

Aspectos de fisiología, deterioro y calidad en semilla de soya

Carmen Carvajal^{1*}, Maritza Márquez¹, Bárbara Gutiérrez¹, Alex González-Vera², Julia Arellano¹, Manuel Ávila²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA-CENIAP, campus Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.

²Fundación para la Investigación Agrícola Danac, San Felipe, Venezuela

RESUMEN

La calidad de la semilla de soya es muy afectada por las condiciones climáticas, desde el llenado de granos hasta su cosecha. A partir de la madurez fisiológica, las semillas alcanzan su máxima calidad y se consideran que están provisionalmente “almacenadas” en el campo, expuestas a lluvias frecuentes o cambios de temperatura, resultando en alternados periodos de humedecimiento y secado de las semillas dentro de las vainas, lo cual trae como consecuencia un marcado deterioro. Además, las semillas antes de ser cosechadas pueden ser invadidas por microorganismos patógenos o insectos plagas que desmejoran su calidad y viabilidad. Otro factor importante es la cosecha. La máquina combinada debe estar limpia para evitar contaminación varietal y el momento y modo de cosecha debe ser determinado con precisión, para evitar daños mecánicos e impacto en la caída de la semilla; el transporte, almacenamiento, secado y ensacado inadecuado pueden aumentar el deterioro de la semilla. Finalmente, la temperatura de almacenamiento ejerce una gran influencia en mantener la calidad de la semilla. El objetivo fue revisar los principios de fisiología y deterioro y sus efectos sobre la pureza genética, pureza física, la germinación y vigor, como principales atributos de calidad de la semilla de soya.

Palabras clave: *Glycine max*, humedad, pureza, germinación, vigor, tetrazolium.

*Autor de correspondencia: Rafaela Carvajal

E-mail: rafaecarvajal@gmail.com

Aspects of physiology, deterioration and seed quality in soybean

ABSTRAC

The quality of the soybean is greatly affected by weather conditions from seed filling to harvest. At physiological maturity, seeds reach its maximum quality and are considered to be temporarily “stored” in the field, exposed to frequent rainfall or temperature changes, resulting in alternating periods of wetting and drying of seeds inside the pods, which results in a marked deterioration. In addition, before being harvested seeds can be invaded by pathogens or insect pests that degrade their quality and viability. Another important factor is the harvest, the combined machine must be clean to avoid varietal contamination and harvest timing and mode must be accurately determined to avoid mechanical damage and impact on the fall of the seed; inappropriate transport, storage, drying and bagging can increase seed deterioration. Finally, the storage temperature has a great effect on maintaining the quality of the seed. The objective was to review the principles of physiology and deterioration and their effects on genetic purity, physical purity, germination and vigor, as the main attributes of quality of soybean.

Key words: *Glycine max*, humidity, purity, germination, vigor, tetrazolium test.

INTRODUCCION

En soya (*Glycine max* L. Merrill), como en todos los cultivos, el uso de semilla de alta calidad es el paso inicial para asegurar una alta productividad. La siembra de semilla de baja calidad conlleva a obtener densidades de plantas por debajo de las recomendadas, implicando, en casos extremos, la necesidad de resiembra. Esta práctica, además de significar un incremento en los costos de producción acarrea riesgos como el uso de semilla de otra variedad, la pérdida de la mejor época de siembra, fallas en control de maleza o riesgos de sobreuso de productos y aparición de toxicidad y problemas de fertilización, entre otros, ocasionando una menor productividad (Krisanosky y França-Neto, 2003). Las semillas deterioradas poseen baja germinación y vigor, por consiguiente tienden a producir plántulas débiles con reducido potencial de rendimiento (Minuzzi *et al.*, 2007).

Es importante que los productores de soya asuman este principio y procuren el uso de semilla cuyos atributos de calidad cumplan los parámetros establecidos por los organismos oficiales del Estado, en las normas específicas del cultivo. En el mercado de semilla, el éxito de las empresas está determinado por los controles de calidad que mantienen durante sus programas de producción. Por tanto, deben cuidar de los principales factores que la afectan, incluyendo la constitución genética de sus cultivares, las condiciones ambientales de los campos de producción, principalmente durante la maduración de las semillas, las técnicas de cosecha, las buenas prácticas durante el almacenamiento y los procesos de

acondicionamiento. Cualquier factor que afecte negativamente la calidad de la semilla, ayuda al incremento de su deterioro. El deterioro de semilla constituye uno de los mayores factores de pérdidas económicas para la producción agrícola mundial, siendo particularmente notorias en los países menos desarrollados y en aquellos donde las altas temperaturas y humedad relativa prevalecen durante los periodos de maduración, cosecha y almacenamiento, por causa su localización geográfica (McDonald y Nelson, 1986).

En Venezuela, el cultivo de soya se realiza principalmente en época de secano y en la mayoría de los casos sin riego complementario, por tanto está expuesto a diversas condiciones ambientales que van desde periodos de sequias extremas y altas temperaturas durante floración y llenado de vainas, hasta la humedad excesiva después de la madurez fisiológica, factores que afectan drásticamente la producción y la calidad de la semilla o el grano a cosechar. Por esta razón es necesario el uso de semilla de alta calidad (genética, física, fisiológica y sanitaria) avalada no solo por el seguimiento interno de la calidad por parte de las empresas productoras y distribuidoras, sino también a través de los análisis o controles de calidad correspondientes a los organismos de certificación nacionales o aquellos adoptados en convenios bilaterales o regionales.

EFFECTO DE LOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA FISIOLOGÍA Y LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE SOYA

En el cultivo de soya los factores que contribuyen a la pérdida de la calidad de la semilla se pueden relacionar principalmente con: a) condiciones ambientales durante la producción, especialmente, la falta de humedad durante el desarrollo del cultivo y la excesiva humedad durante la cosecha, la incidencia de altas temperaturas acompañadas de déficit hídrico, la fluctuación de humedad, acompañado de temperaturas mayores a los 30 ° C, durante el periodo entre la madurez fisiológica y la cosecha, lo cual origina deterioro de la semilla por humedad en campo; b) daños mecánicos durante la cosecha y el procesamiento, relacionado comúnmente con el contenido de humedad de la semilla y la calibración de los equipos durante el proceso y c) ataque de plagas, particularmente chinches y hongos de campo (Rossi y González, 2006).

El efecto que causa en las semillas el periodo de exposición al ambiente y los daños mecánicos en cultivares de soya, puede evidenciarse por los resultados en las variables fisiológicas evaluadas. La afectación por daño mecánico se comprueba por la disminución de la germinación, del vigor y por un incremento general de la incidencia fúngica; no obstante, los mayores efectos negativos sobre estas dos variables fisiológicas de la semilla, se relacionan con el periodo de exposición a ambientes desfavorables, determinado por la fecha de siembra. Por tanto, se recomienda disminuir este periodo de exposición al ambiente, así como reducir los niveles de daño mecánico ocasionados durante la cosecha y procesamiento a fin de elevar la calidad fisiosanitaria de la semilla de soya producida e incrementar su potencial de almacenamiento (Pérez *et al.*, 2010).

Un incremento en la exposición del cultivo de soya a periodos de altas temperaturas (32 °C diurna/28 °C nocturna), durante el llenado de la semilla, resulta en una disminución lineal en la germinación, el vigor y la calidad física. Reducción a 50% de germinación ocurrió cuando las condiciones de altas temperaturas se extendieron hasta el periodo de madurez de la vaina en comparación a 84% de germinación cuando el cultivo fue mantenido a bajas temperaturas (27 °C diurna/22 °C nocturna). Los porcentajes de semillas pequeñas, agrietadas, decoloradas y arrugadas se incrementaron, respectivamente, desde 0,1; 3,6; 2,3 y 0,2 %, cuando fueron mantenidas a bajas temperaturas, durante el llenado de semilla y hasta 2,7; 20,1; 26,2 y 2,8 % debido a su exposición a altas temperaturas. Se hace necesario entonces aplicar todas las estrategias que permitan disminuir el periodo de exposición a altas temperaturas durante el llenado y maduración de la semilla para reducir daños en la misma (Keigley y Mullen, 1986).

La calidad de la semilla de soya está ampliamente influenciada por el ambiente donde se produce, así como por la genética de los cultivares. En este sentido García (2013) comprobó mediante aplicación de pruebas de envejecimiento acelerado, que las semillas de soya producidas en zona ubicada a 987 msnm con condiciones ambientales secas y frescas como temperatura media de 21,6 °C y precipitación anual 406,8 mm, reflejaron porcentajes más altos de viabilidad, germinación y vigor en comparación con las producidas en climas a 50 msnm, con temperaturas medias de 24,5 °C y precipitaciones anuales de 842 mm; representando el efecto negativo de condiciones ambientales desfavorables sobre la calidad de la semilla. Para ambos casos la calidad de semilla también fue diferenciada de acuerdo con los cultivares de soya usados, atribuyéndosele a su condición genética.

El potencial fisiológico del lote de semilla a sembrar tiene una importancia primordial en el establecimiento del cultivo y en el desarrollo inicial de las plántulas. Usando semillas con alto potencial fisiológico disminuimos la necesidad de resiembra y de aparición de otros efectos negativos que afectan la productividad. Sembrar semilla de alto vigor incorpora ventajas importantes como son mayor capacidad de respuesta ante condiciones ambientales desfavorables, mejor comportamiento aun cuando sean sometidas a amplias variaciones del ambiente, mayor velocidad de germinación y emergencia, lo cual se traduce en menor competencia de las malezas, mayor uniformidad en el desarrollo inicial de la siembra y por ende uniformidad en la maduración y cosecha (Marcos, 2011).

ASPECTOS EN FISIOLÓGÍA DEL DETERIORO EN LA SEMILLA

La interacción de los cambios citológicos, fisiológicos, bioquímicos y físicos de forma degenerativa e irreversible, es un proceso natural que ocurre después que la semilla ha alcanzado su máxima calidad, dando como resultado la pérdida del vigor y la viabilidad de la misma. Este proceso es ampliamente conocido como deterioro (Delouche, 2002; Pitter, 2002; Cerovich, 2004).

El proceso de deterioro, causa daños a sistemas y funciones vitales y afectan negativamente la capacidad de desempeño de la semilla. No obstante, este proceso progresivo es considerado inevitable e irreversible y está estrechamente ligado al aspecto genético, a la variación entre especies, a la variabilidad dentro de la misma especie, a la variación entre lotes de la misma variedad e incluso entre semillas del mismo lote (Delouche, 2002; Salinas *et al.*, 2001).

Durante los cambios biológicos y bioquímicos en las semillas, se inician daños en el sistema de membrana, ocurre una disminución de la actividad enzimática, se disminuye la velocidad de germinación, del crecimiento, del desarrollo de plántulas normales y ocurre una reducción en la producción de energía y biosíntesis; señalándose como posibles causas a la auto-oxidación de lípidos, el agotamiento de sustancias de reserva, la inhabilidad de disociación de los ribosomas, la muerte de células meristemáticas, la degradación e inactivación de enzimas, la formación y activación de enzimas hidrolíticas, los daños en los mecanismos que controlan la germinación, la degradación genética (mutaciones), la degradación de estructuras funcionales, la acumulación de sustancias tóxicas y la invasión de hongos en campo y/o almacenamiento (Delouche, 2002).

La semilla de soya es particularmente sensible al deterioro debido a factores predisponentes como la profusa exposición del embrión, condición morfológica que la hace más susceptible a daños, principalmente mecánicos, durante el procesamiento. Además de poseer dentro de su composición química altos contenidos de ácidos grasos poliinsaturados que comprometen su calidad fisiológica en periodos relativamente cortos. Estos factores propenden a un acelerado deterioro, particularmente cuando no se aplican buenas prácticas en el manejo de la producción, cosecha, procesamiento y almacenamiento (Rossi y González, 2006; Ferguson, 1995).

Las alteraciones en los procesos bioquímicos, enzimáticos, proteicos, mitocondriales, ribosómicos así como las alteraciones de las membranas son los principales cambios asociados al envejecimiento o deterioro causado por condiciones desfavorables durante el almacenamiento, particularmente la alta humedad y temperatura, condiciones en las que ocurre más rápidamente la reducción del sustrato necesario para la iniciación de los procesos enzimáticos (Ching, 1973). Esto trae como consecuencia afectación en los procesos de germinación. Datos experimentales y estudios de las mitocondrias, a través de microscopía electrónica, indican que la eficiencia fosforilativa se relaciona con la tasa de desarrollo de las plántulas y que el envejecimiento afecta la integridad estructural de las mitocondrias preexistentes en las semillas y la subsecuente generación de células en las mismas (Ferguson, 1995).

La autoxidación de lípidos y el incremento en el contenido de ácidos grasos libres, durante el período de almacenamiento, son las principales razones para el rápido deterioro de semillas de plantas oleaginosas. Estos procesos causan inactivación en las enzimas, es decir desnaturalización de proteínas y ácidos nucleicos. El daño de la semilla durante el almacenamiento es inevitable y

disminuye grandemente su calidad. Sin embargo, la extensión de estos daños estará controlada por los factores temperatura y humedad relativa en el ambiente de almacén, contenido de humedad de la semilla, duración del almacenamiento, tipo de semilla y calidad inicial de la misma (Baleseviae-Tubiae *et al.*, 2005).

La inactivación de las proteínas (proteínas de transporte y receptores), como resultado de la peroxidación, ocasiona cambios en la permeabilidad de las membranas, acompañados con la formación de productos de la descomposición citotóxica, lo cual es síntoma de su deterioro. La presencia de controladores de radicales libres (antioxidantes) dentro de una semilla; por ejemplo, el tocoferol, el ácido ascórbico y el glutamato pueden limitar la extensión del daño por peroxidación. Aún no está bien definido, si la peroxidación de los lípidos sea la principal causa de la pérdida de la viabilidad de la semilla, o si esta ocurre solo después del decline de la semilla como parte del deterioro general de la célula. Investigaciones han demostrado que durante el envejecimiento de la semilla existe un marcado decrecimiento en sus contenidos de fosfolípidos, un decline en los ácidos grasos saturados, un incremento de los productos de degradación, una reducción en los contenidos de tocofenol, aunado a la presencia de radicales libres (Bewley y Black, 1994).

La pérdida de la viabilidad o deterioro de las semillas por el envejecimiento se debe fundamentalmente a la acumulación de radicales libres, déficit de sustancias de reservas, acumulación de inhibidores del crecimiento, agentes mutagénicos, y a la desnaturalización de los ácidos nucleicos, las proteínas y lipoproteínas celulares (Sánchez *et al.*, 2001).

La disminución del vigor de las semillas es una respuesta al proceso de deterioro causado por varios factores, entre otros: cosechas tardías, presencia de lluvias durante la madurez, cosecha y secado y/o almacenamiento inadecuados. Uno de los síntomas del deterioro de las semillas es la disminución de la resistencia al estrés ambiental durante la emergencia y crecimiento inicial de las plantas. Las semillas deterioradas poseen baja germinación y vigor, y por consiguiente tienden a producir plántulas débiles con reducido potencial de rendimiento (Minuzzi *et al.*, 2010).

En semillas de soya sometidas a envejecimiento acelerado (41 °C y 100% de humedad relativa), ocurren cambios como la disminución anticipada en la actividad respiratoria, incremento en la pérdida de electrolitos, pérdidas de aproximadamente el 10% del peso seco de los cotiledones y una disminución del sistema de imbibición de la semilla. Este envejecimiento o pérdida de vigor se manifiesta en el retraso en la germinación y emergencia, un crecimiento más lento de la plántula, incremento de la susceptibilidad al estrés ambiental y finalmente en la disminución de la germinación. Todo esto es atribuible a diferentes eventos o procesos incluyendo daño cromosomal, pérdida de varias enzimas, degradación del sistema respiratorio, pérdida de la capacidad de producción y almacenamiento de ATP, y deterioro de membranas (Parrish y Leopold, 1978).

LA CALIDAD DE SEMILLA E IMPORTANCIA DE SUS ATRIBUTOS EN EL CULTIVO DE SOYA

La calidad es considerada como el patrón de excelencia que involucra las propiedades o características de naturaleza física, biológica y fisiológica inherentes a la semilla, las cuales van a determinar su desempeño, tanto en almacenamiento como en la siembra. La calidad de la semilla, entonces, es atribuida a la interacción de cuatro factores y sus componentes, a saber, los genéticos como identidad varietal y pureza genética, los físicos como pureza física y contenido de humedad, los fisiológicos como viabilidad, germinación y vigor y los sanitarios como microorganismos e insectos (Márquez, 2003; Rossi y González, 2006).

De los cuatro componentes de calidad, el referido a sanidad de semilla ha sido, erróneamente relegado cuando se aplican los protocolos de seguimiento interno y la validación oficial de calidad en los lotes de semilla, omitiendo el riesgo de usar lotes de semilla con baja calidad sanitaria, lo cual repercute negativamente en el establecimiento de las plántulas (Gallo *et al.*, 2010).

Cuando se habla de calidad de semilla, las cualidades que la determinan deben presentarse en conjunto y no en forma aislada. En general las semillas que poseen alta calidad presentan un alto grado de pureza botánica, bajo contenido de humedad, alta sanidad, alta viabilidad, alto vigor, bajo nivel de daño mecánico, buen tamaño, buen peso, alto grado de uniformidad y buena apariencia. El nivel de calidad se establece mediante análisis especiales de laboratorio (Arango y Craviotto, 2002; Scandiani y Carmona, 2009).

La calidad de la semilla de soya es afectada por factores bióticos y abióticos durante la siembra, producción en el campo, operaciones de cosecha, post cosecha; durante el secado, procesamiento y almacenamiento, como en el transporte. Dentro de los factores abióticos que más afectan la calidad de la semilla de soya en campo están las temperaturas extremas durante la maduración, fluctuaciones de las condiciones de humedad en el ambiente, incluyendo las sequías y las deficiencias en la nutrición de las plantas. En tanto que dentro de los factores bióticos refieren la incidencia de insectos plagas y patógenos que afectan desde el campo, principalmente de los géneros *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp., y las especies *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus & Moore y *Cercospora kikuchii* (Matsumoto & Tomoyasu) M. W. Gardner. Es de particular interés enfatizar que el uso de técnicas inadecuadas de cosecha, secado y almacenamiento se refleja negativamente en la calidad. La acción e interacción de estos distintos factores físicos, entomológicos y patológicos afectan la fisiología de la semilla contribuyendo a su deterioro (Krzyzanowski y França-Neto, 2003).

La producción de semillas de alta calidad requiere la adopción de un buen programa de control de calidad (CC). El CC es de particular relevancia en regiones tropicales y subtropicales. La adopción por los productores de técnicas de control de calidad en la producción de semillas provee información que facilita la toma de decisiones para superar las limitaciones impuestas por los diversos factores que pueden perturbar la calidad de las semillas (Krzyzanowski y França-Neto, 2003).

PROCESOS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE CONFORMAN LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE SOYA

La comprobación y validación de la calidad de la semilla es un paso ineludible que debe realizar tanto a nivel interno por el productor de semilla como a nivel oficial por los organismos de certificación del estado. Este control de calidad en la producción de semilla involucra desde la selección del material genético a multiplicar hasta la distribución de su semilla. En la comercialización de semilla, en este mundo globalizado, la calidad significa la carta de presentación de cualquier empresa que valora su presencia y permanencia en el mercado (Aguirre y Peske, 1988).

La mayoría de estos procesos se realizan en laboratorios ya sean privados u oficiales, siendo el flujograma, comúnmente aplicado a los procesos y análisis generales, similares al esquematizado en la figura 1 y expuestos a continuación:

A) Toma de muestra: cuando se trata de los análisis de calidad por el sistema formal de certificación de semilla, la primera etapa del flujograma se cumple en los almacenes o depósitos de semilla de los productores (independientes, empresas, cooperativas, etc.), con la participación de los técnicos autorizados quienes realizan el “muestreo oficial” y las muestras son entregadas al laboratorio. En otros casos, como el muestreo para control interno, son los particulares e interesados quienes toman la muestra y la analizan o entregan por sí mismos; en ambos casos, se le da entrada a la muestra al laboratorio (Márquez, 2003; Aguirre y Peske, 1988).

Objetivo del muestreo: obtener una muestra representativa adecuada para el análisis, es decir, con las mismas características cualitativas y cuantitativas que las del lote (Márquez, 2003). El tamaño máximo de lote de semilla, el tamaño mínimo de la muestra a referir al laboratorio y el tamaño la muestra de trabajo han sido protocolizadas de acuerdo al cultivo y al tipo de análisis a ser de efectuado, tomando como base las normas de la ISTA (2013).

Intensidad de muestreo: lotes de semilla en empaques de 15 hasta 100 kg, se exige como mínimo (ICA, 2011):

Bolsas del lote	Número de muestras simples o elementales a tomar
5	muestras elementales de cada envase
6-30	1 por cada 3 envases, mínimo 5
31-400	1 por cada 6 envases, mínimo 10
Más de 400	1 por cada 7 muestras elementales, mínimo 80

Cuando son muestreadas a granel se exige:

Tamaño del lote	Número de muestras simples o elementales a tomar
Hasta 500 kg	Por lo menos 5 muestras elementales
501 a 3 000 kg	Una muestra elemental / cada 300 kg, pero no menos de 5
3 001 a 20 000 kg	Una muestra elemental/cada 500 kg, pero no menos de 10
Más de 20 000 kg	Una muestra elemental/cada 700 kg, pero no menos de 40

Pesos considerados para el muestreo de semilla de soya de acuerdo a la ISTA (Chávez, 2011).

Peso máximo del lote (kg)	Peso mínimos de las muestras		
	Muestra de envío (kg)	Muestra de trabajo análisis de pureza (g)	Muestra de trabajo otras especies (g)
25 000	1 000	500	1 000

B) Recepción y registro de la muestra: La muestra debe estar acompañada con los documentos (Figura 2) siguientes: a) Oficio de la empresa productora o del particular que solicita los respectivos análisis de los lotes muestreados, b) Tarjeta de identificación de la muestra en la cual se debe llenar toda la información: productor, cultivo (variedad o híbrido), categoría, lote, tipo, cantidad (kg), número de sacos, tratamiento, procedencia, fecha de cosecha, fecha de procesamiento, almacén, peso de la muestra, nombre de quien toma y entrega la muestra, nombre de quien recibe la muestra, fecha de muestreo y entrega de la muestra y análisis solicitado y c) Identificación de la bolsa (la cual contiene la muestra) con el número del lote y del cultivar.

C) Homogenización de la muestra: se realiza pasando la muestra de semilla a través de un homogeneizador o divisor, al menos tres veces, para obtener una muestra más homogénea del lote muestreado. Los homogeneizadores pueden ser tipo Gamet o Boerner, mecánicos y eléctricos y en algunos casos la división se hace manualmente.

Archivo de la muestra: se envasa parte de la muestra en un frasco debidamente identificado. Esta muestra se archiva y se almacena en condiciones apropiadas de temperatura y humedad relativa por espacio de un año, en previsión de algún nuevo análisis que se requiera de la muestra.

Muestra de trabajo: la parte de la muestra homogenizada a la cual se le realiza los diferentes análisis. El peso de esta muestra depende del cultivo a analizar, según lo establecido en las reglas de la ISTA (2013), coincidiendo con el peso necesario a utilizar para el análisis de pureza.

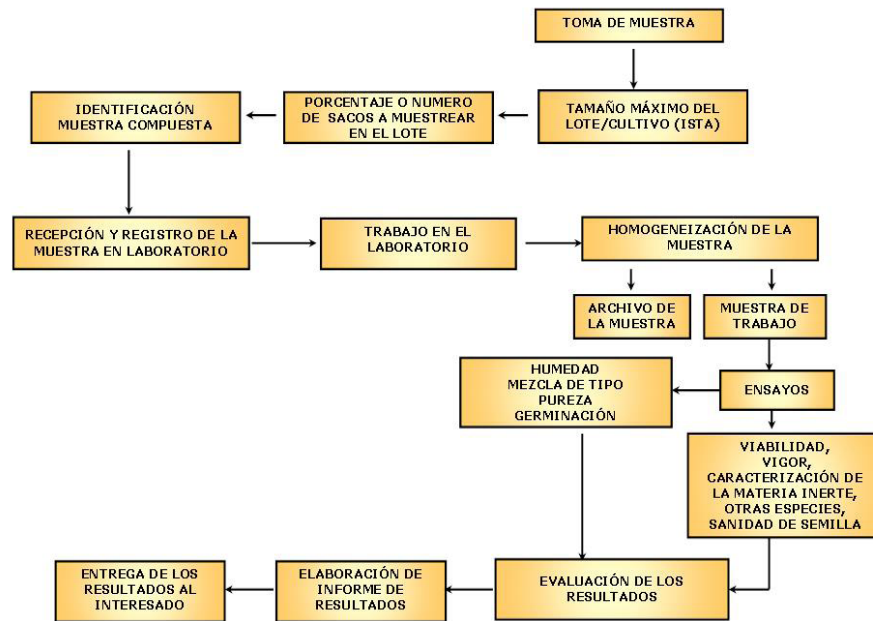


Figura 1. Flujograma para el análisis de calidad de semilla para diferentes especies vegetales (Márquez, 2003).



Figura 2. Flujograma de recepción, registro y homogenización de las muestras de semillas.

D) Análisis rutinarios en control de calidad de semilla: En el sistema formal de certificación se evalúa la calidad de una muestra de semillas representativa de un lote, a fines de verificar si cumple con los requisitos de calidad exigidos para su comercialización. Asegurándose de validar los parámetros establecidos por el organismo certificador en las normas específicas de cada cultivo. Los análisis comúnmente solicitados en semilla de soya incluyen los representados en la Figura 3. Sin embargo, los análisis obligatorios para la entrega de una etiqueta, según la categoría de semilla a la que pertenezcan, actualmente son: humedad, pureza y germinación.

1. Análisis físicos: humedad, pureza

Análisis de humedad: el objetivo de este análisis es determinar la cantidad de agua contenida en las semillas, utilizando métodos apropiados para ensayos de rutina. El método oficial para la determinación del contenido de humedad es el método de la estufa (Figura 4). Sin embargo, en el laboratorio se utiliza el método de conductividad eléctrica por su practicidad y rapidez. El uso de equipos como el Steinlite y similares, dan resultados precisos si se siguen los protocolos y además se calibran al menos dos o tres veces al año, utilizando como patrón los resultados del horno o estufa y haciendo mediciones comparativas en lotes de semillas que tengan rangos de humedad amplios (de 9 a 22%) (Aguire y Peske, 1988; Márquez, 2003). En el control interno de producción de semilla la determinación de la humedad de un lote puede indicarnos la necesidad o no de aplicar secamiento a la semilla, así como servir para calcular los descuentos o las bonificaciones por cantidad de agua al momento de recibir la semilla (Aguire y Peske, 1988).

Análisis de pureza: este tipo de análisis presenta dos objetivos definidos que son: a) determinar la composición en peso de la muestra que se analiza y, por consiguiente, la composición del lote de semillas y b) la identidad de las distintas

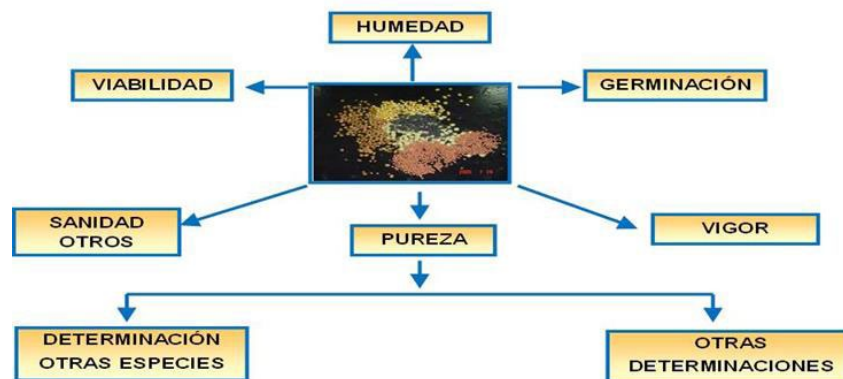


Figura 3. Análisis de laboratorios para determinar la calidad de semilla de soya.



Figura 4. Métodos para determinación de humedad usados en análisis de calidad de semilla de soya.

especies de semillas y de las partículas de materia inerte presentes en la muestra. (Márquez, 2003).

En control interno de calidad el análisis de pureza (Figura 5) apoya en decidir: a) si se recibe o no un lote, basado en el grado de contaminación con malezas nocivas o comunes. b) estimar las pérdidas debida a la remoción de materiales contaminantes. c) Definir que equipos se utilizarán para el adecuado procesamiento del lote de semillas (Aguire y Peske, 1988).

2. Análisis fisiológicos: germinación y viabilidad por tetrazolio.

Análisis de germinación: el objetivo de este análisis es obtener información acerca del valor de las semillas, desde el punto de vista de su siembra en terreno de cultivo, y proporcionar resultados que permitan comparar el valor de los diferentes lotes de semillas. El porcentaje de germinación lo determina el porcentaje de plántulas normales (Figura 6).

Análisis de viabilidad: el objetivo de este análisis es determinar el potencial de germinación de la semilla, así como identificar otros daños causados por insectos, mecánicos, semillas manchadas por microorganismos, semillas pregerminadas y presencia de insectos vivos y/o muertos (Figura 7).

Otros análisis en calidad de semilla de soya

Ensayo de Envejecimiento Acelerado es el que mejor correlaciona la calidad fisiológica con la emergencia en campo, es recomendado por AOSA (1983) y por la ISTA (2013) como prueba de vigor para soya. Otro de los métodos que se usan para predecir vigor es la prueba de conductividad eléctrica,

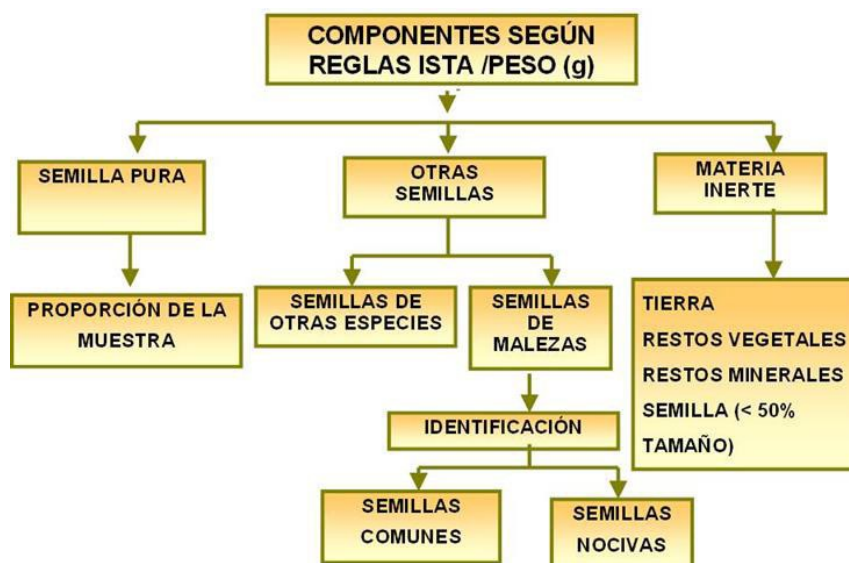


Figura 5. Flujograma de análisis de pureza usado para determinar la calidad física de la semilla de soja



Figura 6. Métodos para evaluar la germinación en análisis de calidad fisiológica de semilla de soja

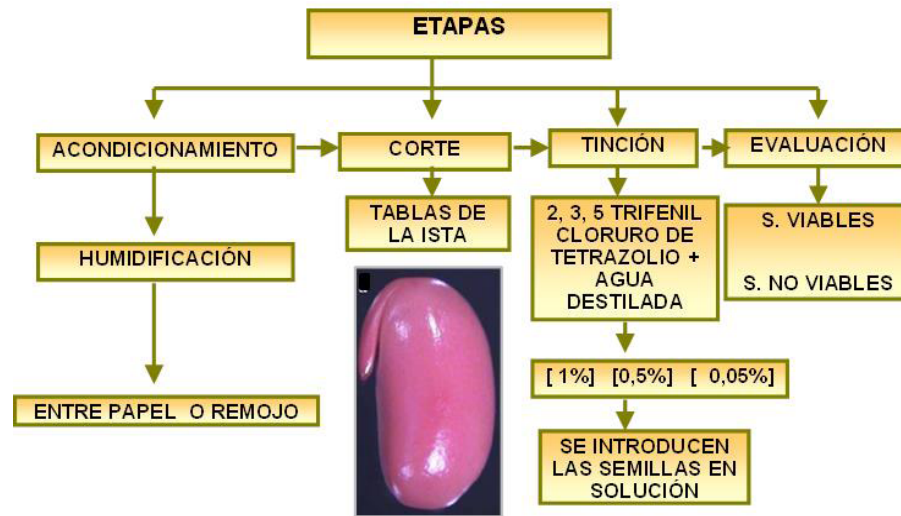


Figura 7. Flujograma de ensayo de viabilidad por tetrazolio para verificar la calidad fisiológica de la semilla de soya

el cual se basa en la medición de los electrolitos que se pierden desde los tejidos vegetales (Hamptom, 1994).

La peroxidación lípida es la primera causa de daño durante el almacenamiento, dando inicio a los cambios bioquímicos en la semilla. En este sentido, se ha señalado a la estimación del contenido de malondialdehído (MDA) en las semillas como un método estándar para la determinación de la peroxidación lípida, observándose un incremento del mismo en semillas expuestas a almacenamientos prolongados o a envejecimiento acelerado (Baleševiae-Tubiæ *et al.*, 2005).

REFERENCIAS

- Aguirre, R.; S. T. Peske. 1988. Manual para el beneficio de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- Arango, M. R.; R. M. Craviotto. 2002. Calidad de semillas de Soja. IDIA XXI: N°3. pp. 25-28. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210900.pdf>. [Consultado: 13/04/16].
- Baleševiae-Tubiæ, S.; Đ. Malenèiæ; M. Tatiæ; J. Miladinoviæ. 2005. Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. *Helia* 28, N° 42. UDC 633.854.78:631.53.01.011. Serbia and Montenegro. pp. 107-114. Disponible en: <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1018-1806/2005/1018-18060542107B.pdf>. [Consultado: 14/04/16].

- Bewley, J.D.; M. Black 1994. *Seeds physiology of development and germination*. Plenum Press. Second Ed. New York. 445 p.
- Cerovich, M. 2004. *Almacenamiento y fisiología de almacenamiento*. Cátedra de Control de Calidad de Semillas FAGRO-UCV. Maracay, Venezuela.
- Chávez, J. M. 2011. *Muestreo de semillas- Esquema I.S.T.A.* Disponible en: http://snics.sagarpa.gob.mx/somos/Documents/Taller%20LCR%202011/Muestreo%202011_2.pdf. [Consultado: 10/04/16].
- Ching, T. M. 1973. *Biochemical aspects of seed vigour*. *Seed Sci. & Technol.* Vol. 1. N° 1.
- Delouche, J. C. 2002. *Germinación, deterioro y vigor de semillas*. *Seed News*. Nov-dic-2002. Brasil. 8 p.
- Ferguson, J. 1995. *An introduction to seed vigour testing*. In: *Seed Vigour Testing Seminar*. International Seed Testing Association, Copenhagen. pp. 1-9.
- Gallo, C.; M. Arango; R. Craviotto. 2010. *Para mejorar la producción*. *Revista Soja*. N° 4. pp. 51-53.
- García, J. C. 2013. *Comparando la calidad de semilla de soya producida en dos regiones agroclimáticas de México*. *Alternativas para el Desarrollo*. INIFAP-COLPOS. Disponible en: http://www.oleaginosas.org/art_487.shtml. [consultado: 30/03/16].
- Hampton, J. G. 1994. *Conditivity Test*. En: *Seed Vigor Seminar*. I.S.T.A. vigour test committee, Copenhagen, Denmark. pp. 10-30.
- ICA. 2011. *Peso máximo de los lotes de producción o importación de semillas y pesos mínimos de las muestras de las semillas enviadas para realizar los análisis de semillas*. Disponible en: http://www.ica.gov.co/Areas/laboratorios/Archivos/Peso_Muestras_Semillas-Julio_2011.aspx. [Consultado: 10/04/16].
- ISTA. 2013. *International Seed Testing Association. International Seed Testing Rules*. Zurich, Switzerland.
- Keigley, P. J.; R. E. Mullen. 1986. *Changes in soybean seed quality from high temperature during seed fill and maturation*. Vol. 26 No. 6. pp. 1212-1216. Disponible en: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/26/6/CS0260061212>. [Consultado: 30/03/16]
- Krzyzanowski, F.; J. França-Neto. 2003. *Agregando valor a la semilla de soja a través del control de calidad*. *Seed News*. Tema Central Sep/Oct. Disponible en: http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed75/artigocapa75_esp.shtml. [Consultado: 8/04/16].

- Marcos, F. J. 2011. Pruebas de vigor: dimensión y perspectivas. Seed News. Tema central de los meses Ene/Feb - Año XV - N° 1. Disponible en: http://www.seednews.inf.br/_html/site_es/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=93. [Consultado: 02/04/16].
- Márquez, M. 2003. Manual de Laboratorio para el análisis y la certificación de semillas. CENIAP HOY N° 2. Disponible en: http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n2/texto/mmarquez.htm. [Consultado: 10/04/16].
- McDonald, M. B.; C. J. Nelson. 1986. Physiology of seed deterioration. CSSA special publication N° 11. Crop Science Society of America. Madison, WI. USA.
- Minuzzi, A.; B. A De Lucca; M. A. Sedrez; C. A. Scapim; M. C. Barbosa; L. P. Albrecht. 2010. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Sementes, vol. 32, n° 1. pp. 176-185. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v32n1/v32n1a20.pdf>. [Consultado: 10/04/16].
- Minuzzi, A., F. Mora; M. A Sedrez; B. A De Lucca; C. A. Scapim. 2007. Características fisiológicas, contenido de aceite y proteína en genotipos de soja, evaluadas en diferentes sitios y épocas de cosecha, Brasil. Agricultura Técnica (Chile). 67(4):353-361. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/agrtec/v67n4/at03.pdf>. [Consultado: 15/03/16].
- Parrish, D. J.; A. C. Leopold. 1978. On the mechanism of aging in soybean seeds. Plant Physiol. 61. 365-368.
- Pérez, M. A.; L. Hernández; S. Kopp; R. J. Novo; S. D. García. 2010. Calidad fitosanitaria de semillas de soja: efecto combinado de exposición al ambiente y niveles de daño mecánico en la cosecha. Agriscientia Vol.27. No.2 Córdoba. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2010000200001. [Consultado: 10/04/16].
- Pitter, E. 2002. Calidad de semillas. Hoja Informativa electrónica EEA Concepción del Uruguay. INTA, Uruguay. 3p.
- Rossi, C.; S. González. 2006. Problemas en la calidad de semillas de soja. Revista INIA N° 9. Argentina.
- Salinas, A. R.; A. M. Yoldjian; R. M. Craviotto; V. Bizarro. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesquisa Agropecuaria Brasileira Vol: 36. N° 2. Brasil. pp. 371-379. Versión on-line. ISSN 1678-392. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n2/a22v36n2.pdf>. [Consultado: 13/04/16].

- Sánchez, J. A.; R. Orta; B. Muñoz. 2001. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía Costarricense*. 25: 67.
- Scandiani, M. M.; M. Carmona 2009. La semilla de soja puede ser fuente de inóculo de la mancha ojo de rana. *Avances en el desarrollo de métodos para su detección en semilla y recomendaciones para la próxima campaña. Análisis de Semillas*. 3(9): 22-25.