

Manual de producción de semilla de calidad de soya en los valles interandinos de Colombia

**Deisy Lorena Flórez Gómez
Karen Viviana Osorio Guerrero
Magda Jenny Medina Mérida
Sair Jaramillo Bonilla
Luis Ernesto Ortega Herrera**

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual de producción de semilla de calidad de soya en los valles interandinos de Colombia

Deisy Lorena Flórez Gómez
Karen Viviana Osorio Guerrero
Magda Jenny Medina Mérida
Sair Jaramillo Bonilla
Luis Ernesto Ortega Herrera

Mosquera, Colombia, 2021

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual de producción de semilla de calidad de soya en los valles interandinos de Colombia. / Deisy Lorena Flórez Gómez [y otros cuatro]. -- Mosquera (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

82 páginas (Colección Transformación del Agro)

ISBN E-book: 978-958-740-487-6

1. *Glycine max* 2. Producción de semillas 3. Calidad de las semillas 4. Tratamiento de semillas 5. Inoculación de semillas. I. Flórez Gómez, Deisy Lorena II. Osorio Guerrero, Karen Viviana III. Medina Mérida, Magda Jenny IV. Jaramillo Bonilla, Sair V. Ortegón Herrera, Luis Ernesto.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación Nataima. Kilómetro 9 vía El Espinal-Ibagué, Tolima.

Sede Central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, Cundinamarca. Código postal: 250047, Colombia.

Esta publicación es resultado del trabajo realizado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) en el marco del desarrollo del proyecto “2019. Multiplicación de Semilla bajo Estrategia Plan Mínimos”, identificado con el código 1000949 y liderado por el Departamento de Semillas.

Colección: Transformación del Agro

Fecha de recepción: 28 de diciembre de 2020

Fecha de evaluación: 9 de abril de 2021

Fecha de aceptación: 22 de abril de 2021

Primera edición: noviembre de 2021

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez

Edición: Jorge Enrique Beltrán

Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Diagramación: Diego Abello Rico

Fotografía de cubierta: Deisy Lorena Flórez Gómez

Citación sugerida: Flórez Gómez, D. L., Osorio Guerrero, K. V., Medina Mérida, M. J., Jaramillo Bonilla, S., & Ortegón Herrera, L. E. (2021). *Manual de producción de semilla de calidad de soya en los valles interandinos de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404876>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

<http://www.agrosavia.co/>



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Los autores	9
Agradecimientos	13
Introducción	15

Capítulo I

Características generales del cultivo de soya	19
Origen	19
Taxonomía	19
Morfología	20
Fenología de la planta de soya	21

Capítulo II

Proceso de multiplicación de semilla de calidad de soya	29
Selección de la semilla para multiplicación	29
Selección y adecuación del terreno	30
Tratamiento e inoculación de la semilla antes de la siembra	32
Siembra de campos para multiplicación de semilla	33
Requerimientos hídricos	34
Proceso de fertilización y requerimientos nutricionales del cultivo	36
Manejo de plagas, enfermedades y arvenses	36
Proceso de eliminación de plantas atípicas en campos de multiplicación	40
Cosecha	41
Proceso de beneficio de la cosecha	42

Capítulo III

Esquemas de aseguramiento de la calidad para la producción de semilla de soya	49
Verificación de la calidad de la semilla de soya	54
Trazabilidad para la gestión de calidad de la semilla producida	56

Capítulo IV

Normatividad vigente para la producción de semilla de soya de calidad en Colombia	63
Consideraciones finales	69
Referencias	71
Reconocimientos de arbitraje 2021	79

Lista de figuras

Figura 1	Tratamiento de semillas de soya con mezcla de fungicida e insecticida	32
Figura 2	Siembra manual de soya	33
Figura 3	Siembra mecanizada de soya	34
Figura 4	Aplicación de herbicidas preemergentes en la producción de semilla de soya de categoría genética	39
Figura 5	Características fenotípicas de color de flor, hábito de crecimiento y color de pubescencia en plantas de soya	40
Figura 6	Cosecha del cultivo de soya	41
Figura 7	Prelimpiadora de aire, para eliminar impurezas y semillas vanas de menor peso	43
Figura 8	Mesa gravimétrica para separar impurezas o granos dañados por su menor peso específico	44
Figura 9	Clasificadora para seleccionar las semillas por tamaño	45
Figura 10	Esquema de aseguramiento sanitario (EAS) y genético (EAG) para semilla de soya en el departamento del Tolima	52
Figura 11	Esquema de aseguramiento físico (EAF) y fisiológico (EAFi) para semilla de soya en el departamento del Tolima	53
Figura 12	Proceso de producción de semilla de soya alineado con el proceso de trazabilidad	58

Lista de tablas

Tabla 1	Fases fenológicas de la soya	23
Tabla 2	Requerimientos para la aprobación de lotes de multiplicación de semilla de soya	30
Tabla 3	Actividades de preparación del suelo para la siembra de soya en los valles interandinos	31
Tabla 4	Sistemas de riego en campo para favorecer la germinación y el desarrollo del cultivo de soya en los valles interandinos	35
Tabla 5	Requerimientos nutricionales del cultivo de soya para un rendimiento potencial de 3 t/ha	36
Tabla 6	Incidencia de las principales plagas del cultivo de soya en los valles interandinos	37
Tabla 7	Principales enfermedades que afectan el cultivo de soya en los valles interandinos	38
Tabla 8	Plagas y patógenos (PP) de importancia seleccionados en el modelo de producción de semilla de soya	50
Tabla 9	Parámetros cuantitativos y cualitativos de la calidad de la semilla de soya	54
Tabla 10	Formato para registro de labores semanales en el proceso de producción	60
Tabla 11	Tolerancias a factores que puedan incidir en el cultivo de soya según pureza genética y sanidad, en porcentaje por hectárea de semilla	65
Tabla 12	Requisitos para lograr la certificación de la semilla de soya	66

Los autores

Deisy Lorena Flórez Gómez

dlflorez@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-3676-7564>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). Candidata al título de Maestría Profesionalizante en Tecnología de Semillas de la Universidad de Guadalajara. Cuenta con ocho años de experiencia en investigación agrícola. Actualmente se encuentra vinculada al Departamento de Semillas de AGROSAVIA como profesional de apoyo a la investigación. Tiene conocimientos en producción de semillas de calidad, mejoramiento genético, diseño experimental y análisis estadístico. Anteriormente se desempeñó como joven investigadora en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap) y en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Karen Viviana Osorio Guerrero

kosorio@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-9252-9993>

Magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en fitomejoramiento e ingeniera agroforestal. Cuenta con diez años de experiencia en programas y proyectos de investigación y con conocimientos en producción, mantenimiento y multiplicación de semilla de cultivos transitorios, así como en asistencia técnica, diseño, establecimiento, evaluación y análisis de ensayos de campo. Actualmente está asociada al Departamento de Semillas de AGROSAVIA con el cargo de investigadora máster. Anteriormente se desempeñó como investigadora en CIAT-CIMMYT y como jefe de investigación en Semillas Valle S. A. (mejora de maíz).

Magda Jenny Medina Mérida

mmedina@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-0537-344X>

Ingeniera industrial de la Universidad Nacional de Colombia. Candidata al título de Maestría en Gestión de la Innovación en la Universidad de Buenos Aires. Se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el Departamento de Semillas de AGROSAVIA, con amplios conocimientos en mejora continua y gestión de la calidad.

Sair Jaramillo Bonilla

sjaramillo@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-1297-7444>

Ingeniero agrónomo con más de diez años de experiencia en montaje, análisis, reporte, coordinación y supervisión de labores relacionadas con la producción. Funcionario de AGROSAVIA, donde en la actualidad se desempeña en el cargo de profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Nataima, y desde hace cinco años viene trabajando con el área de suelos y agua. Tiene conocimientos sobre extensión rural, acompañamiento a comunidades y organización de toda la logística propia de la producción. Ha participado en la construcción de artículos, uno de ellos *Rice yield prediction using on-farm data sets and machine learning*.

Luis Ernesto Ortegón Herrera

lortegon@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-7693-8295>

Administrador agropecuario de la Institución de Educación Superior Itfip de El Espinal (Tolima). Cuenta con ocho años de experiencia como profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Nataima de AGROSAVIA y con veintiún años de experiencia como auxiliar de investigación en Corpoica y Proacol Ltda., en el área de producción y mejoramiento de semillas de algodón, soya, sorgo, maíz y arroz.





Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), y especialmente a la Dirección de Vinculación, el Departamento de Semillas y la Coordinación de la Producción de Semillas, por su participación y financiación bajo el marco del proyecto “2019. Multiplicación de Semilla bajo Estrategia Plan Mínimos”.



Introducción

El cultivo de la oleaginosa soya o soja (*Glycine max* [L.] Merrill) es de gran importancia industrial por su composición nutritiva en proteínas y ácidos grasos, si se compara con oleaginosas como el algodón, el maní, el girasol, la colza, la pulpa de coco deshidratada y la palma (Bocchetto, 2005). Según los reportes de Faostat, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de soya en 2019 alcanzó los 333,6 millones de toneladas (FAO, s. f.), con un aumento en los últimos diez años dado por la alta demanda de harinas vegetales para la elaboración de suplementos alimenticios para animales y por el incremento en el consumo per cápita de grano de soya y aceites vegetales en algunos países como China e India; esto posicionó a Brasil como el mayor productor de grano de soya, con una participación del 56 % de las exportaciones mundiales, seguido por Estados Unidos, con el 28 % (D'Angelo et al., 2020). Así, la soya es una especie de alta importancia económica, con una alta demanda de semilla, para suplir las necesidades de los mercados mundiales.

En ese escenario, el cultivo de soya en Colombia contó con un área de siembra en 2020 de 46.393 hectáreas, con una producción total de 119.412 toneladas, concentrada principalmente en la zona de la altillanura colombiana, con un área cercana a las 39.793 hectáreas, que representan el 85 % del área total cultivada con soya. Sin embargo, tal producción no es suficiente para abastecer satisfactoriamente la demanda interna del país, ya que en 2020 se importaron 481.983 toneladas de frijól de soya, con un costo de COP 1.420.000 por tonelada (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya [Fenalce], 2020).

Esto deja en evidencia la necesidad de aumentar tanto la producción nacional de soya como la disponibilidad de semilla de calidad, con el fin de que los productores accedan fácilmente a esta para mejorar el rendimiento por hectárea, pues, del total del área sembrada con soya, tan solo en el 50 % se usa semilla certificada, dados los altos costos y la escasez de semilla de calidad en el mercado (Acosemillas, 2020). Es por esto que se hace necesario disponer de información de fácil acceso y comprensión para los agricultores interesados en producir semilla de calidad de soya con las técnicas adecuadas para la siembra, el manejo agronómico, la cosecha y el beneficio de la semilla, con lo cual las oportunidades del cultivo de soya en Colombia aumentarían, para lograr satisfacer la demanda interna de soya (Acosemillas, 2019).

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), consciente de la importancia de este cultivo, especialmente para los pequeños y medianos productores de Colombia, que lo usan como sistema principal de rotación, constantemente está buscando generar estrategias que contribuyan al incremento de las ventajas competitivas y los rendimientos del sistema de producción. La construcción de este manual tiene como objetivo contribuir con la divulgación y aplicación de buenas prácticas agrícolas y de manejo para la multiplicación de la semilla de soya entre los productores, a fin de aportar a la productividad y competitividad del cultivo en los valles interandinos con el uso y generación de semilla de calidad.

El propósito específico es orientar a los pequeños y medianos productores interesados en las actividades inherentes a la producción de semilla de calidad del cultivo de soya, para contribuir al mejoramiento del proceso de obtención de semilla en los valles interandinos y fortalecer las capacidades productoras y de disponibilidad.

El método propuesto busca la conservación de las características genéticas de los materiales vegetales durante todo el proceso de obtención de semillas, sin descuidar los aspectos físicos y sanitarios, por lo que incluye las labores de control estricto, desde la siembra hasta el almacenamiento, incluyendo las actividades de manejo agronómico, como la selección del lote, la preparación del suelo, el establecimiento de las plantas, la fertilización, la descontaminación de plantas atípicas, el control de malezas y el manejo fitosanitario, entre otras. Este manual está dirigido a todas las personas que tengan bajo su responsabilidad la producción de semilla de esta especie y a quienes quieran incursionar en esta área, con el fin de garantizar los estándares de calidad requeridos en los procesos de producción de semilla de soya.







Capítulo I

Características generales del cultivo de soya

Origen

El origen de la soya se centra en el extremo oriente del continente asiático, y las primeras referencias de esta especie se remontan a la época del emperador Shennong (2838 a.C.), quien menciona la leguminosa en su libro de medicina y explica las grandes bondades conocidas para la época; incluso, se consideró como uno de los cinco granos sagrados, junto con el trigo, la cebada, el arroz y el mijo (Bastidas Ramos, 1983). Hacia 1930, la soya fue utilizada en América principalmente con fines forrajeros, pues tan solo el 25 % se dedicaba a la producción de semilla en EE. UU. En Colombia, en 1929 se introdujo en el Valle del Cauca, y se iniciaron cultivos comerciales hacia 1955 (Bastidas Ramos, 1983).

Taxonomía

La taxonomía de la soya indica que es *Glycine max* (L.) Merrill y que pertenece a la familia de las leguminosas (Valladares, 2010); asimismo, el género *Glycine*

se subdivide en los subgéneros *Glycine*, *Bracteata* y *soya*. El subgénero *soya* incluye la especie *Glycine soya*, sinónimo de *Glycine ussuriensis* y *Glycine max*, correspondiente a la soya cultivada (Bastidas Ramos, 1983). Los académicos, con el pasar del tiempo, han expresado un gran interés por la hibridación interespecífica en soya, lo cual amplía más su potencial, dada la gran diversidad de tipos de plantas y características morfológicas y la resistencia a enfermedades de la especie *Glycine max*.

Morfología

En cuanto a la morfología, la planta de soya es una herbácea cultivada por semilla, con crecimiento determinado, semideterminado e indeterminado, de porte erguido, y alcanza una altura de entre 20 y 150 cm, según la variedad y las condiciones del cultivo; las vainas alcanzan entre 4 y 6 cm de longitud, y cada una puede contener de 2 a 4 semillas, aunque el medio ambiente afecta en gran medida el desarrollo y expresión de las plantas, acelerando o atrasando su crecimiento y productividad, por la interacción genotipo y las condiciones del ambiente (Bastidas Ramos, 1983).

El tallo es rígido y de crecimiento vertical; el sistema radicular consiste en raíz pivotante, de donde emergen raíces secundarias y terciarias, y también puede poseer raíces adventicias y pelos radicales. Las hojas son alternas, compuestas, trifoliadas y con folíolos oval-lanceolados, las cuales caen antes de que la semilla esté madura. La flor autofértil que nace en la axila de la hoja es de color blanco o púrpura, dependiendo de la variedad, y los frutos son vainas dehiscentes que contienen de 2 a 4 semillas, las cuales son esféricas u ovaladas, de color amarillo, crema o púrpura, según la variedad (Valladares, 2010).

La semilla de soya está formada por la cutícula, que es la cubierta protectora, y el embrión, compuesto por la radícula, el hipocótilo y el epicótilo; también se encuentran los cotiledones, que son carnosos y representan casi todo el volumen y el peso de la semilla (Bastidas Ramos, 1983). Dada la sensibilidad de la planta al ambiente, las semillas de soya varían en forma, tamaño y color, por lo que se encuentran achatadas, ovaladas o alargadas. La cutícula puede ser de color amarillo, verde, negro o de tonos castaño. El *hilum* varía de color, encontrándose negro, gris o de diferentes tonos de café, y el peso de la semilla varía entre 2 y 40 gramos por cada 100 semillas (Bastidas Ramos, 1983).

Fenología de la planta de soya

El crecimiento óptimo de la planta de soya se da en regiones cálidas y tropicales, y esta se adapta a un rango amplio de latitudes (entre los 0 y 30 grados) y altitudes (entre el nivel del mar y los 1.200 metros). La planta es muy sensible a la luz, y la radiación solar controla el paso del periodo vegetativo a la floración y la velocidad de crecimiento durante la maduración (Soto et al., 2001).

Durante la germinación, la radícula del embrión se desarrolla en el suelo y forma la raíz principal y las raíces secundarias, a partir de las cuales surgen varias laterales. Cuatro días después de la germinación, salen los pelos radicales en la raíz principal e inicia la formación del sistema radicular, el cual se ve afectado por las condiciones del suelo, como la estructura, la temperatura, la humedad, la fertilidad y el método de cultivo (Bastidas Ramos, 1983). La formación de nódulos en las raíces laterales causa el engrosamiento de las demás, y estos se observan a partir del sexto día desde la siembra. Cuando los nódulos están activos, son de color rosado, y cuando están inactivos, cambian su color a verde o blanco (Bastidas Ramos, 1983). La soya emerge cinco días después de la siembra, con el desarrollo de la plúmula, y se forman los tejidos del tallo y las hojas; a partir del segundo nudo surgen las hojas primarias, que son unifoliadas, y a partir del tercer nudo surgen hojas trifoliadas, ovaladas y pubescentes (una por cada nudo). La importancia de la ramificación está relacionada con la productividad de la planta, por lo que una menor densidad de población favorece el desarrollo de ramas en la parte baja de la planta (Bastidas Ramos, 1983).

El tallo de las plantas deja de crecer cuando inicia la floración, cuando se forma el racimo compacto de flores a partir del cuarto nudo: son racimos largos y se pueden encontrar flores recién formadas, flores marchitas, vainas pequeñas y vainas desarrolladas. Las flores de la planta de soya son blancas, púrpuras, combinadas o blancas con el cuello púrpura. Es de resaltar que en esta especie no se forma una vaina por cada flor que se produce, ya que se puede perder entre un 20 y un 70% de las flores producidas (Bastidas Ramos, 1983). Las flores se encuentran con tamaños de entre 6 y 7 mm de longitud, su cáliz es tubular, cuentan con 5 pétalos en la corona, un ovario, 10 estambres y un pistilo, y son hermafroditas, propias de un cultivo que se autopoliniza.

En el desarrollo de las plantas de soya se pueden identificar dos etapas: la vegetativa y la reproductiva; en la primera se encuentran los estados del crecimiento, que inician por la aparición de las plántulas, conocida como *emergencia*, cuando los cotiledones están en el suelo (VE), seguida del estado cotiledonar, cuando las hojas

cotiledonares están expandidas (VC). Ya en el nudo uno, las hojas unifoliadas están completamente desenvueltas (V1); en el nudo dos, la primera hoja trifoliada está desarrollada por completo (V2), mientras que, en el nudo inmediatamente superior, la hoja trifoliada está expandida (Vn) (Bastidas Ramos, 1983). La etapa reproductiva, por su parte, inicia con la floración (R1), que se completa cuando todas las flores están completamente abiertas (R2), para iniciar la formación de los frutos (R3), que son vainas de 2 a 7 cm de largo (R4) que se forman en los nudos superiores; en estas vainas se forman semillas (R5) hasta llenar su cavidad (R6) (según la variedad, se pueden encontrar de 2 a 4 granos por vaina), proceso que se da hasta alcanzar su madurez normal, cuando la vaina pasa de color verde (R7) a marrón oscuro (R8) (tabla 1) (Bastidas Ramos, 1983; Toledo, 2006).


Las plantas de soya son de día corto y florecen en fotoperiodos menores a 16 horas; por tanto, las 12 horas de luz que hay en el trópico durante todo el año facilitan la floración temprana, que se da entre los 25 y 30 días después de la siembra para las variedades precoces, pero con bajos rendimientos, mientras que las variedades tardías florecen entre los 35 y 55 días después de la siembra y maduran entre los 100 y 130 días después de la siembra, logrando un buen desarrollo vegetativo y una mayor probabilidad de tener un buen rendimiento de semilla (Bastidas Ramos, 1983; Valencia, 2006a).

Las condiciones edafoclimáticas requeridas para el cultivo de soya son: altitudes entre 500 y 1.200 m.s.n.m., temperaturas entre los 20 y los 35 °C, requerimiento hídrico entre 200 y 400 mm de agua durante el ciclo productivo, y suelos franco-arenosos, bien drenados, con una profundidad efectiva de 100 cm y un pH entre 6,7 y 7,5 (Ruiz Corral et al., 2013). Por lo anterior, el departamento del Tolima cuenta con condiciones ambientales óptimas, que propician una buena expresión de las variedades de soya y un potencial agrícola para su cultivo, las cuales se detallan más adelante.

La soya es una leguminosa con un alto valor nutricional y ha sido y continúa siendo un alimento milenario cuyo grano, al ser procesado, aporta un 9 % en fibra, un 40 % en proteína, un 20 % en lípidos, un 30 % en carbohidratos, un 8,5 % en agua y un 5 % en cenizas, además de que contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales para el cuerpo humano (Ridner, 2006; Soto et al., 2001). En tiempos modernos, cada vez se descubre un mayor número de propiedades curativas y alimenticias de la soya, por lo que los alimentos derivados de esta son muy aceptados por las comunidades vegetarianas y naturistas tradicionales, que incluso la llaman “la planta maravilla de la naturaleza”; así, la soya se ha posicionado como la leguminosa más importante para muchas sociedades del mundo. El aumento en áreas sembradas con soya






es evidente en el último siglo, y esta juega un papel importante como cultivo de rotación con maíz, arroz o sorgo, pues contribuye en el balance y buen desarrollo de estos cultivos por la fijación biológica de nitrógeno generada a través de su raíz, por la simbiosis con bacterias del género *Bradyrhizobium*, que favorece el enriquecimiento del suelo para provecho de nuevos cultivos (Salamanca & Baquero, 2006a). Asimismo, alternar gramíneas con soya favorece la ruptura de los ciclos de plagas y enfermedades, por lo que brinda un mayor equilibrio biológico en la zona y minimiza el riesgo de epidemias en los cultivos (Soto et al., 2001).

Tabla 1. Fases fenológicas de la soya

Etapa vegetativa	Descripción	Imagen	Periodo
VE	Emergencia de la plántula		4-7 días después de la siembra
VC	Cotiledones desplegados		3-4 días después de emergencia (DDE)
V1	Primer nudo, con hojas opuestas unifoliadas desarrolladas		7-8 DDE

(Continúa...)

(Continuación tabla 1)

Etapa vegetativa	Descripción	Imagen	Periodo
V2	Segundo nudo, con primera hoja trifoliada desarrollada		9-12 DDE
Vn	Nudo <i>n</i> , con hoja <i>n</i> trifoliada desarrollada		16-38 DDE
Etapa reproductiva	Descripción	Imagen	Periodo
R1	Inicio de la floración		35-38 DDE
R2	Floración completa		38-45 DDE
R3	Inicio de la formación de vainas		45-52 DDE

(Continúa...)

(Continuación tabla 1)

Etapa reproductiva	Descripción	Imagen	Periodo
R4	Desarrollo completo de las vainas		52-54 DDE
R5	Inicio de la formación de semillas		55-66 DDE
R6	Desarrollo completo de las semillas		75-86 DDE
R7	Inicio de la maduración		85-96 DDE

(Continúa...)

(Continuación tabla 1)

Etapa reproductiva	Descripción	Imagen	Periodo
R8	Maduración completa		95-115 DDE
Cosecha	Punto para cosechar		95-120 DDE

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Luis Ernesto Ortegón Herrera, Saúl Jaramillo Bonillay Deisy Lorena Flórez Gómez

Desde los años 50 hasta mediados de los años 80, el mejoramiento de las variedades de soya en Colombia estuvo marcado por el desarrollo de cultivares en los programas de mejoramiento del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) hasta su cambio de función en el país. La producción de soya durante esta época estaba concentrada en su totalidad en la región natural del Valle Geográfico del Río Cauca y posteriormente migró a la zona de los Llanos Orientales por el costo de la tierra (Valencia & Ligarreto, 2010). El 80% del área cultivada de soya en el país se sembraba con la variedad Soyica P-34, y el 20% restante se distribuía entre otros materiales regionales, como P-33, Panorama 29, Panorama 27 e ICA Corpoica Obando 1, y algunos con condiciones específicas para agroecosistemas del piedemonte llanero y la altillanura, entre los cuales se encuentran Soyica Ariari 1, Corpoica Orinoquia 3, Soyica Altillanura 2, Corpoica Taluma 5 y Corpoica Superior 6 (Valencia, 2006b). Los rendimientos promedio de estos materiales oscilan entre los 2.200 y 2.800 kg/ha en suelos de la altillanura (Valencia, 2006b) y entre 2.000 y 3.500 kg/ha en condiciones del Valle Geográfico del Río Cauca y del Magdalena (Semillas del Pacífico, s. f.).





Capítulo II

Proceso de multiplicación de semilla de calidad de soya

Selección de la semilla para multiplicación

La semilla es uno de los principales insumos para la agricultura, siendo su calidad un factor determinante del éxito o el fracaso de la empresa agrícola (Gaviola et al., 2006; Johnston et al., 2003). El proceso de multiplicación de semilla inicia con el establecimiento de categoría genética para la cosecha de categoría básica, y después escala, en los siguientes ciclos productivos, a las categorías registrada y certificada. La semilla producida en categoría básica no necesariamente estará vinculada a la siguiente producción de semilla registrada, sino que podrá ser usada para producir semilla certificada directamente, omitiendo la categoría registrada; esto quedará a criterio del productor de semilla. Cada que se produzca un ciclo de producción, se deberán realizar pruebas de calidad de semilla (pureza, germinación y viabilidad) antes de la siembra y en el momento de la cosecha, para determinar la calidad fisiológica de la semilla sembrada y de la cosechada.

Las pruebas de calidad en laboratorio se realizan siguiendo la metodología sugerida por la International Seed Testing Association (ISTA, 2018). Los parámetros de calidad resultantes de esta prueba deben concordar con los límites establecidos en la resolución que regula la producción de semilla en el país, de acuerdo con la categoría por sembrar (tabla 2).

Tabla 2. Requerimientos para la aprobación de lotes de multiplicación de semilla de soya

Parámetro	Categoría de semilla		
	Básica	Registrada	Certificada
Semilla pura (porcentaje)	97	97	97
Material inerte máximo (porcentaje)	3	3	3
Semilla de otras variedades (porcentaje máximo/kg)	0	1	2
Humedad máxima (porcentaje)	14	14	14
Germinación mínima (porcentaje)	80	80	80

Fuente: ICA (2015)

Selección y adecuación del terreno

El lote de producción de semilla de soya debe estar a una distancia mínima de 3 m de otros campos de soya, en todas las direcciones, o estar sembrado con materiales de la misma variedad que estos, que además no pueden haber sido sembrados con otros cultivares de la misma especie durante los seis meses anteriores. Si no se cumplen estas condiciones, el lote no podrá ser aprobado para producir semilla de soya. Este requerimiento se ajusta a lo descrito en la Resolución 3168 del ICA (2015), en el apartado de requisitos de campo para la producción de semilla de soya, a fin de garantizar la pureza genética de la semilla.

Es importante contar con el análisis de suelo del lote seleccionado, de tal manera que facilite la toma de decisiones de manejo agronómico, y revisar el buen drenaje del lote, para evitar posibles encharcamientos y realizar, con anticipación a la siembra, los ajustes necesarios al terreno. Teniendo en cuenta el cultivo anterior y las condiciones físicas del suelo, se define el tipo de labranza que se va a emplear (tabla 3). La preparación del suelo puede incluir un pase de cincel rígido, un pase de rastra y un pase de rastrillo pulidor; en los valles interandinos se implementa generalmente el sistema de riego por gravedad, por lo que se recomienda surcar o embalconar el área de siembra a 80 cm.

Fernández (2013) hizo un estudio del departamento del Tolima en cuanto al aspecto climático y encontró las siguientes características: régimen bimodal de la precipitación, con dos temporadas de lluvias al año: abril-mayo y octubre-noviembre, y dos temporadas secas: enero-febrero y julio-agosto. En Purificación y Chicoral se presentan lluvias anuales de entre 1.000 y 1.500 mm. En ambos lugares, la clasificación de la temperatura corresponde a cálida, con una mínima promedio de 22 °C y una máxima promedio de 32 °C.

Tabla 3. Actividades de preparación del suelo para la siembra de soja en los valles interandinos

1. Desbrozada		2. Primer pase de rastra	
3. Pase de cincel		4. Segundo pase de rastra	
5. Pase de rastrillo		Estado del terreno antes de la surcada o embalconada	
6. Embalconada		7. Surcada	

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Luis Ernesto Ortégón Herrera y Sair Jaramillo Bonilla

Debido al comportamiento de régimen bimodal de la precipitación de Chicoral y Purificación, durante la primera temporada de lluvias, es decir, en el primer semestre del año, se cuenta con mejor disponibilidad hídrica, por lo que se espera una mayor producción de los cultivos establecidos durante el periodo de referencia. Como

consecuencia, las láminas de riego requeridas por los cultivos se van incrementando con un horizonte de tiempo más lejano y son mayores para el segundo semestre del año, dado que la precipitación disminuye y las tasas de evapotranspiración de referencia aumentan. Dicho escenario hace necesario el uso de riego para suplir las necesidades hídricas del cultivo para sostener, además de su desarrollo, una productividad rentable en el tiempo.

Tratamiento e inoculación de la semilla antes de la siembra

Se recomienda proteger la semilla seleccionada para la siembra con un fungicida y un insecticida apropiado, para evitar daños. Una de las mezclas más recomendadas para control de patógenos es carboxina + tiram, en dosis de 100 g/10 kg de semilla, y para el control de insectos se recomiendan productos a base de imidacloprid o cipermetrina en la misma relación (figura 1). La semilla solo debe ser tratada con productos cuya etiqueta así lo establezca y que estén registrados ante el ICA. Posteriormente, se aconseja tratar la semilla con los micronutrientes cobalto (1-5 g/ha) y molibdeno (12-25 g/ha), que son esenciales para el proceso de fijación del nitrógeno atmosférico (Salvagiotti et al., 2014).



Foto: Karen Viviana Osorio Guerrero

Figura 1. Tratamiento de semillas de soja con mezcla de fungicida e insecticida.

Siembra de campos para multiplicación de semilla

Se debe planificar que la siembra coincida con los periodos de lluvia, para evitar que las plantas sufran por estrés hídrico, por lo cual es recomendable que se revise con anticipación la información climatológica de la zona. La siembra puede ser manual (figura 2) o con máquina (figura 3); para esta segunda opción, es importante considerar que durante la calibración de los equipos de siembra la semilla tenga un tamaño uniforme, y para ello se recomienda usar entre 50 y 85 kg de semilla/ha, dependiendo del porcentaje de germinación, el cual debe ser superior al 80 %, que es el límite establecido por la Resolución 3168 del ICA (2015). La población de plantas por hectárea depende de las características de cada material y del tipo de crecimiento de la planta (altura, ramificación, resistencia al volcamiento, etc.). Normalmente, se recomienda sembrar una población de 240.000-360.000 plantas/ha para la producción de grano, pero para la producción de semilla se sugiere reducir la población, de manera que se aseguren los cuatro atributos de la calidad (genética, física, fisiológica y sanitaria). Generalmente, la distancia entre surcos es de 50 a 80 cm, y el número de plantas sembradas por metro lineal oscila entre 15 y 20; sin embargo, la distancia entre surcos y plantas puede variar de acuerdo con la distribución, la amplitud del follaje de la variedad seleccionada para la siembra, el sistema de riego y sus recomendaciones de siembra.



Foto: Deisy Lorena Flórez Gómez

Figura 2. Siembra manual de soya.



Foto: Luis Ernesto Ortigón Herrera

Figura 3. Siembra mecanizada de soya.

Requerimientos hídricos

La demanda hídrica del cultivo de soya durante todo el ciclo oscila entre 500 y 600 mm de precipitación, de acuerdo con el requerimiento de la variedad (Almanza Manrique, 2006a). La zona de vida de los valles interandinos corresponde al bosque seco tropical (bs-T), caracterizado por 1) una precipitación promedio anual de 1.275 mm, con una distribución bimodal en la que los meses de julio y agosto son los de menor precipitación (secos) y los meses de mayo y octubre registran la mayor precipitación (lluviosos); 2) una temperatura media anual de 28,2 °C, casi constante durante todo el año; 3) una humedad relativa anual del 69,4 %, y una evaporación promedio de 1.266 mm anuales (Suárez et al., 2004).

Aunque la precipitación pluvial es, al parecer, suficiente para suplir las necesidades hídricas del cultivo, se requiere adicionar el suministro de agua a las plantas establecidas en campo, debido a que se presentan épocas en las que la temperatura puede estar por encima de la media y el régimen de lluvias no es constante, es decir, cuando las precipitaciones son esporádicas y altas, por lo que no se suplen los requerimientos de humedad para el cultivo y se requiere la aplicación de riego complementario por gravedad o aspersión (tabla 4), de tal manera que se asegure el contenido de humedad necesario durante las etapas de germinación, crecimiento, floración y llenado de grano.

Tabla 4. Sistemas de riego en campo para favorecer la germinación y el desarrollo del cultivo de soya en los valles interandinos

Sistema de riego	Imágenes	
Riego por aspersión para favorecer la germinación		
Riego por gravedad		

Fotos: Luis Ernesto Ortigón Herrera y Sair Jaramillo Bonilla

Fuente: Elaboración propia

Cabe anotar que la soya requiere de humedad sin encharcamientos, por lo que el riego no debe de ser copioso y varía según las condiciones de clima y suelo. La semilla de soya absorbe mínimo un 50 % de su peso en agua para poder germinar, lo que aumenta la exigencia del recurso hídrico entre la floración y el llenado de grano (Almanza Manrique, 2006b).

Giménez (2014), en su estudio sobre el efecto de deficiencias hídricas, afirma que el periodo de mayor exigencia hídrica del cultivo se encuentra entre la floración y el llenado del grano (R4 y R6), por lo que la falta de suministro de agua en esta época disminuye el rendimiento final del cultivo hasta un 50 %. Estudios realizados para obtener altos rendimientos en el cultivo esgriman la necesidad de 600 mm por ciclo. Para suelos de textura fina, hay una necesidad hídrica de unos 250 mm en etapa de floración, mientras que los suelos de textura media demandan entre 25 y 50 mm de agua cada 3-7 días durante las etapas críticas (Rogers, 1997).

Proceso de fertilización y requerimientos nutricionales del cultivo

El plan de nutrición se debe establecer según el análisis de suelo y las exigencias del cultivar, y debe realizarse, anualmente, con anticipación a la siembra. La finalidad del análisis de suelo es conocer el estado nutricional de los lotes y recomendar prácticas de manejo en casos necesarios. En la tabla 5 se relacionan los requerimientos nutricionales del cultivo de soya para obtener un rendimiento potencial de hasta 3 t/ha. Se recomienda que la fertilización del cultivo se haga de forma fraccionada. La primera fertilización se debe realizar en el momento de la siembra, considerando la aplicación de nutrientes primarios (100 % de P y 50 % de K), nutrientes secundarios (Ca, Mg y S) o micronutrientes. Entre 20 y 25 DDE (desarrollo del sistema radicular, foliar y prefloreción), se lleva a cabo la segunda fertilización, del 50 % de K; en caso de que la planta manifieste alguna deficiencia de bases o N, esta aplicación puede ir acompañada de Ca, Mg o una fuente nitrogenada. Cabe señalar que los requerimientos nutricionales de N se pueden suplir con la simbiosis con *Rhizobium* en los nódulos, aunque, si el lote se siembra por primera vez, es posible que el porcentaje de nodulación o el número de nódulos activos sea bajo (< 15 nódulos) (Pommeresche & Hansen, 2017), por lo que se recomienda asegurar el nutrimento con una aplicación complementaria.

Tabla 5. Requerimientos nutricionales del cultivo de soya para un rendimiento potencial de 3 t/ha

Nutrimento	Dosis (kg/ha)
N	220-275
P ₂ O ₅	50-65
K ₂ O	120-150
Ca	60-70
Mg	15-25
S	15-20
Zn	3,0-4,5
Cu	1,0-1,5
B	0,44-0,66
Mo	0,40-0,60

Fuente: Salamanca y Baquero (2006b)

Manejo de plagas, enfermedades y arvenses

En este apartado se realiza una descripción individual del manejo de plagas, enfermedades y arvenses del cultivo de soya.

Manejo de plagas

Para el manejo integrado de las plagas que afectan el cultivo de soya (tabla 6) se emplean distintos métodos de control, para evitar que los insectos causen pérdidas económicas; dichas estrategias se basan en la detección oportuna, el monitoreo y muestreo de plagas y la cuantificación de daños, lo que permite una toma acertada de decisiones de manejo (León Martínez & Guevara Agudelo, 2006).

Tabla 6. Incidencia de las principales plagas del cultivo de soya en los valles interandinos

Insecto plaga	Estado fenológico	Daño	Umbral de daño económico (UDE)
Complejo de chinches: <i>Piezodorus guildinii</i> , <i>Euschistus</i> sp., <i>Thyanta perditor</i> , <i>Acrosternum marginatum</i> y <i>Edessa meditabunda</i>	Ninfa y adulto	Se producen granos pequeños, vanos, deformados, con acentuada necrosis y arrugamiento; además, se detecta la muerte del embrión y la transmisión de patógenos a la semilla	Un insecto por planta
<i>Anticarsia gemmatalis</i>	Larva	Raspador de hojas	2 larvas por planta o el 30 % del área foliar afectada
Plusiinae	Larva	Comedor de hojas y raspador de las nervaduras	2 larvas por planta o el 35 % de defoliación
<i>Spodoptera</i> sp.	Larva	Comedor de hojas y estructuras reproductivas y trozador de la planta	El 10 % de las plantas cortadas y 3 larvas cada 100 plantas
Chrysomelidae	Adulto	Perforador del follaje	3 crisomélidos por planta
<i>Caliothrips phaseoli</i>	Ninfa y adulto	Raspador de tejido y succionador de jugos vegetales	No existen umbrales fijos
<i>Bemisia tabaci</i>	Ninfa y adulto	Succionador de jugos vegetales	Un adulto por hoja

Fuente: León Martínez y Guevara Agudelo (2006)

Para considerar que existen umbrales de daño económico en el lote de multiplicación, se deben realizar monitoreos constantes y evidenciar en las plantas defoliaciones superiores al 30 % de daño en follaje, para perforadores, y de 20 a 30 ninfas de los instares I y II, para chupadores.

Entre las técnicas de manejo se contempla el control biológico mecánico, cultural y químico, con entomopatógenos y parasitoides. En caso de ser necesario, durante el uso de agroquímicos se recomienda la rotación de moléculas con diferente modo de acción, así como el uso de insecticidas selectivos con bajo impacto ecológico, para evitar consecuencias negativas sobre los insectos benéficos y el ambiente (León Martínez & Guevara Agudelo, 2006).

Manejo de enfermedades

Es importante realizar monitoreos y muestreos que permitan identificar correctamente el agente causal, conocer su biología y epidemiología y, así, tomar decisiones correctas con respecto a su manejo. Las principales enfermedades que afectan el cultivo de soya en los valles interandinos se listan en la tabla 7.

Tabla 7. Principales enfermedades que afectan el cultivo de soya en los valles interandinos

Agente causal	Parte afectada	Sintomatología
<i>Sclerotium rolfsii</i>	Base del tallo	Pudrición del tallo
<i>Phytophthora sojae</i>	Raíz	Pudrición del tallo
<i>Fusarium blight</i>	Cotiledones	Marchitez y muerte
Antracnosis	Tallo y hojas	Defoliación prematura
<i>Cylindrocladium</i> sp.	Raíz, tallo y hojas	Secamiento
<i>Cercospora sojina</i>	Tallo, hojas y vainas	Manchas café oscuro
<i>Pseudomonas</i> sp.	Hojas y vainas	Manchas café claro
Virus del mosaico	Hojas	Enrollamiento

Fuente: Elaboración propia con base en Marmolejo (1994) y Tapiero O. y Rey (2006)

Antes de la siembra, se recomienda el uso e incorporación en el suelo de microorganismos antagonistas naturales de fitopatógenos como controladores biológicos, como *Trichoderma* sp. (200 g/ha). En cuanto al uso de fungicidas, depende de las observaciones, la evaluación de daño y el seguimiento en campo. Por último, es necesaria la eliminación inmediata de plantas que manifiesten síntomas de virus para evitar la dispersión de la enfermedad por vectores presentes en el lote u hospederos vecinos.

Manejo de arvenses

Las arvenses o malezas compiten por agua, luz, nutrientes y espacio en el cultivo, y son hospederas de plagas. Para no afectar el buen desarrollo vegetativo y los rendi-

mientos finales del cultivo, la legislación nacional de semillas exige garantizar la comercialización de semilla libre de malezas o de cualquier estructura reproductiva distinta del cultivo. Para dar cumplimiento a lo anterior, es necesario conocer e identificar las malezas prohibidas, nocivas y comunes, según la Resolución 2228 del ICA (1983), así como su nivel de infestación, distribución, biología, ecología (Bernal Riobo, 2006) y ciclo de reproducción. Se debe tener en cuenta que la presencia de malezas nocivas no posee un grado de tolerancia en ninguna categoría del inventario de semilla producida. El conocimiento de estas malezas permitirá definir el tipo de control (preventivo, físico, cultural o químico) y el momento oportuno para aplicarlo (figura 4). Algunas malezas asociadas al cultivo de soya son:

- a. Malezas nocivas: caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), falsa caminadora (*Ischaemum rugosum*), batatilla (*Ipomea* sp.), chilinchil (*Cassia tora*), marihuana macho (*Parthenium* sp.) y lehecilla (*Euphorbia* sp.).
- b. Malezas comunes: pata de gallina (*Eleusine indica*), bledo (*Amaranthus dubius*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) y yerba de sapo (*Euphorbia hirta*).



Foto: Saúl Jaramillo Bonilla

Figura 4. Aplicación de herbicidas preemergentes en la producción de semilla de soya de categoría genética.

Proceso de eliminación de plantas atípicas en campos de multiplicación

Con el objetivo de garantizar la pureza genética, se deben eliminar las plantas fuera de tipo de acuerdo con las fichas técnicas del obtentor de la variedad. Esta labor debe realizarse, antes de la floración, por diferenciación en el color del hipocótilo y por la forma de la lámina foliar; durante la floración, por el color de las flores, el hábito de crecimiento y el ciclo vegetativo, y en madurez fisiológica y cosecha, por el color de la pubescencia y por el ciclo de vida (figura 5). La eliminación de plantas atípicas debe realizarse tantas veces como se considere pertinente, a fin de asegurar la calidad final de la semilla. En cuanto a la certificación, se rechaza un lote en el cual se encuentre más de un 1 % de plantas atípicas que estén o hayan estado en etapa reproductiva.



Figura 5. Características fenotípicas de color de flor, hábito de crecimiento y color de pubescencia en plantas de soya. a. Flor de color púrpura; b. Flor de color blanco; c. Hábitos de crecimiento determinado e indeterminado; d. Pubescencia color café; e. Pubescencia color gris.

Cosecha

La cosecha puede realizarse de forma manual o mecanizada, que es la más usual. Durante la época de cosecha, es necesario realizar el ajuste y la calibración de los mecanismos de la cosechadora (combinada): la velocidad del molinete, la velocidad de la barra de corte, el sinfín, la cadena alimentadora y la velocidad del cilindro de la trilladora (Caicedo et al., 2006), de acuerdo con las especificaciones de la maquinaria y la variedad (figura 6).



Fotos: Luis Ernesto Ortegón Herrera y Saúl Jaramillo Bonilla

Figura 6. Cosecha del cultivo de soya. a. Cosecha mecanizada; b. Cosecha manual.

El momento de cosecha es cuando la plantación alcanza el 90 % de la madurez fisiológica, la cual se evidencia con el cambio de coloración de la planta de verde a café, la defoliación y cuando finaliza la acumulación de peso seco, ya que en este momento la semilla es capaz de funcionar a nivel integral y presenta altos contenidos de materia seca, buena germinación, excelente vigor y un tamaño homogéneo. Cosechar la semilla antes o mucho después de esto hace que pierda su poder germinativo y su vigor, lo que contribuye a su deterioro.

Para estimar el grado de maduración del grano, debe medirse la humedad de la semilla, con la ayuda de un determinador de humedad, tomando una muestra representativa del lote. El contenido de humedad de la muestra del grano debe estar alrededor del 14 %, aunque, si se cuenta con un buen sistema de aireación, el límite superior de humedad de cosecha puede llegar hasta el 15 %, para almacenarla con no más del 14 %. Cosechas demoradas, con humedades por debajo del 10 %, conllevan la pérdida de la calidad física y fisiológica por deterioro de la semilla en campo, además de una mayor susceptibilidad de daño mecánico de la semilla por amasamiento. No se recomienda aplicar defoliantes como medida para adelantar la cosecha, ya que, además de acumularse en la semilla, inciden en dehiscencia prematura de las vainas.

Durante el proceso de trilla, el grano cosechado debe recibir la menor fricción y golpe posibles, para evitar el deterioro físico de la semilla. Además, en esta tarea se debe incluir la toma de muestra para el análisis de calidad del ICA.

Como método de regulación de cosecha, se recomienda aplicar la prueba de hipoclorito de sodio, la cual consiste en preparar una solución de hipoclorito al 0,5 %, tomar 100 semillas representativas del proceso al azar y sumergirlas en la solución; transcurridos 10-15 minutos —como máximo—, se observan y se cuentan las semillas dañadas, que son aquellas que presentan ruptura de la cubierta seminal y que han alcanzado dos o tres veces su tamaño original, por lo que, a partir de esta observación, es posible estimar el porcentaje de daño físico de la muestra y efectuar las correcciones necesarias (Craviotto & Arango, 2007).

Proceso de beneficio de la cosecha

El proceso de beneficio es la etapa siguiente a la cosecha, en la que se obtiene el producto final de calidad, es decir, la semilla. Durante esta etapa se surten una serie de acciones que propenden por conservar y generar las mejores condiciones físicas, fisiológicas y sanitarias del producto.

Secado de la semilla

Cuando la humedad de la semilla es superior al 14 %, se recomienda buscar un sistema de secado en silos o disponerlas en patios de secado inmediatamente después de la cosecha, proceso en el cual se deben evitar temperaturas superiores a 40 °C, puesto que se puede afectar el embrión y, por ende, su viabilidad. Para su comercialización, la semilla debe cumplir con los requisitos de humedad exigidos por el ICA (máximo el 14 %), lo que favorece los procesos de acondicionamiento y almacenamiento.

Limpieza de la semilla

En este proceso se realiza la separación de todas las impurezas que puedan quedar en la semilla cosechada, de forma mecanizada o manual. La limpieza consiste en pasar el grano cosechado por la limpiadora, la cual, por medio de la inyección de aire y el paso por la zaranda, elimina vainas, malezas, hojas secas, piedras, tallos y otras semillas (figura 7). Previo al inicio de este proceso, se debe realizar la limpieza de la máquina, para evitar la contaminación con otras semillas, y pasar una muestra de la

semilla, que posteriormente se eliminará como control del proceso de desinfección (França-Neto et al., 2016).



Foto: Luis Ernesto Oregón Herrera

Figura 7. Prelimpiadora de aire, para eliminar impurezas y semillas vanas de menor peso.

Clasificación de la semilla

La semilla se clasifica en la mesa gravimétrica según su peso específico y tamaño, eliminando semillas partidas, enfermas e inmaduras, terrones y piedras que tengan el mismo tamaño de la semilla. En caso de ser necesario, se puede realizar una clasificación mecánica o manual en mesas, descartando impurezas, materia inerte y semillas con decoloraciones, daños, manchas, arrugas, rajaduras, coloraciones diferentes a las características del material, entre otras imperfecciones, que no fueron eliminadas por las máquinas (figuras 8 y 9).

La semilla debe empacarse en fibras de polipropileno de 50 kg. Una vez culminado el proceso de acondicionamiento, deberá tomarse una nueva muestra de semilla por caracterizar, a fin de garantizar la satisfacción del proceso de clasificación. El ICA deberá hacer la inspección y toma de muestra de los lotes de semilla producidos al finalizar el beneficio, con el objetivo de obtener la muestra para los análisis de calidad que servirán de insumo para el otorgamiento de los códigos alfanuméricos de comercialización.

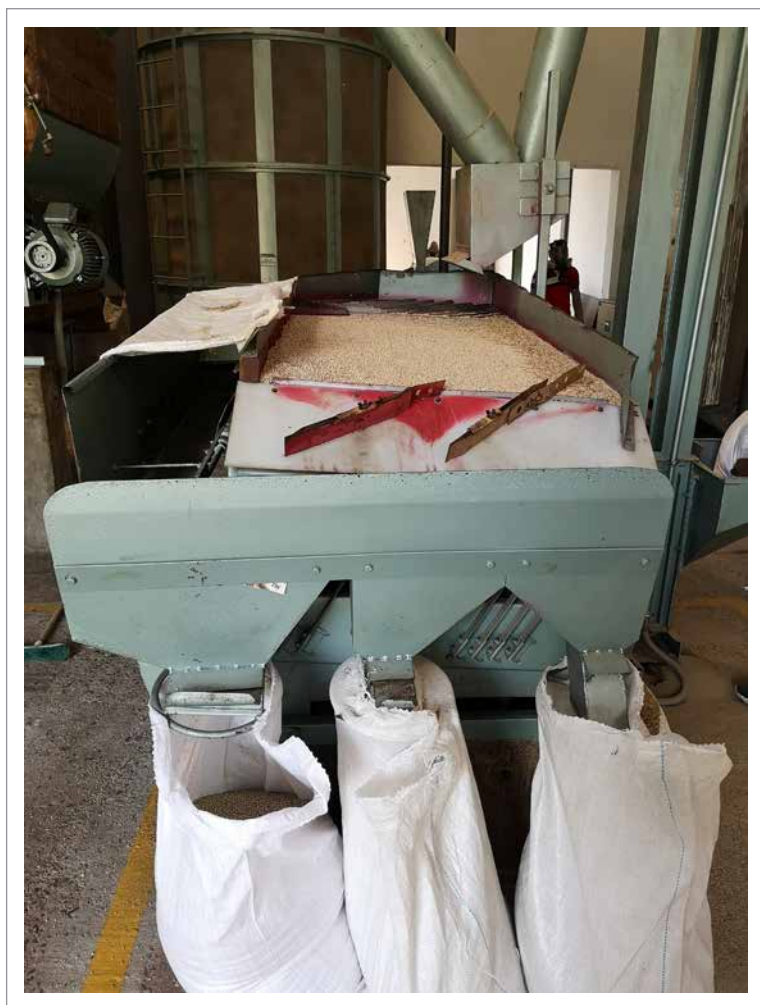


Foto: Luis Ernesto Ortigón Herrera

Figura 8. Mesa gravimétrica para separar impurezas o granos dañados por su menor peso específico.



Foto: Luis Ernesto Ortegón Herrera

Figura 9. Clasificadora para seleccionar las semillas por tamaño.

Empaque y almacenamiento de la semilla producida

Los empaques finales para la comercialización de la semilla estarán sujetos al visto bueno de la Dirección Técnica de Semillas del ICA en cuanto a su diseño y volumen. El empaque más usado son bolsas de papel *kraft* en presentaciones de 20kg. En cada empaque se deberá colocar una etiqueta que certifique el origen y la categoría de la semilla producida, con la siguiente información, exigida por la Resolución 3168 del ICA (2015):

- a. Número del lote declarado por el productor, el cual no debe superar los 20.000 kg.
- b. Categoría de la semilla, en forma destacada.
- c. Nombre del productor responsable de la declaración.
- d. Nombre común de la especie.
- e. Nombre del cultivar.
- f. Porcentaje de semilla pura.
- g. Porcentaje de malezas prohibidas, nocivas y comunes (semilla/kg).
- h. Semillas de otros cultivos por kilogramo.
- i. Porcentaje de germinación.
- j. Fecha de producción en campo.
- k. Fecha de análisis de laboratorio (día-mes-año).

La división técnica regional de semillas del ICA asignará un código de identificación único y un consecutivo para las etiquetas, de acuerdo con el empaque autorizado. El color de la etiqueta de comercialización varía según la categoría del lote de semilla producida, así:

- a. Blanco: semilla básica.
- b. Rosado: semilla registrada.
- c. Azul: semilla certificada.

Cuando se necesite reempacar la semilla en presentaciones diferentes a la original para la venta, se deberá obtener la respectiva autorización del ICA. El producto reempacado deberá estar etiquetado con la misma información del empaque original, y además deberá contener el código administrativo que certifica el reempaque, la información sobre el cultivar y los mínimos estándares de calidad del material.

Para garantizar la conservación de la semilla, se debe almacenar en cuartos fríos, con temperaturas entre 6 y 12 °C y una humedad relativa del 60 %. Se debe considerar que

la soya se deteriora más rápidamente que otros cultivos, por lo que es recomendable realizar un monitoreo constante de la calidad fisiológica de la semilla almacenada en el laboratorio. La frecuencia de muestreo dependerá del riesgo de almacenamiento; es decir, entre más se aparte el almacenamiento de la semilla de sus condiciones óptimas, mayor deberá ser la presión o intensidad de muestreo, cuyo fin es detectar prontamente el deterioro de su calidad (Abadía & Bartosik, 2013). Considerando los análisis de calidad de semilla, se puede definir el tiempo máximo de almacenamiento en el que no se ve afectada la viabilidad de la semilla.



Capítulo III

Esquemas de aseguramiento de la calidad para la producción de semilla de soya

Los esquemas de aseguramiento de la calidad (EAC) son una herramienta útil para la toma de decisiones en los procesos de multiplicación de semilla, pues permiten verificar la obtención y conservación de la calidad de la semilla en sus cuatro dimensiones, por medio de los esquemas de aseguramiento sanitario (EAS), genético (EAG), físico (EAF) y fisiológico (EAFi), en los que se detalla la información general del lote de producción de semillas, las fases productivas y las épocas de monitoreo, además de los puntos críticos en los que existe riesgo de pérdida de la calidad, las pruebas analíticas para determinar el estado de las semillas y las estrategias de manejo preventivo y de contingencia para la consecución, mantenimiento y promoción de la semilla de calidad (Flórez-Gómez et al., 2019).

En la figura 10 se aprecia el modelo productivo de semilla de soya para el departamento del Tolima, con los EAC. El EAS especifica tiempos, estados de producción, muestreos y plagas y patógenos (PP) de importancia que requieren monitorearse en cada fase de producción; las PP se identifican mediante un código relacionado en la tabla 8, y en la figura 10 se

puntualiza en qué momento se debe realizar el muestreo. Por su parte, el EAG detalla las técnicas que garantizan la pureza genética de la semilla en el proceso productivo (figura 10), y en la figura 11 se incluyen las pruebas para determinar la calidad de la semilla en cuanto al EAF y el EAFi.

Tabla 8. Plagas y patógenos (PP) de importancia seleccionados en el modelo de producción de semilla de soya

Código	Nombre científico	Nombre común
1	<i>Meloidogyne</i> spp.	Nemátodos fitoparásitos (Buriticá C., 1999)
2	<i>Cerotoma tingomariana</i>	Crisomélidos (García R. & Pulido F., 1979; León Martínez & Guevara Agudelo, 2006)
3	<i>Omiodes indicata</i>	Pega-pega o gusano pegador (García R. & Pulido F., 1979; León Martínez & Guevara Agudelo, 2006)
4	<i>Agrotis ipsilon</i>	Gusano trozador (García R. & Pulido F., 1979)
5	<i>Phakopsora</i> spp.	Roya (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
6	<i>Phomopsis</i> sp.	Cancro del tallo (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
7	<i>Phytophthora</i> sp.	Pudrición de raíces (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
8	<i>Sclerotium</i> sp.	Pudrición del tallo y vainas (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
9	<i>Septoria</i> sp.	Mancha marrón (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
10	<i>Soybean mosaic virus</i>	Virus (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
11	<i>Spodoptera</i> sp.	Gusano cogollero (García R. & Pulido F., 1979)
12	<i>Xanthomonas</i> sp.	Pústula bacteriana (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
13	<i>Anticarsia gemmatilis</i>	Anticarsia (García R. & Pulido F., 1979; León Martínez & Guevara Agudelo, 2006)
14	<i>Piezodorus guildinii</i> , <i>Euschistus</i> sp., <i>Thyanta perditor</i> , <i>Acrosternum marginatum</i> y <i>Edessa meditabunda</i>	Complejo de chinches pentatomidae (León Martínez & Guevara Agudelo, 2006)
15	<i>Cercospora kikuchii</i>	Hoja morada (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
16	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca (León Martínez & Guevara Agudelo, 2006)

(Continúa...)

(Continuación tabla 8)

Código	Nombre científico	Nombre común
17	<i>Colletotrichum</i> sp.	Antracnosis (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
18	<i>Macrophomina</i> sp.	Podredumbre carbonosa del tallo (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
19	<i>Pseudomonas</i> sp.	Tizón bacteriano (Buriticá C., 1999; Tapiero O. & Rey, 2006)
20	<i>Maruca vitrata</i>	Polilla (León Martínez & Guevara Agudelo, 2006)
21	<i>Peronospora manshurica</i>	Mildeo veloso (Tapiero O. & Rey, 2006)
22	<i>Corynespora cassiicola</i>	Mancha anillada (Buriticá C., 1999; Flórez-Gómez et al., 2021)

Fuente: Elaboración propia

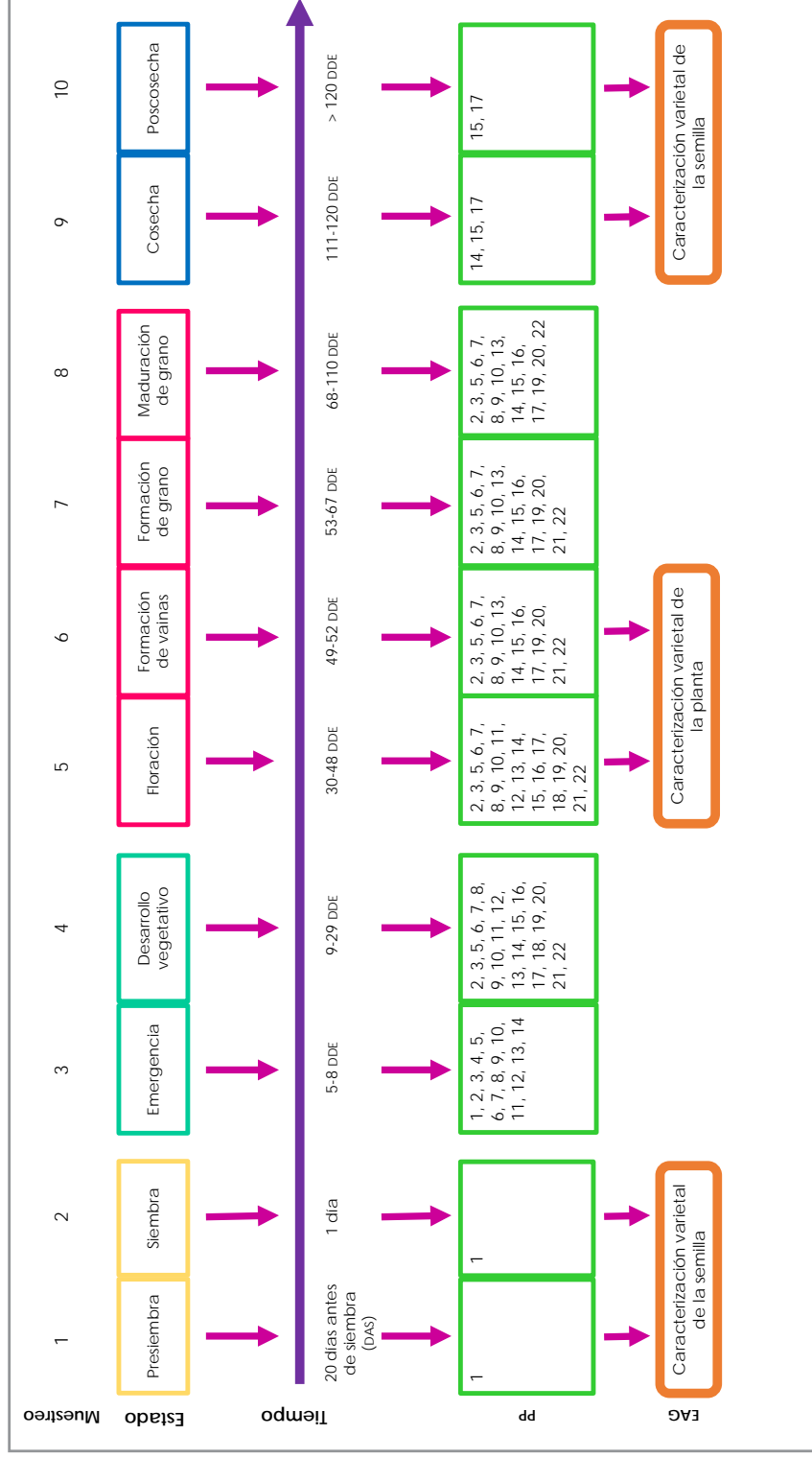


Figura 10. Esquema de aseguramiento sanitario (EAS) y genético (EAG) para semilla de soya en el departamento del Tolima.

Fuente: Elaboración propia

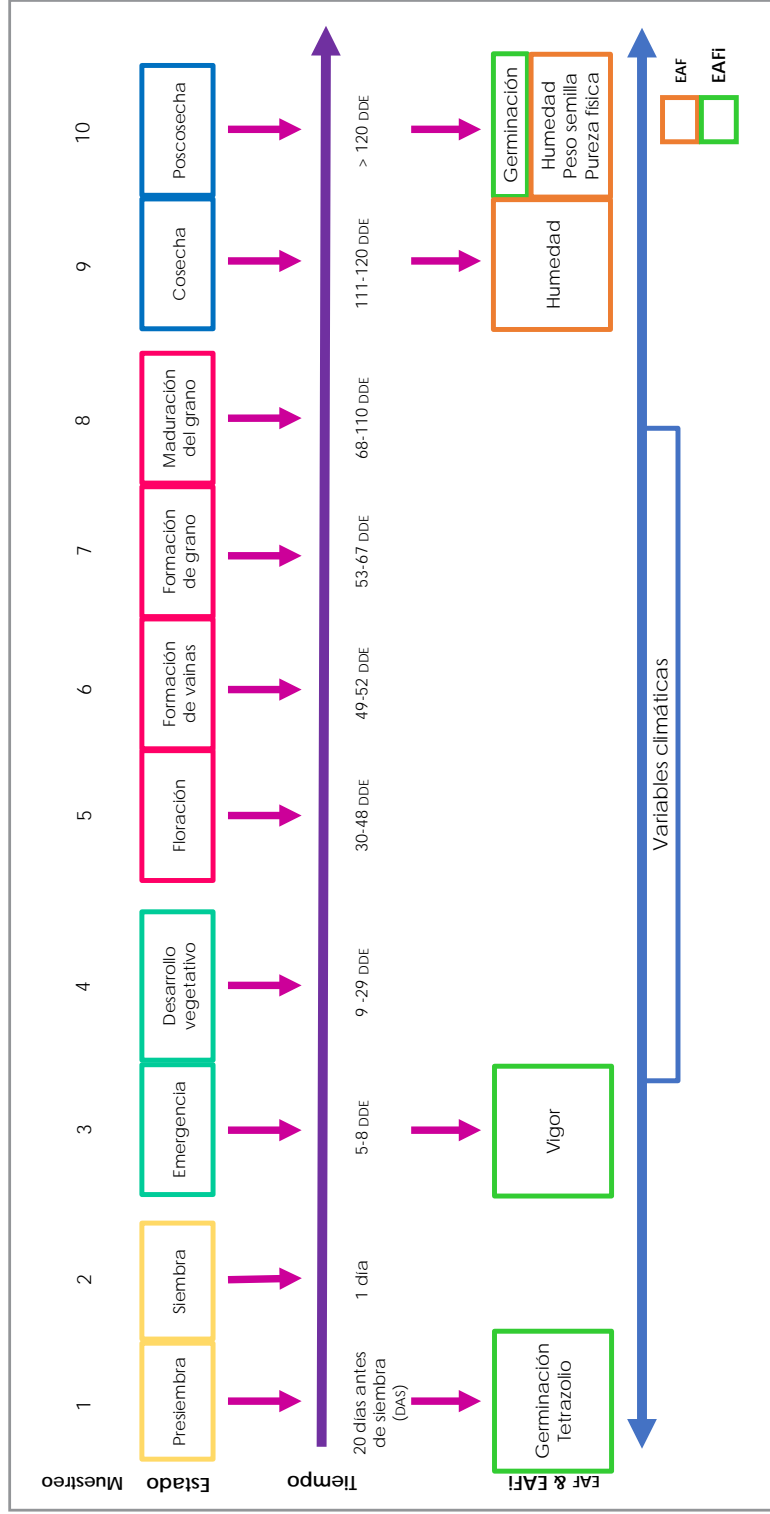


Figura 11. Esquema de aseguramiento físico (EAF) y fisiológico (EAFi) para semilla de soya en el departamento del Tolima.

Fuente: Elaboración propia

Verificación de la calidad de la semilla de soya

Es importante verificar la calidad de la semilla en todas sus fases de producción; no obstante, la madurez fisiológica es el momento en el que la semilla de soya alcanza su máxima calidad y se debe monitorear para que no se deteriore, pues la calidad de la semilla es muy sensible a factores climáticos y a ataques de plagas, aves o enfermedades, en campo, almacenamiento, cosecha y poscosecha, que pueden afectar negativamente la condición del producto. Así, el deterioro en la calidad es la mayor causa de pérdida económica en la producción agrícola mundial, y es particularmente evidente en los países menos desarrollados y donde las altas temperaturas y una alta humedad relativa prevalecen durante todo el año (Carvajal et al., 2017).

Parámetros de verificación de la calidad (indicadores)

En la multiplicación de semilla de soya es fundamental garantizar la calidad en todas las fases de producción, desde la presiembra hasta la distribución y comercialización del material, por lo que se deben identificar los puntos críticos en los que se puede perder la calidad de la semilla de soya; al respecto, en la tabla 9 se puntualizan los parámetros cuantitativos y cualitativos de verificación de la calidad de la semilla en sus cuatro atributos (sanitario, genético, físico y fisiológico). Según Vieira et al. (2001), todo programa de control de calidad en la producción de semillas de un determinado cultivo debe incluir el vigor como una característica principal que debe ser evaluada en condiciones de laboratorio.

Tabla 9. Parámetros cuantitativos y cualitativos de la calidad de la semilla de soya

Atributo de calidad	Punto crítico	Parámetros		Rango de aceptación
		Cuantitativos	Cualitativos	
Fisiológico y físico	Fertilización	Deficiencia de fósforo		50-65 kg de P_2O_5 /ha
Fisiológico y físico	Llenado de grano	Precipitación o riego		500-600 mm
Fisiológico y físico	Llenado de grano	Temperatura		< 32 °C en el día < 28 °C en la noche
Fisiológico y físico	Cosecha	Porcentaje de humedad		14 %
Fisiológico	Almacenamiento	Temperatura		6-12 °C
Fisiológico	Almacenamiento	Humedad relativa		60 %

(Continúa...)

(Continuación tabla 9)

Atributo de calidad	Punto crítico	Parámetros		Rango de aceptación
		Cuantitativos	Cualitativos	
Fisiológico	Almacenamiento	Prueba de germinación		80 %
Físico	Poscosecha	Peso de 100 semillas		16-17 g, según la ficha técnica de la variedad
Físico	Poscosecha	Porcentaje de semilla pura		97 %
Sanitario	Establecimiento	Presencia de hongos del suelo (<i>Fusarium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> o <i>Phytophthora</i> sp.)		0 %
Sanitario	Desarrollo vegetativo y floración	Presencia de <i>Anticarsia gemmatalis</i>		< 30 % del área foliar afectada
Sanitario	Desarrollo vegetativo y floración	Presencia de mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)		Un adulto por hoja
Sanitario	Poscosecha	Presencia de <i>Cercospora kikuchii</i>		0 %
Genético	Establecimiento		Identificación de lotes de producción	Código de identificación y nombre de la variedad
Genético	Desarrollo vegetativo		Hábito de crecimiento	Determinado/ semideterminado/ indeterminado, según la ficha técnica de la variedad
Genético	Desarrollo vegetativo		Forma de la lámina foliar	Elíptica/ovada/ lanceolada, según la ficha técnica de la variedad

(Continúa...)

(Continuación tabla 9)

Atributo de calidad	Punto crítico	Parámetros		Rango de aceptación
		Cuantitativos	Cualitativos	
Genético	Floración		Color de la flor	Blanca/púrpura, según la ficha técnica de la variedad
Genético	Madurez fisiológica		Color de la pubescencia	Gris/café, según la ficha técnica de la variedad
Genético	Poscosecha		Color de la semilla	Crema/amarillo, según la ficha técnica de la variedad
Genético	Poscosecha		Color del <i>hilum</i>	Café/café claro/negro, según la ficha técnica de la variedad
Genético	Almacenamiento		Etiquetado del empaque	Código de identificación, nombre de la variedad y color de la etiqueta, según la categoría de la semilla producida

Fuente: Elaboración propia

Trazabilidad para la gestión de calidad de la semilla producida

Para asegurar la calidad y los controles en el proceso de producción de semilla de soya, se recomienda realizar trazabilidad en todas las etapas del cultivo, como lo indican las buenas prácticas agrícolas (BPA). La trazabilidad es vista como una herramienta de gestión que debe estar alineada con las etapas y actividades del sistema productivo para permitir, por un lado, la identificación de un producto (semilla) mediante un proceso de marcación, y, por el otro, el registro de información referente a ese producto, durante todo el ciclo de producción, hasta la distribución final (FAO, 2016). La marcación se puede realizar con un código alfanumérico que debe ser único e irrepetible en el tiempo para agrupar las unidades de semilla producida en lotes de producción (LP), donde cada nuevo LP se define por la fecha de siembra, la

variedad y el semestre en el que se produce. Con el objetivo de rastrear los inventarios de producción, la identificación debe ser física, desde el campo donde se realiza la siembra de la semilla de soya, hasta cada empaque individual de producto terminado resultado de cada ciclo producción (figura 12). Siempre se debe registrar la siguiente información:

1. El origen de los insumos, el terreno utilizado y los controles de calidad realizados a las materias primas usadas en el proceso de producción de semilla de soya, lo cual da certeza de que los suministros utilizados en la etapa de siembra y durante el manejo agronómico del cultivo cumplen con los requisitos de calidad que la organización necesita asegurar para producir semilla de calidad.
2. El quién, cómo y cuándo de cada una de las actividades realizadas durante el ciclo de producción de semilla de soya, en la etapa de siembra, en manejo agronómico, en cosecha, en poscosecha y en almacenamiento, al igual que el registro de los monitoreos durante todo el ciclo.
3. Los resultados obtenidos de los parámetros cuantitativos y cualitativos de la calidad en sus cuatro dimensiones, para asegurarla desde el inicio hasta el fin de la cadena productiva de la semilla de soya.
4. El destino final de la semilla producida, incluyendo el transporte y la distribución a los clientes de la organización, para disponer de la información completa de cada producto terminado (empaque de semilla).

La identificación es muy importante porque permite asociar y enlazar los registros realizados durante todo el ciclo de producción de semilla de soya con el código del LP trabajado, lo cual corresponde a la historia de cada empaque de semilla producida, cuya información es documentada y guardada para poder consultarse en el momento que se requiera, ya sea para hacer análisis internos de la organización o para responder una reclamación del cliente, con el fin de dar una respuesta satisfactoria, identificar puntualmente el incidente en la cadena productiva e implementar un plan de acción correctivo para evitar repeticiones en el futuro.

Los registros principales que una organización debe llevar en el libro de campo, ya sea mediante formatos (tabla 10), un archivo digital o un sistema informático, para realizar un proceso de trazabilidad confiable, son todos los que permitan evaluar y analizar las actividades del proceso de producción de semilla de soya permanentemente, como los siguientes:



Figura 12. Proceso de producción de semilla de soya alineado con el proceso de trazabilidad.

Fuente: Elaboración propia

- Información de los recursos disponibles en el terreno donde se va a sembrar, las características y análisis del suelo y los riesgos identificados (ICA, 2009).
- Los datos relacionados con el material de siembra (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria & Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, 2018):
 - Criterios de sanidad de la semilla de soya que se va a sembrar.
 - Certificado de origen del material de soya que se va a sembrar.
 - Registros de la preparación del suelo y la siembra.
 - Análisis microbiológicos y fisicoquímicos realizados al agua y el suelo.
 - Nombres, tiempos y descripción de la actividad que se realiza.
 - Registro de capacitaciones al personal y novedades presentadas durante el proceso.
- Registros de la calibración y mantenimiento de los equipos utilizados durante todo el proceso de producción de semilla de soya (los utilizados para riego, fertilizaciones y en la poscosecha) (ICA, 2009; Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria & Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, 2018).
- Información de las aplicaciones realizadas durante todo el proceso de producción de semilla de soya y conservación de las fichas técnicas de los insumos utilizados (ICA, 2009).
- En caso de utilizar abonos orgánicos elaborados en la unidad productiva, registro de los ingredientes y la forma de preparación (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria & Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, 2018).
- Registro del plan de manejo integrado de plagas, teniendo en cuenta lo siguiente (ICA, 2009; Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria & Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, 2018):
 - El listado de plaguicidas prohibidos y permitidos para Colombia.

- La hoja de seguridad y el límite máximo de residuos según el Codex Alimentarius.
- Disponer de un procedimiento para el manejo de plagas y enfermedades.
- Registrar cada actividad de aplicación durante el ciclo productivo.

Adicionalmente, se recomienda documentar el proceso de producción de semilla con procedimientos en los que se identifiquen las etapas, las actividades que corresponden a cada etapa y los responsables de cada actividad. De igual manera, se debe definir el responsable del sistema de trazabilidad implementado, quien verifica hacia delante el registro de información, los tiempos, la eficacia y las mejoras al sistema. Lo anterior facilita los controles de calidad durante el proceso, en la medida que permite identificar una eventualidad a tiempo y tomar las acciones correctivas para minimizar el impacto negativo en las dimensiones de la calidad de la semilla producida.

Tabla 10. Formato para registro de labores semanales en el proceso de producción

Semana: _____ Especie: _____ Variedad: _____							
Finca: _____ N.º del lote: _____ Código LP: _____							
N.º de registro ICA: _____ N.º de plantas: _____							
Labores culturales							
Fecha	Actividad	Descripción	Ordenado por	Equipo utilizado	Método	Unidad (plantas, área, kg, lote...)	Nombre

Fuente: Elaboración propia con base en Icontec (2007)

Implementar la trazabilidad para la gestión de calidad en los procesos de producción de semilla facilita el control y monitoreo de las actividades durante todo el ciclo productivo y asegura su ejecución, las fechas y formas de ejecutarlas, además de que permite contar con una identificación inequívoca de la semilla de soya producida, con datos exactos de cada etapa, con procedimientos alineados (con secuencia lógica) y con una comunicación fluida entre los semilleristas y los productores del sistema agrario interesado en producir y comercializar soya en Colombia o con fines de exportación, pues esta trazabilidad es un requisito fundamental para ingresar a los mercados internacionales (Puerta Quintero, 2007).





Capítulo IV

Normatividad vigente para la producción de semilla de soya de calidad en Colombia

La disposición más importante en Colombia para regular la producción de semilla de soya es la Resolución 3168 del ICA (2015), “por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones”.

Esta resolución reglamenta el registro como exportador, comercializador, importador o productor de semilla certificada o seleccionada para siembra en el país, al igual que el registro de unidades de evaluación agronómica y de investigación en fitomejoramiento (capítulo III).

El trámite para registrar la semilla se explica en el capítulo II, e inicia con la correspondiente inscripción del lote o lotes por sembrar con soya ante la seccional regional del ICA que corresponda. Los pagos por concepto de supervisión y análisis de calidad pueden hacerse de forma electrónica, según los precios actualizados en la página web de la institución. En los formatos estandarizados por la

entidad, se debe puntualizar la localización del campo (con georreferenciación), el área, el o los cultivares, la producción estimada, el nombre del contratista del campo para multiplicación, el origen de la semilla, la fecha de siembra, la categoría de la semilla, el responsable de la producción y los datos de contacto de cada uno de los campos de semilla. Asimismo, la fuente y el origen de la semilla de siembra se deben respaldar con información verídica.

Únicamente serán materia de certificación los cultivares comerciales debidamente inscritos ante el ICA. Otro requisito es llevar un libro de campo para cada lote, en el que se deben registrar todas las eventualidades y actividades agrícolas realizadas en el cultivo: “densidad de siembra, dosis, productos agroquímicos, incidencias de plagas y enfermedades, novedades climáticas y la georreferenciación del lote en la primera página” (p. 8). Una vez la semilla está completamente clasificada y cumple con los parámetros de calidad, se envía el informe de cosecha al ICA, el cual debe contener la información del productor y la información de la cosecha: el lote, la cantidad de semilla producida, los resultados del análisis de calidad, el registro de actividades relacionadas con la producción y la cantidad de semilla descartada por daños mecánicos, plagas, enfermedades u otras razones, además del destino de esta.

Después, el ICA realiza una visita técnica de verificación y toma una muestra de la semilla beneficiada para las pruebas de calidad en sus laboratorios: si cumple con los parámetros de calidad del anexo II de la Resolución 3168, el ICA aprueba y certifica la semilla y expide el registro con el código alfanumérico que debe ir en la etiqueta del color correspondiente según la categoría de la semilla producida; de lo contrario, rechaza la semilla, caso en el cual el solicitante podrá solicitar una nueva visita, pero, si no cumple con los ajustes, el ICA rechazará la semilla y no se podrá comercializar. La resolución dice que la calidad declarada de la semilla es responsabilidad del productor hasta la entrega al cliente, y cuando es almacenada, la preservación de la calidad es responsabilidad del distribuidor o comercializador en las fases de almacenamiento y distribución. Para terminar, la resolución explica, en el capítulo VI, los requisitos de rótulo, etiqueta y reempaque de la semilla, con los tamaños, colores, características y la información exigida por el instituto.

En el anexo I de la Resolución 3168 del ICA (2015), los requisitos mínimos para la certificación de semilla de soya indican que se puede tramitar para las categorías básica, registrada y certificada. Un campo de soya que se registra ante el ICA debe ser sembrado con semilla básica o registrada y no puede haber sido sembrado con

soya durante los seis meses anteriores, aunque la norma acepta que el campo se haya sembrado con soya de la misma variedad. Asimismo, el terreno debe estar ubicado a una distancia mínima de tres metros, en todas las direcciones, de cualquier lote sembrado con soya. Igualmente, es responsabilidad del productor de semilla eliminar todas las plantas enfermas, las plantas de otras especies o variedades y las malezas, para no superar las siguientes tolerancias (tabla 11):

Tabla 11. Tolerancias a factores que puedan incidir en el cultivo de soya según pureza genética y sanidad, en porcentaje por hectárea de semilla

Factor	Categoría de semilla		
	Básica	Registrada	Certificada
Mezcla de otras variedades	0	0,2	1
Mezcla de otros cultivos	0	0	0
Malezas nocivas	0	0	0
Malezas comunes	Que no compitan significativamente con el cultivo		
Enfermedades	<p>Todas las plantas afectadas por las siguientes enfermedades deben ser eliminadas del campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>glycinea</i> Coerper • <i>Xanthomonas phaseoli</i> var. <i>sojense</i> (Hedges) Starr y Burkholder • <i>Cercospora sojina</i> Hara • <i>Peronospora manshurica</i> (Naoumoff) Sydow • <i>Cercospora kikuchii</i> (T. Matsu y Tomoyasu) Gardner • <i>Colletotrichum truncatum</i> (Schw.) Andrus y Moore • <i>Colletotrichum glycinis</i> (Hori) Lehman y Wolf • Soja virus L. K. M. Sm. 		

Fuente: ICA (2015)

El campo objeto de certificación, donde se tiene establecido el cultivo de soya, podrá recibir inspecciones oficiales para evaluar el estado general del cultivo, su pureza genética y su sanidad. Después de que la semilla es certificada, debe tratarse con un fungicida apropiado, y solo si es necesario se ordenará protegerla con un insecticida, productos que deben estar registrados ante el ICA para tratamiento de semillas.

Los sacos para empacar las semillas certificadas también deben ser aprobados por la autoridad competente. Además, la cantidad de semilla a la cual se le aplica la certificación y de la cual se toma la muestra para los análisis de calidad no debe sobrepasar los 20.000 kg.

Tabla 12. Requisitos para lograr la certificación de la semilla de soya

Parámetro	Categoría de semilla		
	Básica	Registrada	Certificada
Semilla pura (porcentaje mínimo)	97	97	97
Materia inerte (porcentaje máximo)	3	3	3
Semilla de otras variedades (porcentaje máximo/kg)	0	1	2
Presencia de semillas de soya genéticamente modificadas con las tecnologías aprobadas en el país (porcentaje máximo/kg)	0	1	2
Máximo de semillas de otros cultivos/kg	0	0	0
Máximo de semillas de malezas/kg	0	0	0
Humedad máxima (porcentaje)	14	14	14
Germinación mínima (porcentaje)	80	80	80

Fuente: ICA (2015)





Consideraciones finales

La soya es un cultivo que ha venido creciendo en nuestro país dadas las altas demandas, principalmente de las cadenas avícola y porcícola para la fabricación de alimento balanceado; por esto, es fundamental el uso de semilla de calidad, que permita garantizar altos rendimientos, disminuir los problemas fitosanitarios por insectos, patógenos y arvenses, y a su vez disminuir los costos de producción en cuanto al manejo sanitario del cultivo. Asimismo, durante el proceso de producción de semilla es importante cumplir con los parámetros de aseguramiento de la calidad, para conservar su viabilidad por periodos prolongados de tiempo.

La gestión de calidad durante todo el proceso de producción de semilla requiere del registro permanente de información sobre cada labor que se realiza en el ciclo productivo y la identificación, con códigos únicos, de los lotes de semilla producidos, pues los controles deben iniciar desde la selección del terreno donde se va a sembrar, teniendo en cuenta los requisitos que indica la norma en cuanto al aislamiento y la historia de las siembras anteriores. Es por esto que la trazabilidad se convierte en el soporte que permite rastrear e identificar los datos necesarios para tomar decisiones y controlar la ejecución de las actividades en cuanto a tiempos, cantidad y precisión en la producción de semilla, mediante sistemas prácticos que pueden ser trabajados de forma manual o con *software* acorde a las necesidades de cada empresa. Esto 1) sirve para generar confianza en los clientes, quienes, de esta forma, saben que la información de la semilla que adquieren es transparente y está disponible al público que la requiera; 2) facilita el control de los riesgos que se presentan a lo largo del ciclo productivo, y 3) permite gestionar un plan de acción para prevenir o solucionar las eventualidades.

El aseguramiento de la producción inicia con la selección de la semilla que se va a sembrar, la cual debe ser certificada; para esto se recomienda realizar la inoculación de la semilla con cepas de *Bradyrhizobium japonicum*, para ayudar a la fijación del nitrógeno atmosférico, de manera que se puedan disminuir los costos asociados

a la fertilización nitrogenada. Además, se debe hacer una preparación eficiente y definir una adecuada densidad de siembra, que garantice una buena germinación, y hacer un óptimo manejo agronómico. A pesar de que el cultivo de soya es tolerante a la sequía, en razón de sus requerimientos hídricos y de las exigencias climáticas, en los valles interandinos es necesario acondicionar el área de siembra de tal forma que se pueda realizar riego desde su establecimiento (para la germinación de la semilla), el cual puede ser por aspersión o por gravedad, para asegurar los requerimientos hídricos del cultivo, cuidando que este no genere encharcamiento y pueda afectar por asfixia a las raíces de las plantas.

La cosecha es una de las etapas más importantes, ya que esta presenta un riesgo cuando no se realiza a tiempo. Para evitar pérdida y calidad de la semilla, se debe ejecutar esta tarea en el menor tiempo posible, cuando las plantas manifiesten un secado uniforme y el día esté soleado, pues, si se realiza en un día lluvioso, la semilla se puede deteriorar o iniciar el proceso de imbibición dentro de la vaina, y se pierde el valor comercial.

Referencias

- Abadía, B., & Bartosik, R. (Eds.). (2013). *Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos*. INTA. https://www.researchgate.net/publication/282878383_Manual_de_Buenas_Practicas_en_Poscosecha_de_Granos
- Acosemillas. (2019, 14 de mayo). *¿El despertar de la siembra de soya en Colombia?* <https://acosemillas.org/el-despertar-de-la-siembra-de-soya-en-colombia/>
- Acosemillas. (2020). *Informe anual de estadísticas del subsector de semillas* [documento interno].
- Almanza Manrique, E. F. (2006a). Manejo del recurso hídrico para el cultivo de la soya en la Orinoquía Colombiana. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 135-142). Repositorio Agrosavia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Almanza Manrique, E. F. (2006b). Requerimientos hídricos del cultivo de soya en la Altillanura. *Plegable Divulgativo Corpoica*, 50. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13777#YKAq_GQu4Cw.mendeley
- Bastidas Ramos, G. (1983). *Características morfológicas de la planta de soya (Glycine max (L), Merrill)*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20970/23765_5615.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bernal Riobo, J. H. (2006). Manejo de malezas en el cultivo de la soya. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 173-180). Repositorio Agrosavia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Bocchetto, M. (2005). *Características, transformaciones y sustentabilidad de la expansión de la soja en el Mercosur* [documento no recuperable].

- Buriticá C., P. (1999). *Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia*. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16404#.YKg5W_2-gdQ.mendeley
- Caicedo, S., Murcia, G., & Botero, R. (2006). Recolección a granel y estimación de pérdidas en la cosecha mecánica de soya. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 209-224). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Carvajal, C., Márquez, M., Gutiérrez, B., González-Vera, A., Arellano, J., & Ávila, M. (2017). Aspectos de fisiología, deterioro y calidad en semilla de soya. *Revista de la Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela*, 73, 76-92. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/15258
- Craviotto, R., & Arango, M. (2007). Daño mecánico en soya. Una prueba rápida para identificarlo: prueba de hipoclorito. *Revista Análisis de Semillas*, 1(2), 73-74.
- D'Angelo, G., Rodríguez Zurro, T., & Sigaudó, D. (2020). Soja 2020/21: Panorama mundial para la oleaginosa y sus productos derivados. *Informativo Semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario*, 38(1.980). <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/soja-202021>
- Díaz Franco, A., Magallanes Estala, A., Aguado Santacruz, A., & Hernández Mendoza, J. L. (2015). Respuesta de la soya a inoculantes microbianos en el norte de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(2), 227-238. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i2.684>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya [Fenalce]. (2020). *Indicadores cerealistas 2020B*. <https://www.fenalce.org/archivos/indicerealista2020B.pdf>
- Fehr, W. R., Caviness, C. E., Burmood, D. T., & Pennington, J. S. (1971). Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max (L.) Merrill*. *Crop Science*, 11(6), 929-931. <https://doi.org/10.2135/cropsci1971.0011183X001100060051x>
- Fernández, M. E. (2013). *Efectos del cambio climático en el rendimiento de tres cultivos mediante el uso del Modelo AquaCrop. Informe Ejecutivo*. Ideam; Fonade; BID. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Rendimiento+de+cultivos+en+ECC.pdf/5b49e326-a0a9-45ee-8bd7-466efe04054d>

- Flórez-Gómez, D. L., López-Cardona, N., & Caicedo-Guerrero, S. (2021). Effect of *Corynespora cassiicola* on soybean yield in the Colombian eastern plains [artículo en revisión].
- Flórez-Gómez, D. L., Ramírez, J., & Hernández, J. (2019). *Esquemas de aseguramiento de la calidad como herramienta fundamental para la producción de semilla*. IV Congreso de Semillas, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- França-Neto, J. de B., Krzyzanowski, F. C., Henning, A. A., Pizzolante de Pádua, G., Lorini, I., & Henning, F. A. (2016). Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. *Documentos*, 380. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/151223/1/Documentos-380-OL1.pdf>
- García R., F., & Pulido F., J. (1979). *Plagas de la soya (Glycine max Merill) en Colombia*. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/21447#.YKg58p-GHIFU.mendeley>
- Gaviola, J., Ordovini, A., Lepez, R., & Makuch, M. A. (2006). Evolución de la calidad de semillas de cebolla almacenadas en condiciones no controladas. *Agricultura Técnica*, 66(1), 13-20. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072006000100002>
- Giménez, L. (2014). Efecto de las deficiencias hídricas en diferentes etapas de desarrollo sobre el rendimiento de soja. *Agrociencia Uruguay*, 18(1), 53-64. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482014000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Icontec. (2007). *Norma Técnica Colombiana 5522. Buenas prácticas agrícolas. Trazabilidad en la cadena alimentaria para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas*.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (1983, 25 de agosto). *Resolución 2228 de 1983. Por la cual se hace una clasificación de malezas*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/b1f2b1bd-badf-449f-8eb7-b59a40cbc92d/1983R2228.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2009). *Mis buenas prácticas agrícolas: "guía para agroempresarios"*. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2311#.YKA9_bE5QQk.mendeley
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015, 7 de septiembre). *Resolución 3168 de 2015. "Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación"*.

<https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9b-f8/2015R3168.aspx#:~:text=%22Por%20medio%20de%20la%20cual,fitomejoramiento%20y%20se%20dictan%20otras>

- International Seed Testing Association (ISTA). (2018). *Introduction to the ISTA rules*.
- Johnston, M., Olivares, A., & Laura, J. (2003). Producción y calidad de semillas en cuatro poaceas. Efecto de cortes con distintas frecuencias y en diversas etapas fenológicas. *Agricultura Técnica*, 63(2), 146-155. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072003000200004>
- León Martínez, G. A., & Guevara Agudelo, E. J. (2006). Manejo integrado de insectos plagas en soya para los Llanos Orientales. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 181-192). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Marmolejo, F. (1994). Principales enfermedades del cultivo de la soya en Colombia y recomendaciones generales de manejo. En Instituto Colombiano Agropecuario (Ed.), *El cultivo de la soya* (pp. 133-150). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1796/80594_57393.pdf?sequence=1&is-Allowed=y
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s. f.). *Cultivos y productos de ganadería*. Faostat. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *La trazabilidad: una herramienta de gestión para las empresas y los gobiernos*. <http://www.fao.org/3/I6134S/i6134s.pdf>
- Pommeresche, R., & Hansen, S. (2017). *Examen de la actividad de los nódulos en raíces de leguminosas*. Research Institute of Organic Agriculture. <https://orgprints.org/id/eprint/32468/1/pommeresche-hansen-2017-root-nodules-spanish-pdf>
- Puerta Quintero, G. I. (2007). Registro de la trazabilidad del café en la finca. *Avances Técnicos Cenicafé*, 355. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/375/1/avt0355.pdf>
- Ridner, E. (2006). *Soja: propiedades nutricionales y su impacto en la salud*. Sociedad Argentina de Nutrición.

- Rogers, D. H. (1997). Irrigation. En Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service (Ed.), *Soybean production handbook* (pp. 19-23). <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/c449.pdf>
- Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., González Acuña, I. J., Flores López, H. E., Ramírez Ojeda, G., Ortiz Trejo, C., Byerly Murphy, K. F., & Martínez Parra, R. A. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos* (2.^a ed.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf
- Salamanca, C., & Baquero, J. (2006a). Fijación biológica del nitrógeno. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 163-170). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Salamanca, C., & Baquero, J. (2006b). Nutrición y fertilización con macro y micronutrientes. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 151-162). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Salvagiotti, F., Bacigaluppo, S., Enrico, J. M., Manlla, A., Pagani, R., Gentili, O., Albrecht, R., De Emilio, M., Gerster, G., Méndez, J. M., Malmantile, A., Prieto, G., & Capurro, J. (2014). Fertilización con cobalto y molibdeno en soja. *Para Mejorar la Producción*, 52, 129-132. <https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-fertilizacin-con-cobalto-y-molibdeno-soja.pdf>
- Semillas del Pacífico. (s.f.). Semillas del Pacífico. <http://www.semillasdelpacifico.com.co/semillas.html>
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, & Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera. (2018). *Sistema de trazabilidad de productos hortofrutícolas para consumo en fresco de los Estados Unidos Mexicanos*. Sagarpa. <http://www.cesavep.org/descargas/PIA/Manual02.pdf>

- Soto, K., Suárez, D., Torres, D., & Torres, J. (2001). *Cultivo de soya*. Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2450/1/CPA-2001-T083.pdf>
- Suárez, F., Bonilla, S., Martínez, E., Galindo, R., & Sánchez, L. (2004). *Aporte al manejo de los bosques secos del Área Metropolitana de Cúcuta, departamento Norte de Santander — Colombia—*. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN); Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corporonor); Universidad de Pamplona. https://corporonor.gov.co/areasnaturalesestrategicas/descargas/bst_Aporte_al_Manejo_de_los_Bosques_Secos_del_AM_Cucuta_2004.pdf
- Tapiero O., A. L., & Rey, V. E. (2006). Manejo de las enfermedades del cultivo de la soya (*Glycine max* L.) en los Llanos Orientales de Colombia. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 193-205). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Toledo, R. E. (2006). *Etapas fenológicas del cultivo de soja* [documento para la Cátedra de Cereales y Oleaginosas de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina]. <https://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/fenologia.pdf>
- Valencia, R. (2006a). Origen, taxonomía y morfología de la soya. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 59-64). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Valencia, R. (2006b). Variedades de soya de importancia económica para la Orinoquía colombiana. En Corpoica (Ed.), *Soya (Glycine max (L.) Merrill). Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquía colombiana* (pp. 73-84). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13439?locale-attribute=en>
- Valencia, R., & Ligarreto, G. A. (2010). Mejoramiento genético de la soya (*Glycine max* [L.] Merrill) para su cultivo en la altillanura colombiana: una visión conceptual prospectiva. *Agronomía Colombiana*, 28(2), 155-163. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/18018>
- Valladares, C. (2010). *Origen y distribución de los cultivos de grano*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

- Vieira, R. D., Tekrony, D. M., Rucker, M., & Egli, D. B. (2001). Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. *Seed Science and Technology*, 29(3), 599-608. https://www.researchgate.net/publication/281563382_Electrical_conductivity_of_soybean_seeds_after_storage_in_several_environments

Reconocimientos de arbitraje 2021

AGROSAVIA expresa el mayor reconocimiento y agradecimiento a los pares evaluadores de los libros publicados en la Colección Transformación del Agro, cuyas observaciones, sugerencias y comentarios contribuyeron a incrementar ostensiblemente su calidad científica y editorial.

Carmen Rosa Bonilla Correa, MSc

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Facultad de Ciencias Agrarias, Colombia

Breno Augusto Sosa Rodrigues, PhD

Universidad Nacional Autónoma de Honduras (Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico), Honduras

Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno, PhD

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Colombia

Johana Carolina Soto Sedano, PhD

Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), Colombia

Marlon Javier Méndez Sastoque

Universidad de Caldas, Colombia

Leneidy Pérez Pelea, PhD

Universidad de La Habana, Cuba

Hans Thielin Castro Salazar, PhD

Corporación Universitaria del Huila, Colombia

Rómulo Bañuelos-Valenzuela, PhD

Universidad de Colima, México

José Andrés Nasca, Dr.

Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido, Argentina

Julia Sánchez Gómez, PhD

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología del Estado de Jalisco (Ciatej), México

Carlos Alberto Hernández Medina, MSc

Centro Universitario Municipal Camajuaní, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba

Andrés Álvarez Soto, MSc

Universidad de Córdoba, Colombia

Hernando Rivera Jiménez

Universidade Estadual Paulista (Unesp), Brasil

Edith González Salazar, MSc

Universidad del Tolima, Colombia

José Antonio Yam Tzec, PhD

Universidad del Papaloapan, México

Mildrey Soca Pérez, PhD

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Cuba

Maribel Ramírez Villalobos, PhD

Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela

J. Reyes Altamirano Cárdenas, PhD

Ciestaam/Universidad Autónoma Chapingo, México

Alejandro F. Barrientos Priego, PhD

Universidad Autónoma Chapingo, México

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Este manual presenta de forma práctica la información requerida para la producción de semilla de calidad del cultivo de soya, especialmente, para los pequeños y medianos productores de los valles interandinos de Colombia. El método propuesto busca la conservación de las características genéticas de los materiales vegetales durante todo el proceso de obtención de semillas, sin descuidar los aspectos físicos y sanitarios.

El manual presenta las labores de control estricto, desde la siembra hasta el almacenamiento, incluyendo las actividades de manejo agronómico (la selección del lote, la preparación del suelo, el establecimiento de las plantas, la fertilización, la descontaminación de plantas atóxicas, el control de malezas y el manejo fitosanitario, entre otras).

El cultivo de la oleaginosa soya o soja (*Glycine max* [L.] Merrill) es de gran importancia industrial por su composición nutritiva en proteínas y ácidos grasos, si se compara con oleaginosas como el algodón, el maní, el girasol, la colza, la pulpa de coco deshidratada y la palma. En consecuencia, esta obra espera contribuir a la producción nacional de soya de calidad, poniendo al alcance de los productores una metodología efectiva, de fácil acceso y comprensión, para mejorar el rendimiento por hectárea.



BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

CORREO: bac@agrosavia.co

TÉLFONO: (57 601) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274

SKYPE: [biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/join/biblioteca.agropecuaria)

Distribución gratuita
Prohibida su venta



El campo
es de todos

Minagricultura