante N (90 kg/ha)	2400

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 concentrarse 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 induce deficiencias de Zn y puede acentuar la deficiencia de K. Por eso, niveles moderados de fertilizante P son efectivos en aumentos de la producción. Una producción de soya de 2000 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 menos 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 a la siembra y la otra 30 o más días después, cuando las raíces están 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 está localizada 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.

VIId. 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 Rhizobium.

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. Trabajos de investigación han demostrado que aplicaciones hasta más de 200 kg de N/ha en forma de urea no presentan diferencias significativas en la producción de granos en comparación a 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:

- a. 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 N₂ fijado, siendo que estas dos etapas del sistema son controladas por factores genéticos independientes, y al mismo tiempo que son grandemente influenciadas por factores ambientales.
- b. 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 como de 3000 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.

- c. Las técnicas de inoculación y humedad y temperatura del suelo en el momento de la siembra, cuando son adecuadas, aumentan la sobrevivencia del Rhizobium alrededor de las raíces.
- d. 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. Para inocular la semilla para la siembra se deben tomar los siguientes cuidados y recomendaciones:

1. Observar siempre la fecha de vencimiento del inoculante.
2. Conservar el inoculante en lugar fresco o en refrigeradora, evitando altas temperaturas o exposición al sol.

Procedimiento

1. La inoculación de la semilla puede hacerse con la ayuda de una mezcladora o bien hacerse a mano en la tolva de la sembradora.
2. 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.
3. Mezclar la semilla con las manos hasta que esté totalmente humedecida.
4. 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 ya cultivados con soya anteriormente.
5. Mezclar bien todos los ingredientes.
6. 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 deben medir entre 5 a 8 mm, de superficie rugosa, y de 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 CONTROL

Existen más de 100 enfermedades que afectan al cultivo de soya; sin embargo, solamente 35 de ellas son consideradas de importancia económica por causar pérdidas significativas en el cultivo cuando se presentan.

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.

VIIa. Enfermedades Bacterianas

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

1. Añublo o tizón bacteriano

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

Organismo causal: Pseudomonas syringae (P. 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. Desfoliación temprana de las hojas bajas puede ocurrir.

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.

Control

1. Evitar sembrar cultivares altamente susceptibles en lugares donde la enfermedad es un problema potencial.
2. Sembrar semillas relativamente libres del patógeno.
3. Hacer rotaciones con cultivos no susceptibles.
4. Enterrar completamente los residuos vegetales durante la labranza después de la cosecha de soya.
5. 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 temperaturas cálidas y lluvias frecuentes predominan 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 var. sojensis.

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 son a veces confundidos con aquellos 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 distinguirse visualmente.

Control

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

3. Quemazón bacteriana

Organismo causal: Pseudomonas syringae pv. tabaci

La quemazón sólo se produce en plantas infectadas con pústula bacteriana, y, en general en focos aislados en el campo. Los síntomas son de una 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 para otro, o en la superficie de raíces de varias plantas. La transmisión por semillas infectadas también es posible.

Temperaturas elevadas, lluvias y vientos fuertes, favorecen la rápida dispersión de la enfermedad.

Control

1. Todas las variedades resistentes a la pústula bacteriana son resistentes a la quemazón.
2. Se recomienda enterrar los residuos de cosecha.
3. Usar semillas sanas.

VIIb. 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 más 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. Aparece como manchas muy pequeñas, café-rojizas, circulares a 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 a elongadas, ligeramente hundidas y café rojizas. La calidad de la semilla es reducida por la descoloración 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.

Tem. D. I. C. H.

Control

1. Cultivar variedades resistentes y adaptadas.
2. Sembrar semilla de alta calidad relativamente libre del patógeno.
3. Rotar soya con otros cultivos.
4. Aplicar fungicidas a las etapas R3-R4 (formación de vainas).
5. 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: Son dos hongos que producen síntomas similares, Colletotrichum dematium var. truncatum y Glomerella glycines.

Síntomas

Las plantas de soya son susceptibles a antracnosis en todas sus etapas. Los síntomas aparecen más 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.

Marchitez durante la emergencia o después de ella puede ocurrir cuando se siembran semillas infectadas, presentándose lesiones hundidas de color café oscuro en los cotiledones.

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

Control

1. Sembrar semillas libres del patógeno.
2. Tratar las semillas infectadas con un fungicida recomendado.
3. Asperjar con benomil o fertin-hidróxido entre la floración y el llenado de vainas.
4. Incorporar los residuos vegetales.
5. Rotación con otros cultivos.

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 hospederos 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 comúnmente observados de la roya es 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 peciolos y tallos secundarios.

La roya causa defoliación prematura, maduración más temprana, y peso de semillas más bajos. 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.

Control

1. Métodos satisfactorios de control no han sido reportados, pero las aspersiones con fungicidas puede reducir la severidad de la roya. Mancozeb ha probado ser eficiente.
2. Fuentes de resistencia vertical han sido encontradas en soya y otras fuentes de genes resistentes están siendo buscadas, además de G. max, en G. soja y en soyas perennes del género Glycine.

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

Organismo causal: Cercospora kikuchii

Temperaturas de 28-30°C con períodos largos de alta humedad favorecen al desarrollo de la enfermedad. Los síntomas se observan desde el inicio hasta el desarrollo completo de las semillas. Las hojas superiores expuestas al sol tienen una apariencia ligeramente púrpura. 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. Lesiones numerosas 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 las hojas jóvenes superiores. En variedades más susceptibles aparecen lesiones púrpura-rojizas que luego se vuelven púrpura-negruzcas en las vainas. Las semillas infectadas pueden presentar descoloración 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. Porcentajes elevados de semillas manchadas pueden ocurrir cuando los períodos de floración y cosecha coinciden con períodos lluviosos. El patógeno puede sobrevivir en los residuos de cosecha.

Control

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

VIIc. Enfermedades producidas por virus1. Mosaico de la soya (VMS)

Está distribuido alrededor del mundo y es considerada 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. *y semilla*

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 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 de las semillas puede también 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.

Control

1. Sembrar semillas producidas en campos libres de VMS.
2. En campos de producción de semillas, eliminar las plantas infestadas mediante roguing.
3. Usar cultivares resistentes a la infección.
4. Usar cultivares resistentes a la transmisión por semillas.
5. Controlar la población de áfidos y de malezas hospederas.

2. Mosaico amarillo (VMAS)

Infecciones mixtas de VMAS y VMS son comunes en soya. Reducción en el contenido de aceite han sido registrados en semillas infectadas con mosaico amarillo.

Organismo causal: virus del mosaico amarillo 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 aparecen en las áreas amarillas conforme la hoja madura. Los síntomas son más severos a temperaturas inferiores de 20°C, aunque se desarrollan más rápido a mayores temperaturas.

Control

1. Uso de cultivares resistentes.
2. Seguir las medidas de control sugeridas para el mosaico de la soya.
3. Control de áfidos y malezas hospederas de estos insectos.

VIIId. 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 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>
Mildió polvoso	<u>Microsphaera diffusa</u>
Mildió vellosa	<u>Peronospora manshurica</u>
Quema de tallos y vainas	<u>Diaporthe phaseolorum</u> var. <u>soiae</u>
Tizón de la yema terminal	<u>Phomopsis soiae</u>
	Virus mancha anular del tabaco (VMAT)

VIIe. 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 aquellos 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. Para estos casos, el uso de inoculantes granulados aplicados al suelo sería lo más recomendable.

VIII. INSECTOS QUE ATACAN AL CULTIVO DE 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, al grado de daño necesario para causar reducción económica del rendimiento, y a las formas de manejo de las poblaciones de plagas. Asimismo, varias medidas de control son ahora disponibles, 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 de tal manera de 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, como por ejemplo la presencia del hongo Nomuraea rileyi en el control del gusano de la hoja (Anticarsia gemmatalis).
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 las dosis a usar.

Se sabe que las poblaciones de plagas fluctúan naturalmente, y con frecuencia permanecen en niveles 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.

VIIIa. Plagas del suelo

Gusanos cortadores (Agrotis sp. y otros)

Estos pertenecen a la familia Noctuidae y son un grupo de larvas lepidópteras que atacan el tallo de plántulas al nivel de la superficie del suelo. Estos pueden ser muy dañinos y atacan también plántulas de maíz, otros cereales, frijol, repollo y tabaco. Estas larvas se alimentan por la noche cortando las plántulas y alimentándose de ellas. Temprano en la mañana, después que el daño ha sido hecho, la larva puede ser fácilmente encontrada debajo de la superficie del suelo cerca a la planta dañada.

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 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.

Barrenador del tallo (Elasmopalpus lignosellus)

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 mayor número de semillas por metro lineal de surco. También una buena preparación del suelo puede minimizar los daños.

VIIIb. Plagas del follaje y/o vainas

Gusano de la hoja (Anticarsia gemmatalis)

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

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.

Pulgones o Afidos (Aphis spp. y otros)

Este grupo de insectos relativamente pequeños atacan varios cultivos. Los insectos en este grupo son vectores de varias enfermedades, especialmente la enfermedad comúnmente conocida como Virus del Mosaico de la Soya (VMS), que es transmitida a través de sus hábitos alimenticios en las plantas.

Recomendaciones concernientes a la época de aplicación de los insecticidas, el tipo de insecticida usado, y las dosis de aplicación pueden variar considerablemente de una región a otra. En el Cuadro 12 se presentan algunos insecticidas comúnmente utilizados en el control de plagas del cultivo de la soya.

Cuadro 12. Productos químicos y biológicos utilizados para el control de plagas en el cultivo de soya.

<u>Producto</u>	<u>Nombre técnico</u>	<u>Tipo de plaga</u>
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
Decis	Decametrina	Chinches, lepidópteros
Arrivo	Cipermetrina	Chinches, lepidópteros
Thuricide o Dipel	<u>Bacillus</u> <u>thuringiensis</u>	Lepidópteros

2. Depredadores y parásitos

Los reportes sobre la efectividad de predadores 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 y así prevenir serios disturbios en el agroecosistema, lo que puede resultar por un 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 comúnmente observada en insectos que atacan la soya son causadas por el hongo Nomuraea rileyi. Existen otros hongos entomopatogénicos como Entomophthora spp. y Metarhizium spp.; Patelloa aimilis y Campeletis grioti en el control de larvas de Spodoptera sp. Un organismo que produce una enfermedad bacteriana, Bacillus thuringiensis, ha sido cultivado y diseminado artificialmente con algún éxito contra varias larvas de lepidópteros.

4. Prácticas culturales

Prácticas culturales para evitar o reducir pérdidas por insectos son usadas frecuentemente por los agricultores, en muchos casos sin saberlo. El atraso de las siembras en ciertas áreas pueden acelerar la germinación y crecimiento, reduciendo el posible daño por insectos plagas. Rotaciones apropiadas puede reducir el número 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 soya es disponible a través del desarrollo de variedades resistentes. Esta se encuentra bajo la fase de investigación intensiva en la actualidad.

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 no preferencia y antibiosis. Desde que estos materiales introducidos son generalmente de pobre adaptación, los genes de resistencia necesitan ser transferidos a tipos adaptados.

VIIIe. 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 que es el área foliar dañada por los insectos. Las observaciones deben ser hechas por lo menos

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 en el 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 13 y 14).

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 más importantes de estas variedades se indican en el Cuadro 15.

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. Para estos casos, el uso de inoculantes granulados aplicados al suelo sería lo más recomendable.

VIII. INSECTOS QUE ATACAN AL CULTIVO DE 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, al grado de daño necesario para causar reducción económica del rendimiento, y a las formas de manejo de las poblaciones de plagas. Asimismo, varias medidas de control son ahora disponibles, 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 de tal manera de 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, como por ejemplo la presencia del hongo Nomuraea rileyi en el control del gusano de la hoja (Anticarsia gemmatalis).
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 las dosis a usar.

Se sabe que las poblaciones de plagas fluctúan naturalmente, y con frecuencia permanecen en niveles 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.

VIIIa. Plagas del suelo

Gusanos cortadores (Agrotis sp. y otros)

Estos pertenecen a la familia Noctuidae y son un grupo de larvas lepidópteras que atacan el tallo de plántulas al nivel de la superficie del suelo. Estos pueden ser muy dañinos y atacan también plántulas de maíz, otros cereales, frijol, repollo y tabaco. Estas larvas se alimentan por la noche cortando las plántulas y alimentándose de ellas. Temprano en la mañana, después que el daño ha sido hecho, la larva puede ser fácilmente encontrada debajo de la superficie del suelo cerca a la planta dañada.

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 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.

Barrenador del tallo (Elasmopalpus lignosellus)

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 mayor número de semillas por metro lineal de surco. También una buena preparación del suelo puede minimizar los daños.

VIIIb. Plagas del follaje y/o vainas

Gusano de la hoja (Anticarsia gemmatalis)

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

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.

Pulgones o Afidos (Aphis spp. y otros)

Este grupo de insectos relativamente pequeños atacan varios cultivos. Los insectos en este grupo son vectores de varias enfermedades, especialmente la enfermedad comúnmente conocida como Virus del Mosaico de la Soya (VMS), que es transmitida a través de sus hábitos alimenticios en las plantas.

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 descoloración de hojas y etiolación.

Saltahojas o lorito verde (Empoasca spp.)

Estos se encuentran afectando varios cultivos y es una plaga muy seria porque reduce la vitalidad de las plantas y el rendimiento al alimentarse de la savia celular. Ninfas y adultos se alimentan chupando la savia principalmente en el envés de las hojas, prefiriendo hojas recién 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.

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 semillas sanas. El aumento de ácidos grasos libres disminuye la calidad del aceite.

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 de color verdosa, con excepción de la cabeza que puede ser negra o café. Atacan ramas, brotes y flores impidiendo la formación de vainas. Pueden atacar también vainas ya formadas.

Perforador de la vaina (Heliothis spp.)

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

Estos insectos son unas de las plagas principales de algodón, pero también atacan soya, frijol, maíz, cítricos, sorgo, tabaco, tomate, girasol, etc.

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 negras 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.

VIIIc. Algunas 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>Cerotoma fascialis</u>	vaquitas
<u>Epilachna varivestis</u>	conchuela mejicana
<u>Epicauta villata</u>	conchuela

VIIIId. Manejo y control de los insectos plagas

En el presente el control de insectos en soya está principalmente 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 de ser aplicados en dosis mínimas efectivas y sólo cuando sea necesario para evitar el daño económico del cultivo.

Insecticidas químicos convencionales son necesarios para el control de brotes de insectos en soya. Sin embargo, insecticidas de amplio espectro son frecuentemente aplicados sin necesidad y a 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 predadores y parásitos mientras que solamente proveen la efectividad inicial contra ciertas especies plagas. Esto puede llevar a un resurgimiento de la plaga en mayores números que el que existió antes que el insecticida fuera inicialmente aplicado. Investigaciones recientes han indicado que dosis bajas de ciertos insecticidas pueden ofrecer un control adecuado de la plaga y permitir la sobrevivencia de otras especies benéficas.

Recomendaciones concernientes a la época de aplicación de los insecticidas, el tipo de insecticida usado, y las dosis de aplicación pueden variar considerablemente de una región a otra. En el Cuadro 12 se presentan algunos insecticidas comúnmente utilizados en el control de plagas del cultivo de la soya.

Cuadro 12. Productos químicos y biológicos utilizados para el control de plagas en el cultivo de soya.

<u>Producto</u>	<u>Nombre técnico</u>	<u>Tipo de plaga</u>
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
Decis	Decametrina	Chinches, lepidópteros
Arrivo	Cipermetrina	Chinches, lepidópteros
Thuricide	<u>Bacillus</u>	Lepidópteros
Dipel	<u>thuringiensis</u>	

2. Depredadores y parásitos

Los reportes sobre la efectividad de predadores 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 y así prevenir serios disturbios en el agroecosistema, lo que puede resultar por un 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 comúnmente observada en insectos que atacan la soya son causadas por el hongo Nomuraea rileyi. Existen otros hongos entomopatogénicos como Entomophthora spp. y Metarhizium spp.; Patellus aimilis y Campeletis grioti en el control de larvas de Spodoptera sp. Un organismo que produce una enfermedad bacteriana, Bacillus thuringiensis, ha sido cultivado y diseminado artificialmente con algún éxito contra varias larvas de lepidópteros.

4. Prácticas culturales

Prácticas culturales para evitar o reducir pérdidas por insectos son usadas frecuentemente por los agricultores, en muchos casos sin saberlo. El atraso de las siembras en ciertas áreas pueden acelerar la germinación y crecimiento, reduciendo el posible daño por insectos plagas. Rotaciones apropiadas puede reducir el número 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 soya es disponible a través del desarrollo de variedades resistentes. Esta se encuentra bajo la fase de investigación intensiva en la actualidad.

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 no preferencia y antibiosis. Desde que estos materiales introducidos son generalmente de pobre adaptación, los genes de resistencia necesitan ser transferidos a tipos adaptados.

VIIIe. 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 que es 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 los trifolios al azar de diversas plantas en la plantación. 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

<u>Siembra</u>	<u>Floración</u>	<u>Desarrollo de vainas</u>
<p><u>Entre siembra y la floración:</u> proteger el cultivo cuando la defoliación sea de aproximadamente 30% y/o el número de larvas, con 1.5 cm o más de largo, fuera de 40/muestreo.</p>	<p><u>Entre la floración y la cosecha:</u> proteger el cultivo cuando la defoliación fuera de aproximadamente 15% y/o el número de larvas con 1.5 cm o más de largo, fuera de 40/muestreo.</p>	<p><u>Entre el inicio del desarrollo de vainas y la cosecha:</u> se deben controlar los chinches cuando se encuentran 4 chinches con 0.5 cm o más de largo por muestreo.</p>

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 una 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 a su ciclo de vida, época de siembra, tipo de madurez, altura de la primera vaina, etc. Entre otros factores que ejercen una marcada influencia sobre el ciclo promedio de vida de los cultivares están la latitud y la época de siembra. Estos tipos de consideraciones son de mucha utilidad en la planificación de la siembra del cultivo, tratando de evitar siempre que la cosecha coincida con períodos de lluvia.

IXa. Época de cosecha

Normalmente la cosecha se inicia cuando las plantas se encuentran en madurez completa, lo que en la práctica, coincide con el amarillamiento y caída de 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 cosecha, dificultando el corte de las plantas y acelerando la dehiscencia de las vainas.

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

La cosecha se deberá iniciar cuando las plantas presentan por lo menos 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.

IXb. Cosecha mecanizada

Actualmente la cosecha de la soya se efectúa con el uso de combinadas. Estas máquinas 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 cuanto fuera posible.

La mayor parte de las pérdidas que se producen durante la cosecha se deben a la debiscencia de las vainas, debido al 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:

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

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

IKc. Almacenamiento

Los problemas de almacenamiento son debidos 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 periodo 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 ser secados entre 54 a 60°C; debiéndose mantener las temperaturas más bajas durante el periodo inicial del secado, cuando el contenido de humedad puede ser muy elevado.

X. MEJORAMIENTO DE LA SOYA

Hasta 1966 el área bajo soya en los trópicos y sub-trópicos correspondía a tan solo 4.5% del área mundial. Desde esta época se ha ido incrementando ligeramente, a pesar de que esfuerzos considerables han sido 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 un número de 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 mayores 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 y con buena germinación y amplia adaptación bajo condiciones del trópico.

Xa. 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 bacteriano y pústula bacteriana, han sido observadas en muchos lugares. Los más ampliamente dispersados y devastadores de todos, mosaico amarillo y roya, causan pérdidas de rendimiento de hasta 70% en muchos casos.

En 1970 se llevó a cabo una prueba sistemática para identificar fuentes de resistencia a mosaico amarillo y roya, en India. El germoplasma completo de soya de USDA fue también evaluado. De un total de 4000 líneas probadas, sólo 2 líneas fueron inmunes a mosaico amarillo, 6 resistentes a roya y 15 moderadamente resistentes a roya. Además, algunas líneas tolerantes a 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 a mosaico amarillo y roya puedan estar disponibles pronto.

Fuentes de resistencia a otras enfermedades también han sido descritas, entre ellas a 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.

Xb. Mejoramiento por resistencia a insectos

Muy poco trabajo ha sido hecho en la evaluación de germoplasma de soya 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 desfoliadores y masticadores de vainas han sido encontradas últimamente y están siendo introducidas en variedades de mejor adaptación agronómica. Algunas variedades resistentes al nemátodo de las agallas han sido obtenidas en los EEUU.

Xc. Mejoramiento por mejor calidad y germinación de las semillas

Asegurar una población de plantas adecuada es uno de los mayores problemas en el cultivo de la soya. La pobre capacidad germinativa en la soya se debe en parte a factores inherentes y parcialmente debido 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 con respecto a pérdida de la capacidad germinativa durante el almacenaje, en la que en general 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 una germinación más rápida y un requerimiento menor de agua para la germinación 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, tamaño de semilla pequeño parece ser un buen índice de selección para 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.

Xd. Mejoramiento para mayor nodulación

Fallas en la nodulación de la soya han sido observadas cuando los suelos son bajos en materia orgánica y donde 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 de 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.

Xe. Desarrollo de variedades para condiciones de días - cortos

La mayoría de las variedades en uso que han sido evaluadas en los trópicos han sido introducidas de los EEUU. Cuando crecen bajo las condiciones de días-cortos de los trópicos, estas variedades frecuentemente florecen y maduran antes que un crecimiento adecuado sea alcanzado. 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 aumentan con la elevación, indicando su sensibilidad a la temperatura. Por eso, la sensibilidad al fotoperíodo como también a la temperatura de las variedades de soya deben de ser consideradas para una exitosa adaptación local.

Evaluaciones recientes 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 de ser usados en programas de mejoramiento de soya en los trópicos.

Xf. 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, o ligeras modificaciones o combinación 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, el mayor énfasis es en el mejoramiento de caracteres en vez de mejoramiento por alto rendimiento per se.

XI. EL CULTIVO DE 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 que estos reportes fueran hechos, 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 el año de 1982, la Secretaría de Recursos Naturales, 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, la cual es significativamente más precoz que otras variedades comerciales e 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 está evaluando otras líneas de soya de excelente potencial de rendimiento así como cepas de Rhizobium 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 debido a los limitados incentivos 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 Mercado Agrícola (IHMA) ha reportado que Honduras ha importado durante los años 1982 a 1986 un promedio anual de 18,642 TM de soya (orta, harinas, aceite y semilla), por un valor de L. 12.8 millones.

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 la actualidad el gobierno a través de la Secretaría de Recursos Naturales (SRN) está desarrollando un plan para incrementar la producción nacional de soya, pretendiendo en un plazo corto de 5 años alcanzar un mínimo de 14000 ha sembradas (1994).

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 en el 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 13 y 14).

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 más importantes de estas variedades se indican en el Cuadro 15.

Cuadro 13. Area y rendimientos potenciales para el cultivo de la soya en regiones de Honduras.

Regiones	Rendimiento promedio(qq/ha)	Area (manzanas)
<u>Región Sur</u>	25-35	
Costa de los Amates de Valle		2,800
Zonas cañeras de Choluteca		7,000
Cooperativas Algodoneras		1,400
Rotación con melón		1,400
<u>Valle del Río Aguán</u>	35-40	
Alto, Medio y Bajo Aguán		21,000
<u>Región Norte</u>	40	
Progreso		4,200
Morazán, El Negrito		1,400
San Alejo		1,400
Río Lindo-Villanueva		7,000
<u>Región Occidental</u>	35-40	
Quimistán		2,800
La Entrada		2,800
<u>Región Centro Occidental</u>	30-35	
Valle de Comayagua		4,200
<u>Región Central</u>	30-35	
Talanga y Cantarranas		1,400
Valle de Siria		1,400
Valle de El Zamorano		700
Guaymaca		700
<u>Región Centro Oriental</u>	35-40	
Juticalpa		11,200
Catacamas		11,200

Fuente: Proyecto de Producción de Soya. 1989. Secretaría de Recursos Naturales, Dirección General de Agricultura.

Cuadro 14. Epocas de siembra recomendadas para el cultivo de soya en Honduras.

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 Noviembre al 15 Enero. Se puede obtener excelente calidad de semilla con un rendimiento potencial de 40 qq/ha.

Fuente: Proyecto de Producción de Soya. 1989. Secretaría de Recursos Naturales, Dirección General de Agricultura.

Cuadro 15. Comportamiento agronómico de variedades comerciales de soya existentes en el mercado nacional de Honduras.

Variedad	Rendimiento (kg/ha) ^z	Maduración (días)	Altura ira.vaina (cm)	Resistencia acame	Altura planta (cm)	Peso 100 semillas (g)
Regional 4	1750	109	14	tolerante	70	13.7
Darco 1	1870	106	15	tolerante	76	12.3
Siatsa 194	2120	104	17	tolerante	74	13.5
FHIA 11	1660	111	19	tolerante	66	13.5
FHIA 15	2380	109	15	tolerante	74	17.5
Cristalina	2250	110	14	tolerante	55	16.7

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