



MICROORGANISMOS BENEFICOS: ESTRATEGIAS DE MANEJO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS DEL CULTIVO DE SOYA

Oscar Navia, Rolando Oros, Luis Crespo, Rene Pereira, Jorge Blajos.
Fundación PROINPA, Bolivia

La soja es el cultivo más importante de Bolivia, la genética brinda variedades de gran adaptación a los campos de producción. Sin embargo, uno de los factores limitantes más serios para incrementar la productividad, son las enfermedades radiculares y foliares. En los últimos años, la roya asiática y las enfermedades de fin de ciclo se han agudizado y son muy agresivas, afectando severamente el rendimiento del cultivo de soja. Esta situación se puede mejorar atendiendo el desbalance microbiológico que favorece a los microorganismos patógenos pudiendo convertir de suelos enfermos crónicos a productivos.

La presencia de insectos plagas, es otro de los factores serios para incrementar la producción. El manejo con alto uso de insecticidas de amplio espectro y la falta de rotación de ingredientes activos, generan resistencia de algunos insectos y la aparición de nuevos insectos plagas, o insectos considerados anteriormente como plagas secundarias, actualmente están considerados como plagas principales y de importancia económica. Este uso de insecticidas también afecta a los insectos benéficos y controladores naturales que están tendiendo a desaparecer. Para revertir esta situación, es necesario incrementar la población de microorganismos benéficos, haciendo que mejore el balance de la población microbiana, progresivamente se restituyan los suelos y sean mucho más productivos y sostenibles.

Es importante el desarrollo de estrategias de manejo de enfermedades e insectos factible de ser implementada en una agricultura extensiva, que tome en cuenta la combinación eficiente de labores culturales, productos sintéticos y productos basados en microorganismos.

PRINCIPALES ENFERMEDADES DE SUELO Y FOLIARES DE LA SOYA

Los principales patógenos de suelo son; *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Macrophomina* spp., *Sclerotinia* spp., y otros. Entre las enfermedades foliares; tenemos la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), la más agresiva a nivel mundial se reportan pérdidas de 10 a 90%, y en Bolivia, pérdidas de hasta 50 y 80%. Otras enfermedades foliares que cada vez cobran más importancia son las enfermedades de fin de ciclo como la mancha anillada (*Corynespora cassicola*), antracnosis (*Colletotrichum truncatum*) encrespamiento foliar o mancha púrpura del grano (*Cercospora kikuchi*), mancha parda o septoriosis (*Septoria glycines*), mildiu (*Peronospora manshurica*), Oidio (*Microsphaera diffusa* = *Erysiphe diffusa*) y otras (Tadashi et al, 2016).



EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS BENEFICOS EN LAS PLANTAS

De una manera general, el efecto de los microorganismos benéficos sobre la planta huésped son de 2 tipos: por una parte, promueven el crecimiento de las plantas, y por otro protegen a las plantas contra enfermedades y plagas (Cuadro 1).

Promotores de crecimiento (fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo y hierro, productores de fitohormonas)	Biocontroladores de enfermedades de suelo y foliares	Biocontroladores de plagas de insectos
<i>Bradyrhizobium japonicum</i> <i>Rhizobium sp.</i> <i>Azospirillum brasiliense</i> <i>Paenibacillus polymyxa</i> <i>Azotobacter sp.</i> <i>Penicillium bilaii</i> <i>Bacillus pumilus</i> <i>Bacillus megaterium</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus methylotrophicus</i> <i>Bacillus aryabhatai</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> Micorrizas (<i>Glomus fasciculatum</i> , etc.) Microorganismos eficaces EM (bacterias lácticas, actinomicetos etc.).	<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma koningiopsis</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Trichoderma lignorum</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> <i>Bacillus pumilus</i> <i>Bacillus megaterium</i> <i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus laterosporus</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus polymyxa</i> <i>Bacillus circulans</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> Microorganismos eficaces EM (bacterias lácticas, actinomicetos etc).	<i>Beauveria bassiana</i> <i>Metarhizium anisopliae</i> . <i>Metarhizium rileyi</i> (anteriormente <i>Nomuraea rileyi</i>) <i>Isaria fumosorosea</i> (antes <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>). <i>Bacillus thuringiensis sp. aizawai</i> <i>Bacillus thuringiensis sp. Kurstaki</i> <i>Chromobacterium subtsugae</i> <i>Saccharopolyspora spinosa</i>

Cuadro 1.- Principales microorganismos benéficos y su efecto en las plantas. Fuente: PROINPA, 2022

CONTROL BIOLÓGICO: ¿CÓMO LOS MICROORGANISMOS BENEFICIOS ACTÚAN PARA SUPRIMIR PATÓGENOS CAUSANTES DE ENFERMEDADES?

La mayoría de los patógenos e insectos plaga del cultivo de soja tienen antagonistas biológicos o enemigos naturales que se pueden integrar como parte de un programa de control biológico de las enfermedades. De manera general, los microorganismos benéficos suprimen patógenos causantes de enfermedades, a través de los siguientes mecanismos: competencia por nutrientes, competencia por espacio, antibiosis, parasitismo, y/o resistencia sistémica (Navia *et al*, 2022; Gandarillas y Navia, 2016; Riveros, 2010; Dion, 2009; López, 2009; Stein, 2005; Sutton, 2005; Bochow *et al*, 2001; Smith *et al*, 1999; Backman *et al*, 1994; Katz and Demain, 1977).

COMPETENCIA POR NUTRIENTES

La competencia surge cuando al menos dos organismos requieren lo mismo y el uso de uno, reduce la disponibilidad del otro. En la competencia por nutrientes o bien un microorganismo posee un mecanismo de absorción mejor o posee enzimas extracelulares más activas, de forma que uno obtiene más nutrientes y crece, mientras que el otro no obtiene nutrientes suficientes para crecer. Este mecanismo está demostrado en cuanto a las fuentes de carbono y de nitrógeno, y también para oxígeno, hierro y en caso de autótrofos por la luz.

COMPETENCIA POR ESPACIO

La competencia puede ser por los sitios de infección, donde la ocupación de dichos sitios por un microorganismo impide la colonización por otro. Por ejemplo, hongos compitiendo o bacterias ocupando los sitios de infección de patógenos sobre las superficies de la planta (follaje, raíces, etc.).

Antibiosis

Los microorganismos antagonistas producen antibióticos, enzimas, toxinas volátiles y otras sustancias que matan o inactivan a los patógenos (y a otros organismos). Los antibióticos pueden matar patógenos, pero otros efectos causados por concentraciones subletales o subinhibitorias pueden ser más importantes (por ejemplo, eliminan funcionamientos metabólicos y de crecimiento de patógenos). Entre los componentes volátiles tenemos por ejemplo cianuro de hidrógeno y amoníaco. Respecto a las enzimas, éstas destruyen las paredes, las membranas y el protoplasma de las células de los patógenos (quitinasas, celulasas, glucanasas, proteasas, etc.). Una de las características más importantes de los microorganismos benéficos, como del género *Bacillus*, es su capacidad de producir una gran variedad de antibióticos con capacidad de inhibir el crecimiento de agentes fitopatógenos, entre éstos, los lipopéptidos cíclicos no ribosomales (iturinas, fengicinas y surfactinas), que han sido ampliamente estudiadas por su actividad antibacteriana y antifúngica. La actividad antimicrobiana de estos lipopéptidos tiene lugar por su interacción con la membrana citoplasmática de células bacterianas o fúngicas, provocando la formación de poros y un desbalance osmótico, lo que desencadena la muerte celular de los microorganismos fitopatógenos. Algunos lipopéptidos pueden tener múltiples mecanismos de acción, alterando procesos celulares como homeostasis intracelular de calcio, metabolismo energético y procesamiento del RNA. Además de la antibiosis, los lipopéptidos influyen en el establecimiento de *Bacillus*, mediante la regulación de procesos celulares como motilidad y formación de biopelículas.

La producción de enzimas líticas como quitinasas y β -glucanasas excretadas por el género *Bacillus*, han mostrado un efecto inhibitorio contra patógenos de origen fúngico. Estas enzimas son responsables de la degradación de los principales polisacáridos que conforma la pared celular de hongos, mediante la hidrólisis de sus enlaces glucosídicos. Actualmente, existen diversos estudios científicos que reportan el papel de estas enzimas en la actividad antifúngica in vitro obtenidas de cepas del género *Bacillus*, por ejemplo, en el control de *Rhizoctonia solani*.

Especies	Antibióticos generados
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Mycobabacilin, Subtilin, Bacilysin, Bacilomycin, Bacillomycin. Fungistatin. Bulbiformin. Bacillin, Supsporin, Bacillosin, Mycosubtilin, Fungocin, Iturin, Neocidin, Eumycin</i>
<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Micrococcin P, Pumilin, Tetain</i>
<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Bacitracin, Licheniformin, Proticin</i>
<i>Bacillus laterosporus</i>	<i>Laterosporamine, Laterosporin</i>
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Biocerin, Cerexin, Thiocillin</i>
<i>Bacillus polymyxa</i>	<i>Polymyxin, Colistin, Gatavalin, Jolipeptin</i>
<i>Bacillus circulans</i>	<i>Butirusin, Circulin, Polypeptin, Xylostatin</i>
<i>Bacillus mesentericus</i>	<i>Esperin</i>
<i>Bacillus brevis</i>	<i>Gramicidin, Tirocidine, Linear gramicidin, Brevin, Edeine, Eseine, Bresseine, Brevistin</i>
<i>Bacillus thiaminolyticus</i>	<i>Octopytin (thianocine), Baciphelacin</i>

Cuadro 2.- Algunos antibióticos elaborados por especies del género *Bacillus*. (Fuente: Navia et al, 2022; Villareal et al, 2018; Dion, 2009; López, 2009; Stein, 2005; Sutton, 2005; Bochow et al, 2001; Kilian et al, 2000; Smith et al, 1999; Backman et al, 1994; Katz and Demain, 1977).

Parasitismo

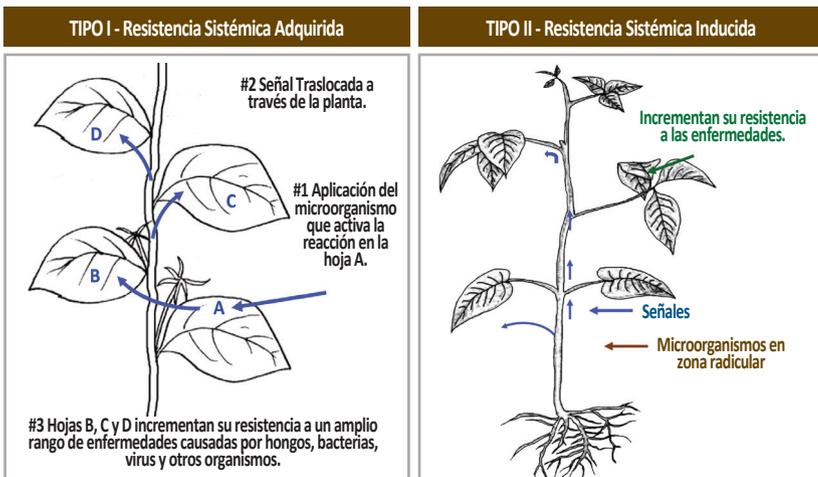
Muchos tipos de organismos son capaces de usar patógenos vegetales vivos como alimento. Entre ellos se incluyen cepas de hongos, oomicetes, bacterias, nemátodos, amebas y virus. El antagonismo puede operar simplemente usando el patógeno como fuente de alimento, si el patógeno es un hongo y el antagonista un micoparásito normalmente es capaz de romper la pared celular del hospedador con quitinasas o glucanasas. Si el patógeno es un oomiceto (*Pythium*, *Phytophthora*, etc.) además necesita celulastas.

Los micoparásitos mejor conocidos son los del género *Trichoderma*, que son utilizados contra muchos patógenos de suelo. Las hifas de *Trichoderma* penetran tanto las estructuras de supervivencia como esclerocios o hifas en estado de crecimiento. Las hifas del micoparásito se enrollan alrededor del hospedador y producen su muerte sin haber evidencia de que perforó la pared celular. Los aislados de *Trichoderma* producen diferentes quitinasas y glucanasas en cultivo que degradan los componentes mayoritarios de la pared celular de los hongos patógenos.

Resistencia Inducida

Se refiere al incremento de la resistencia de la planta hacia los patógenos, después de que la planta ha estado expuesta a, o tratada con, organismos o químicos que pueden provocar esta respuesta. Cuando se induce la resistencia, la planta tiene cambios de tipo estructural y bioquímico, y expresa una serie de genes que confieren resistencia como 1,3-b-glucanasas, fitoalexinas, genes relacionados con el refuerzo de la pared celular como peroxidasas y la deposición de lignina, callosa y glicoproteínas ricas en hidroxiprolina y proteínas relacionadas con patogénesis, proteínas (PR).

La resistencia inducida puede ser de dos tipos: Tipo I, la Resistencia Sistémica Adquirida (microorganismo inductor aplicado al follaje) y Tipo II, la Resistencia Sistémica Inducida (microorganismo inductor aplicado al suelo, raíz). El primero depende de la vía del ácido salicílico y el segundo de la vía del ácido jasmónico y del etileno (Figuras 1 y 2).



Figuras 1 y 2.- TIPO I. Resistencia sistémica Adquirida (RSA). TIPO II. Resistencia sistémica Inducida (RSI). (Fuente: Gandarillas y Navia, 2016; Riveros, 2010, Dion, 2009, Stein, 2005; Sutton, 2005).



Polyphagotarsonemus latus. Entre las plagas de suelo está el gusano tierrero *Agrotis ipsilon*, Gusano barrenador *Elasmopalpus lignosellus*, Gusano trozador *Spodoptera frugiperda*, Cochinilla de la raíz *Pseudococcus* sp., Quema quema *Julus* spp. (Fundacruz, 2016).

Los hongos entomopatógenos, como *Bauveria*, *Metarhizium* y otros, tienen el siguiente modo de acción: Al ser aplicado, las conidias y las estructuras de los hongos se activan al entrar en contacto con la cutícula de los insectos e inician su actividad infectiva. El tubo germinativo, que forman las conidias al germinar, penetra la cutícula o piel del insecto, luego las hifas del hongo invaden el hemocele o la parte interna del insecto, generando toxinas que pueden enfermar y matar al insecto. El insecto enfermo se debilita, deja de comer, se torna lento, disminuye la reproducción y finalmente muere, el hongo también casi llega al fin de su ciclo parasítico, sale por las partes más blandas del cuerpo de los insectos (articulaciones) y forman nuevamente conidias, las cuales se dispersan y pueden infectar a otros insectos o permanecer en el ambiente, de preferencia en el suelo, donde puede tener una fase saprófita si no encuentra un nuevo huésped para infectar pudiendo generar epizootias.

Las aplicaciones de estos hongos entomopatógenos en campo deben ser preventivas y en momentos óptimos, asociados especialmente a condiciones climáticas que sean favorables para su establecimiento de aplicación, tomando cuidado de tener espacios de tiempo adecuados en caso de uso de fungicidas que pueden afectar estos hongos. La meta es lograr que se establezca mayores poblaciones del hongo entomopatógeno en su estado saprófita y con varias aplicaciones en el tiempo nos puede permitir recuperar las epizootias naturales que se tenían, logrando una agricultura más eficiente y sostenible.

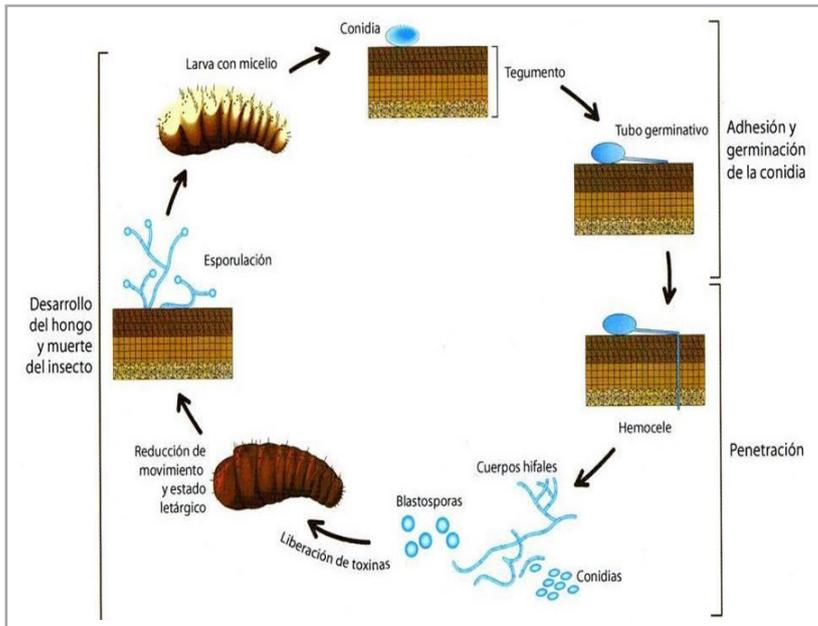


Figura 4.- Modo de acción de los hongos entomopatógenos.



Las formulaciones de hongos entomopatógenos puede aplicarse con insecticidas, fertilizantes foliares y herbicidas. Presentan sensibilidad a la acción de fungicidas y leve sensibilidad a bactericidas. Puede usarse con coadyuvantes que no tengan alcohol.

Para un resultado más eficiente del bioinsecticida debe utilizarse de manera preventiva, poco antes de la aparición de la plaga. Es recomendable una primera aplicación inundativa y una segunda de mantenimiento. El bioinsecticida para ser más efectivo debe tener una buena cobertura a la planta, para esto se recomienda usar suficiente agua, mínimo 50 litros por hectárea, lo ideal es 100 litros de agua. La aplicación debe realizarse al final de la tarde o en la noche, cuando la humedad relativa al ambiente sea alta, esto favorece el establecimiento del hongo.

El bioinsecticida se lo puede usar de modo profiláctico, es decir, aplicar en pasturas o cultivos de rotación. El concepto es que el hongo se establezca, colonice los substratos, se acumule progresivamente, y se refuercen las epizootias naturales. Los hongos pueden lograr una rápida y cómoda colonización en las cortinas rompe vientos, que actúan como refugios de algunos insectos plaga.

APLICACIÓN COMBINADA DE BIOINSUMOS Y PRODUCTOS QUÍMICOS

En soja y otros cultivos, los bioinsumos (biofungicidas, bioinsecticidas, biofertilizantes) en base a microorganismos benéficos, se aplican por tratamiento de semilla, por coinoculación a la siembra, por el sistema de riego, aspersión durante el desarrollo del cultivo, por aspersión foliar al follaje y otras formas. En términos prácticos, se pueden aplicar solos o en combinación con otros productos químicos que se utilizan para el tratamiento de semilla y para aplicaciones foliares (fungicidas, insecticidas, fertilizantes, etc.). Pruebas de laboratorio muestran la compatibilidad de los bioinsumos con la mayoría de los productos químicos comerciales utilizados en el manejo del cultivo.

En la aplicación combinada de los biofungicidas con fungicidas químicos, ambos actúan según sus mecanismos de acción. Los primeros proveen un control en el corto plazo y los segundos en el largo plazo, durante todo el desarrollo del cultivo. El fungicida químico actúa en las primeras etapas de desarrollo de la planta mientras dure su efecto residual (15 a 30 días, dependiendo del producto), mientras los microorganismos del bioinsumo se van multiplicando y a medida que pasa el tiempo aumentarán sus poblaciones, protegiendo al cultivo durante todo el ciclo del cultivo



ESTRATEGIA DE MANEJO DEL CULTIVO DE SOYA

La estrategia de manejo de insectos, enfermedades de suelo y foliares en la soya está basado en el uso de productos formulados en base a hongos benéficos y bacterias benéficas, hongos entomopatógenos, y otros microorganismos benéficos, lo cual permite un manejo más eficiente y sostenible de enfermedades y plagas insectiles y el cultivo. Estas pueden ser complementadas con otros componentes de manejo como el uso de productos químicos (fungicidas, insecticidas), variedades, semilla, prácticas culturales, y otros. La estrategia de manejo hace énfasis en la aplicación preventiva de los bioinsumos, es decir, antes de que se presenten las enfermedades y plagas, principalmente activando el sistema de defensa de las plantas en forma temprana.

La estrategia (Figura 5, Cuadro 3), consiste en:

- Realizar la aplicación de TRICOBAL y ENERGY TOP, a la siembra, ya sea por tratamiento de semilla con máquinas tratadoras de semilla, o al surco por coinoculación con sembradoras que tienen el coinoculador. TRICOBAL es un biofungicida para patógenos de suelo (como *Fusarium*, *Rhizoctonia* y otros), y ENERGY TOP es un biofertilizante con fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fósforo, para un mayor desarrollo radicular y posterior desarrollo de la planta. Puede ir también junto al inoculante *Bradyrhizobium japonicum*, generalmente utilizado en soya, y además los productos químicos usados para la siembra (fungicidas, insecticidas, y otros).
- Después de la emergencia de las plantas, realizar aplicaciones foliares, empezando en forma temprana antes de la aparición de las enfermedades y plagas. Una primera aplicación foliar en V2-V3 (15 a 25 días después de la siembra) con BACTERIAL MIX (biofungicida para enfermedades foliares como roya y manchas foliares, activador de la resistencia de la planta) más los bioinsecticidas NOMUREA, BAUMET y BIOMAX (para control de insectos plaga como gusano cogollero, chinches, etc).
- Realizar la segunda aplicación foliar, 10 a 15 días después de la primera aplicación, en V4-V5 (35-45 días después de la siembra) con BACTERIAL MIX (biofungicida) más los bioinsecticidas NOMUREA, BAUMET y BIOMAX. El objetivo de estas aplicaciones tempranas es activar el sistema de defensa de las plantas (RSI), y poblar el cultivo con microorganismos benéficos que no permitan el desarrollo de las enfermedades y plagas de insectos.

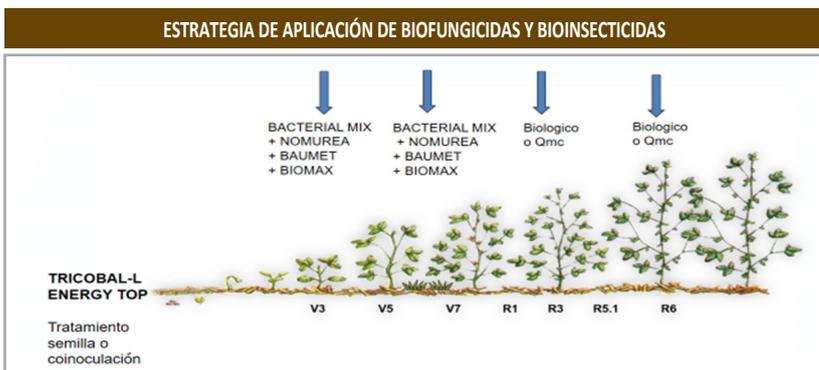


Figura 5.- Estrategia de manejo de enfermedades de suelo y foliares e insectos plaga, en el cultivo de soya.

- Continuar con las siguientes aplicaciones foliares (tercera y cuarta) utilizando los Bioinsumos (BACTERIAL MIX, NOMUREA; BAUMET, BIOMAX) o productos químicos (fungicidas, insecticidas), de acuerdo a requerimiento y la presión de las enfermedades y plagas.

Todos estos productos deben ser aplicados al atardecer o en la noche para favorecer su establecimiento y que no sea afectado por la radiación solar inmediatamente después de ser aplicados.

ESTRATEGIAS DE BIOINSUMOS EN MANEJO DE CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE SOYA

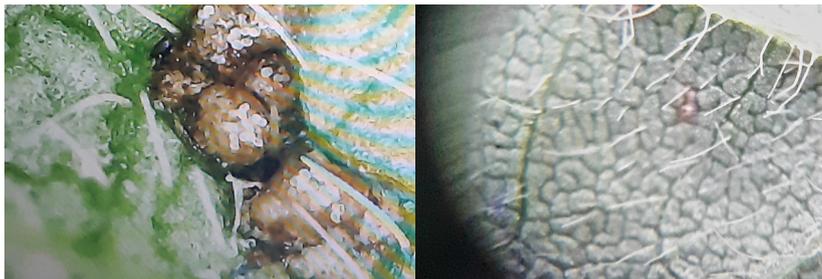
En diferentes zonas y durante varias campañas agrícolas, parcelas comerciales establecidas con la estrategia de manejo de la soya con Bioinsumos muestran un control eficiente de enfermedades radiculares y foliares y plagas de insectos, lograron un buen desarrollo y elevados rendimientos con menores costos en el control generando mayores beneficios económicos. (Navia y Gandarillas, 2016; PROINPA, 2022; Pinto, 2023; Mounzon, 2023, Parada, 2022; Mejia, 2022; Zapata, 2022, Balderas, 2022, Calderón, 2021; Nina, 2021). Es una tecnología para un manejo más sostenible de la soya y en general para una agricultura más sostenible.



Imágenes 1 y 2.- Parcelas con la estrategia de manejo de bioinsumos, de buen desarrollo, lograron buenos rendimientos.



Imágenes 3, 4 y 5.- Control eficiente de enfermedades y plagas de insectos con bioinsumos.



Imágenes 6 y 7.- Control eficiente de la roya (Pústulas de roya, necrosadas y aisladas, por efecto de la aplicación de los microorganismos benéficos).

BIBLIOGRAFÍA

- Backman, P. A., Brannen, P. M., and Mahaffe, W. F. 1994. Plant response and disease control following seed inoculation with *Bacillus subtilis*. In: Improving plant productivity with Rhizosphere Bacteria, Ryder, M. H. *et al.* (eds.), CSIRO Division of Soils, Glen Osmond.
- Bochow, H., El-Sayed, S.F., Junge, H., Stavropoulou, A. and Schmiedeknecht, G. 2001. Use of *Bacillus subtilis* as biocontrol agent. IV. Salt-stress tolerance induction by *Bacillus subtilis* FZB24 seed treatment in tropical vegetable field crops, and its mode of action. *Journal of Plant Diseases and Protection* 108: 21-30.
- Dion, P. 2009. Microbiología de organismos benéficos para la agricultura. Universidad. Canada.
- Fernandez-Northcote. E. N., Navia, O., y Gandarillas, A. 2000. Basis of strategies for chemical control of potato late blight developed by PROINPA in Bolivia. *Fitopatología* 35 (3): 137-149.
- Gandarillas, A.; Navia, O. 2016. Microorganismos benéficos para un manejo sostenible de la soya. Manual de difusión técnica de la Soya 2015/2016. Fundacruz. Santa Cruz, Bolivia. pp: 124- 133
- Jimenez Diaz, R. 2003. El papel que juega la Fitopatología en la agricultura sostenible. *Fitopatología* 38 (2): 62- 73.
- Katz, E.; and Demain, A. L. 1977. The peptide antibiotics of *Bacillus*: chemistry, biogenesis, and possible functions. *Bacteriol Rev* 41: 449 - 474.
- Kilian, M.; steiner, U.; Krebs, B.; Junge, H.; Schiemdeknecht, G., Hain, R. 2000. FZB24 *Bacillus subtilis*: mode of a microbial agent enhancing plant vitality. *Pflanzenschutznachrichten Bayer* 53: 72-93.
- Kessmann, H., M. Oostendorp, and T. Saub. 1996. Bion 50 WG: modo de acción de un nuevo activador de plantas. Ciba-Geigy Limitada, 4002. Basel, Suiza.
- López, M.; Peñalver, R. 2009. Control biológico de bacterias fitopatógenas. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IIVA), Valencia, España.
- Navia, O.; Crespo, L.; Mendoza, O.; Oros, R.; Pereira, R.; Plata, G. 2022. La agricultura Boliviana del Siglo XXI: La experiencia del Tomate. Universidad Privada Boliviana UPB-Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. Ediciones UPB. Primera edición. 258 p.
- Navia, O.; Ortuño, N.; Franco, J. 2006. Integración de nuevas estrategias de manejo del tizón de la papa (*Phytophthora infestans*) y del suelo para una agricultura sostenible. *Fitopatología* 41 (3): 102-108.
- PROINPA, 2022. Bioinsumos: fichas técnicas de Bioinsumos. Fundación PROINPA. Bolivia. www.proinpa.org.
- Riveros, A. E. 2010. Inducción de resistencia en plantas. Interacción planta – patógeno. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José, Costa Rica. 238 p.
- Smith, K.P., Handelsman, J. and Goodman, R.M. 1999. Genetic basis in plants for interaction with disease-suppressive bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 4786-4790.
- Stein, T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Molecular microbiology* 56 (4): 845-857.
- Sutton, J.C. 2005. Present and future perspectives of biological disease control in crops. En: Libro de resúmenes XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología - III taller de la Asociación Argentina de Fitopatólogos. Córdoba, Argentina. Abril 19-22, 2005. p. 11-14.
- Villarreal, M.F.; Villa-Rodríguez, E.; Cira-Chávez, L.; Estrada, M.I.; Parra, F. 2018. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36 (1).