

# PATÓGENOS EN SEMILLAS DE SOJA

ENTREGA  
NÚMERO  
**01**

SEPTIEMBRE  
**2017**

## Introducción

Las semillas son los vehículos principales para propagar la vida. Ellas protegen y sostienen su vida, presentando una serie de mecanismos organizados, estando equipadas con fuentes especiales de alimentos que las facultan para soportar un largo tiempo dormantes, hasta que confluyan las condiciones favorables que permitan el desarrollo de las nuevas plantas.

Sin embargo, en su misión de ser portadoras de las características genéticas, agronómicas y morfológicas, pueden servir también de vehículo para transportar patógenos que pueden producir deterioros de la producción agrícola.

La semilla ofrece las condiciones nutricionales adecuadas para sí misma y para otros seres vivos que se asocian a ella en busca de alimentos y oportunidades de sobrevivencia. El 90% de los cultivos destinados a la producción de alimentos

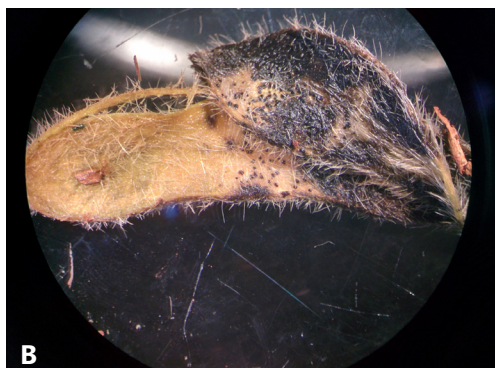
puede sufrir algún tipo de enfermedad y sus agentes, en su mayoría, son transmitidos por la semilla (Neergaard 1979). Sin embargo, no todos los microorganismos transportados por semillas son obligatoriamente causantes de enfermedades. No siempre es posible establecer una relación directa entre la emergencia y el nivel de inóculo en la semilla (carga fúngica). La efectividad del transporte de patógenos y la transmisión de enfermedades por la semilla dependen de una serie de factores bióticos y abióticos, como prácticas culturales, sistema de producción, origen de la semilla, y condiciones macro y microambientales (Kuan 1988).

## Autor

**Ing. Agr. Mónica Elizabeth Bogado Rotela**  
División de Fitopatología  
CETAPAR

Maestrando en Producción Vegetal  
Facultad de Agronomía  
Universidad de Buenos Aires

[m.bogado@cetapar.com.py](mailto:m.bogado@cetapar.com.py)



(A) plantas de soja, (B) vainas y, (C) semillas de soja con los síntomas de la antracnosis de la soja, causada por el hongo patógeno *Colletotrichum truncatum*. **Fotografía:** Mónica Bogado

## Importancia de la calidad de semilla en la implantación del cultivo

Para el logro de buenos rendimientos en el cultivo de soja es importante una correcta implantación del mismo. La calidad sanitaria de la semilla de soja está directamente relacionada con la germinación de la semilla, así como la emergencia, el vigor y el desarrollo de las plántulas, teniendo por lo tanto un papel preponderante en la buena implantación del cultivo.

En nuestro país, es frecuente el uso de la semilla del mismo productor, generalmente de baja calidad sanitaria, por lo que esa semilla se constituye en el principal vehículo de introducción de la mayor parte de las enfermedades. La determinación y control de los patógenos que se llevan en la semilla son herramientas que se deben aplicar para disminuir los riesgos y generar aumentos en la productividad.

Aunque son numerosos los patógenos (hongos, bacterias y virus) que afectan a las semillas de soja en el mundo, en Paraguay nos referimos generalmente a los hongos como los principales causantes del deterioro de la calidad de la semilla.

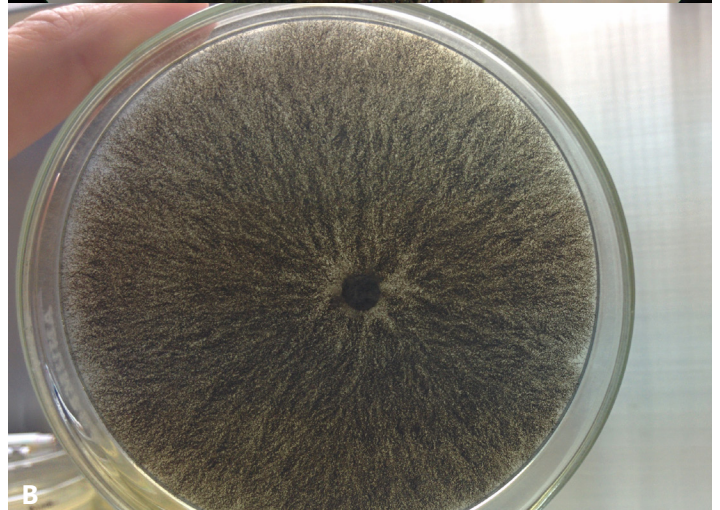
El uso de semillas de alta energía y poder germinativo favorece la obtención de plantas sanas y vigorosas; asimismo evita la introducción de inóculo de patógenos a lotes donde no se hallen presentes.

La presencia de enfermedades causadas por hongos afectan la calidad de la semilla, produciendo daños directos (pérdidas de rendimiento, disminución de la calidad comercial del grano) e indirectos (disminución de la calidad de la semilla para la siembra).

## Importancia de los patógenos llevados en la semilla

- Reducen el poder germinativo y el vigor
- Se llevan a grandes distancias
- Se introducen en lotes donde no estaban
- Pueden afectar la parte aérea de las plantas

- Pueden ser, en muchos casos, causantes de enfermedades de tallo y de Enfermedades Foliares de Fin de Ciclo (EFC) en el cultivo de soja
- Pueden ser causantes de podredumbre de raíces
- Disminuye la calidad de granos y semillas
- Producen micotoxinas
- Sobreviven en los rastrojos y en el suelo, formando propágulos de resistencia
- Afectan a plantas voluntarias y malezas, perpetuándose de esta manera.
- Evolucionan y afectan a otros cultivos, dificultando establecer estrategias de manejo.



(A) hongo del suelo *Macrophomina phaseolina* en tallo de soja (observación con estereoscopio óptico); (B) Aislamiento del patógeno *Macrophomina phaseolina* en condiciones de laboratorio, para futuros ensayos de sensibilidad con fungicidas o control biológico. **Fotografía:** Mónica Bogado

## Enfermedades que se transmiten por semillas

Las enfermedades prevalentes en el cultivo de soja son: la mancha marrón, causada por *Septoria glycines*; el tizón foliar causado por *Cercospora Kikuchii*; el tizón del tallo y de la vaina y podredumbre de la semilla causada por *Phomopsis sp.* Se ha demostrado que estas enfermedades se transmiten por semillas de manera eficiente. Estas dos primeras enfermedades, conocidas como enfermedades de fin de ciclo (EFC) acostumbran a pasar a segundo plano por la importancia que tiene la roya (*Phakopsora pachyrhizi*) en nuestro país. Sin embargo, fueron estos patógenos los que dieron origen al uso de la tecnología de los fungicidas en el cultivo de soja.

Otros patógenos causantes de enfermedades de hojas, tallos y vainas, que pueden ser llevados en semillas infestadas e infectadas son *Colletotrichum truncatum*, causante de la antracnosis; *Peronospora manshurica*, causante del mildio; *Corynespora asiicola*, causante de la mancha anillada; y *Sclerotinia sclerotiorum*, causante de la podredumbre húmeda del tallo.

También, los hongos habitantes del suelo como *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Sclerotium rolfsii*, *Pythium spp.*, *Phytophthora sojae*, *Fusarium tucumaniae* y *Fusarium vergulifirme* pueden ser llevados en lotes de semillas contaminadas.

La emergencia de la semilla a campo puede estar afectada, entre otros, por dos factores sanitarios. 1- La presencia de patógenos en las semillas; 2- La presencia de patógenos en el suelo. Tanto los microorganismos que afectan a la

semilla como los que habitan el suelo pueden producir daños durante las etapas de emergencia del cultivo, que se evidencia como podredumbre de la semilla y de sus estructuras antes de emerger (podredumbre de preemergencia) o bien como muerte de plántulas.

Entre los patógenos de semillas se destacan, por una parte, los denominados "patógenos de campo", los cuales infectan en condiciones de campo: *Phomopsis spp.*, *Fusarium spp.*, *Cercospora kikuchii*, *Colletotrichum spp.*; y por otra parte, los llamados "hongos de almacenaje" que se desarrollan durante el almacenaje (aunque pueden venir del campo): principalmente *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.* y la bacteria *Bacillus subtilis*.

En general, a mayor incidencia y nivel de inóculo en la semilla, menor es la germinación.

Los hongos que afectan a futuro son más silenciosos, generalmente no inciden en la germinación y se evidencian en etapas más avanzadas del cultivo, como puede ocurrir con patógenos causantes de manchas foliares (*Cercospora kikuchii*, *C. sojae*, *Peronospora manshurica*, *Septoria glycines*), bacterias de los patógenos *Pseudomonas* y *Xanthomonas*, y enfermedades virales.

Además de la reducción de la producción debido a las enfermedades introducidas en el lote de semillas infectadas, la germinación no uniforme puede llegar a causar hasta un 35% de reducción del rendimiento por ineficiencia del sistema de captación de energía solar (Braga 2006).



Sobrevivencia en los rastrojos, formando propágulos de resistencia (*Diaporthe caulivora*) causante del Cancro del Tallo de la soja.

**Fotografía:** Ing. Agr. Cecilia Pérez Pizza – Universidad de Buenos Aires

## Mecanismos de infección

La infección puede ser sistémica, como en el caso de los virus; en forma indirecta, como en las bacterias y algunos hongos; y en forma directa, como ocurre en la mayoría de los hongos.

La asociación del patógeno con la semilla facilita su pasaje a la plántula, proceso que ocurre durante la germinación y emergencia. Las plántulas enfermas actúan, posteriormente como focos de dispersión del patógeno y de su re-infección en la semilla cosechada.

En general, la incidencia de un patógeno necrotrofico en la semilla cosechada es proporcional a la intensidad de la enfermedad que genera en los órganos aéreos del cultivo.

Es importante mencionar que algunos patógenos pueden ser portados por las semillas en bajos porcentajes, pero con importantes implicancias desde el punto de vista epidemiológico. Tomando como ejemplo el caso del cancro del tallo causado por *Phomopsis phaseoli var. Meridionalis*, donde la infección de la semilla puede originarse desde la floración hasta la madurez del cultivo, aunque los síntomas se observen durante los últimos estadios reproductivos.

Los daños son mayores cuando más temprano ocurra la infección.

Las condiciones ambientales, especialmente temperatura y humedad, durante el período de floración a madurez de cultivo son las que determinan los niveles de infección de las semillas con patógenos.



**Cuantificación de Incidencia y Severidad de manchas foliares de patógenos que se transmiten por semillas, (A) en campo y, (B) en laboratorio.**

## Métodos de detección de patógenos de semillas

El conocimiento de un diagnóstico completo de la calidad de la semilla de soja previo a la siembra brinda una información insustituible. Existen diferentes índices complementarios que determinan la calidad de una muestra para semilla, como Test de Tetrazolio, Análisis Sanitario sobre papel y medio de cultivo selectivo que pueden brindar un panorama general de la calidad de una muestra. En cambio, cuando se determina solo índices que muestran la calidad fisiológica como Poder germinativo y Vigor, estos diagnósticos no revelan la presencia o daño causados por los patógenos en semillas dado que no afectan dichos aspectos.

Los patógenos que habitualmente se detectan en las semillas de soja corresponden a hongos necrotrofos y su presencia generalmente se determina por métodos clásicos con incubación.

La observación directa de la muestra en seco permite, en algunos casos, detectar los signos de los patógenos (fructificaciones, micelios, conidios, esclerocios, etc.) de modo que puede resultar orientativa. Por su parte,

los métodos con incubación posibilitan la observación de los signos producidos por los patógenos tanto en semillas sintomáticas como en aquellas asintomáticas. En consecuencia, para conocer el porcentaje de semillas contaminadas es necesario realizar las pruebas de incubación en laboratorio.

*La determinación de la sanidad de una muestra debería ser un análisis complementario de todos los índices que determinan la calidad (poder germinativo, vigor, peso de 1000 semillas, pureza físico-botánica y otros) pero en general la semilla se comercializa conociendo solo el poder germinativo.*

## Tratamiento de semillas

Los tratamientos de semilla pueden ser usados efectivamente para controlar enfermedades a una escala local, nacional o internacional y se realizan para mejorar la uniformidad de la población del cultivo, cuando se siembra directamente en el campo, destruyendo los microorganismos patógenos llevados en la semilla y evitando que las plántulas se enfermen por la presencia de ciertos microorganismos en el suelo.

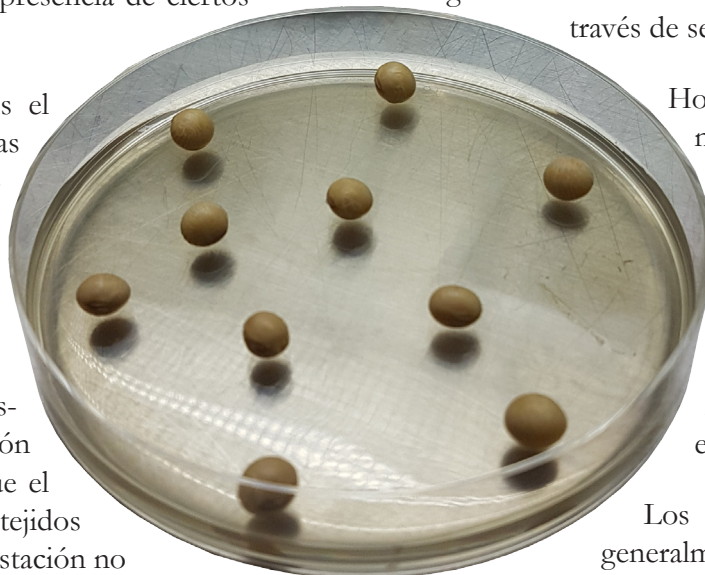
El tratamiento de semillas es el proceso por el cual las semillas son tratadas con agentes físicos, químicos o biológicos para prevenir la infección de las plántulas y el posterior desarrollo de los cultivos.

Las semillas pueden estar infestadas o infectadas. La infección es un proceso que implica que el patógeno está dentro de los tejidos seminales, mientras que la infestación no presenta una relación activa entre el patógeno y la semilla, sino pasiva.

El inóculo llevado por las semillas puede causar pérdidas severas si en el campo se dan las condiciones conducentes a la enfermedad, por lo que es un aspecto fitosanitario

que siempre debe tenerse presente (Kuan 1988).

Por ello, es más simple y menos costoso prevenir que tener que realizar tratamientos fungicidas durante el cultivo, o incluso tener que abandonar lotes por el elevado potencial de inóculo en el suelo, el cual se fue construyendo gradualmente con la introducción del patógeno a través de semilla contaminada.



Hoy en día, es una práctica casi normal el tratamiento de las semillas con fungicidas para controlar los patógenos que son vehiculizados a través de ellas, como así también proteger a las semillas y las plántulas que originan, de los hongos patógenos que están en el suelo.

Los fungicidas curasemillas son generalmente efectivos cuando el inóculo está causando infestación de la semilla, pero cuando la semilla está infectada su acción es menor debido a sus dificultades de penetración durante la germinación, por lo que el tratamiento de la semilla no es garantía de sanidad total de la misma.

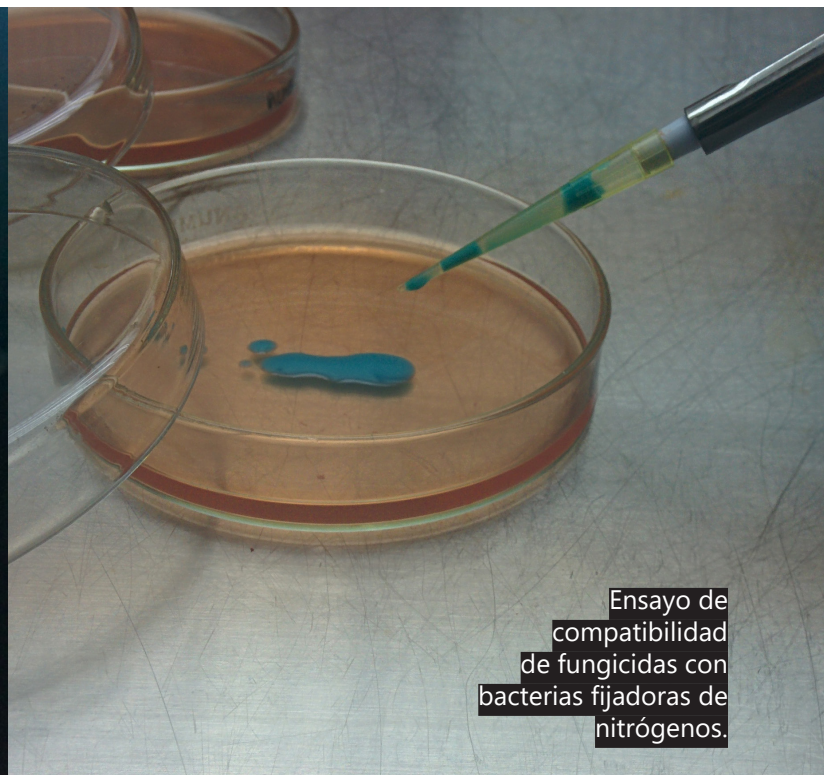
**Tabla 1. Principales fungicidas curasemillas registrados en soja con su modo de acción y dosis.**

Principio Activo	Control Químico	Acción	Dosis (ml/100kg)
Captan	Ftalimidias	Protector	120-220 ml
Carbendazim + Tiram	Bencimidazoles + Diametilditiocarbamatos	Sistémica - Protector	200 ml
Carboxim + Tiram	Oxatiin carboxamidas + Diametilditiocarbamatos	Sistémica - Protector	250 ml
Fludioxonil + Metalaxil-M	Fenilpirroles + Acilalaninas	Protector - Sistémica	100-200 ml
Ipconazole + Metalaxil	Triazoles + Acilalaninas	Sistémica - Sistémica	75-100 ml
Metalaxil M	Acilalaninas	Sistémica	50 ml
Mancozeb	Ditiocarbamatos	Protector	200 ml
Pyraclostrobin + Metil Tiofanato	Estrobilurinas + Bencimidazoles	Protector - Sistémica	100 ml
Tiofanato Metil + Tiram	Bencimidazoles + Diametilditiocarbamatos	Sistémica - Protector	300 ml
Tiram	Diametilditiocarbamatos	Protector	175 ml
Trifloxystrobin + Metalaxil	Estrobilurinas + Acilalaninas	Protector - Sistémica	350 ml

Control de calidad de inoculantes.



Control del número de bacterias fijadoras de nitrógeno. por semilla de soja.



Ensayo de compatibilidad de fungicidas con bacterias fijadoras de nitrógenos.



Evaluación de nódulos bacterias fijadoras de nitrógenos en raíces de soja

Los fungicidas curasemillas han de reunir varias condiciones: deben ser seguros para los operarios y para la semilla, deben controlar los patógenos de importancia epidemiológica que reducen la viabilidad de la semilla y también aquellas enfermedades causadas por patógenos que habitan el suelo. No deberían afectar a las bacterias fijadoras de nitrógeno, *Bradyrhizobium*, bacterias solubilizadoras como *Azospirillum*, ni la microflora antagónica

o benéfica como *Bacillus*, *Streptomyces* o *Trichoderma*, etc.

Además de los insumos fitosanitarios, preparados en forma exclusiva para tratar semillas. En los últimos años se ha adoptado con mucho éxito, el proceso de inoculación de las semillas de soja; con productos biológicos, elaborados a base de cepas de bacterias (*Bradyrhizobium japonicum*) fijadoras de nitrógeno, con lo cual, se ahorra en cantidad

de fertilizantes nitrogenados utilizados en el cultivo y a la vez se optimiza el poder de fijación de nitrógeno, que posee la soja como leguminosa, en forma natural.

Este procedimiento se refiere a las técnicas necesarias para poner en contacto con las semillas, al momento de la siembra, un cultivo puro de bacterias fijadoras de nitrógeno, de modo tal, que aseguren su presencia en las cercanías de las raíces que dichas semillas originan al germinar. Estas bacterias deberán ser de razas compatibles con las especies de leguminosas que se va a sembrar, dado que existe alta especificidad entre el *rhizobium* y la planta.

## Consideraciones generales

Evaluar la sanidad de las semillas antes de su comercialización o siembra es clave para su rechazo o para decidir su tratamiento con un curasemillas adecuado, lo cual requiere de técnicas sensibles y seguras de diagnóstico.

El Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay (CETAPAR) cuenta con los laboratorios de Semillas y Fitopatología, donde se desarrollan actividades diarias de calidad y sanidad de semillas. El análisis se realiza empleando la metodología más adecuada a criterio del analista, siguiendo protocolos recomendados o sugeridos por normativas internacionales (ISTA, 2008, 2014).

Así también, le damos mucha importancia a la carga de inóculos presente tanto en el suelo como en la semilla.

Por otro lado, se realizan ensayos sobre productos curasemillas y su uso compatible con microorganismos biológicos (inoculantes).

Continuar ignorando la calidad sanitaria del grano destinado a semilla y las contaminaciones propias del mal almacenamiento en semillas de soja, con los consiguientes efectos negativos sobre la emergencia a campo, es un elevado riesgo técnico.

### Análisis general del estado sanitario de semillas de soja.

- (A) Semillas de soja contaminadas con hongos del suelo.
- (B) Semillas de soja contaminadas con hongos de almacenamiento.
- (C) Abundante desarrollo de *Bacillus*.



## Fuentes bibliográficas

Arriagada, V. Semillas. Inspección, análisis, tratamiento y legislación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA-O.E.A.). Ch. Disponible en <http://repiuca.iica.int/docs/bv/agrin/b/f03/XL2000600205.pdf>

Boten, John. 1990. Tratamiento de semillas. Agricultura de las Américas. Noviembre- Diciembre.

Braga, S. 2006. Calidad de semillas y el desempeño de la soja en el campo. Seed News. Año X: 3, 8-11.

International seed testing association (ISTA). 2008. International Rules for Seed Testing. Zurich.

Ivancovich, A.; Lavilla, M. 2015. Problemas sanitarios relacionados a la germinación de la semilla de soja a campo. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler”.

Kuan, T.L. 1998. Inoculum threshold of seedborne pathogens. Overview. Phytopathology 78: 867-872.

Neergaard, P. 1979. Seed pathology. Vol. I y II. Edición revisada. Mac Millan Press Ltda. Gran Bretaña. 1025 pp.

Manejo de enfermedades de los cultivos según parámetros epidemiológicos. March, G.; Oddino, C.; Marinelli, A. 2010. 1ra ed. INTA – UNRC. Córdoba.

Maude, R.B. 1985. Erradicative seed treatment. Seed Sci.& Technol. 11, 907-920.

Scandiani, M.; Luque, A. 2009. Identificación de Patógenos en Semillas de Soja. Análisis de semillas. INTA. Argentina.

