

# Uso de biocontroladores y la bioestimulación del cultivo de la soya en Venezuela

Yaritza Goyo<sup>1\*</sup> y Carlos Zambrano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Decanato de Agronomía. Cabudare, Lara, Venezuela

<sup>2</sup>Insubiol C.A. Cabudare, Lara, Venezuela

## RESUMEN

El objetivo de la presente revisión fue recopilar algunos trabajos orientados a las nuevas ideas y acciones de los agentes biológicos como herramientas de biocontrol, bioestimulación y biofertilización, por sus mecanismos endofíticos y de inducción de estímulos en el comportamiento de la planta para controlar estrés de carácter biótico o abiótico. En Venezuela la utilización de herramientas biológicas se conocen desde 1987, aplicando entomófagos, entomopatógenos, antagonistas y rizobacterias. En soya los agentes de control biológico se han incorporado para ajustar la tecnología de aplicación en campo, pasando antes por una serie de investigaciones. La interacción de los microorganismos y la resistencia inducida se presenta como un campo de investigación que crece aceleradamente. La soya es un cultivo con excelente relación rizomórfica y endofítica, presentando ventajas por estar menos afectados por el estrés ambiental y más aclimatado ecológicamente; sin embargo, la presencia de bacterias endófitas y su papel dependen probablemente del cultivar y de su coevolución con la especie microbiana; los ajustes permiten mayor incremento en la producción (raíz, nodulación, producción de granos). La microbiolización de las semillas es de vieja data. *Rhizobium* para fines de nodulación y en el caso de *Trichoderma* como biocontrolador. Estos dos microorganismos, más los fertilizantes orgánicos (Biol) se interrelacionan y producen hormonas, sideróforos, metabolitos secundarios, vitaminas y aminoácidos, favoreciendo el desarrollo y producción de los cultivos. Se finaliza esta revisión con trabajos del 2015 que se refieren al control de enfermedades como *Macrophomina phaseolina* y de insectos como *Anticarsia gemmatalis* en el cultivo de la soya.

**Palabras clave:** *Glycine max*, biocontrol, biofertilización, *Rhizobium*, *Trichoderma*.

---

\* Autor de correspondencia: Yaritza Goyo

E-mail: yaritgo@gmail.com

## Use of biocontrol and biostimulation of soybean crop in Venezuela

### ABSTRACT

The objective of the present review was to compile some works oriented to the new ideas and actions of the biological agents as tools of biocontrol, biostimulation and biofertilization, for their endophytic mechanisms and induction of stimuli in the behavior of the plant to control biotic or abiotic character stress. In Venezuela the use of biological tools have been known since 1987, applying entomophagous, entomopathogens, antagonists and rhizobacteria. In soybeans, biological control agents have been incorporated to fine-tune the application technology in the field, before going through a series of investigations. The interaction of microorganisms and induced resistance appears as a field of research that grows rapidly. Soy is a crop with excellent rhizomorphic and endophytic relationship, presenting advantages because it is less affected by environmental stress and more ecologically acclimated; However, the presence of endophytic bacteria and their role probably depends on the cultivar and its coevolution with the microbial species. The adjustments allow greater increase in production (root, nodulation, grain yield). The microbiolization of the seeds is of old date. *Rhizobium* for nodulation purposes and in the case of *Trichoderma* as a biocontroller. These two microorganisms, plus organic fertilizers (Biol) are interrelated and produce hormones, siderophores, secondary metabolites, vitamins and amino acids, favoring the development and production of crops. This review is finished with works from 2015 that refer to the control of diseases such as *Macrophomina phaseolina* and insects such as *Anticarsia gemmatalis* in soybean cultivation.

**Key words:** *Glycine max*, biocontrol, biofertilizers, *Rhizobium*, *Trichoderma*.

### INTRODUCCION

En Venezuela se viene trabajando con agentes de control biológico desde 1987, con resultados satisfactorios en caña de azúcar, maíz y últimamente en hortalizas (Sosa y Zambrano, 1988; Zambrano *et al.*, 2014; Goyo *et al.*, 2015). A través de estas iniciativas se producen una serie de microorganismos que actúan como bioestimulantes, biocontroladores y biofertilizantes; entre ellos, *Trichoderma* sp., es uno de los más estudiados y utilizados en la producción agrícola, con resultados que se verifican en los incrementos de producción y en la salud de la planta (Rodríguez *et al.*, 2008; Goyo *et al.*, 2015).

En la soya los agentes de control biológico se han incorporado para ajustar su tecnología de aplicación en campo. Entre los productos biológicos utilizados se pueden mencionar los biocontroladores tales como: *Metarhizum*, *Nomuraea rileyi*, *Beauveria*, *Pacilomyces*, *Bacillus thuringiensis* contra insectos plagas como la mosca blanca, *Diabrotica*, *Spodoptera*, *Anticarsia* y chinches entre otros (Mejías, 2015). También se puede señalar el uso de *Trichoderma* como un agente

estimulante en el desarrollo de la soya y a su vez como biocontrolador. Existen trabajos de importancia en Venezuela que señalan la microbiolización de la semilla con productos biológicos y fertilizantes orgánicos con cargas microbianas aplicados con fines de acelerar y vigorizar la germinación de la semilla de soya y maíz que se traduce en buen desarrollo y posterior incremento de producción (Rivero *et al.*, 2015; Torrealba *et al.*, 2015; Goyo *et al.*, 2015).

La utilización de microorganismos como biofertilizantes en la soya se inicia desde la colección, selección e identificación de cepas venezolanas, debido a que la mayoría de los productos a base de *Rhizobium* que se utilizan en el país son importados y no guardan relación con las condiciones locales; sin embargo, la biodiversidad de microorganismos en Venezuela nos provee de cepas nativas con un alto grado de adaptabilidad en el cultivo de soya.

Nuestro objetivo es presentar una recopilación de trabajos científicos orientados al biocontrol y la bioestimulación para solventar problemas producidos por factores bióticos y abióticos en el cultivo de la soya, haciendo énfasis en las herramientas biológicas disponibles en el país.

## MICROORGANISMOS Y RESISTENCIA INDUCIDA

Existe una amplia gama de interrelaciones entre especies de microorganismos en los ecosistemas, tales como: sinérgicas, antagónicas, de competencia física y bioquímica, moduladas por múltiples y complejos factores bióticos y abióticos. La rizósfera es uno de los principales sitios donde se presentan microorganismos, específicamente funcionales, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos, promotores del crecimiento vegetal, biocontroladores y especies patogénicas, que normalmente compiten por espacio y por nutrientes. Estas interrelaciones entre microorganismos inciden en la interacción suelo-planta-microorganismos-ambiente y repercuten, de forma directa, en el crecimiento y en el desarrollo de las especies vegetales (Cano, 2011).

La resistencia sistémica inducida es definida como un perfeccionamiento de la capacidad defensiva de las plantas frente un amplio espectro de patógenos, después de un estímulo apropiado (Hammerschmidt y Kuc, 1995; Van Loon *et al.*, 1998). Es importante señalar que microorganismos tales como rizobacterias, *Trichoderma* spp., y micorrizas son conocidos por sus efectos de control biológico; además, por su carácter endófito pueden establecer relaciones con la planta para promover a través de estímulos respuestas al control del estrés, acumulando productos de metabolismo secundarios que desencadenan mecanismos de defensa en las plantas (Bigirimana, *et al.*, 1997; Harman, *et al.*, 2004; Cano, 2011; Harman, 2011).

Las rizobacteria además de promover el crecimiento, también permiten la inducción de resistencia por su condición endófito, a través de metabolitos secundarios. Esto conllevó a Harman (2008) a señalar a *Trichoderma* con las mismas características que las rizobacterias. Goyo *et al.* (2015), señalan el uso de agentes de control biológico como bioprotectores y bioestimuladores en las aplicaciones en semillas de maíz, arroz, sorgo, ajonjolí y soya.

En la última década, un interés creciente ha sido dirigido hacia los microorganismos endófitos, los cuales al estar menos afectados por el estrés ambiental y más aclimatados con su hospedero podrían representar una mayor ventaja ecológica; sin embargo, la presencia de bacterias endófitas y su papel dependen probablemente del cultivar y de su coevolución con la especie microbiana (Peña y Reyes, 2007).

La inoculación de semillas de soya al momento de la siembra con cepas de *Trichoderma* sp y *Rhizobium* sp nativo, incrementa el vigor de la planta, protege de la infección por *Macrophomina phaseolina* y potencian la producción de nódulos (Torrealba *et al.*, 2015).

### ESTIMULACION Y PROTECCION DE LA SEMILLA

Los primeros trabajos para la bacterización de semillas fueron realizados en Rusia en 1930. A finales de la década de los 70, Kloepper (1994) utilizó el término PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacterias* o rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal) para referirse a las rizobacterias capaces de provocar un efecto benéfico en las plantas. Recientemente la denominación se ha extendido a microorganismos PGP para incluir hongos y cualquier organismo afín (Vessey, 2003)

Con respecto a *Trichoderma*, entre los efectos positivos de la inoculación de plantas con este hongo se incluyen:

- Incremento en el desarrollo de la planta, especialmente raíz y sobre los estrés (Windham, *et al.*, 1986; Kleifeld y Chet, 1992; Harman, 2011; Shores *et al.*, 2010).
- Resistencia sistémica al estrés en las plantas, incluyendo déficit de agua, salinidad y temperatura (Bae *et al.*, 2009; Mastouri *et al.*, 2010; Shores *et al.*, 2010).
- Mejoramiento del vigor en semillas de baja calidad (Mastouri *et al.*, 2010; Shores *et al.*, 2010).
- Uso eficiente del nitrógeno por las plantas (Harman y Mastouri, 2010; Shores *et al.*, 2010).

En la relación *Trichoderma-Rhizobium*, Torrealba *et al.* (2015) en su trabajo sobre la pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*) en soya y su manejo mediante aplicaciones de *Trichoderma* spp., y *Rhizobium* sp., señalan entre sus resultados que los mayores incrementos de la nodulación de plantas de soya, se obtuvo en el tratamiento con *Trichoderma* comercial aplicado en semilla (Tcs) y combinado con *Rhizobium* (Rs). Los citados autores también midieron otros parámetros relacionados con el incremento de la nodulación como el largo de raíz, peso seco de vainas, peso seco de tallos y hojas, altura de plantas e incidencia de la enfermedad.

En el Cuadro 1, se muestran los resultados de la aplicación de *Trichoderma* comercial con fertilizantes orgánicos con cargas microbiológicas (Biol) sobre la formación de plúmulas y raíces a los siete días de germinadas las semilla de soya (Goyo *et al.*, 2015) (datos por publicar).

Varios autores (Harman, 2008; Goyo *et al.*, 2015; Rivero *et al.*, 2015) indican que el uso de microorganismos solo o combinados, favorecen el crecimiento de raíces y de masa vegetativa. Los resultados presentados en el Cuadro 1 coinciden con lo señalado por los autores, evidenciando que la bioestimulación de las semillas con microorganismos y fertilizantes orgánicos permite una mayor velocidad en la emergencia y por lo tanto favorece el desarrollo vegetativo de las plantas.

### MICROORGANISMOS Y PROTECCION: PLAGAS Y ENFERMEDADES

Existen investigaciones recientes sobre las plagas y enfermedades en la soya, incluyendo manejos biológicos para su control. Como ejemplo se señala entre ellas a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (Srivastava *et al.*, 2001). Este es un microorganismo distribuido por todo el país que causa la pudrición carbonosa de la soya. Este patógeno es favorecido por las condiciones de déficit hídrico y altas temperaturas. Su manejo puede realizarse con agentes biológicos como *Trichoderma* sp. y García (1993) midió su efecto solo como biocontrolador. Posteriormente, Torrealba *et al.* (2015) evaluaron tanto el efecto de biocontrolador de *Trichoderma* y *Rhizobium* sobre *M. phaseolina*, como el efecto biestimulador sobre la planta y la formación de nódulos cuando se combinan ambos microorganismos.

Otro ejemplo es el de *Anticarsia gemmatilis* el cual afecta al cultivo de soya en estado reproductivo, en la mayoría de los casos, produciendo daños rápidos e intensos en hojas y vainas con granos en formación. Es una larva defoliadora voraz que come desde arriba hacia abajo de la planta sin respetar nervaduras. Se ubica generalmente de forma lineal, sobre pecíolos y nervaduras. En Brasil existen dos controladores biológicos excelentes para este insecto, uno constituido por baculovirus y otro por el hongo entomopatógeno *Nomuraea rileyi*. Este último es de ocurrencia natural en el estado Monagas, Venezuela, ocasionando epizootias en la zona cultivada de soya, encontrándose tanto en la maleza *Indigofera hirsuta*

**Cuadro 1.** Evaluación de longitud promedio (cm) de plúmula y de raíz de semillas de la variedad de soya ‘Cigras-06’ (UCR-UCLA) tratadas con *Trichoderma* comercial + Biol.

Tratamiento*	Longitud de raíz (cm)	Longitud plúmula (cm)
Testigo (T1)	1,22	0,86
<i>Trichoderma</i> +Biol (T2)	3,80	1,52

\* Promedios de 100 semillas por tratamiento (T1 y T2)

(añil dulce) como en el cultivo de soya (Figuras 1 y 2). El hongo fue aislado, identificado y posteriormente se evaluó su actividad biofungicida, resultando que *Nomuraea rileyi*, es un hongo entomopatógeno de gran efectividad para el control de *Anticarsia gemmatalis* (Mejías, 2014).



**Figura 1.** Larvas de *Anticarsia gemmatalis* momificadas en la maleza añil dulce (*Indigofera hirsuta*). Fuente: Mejías, 2014



**Figura 2.** Larvas de *Anticarsia gemmatalis* micosadas naturalmente por el hongo entomopatógeno *Nomuraea rileyi* en el cultivo de soya. Fuente: Mejías, 2014.

## CONSIDERACIONES FINALES

1. Los agentes biológicos se pueden considerar, por la experiencia en Venezuela, como elementos que complementan las herramientas de manejo de factores de estrés ocasionados por nutrición, hídricos, plagas y enfermedades.
2. La calidad de las herramientas biológicas va muy ligada a las investigaciones, identificación y genética de las cepas de microorganismos que se van a masificar. En el caso de la soya u otras leguminosas es de gran importancia la relación microorganismo-planta así como su especificidad.
3. Los momentos de aplicación de los agentes biológicos son de importancia máxima. La fenología juega papel primordial a la hora del establecer un protocolo de manejo y aplicación.
4. Es importante entender a la planta y sus procesos, más aun, la interrelación con elementos que la sensibilizan, lo que permite expresar las facultades de lo estimulado, las rutas fisiológicas y bioquímicas (ácido salicílico o jasmónico) contenidas en sus genes activados y por las cuales las plantas se guían para desarrollar un sistema de defensa propio.

## REFERENCIAS

- Bigirimana, J.; G. De Meyer; J. Poppe; M. Hoefte. 1997. Induction of systemic resistance on bean (*Phaseolus vulgaris*) by *Trichoderma harzianum*. Med. Fac. Landbouww Univ. Gent. 62:1001-1007.
- Cano, M. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp., y *Pseudomonas* spp., una revisión. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 14(2): 15-31.
- García R. 1993. Comportamiento de *Trichoderma harzianum* sobre *Macrophomina phaseolina* en ajonjolí y girasol. Trabajo de grado de Magister Scientiarum en Agronomía UCLA. Lara. Venezuela. 115 p.
- Goyo, Y.; C. Zambrano; C. Rondón. 2015. Incremento de la producción de maíz amarillo incorporando herramientas biológicas *Trichoderma* (Subiol®) Y Biol (Energybiol®) bajo el sistema inteligente de la productividad agrícola (MIPrA), estado Portuguesa. XXIV Congreso de Fitopatología Venezolana, Estado Táchira (resúmenes).
- Hammerschmidt, R.; J. Kuc. 1995. Lignification as a mechanism for induced resistance in cucumber. *Physiol. Plant Pathol.* 20: 61-71
- Harman G. 2008. Changing paradigms on the mode of action and use of *Trichoderma* spp for control. X Reunión Internacional de *Trichoderma*. Costa Rica (Conferencia).

- Harman G.; C. Howell; A. Viterbo; I. Chet; M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews. Microbiology* 2: 43–56.
- Harman, G.E. 2011. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. *New. Phytol.* 189:647-649.
- Kleifeld, O.; I. Chet. 1992. *Trichoderma harzianum*-interaction with plants and effect on growth response. *Plant Soil.* 144:267-272.
- Kloepper, J. 1994. Plant growth promoting rhizobacteria (othersystems). En: Okon J (Ed.) *Azospirillum / Plant association*. CRC. Boca Raton, FL, EEUU. pp 137-167.
- Mastouri, F.; T. Bjorkman; G. Harman 2010. Seed treatments with *Trichoderma harzianum* alleviate biotic, abiotic and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. *Phytopathology* 100: 1213–1221.
- Mejías, L. 2014. Identificación de un hongo entomopatógenos del gusano del frijol (*Anticarsia gemmatilis*) en plantaciones de soya del Municipio Maturín, estado Monagas. Trabajo de grado para Ingeniero Agrónomo, UDO. Venezuela. 93 p.
- Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science.* 7: 405–410.
- Peña, H.; I. Reyes, 2007. Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) *Interciencia* 32(8): 560-565.
- Rivero Y.; M. Jiménez; Y. Goyo.; A. Hernández. 2015. Evaluación de *Trichoderma harzianum* y un Biol como inductores de resistencia de la mancha bandeada de *Rhizoctonia solani* Kuhn en maíz. XXIV Congreso de Fitopatología Venezolana, Estado Táchira (resúmenes).
- Shoresh M.; F. Mastouri; G. Harman. 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Ann. Rev. Phytopathol.* 48: 21–43.
- Sosa, M.; C. Zambrano. 1988. Posibilidades de control biológico de *Aneolamia varia* con el hongo entomopatógeno *Metharizium anisopliae*. *Fitopatología Venezolana.* 1: 47 p.(resumen).
- Srisvastava A.; T. Singh; T. Jana; D. Arora. 2001. Microbial colonization of *Macrophomina phaseolina* and suppression of charcoal rot of chickpea. En: A. Sinha Vedams (ed). *Microbes and plants.* e-Books. New Delhi. pp. 269-219.
- Torrealba, J.; J. Pineda; D. Ulacio; H. Escalante; A. Hernández. 2015. La pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*) en soya y su manejo mediante aplicaciones de *Trichoderma* spp. y *Rhizobium* sp. *Bioagro* 27 (3): 159-166.



- Van Loon, L.; E. Van Strien. 1997. The families of pathogenesis related proteins, their activities, and comparative analysis of pr-1 type proteins. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 55:85-97
- Vessey, K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil.* 255: 571-586.
- Zambrano, C.; C. Graterol; Y. Goyo, M. Castillo. 2013. Incremento de producción de ajonjolí (*Sesamo indicum*) mediante efectos combinados de los bioestimulantes *Trichoderma harzianum* y Humus aplicados a semillas. Resúmenes. XXIII Congreso Venezolano de Fitopatología, Caracas (resúmenes).
- Zambrano, C.; Y. Goyo; M. Jiménez; K. Zambrano. 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en Venezuela. En: Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe. Bettiol, W.; Rivera, M.C.; Mondino, P.; Montealegre, J.R.; Colmenárez, Y.C. (Eds.). pp. 371-404.