

BIOCONTROL

**DRA. ALBAMARINA
COTES**
CORPORACIÓN
COLOMBIANA DE
INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA
INVESTIGADORA EMÉ-
RITA, ESPECIALIZADA
EN BIOCONTROL

Herramientas en avance

Las múltiples facetas de los microorganismos biocontroladores y su impacto en la agricultura sostenible.

La producción agrícola sostenible debe satisfacer las necesidades alimentarias y de la sociedad en el presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Nos enfrentamos al desafío de mantener la productividad de los cultivos, minimizar el impacto ambiental y promover la salud humana, animal y del suelo.

La sostenibilidad en agricultura no se puede lograr sin los microorganismos, ya que estos juegan un papel crucial en la fertilidad y en la salud del suelo para mantener el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas. Los microorganismos cumplen múltiples funciones tales como el control de enfermedades, de insectos, de ácaros y de nematodos; también participan en la fijación, mineraliza-

ción, solubilización y movilización de nutrientes, promueven el crecimiento vegetal, les confieren a las plantas tolerancia frente al estrés abiótico y mantienen la estabilidad del ecosistema, junto con contribuir al reciclaje mediante la descomposición de materia orgánica.

Además, participan en las estrategias de fitorremediación al ayudar a las plantas en la extracción, alteración y desintoxicación de contaminantes que se encuentran tanto en el suelo como en el agua, mediante procesos de biorremediación que degradan agroquímicos y otras sustancias tóxicas. Junto con eso, mejoran la estructura del suelo, contribuyen en la retención de agua, el almacenamiento de carbono, la producción de gases de efecto invernadero y ayudan a conservar la biodiversidad.

Los microorganismos biocontroladores están revolucionando la agricultura sostenible al ofrecer una alternativa ecológica y efectiva al uso de los plaguicidas químicos, ya que al emplear bacterias, hongos o virus que atacan específicamente a los artrópodos plaga, fitopatógenos y nematodos se disminuye la necesidad de productos químicos sintéticos, la mayoría de los cuales tiene efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud humana y animal. El uso continuo de plaguicidas químicos puede llevar a la resistencia de plagas, haciendo que el control sea cada vez más difícil y costoso. Los microorganismos biocontroladores, al ofrecer mecanismos de acción diversos, pueden ayudar a prevenir el desarrollo de resistencia, por lo que mantienen la efectividad del control de plagas (insectos, ácaros,



nematodos y fitopatógenos) a largo plazo.

Los productos a base de microorganismos que constituyen bioplaguicidas tienen una historia de éxito de más de noventa años. Sin embargo, a pesar de los logros alcanzados, la masificación de su uso es aún limitada. En la línea de tiempo, los primeros bioplaguicidas microbianos fueron desarrollados para el control de insectos plaga, seguidos por aquellos destinados al control de enfermedades en plantas. Ver Figura 1.

El predominio de *Trichoderma*

Los biofungicidas a base de *Trichoderma* cuentan con más de 250 productos disponibles en todo el mundo y representan alrededor del 60% del mercado mundial de bioplaguicidas a base de hongos.

El país líder en términos de uso de bioplaguicidas a base de *Trichoderma* es India, que comprende el 90% del mercado asiático. Le sigue Brasil con la mayor producción de América del Sur y Central. Por ejemplo, en Venezuela y Cuba, el desarrollo y uso de productos a base de *Trichoderma* cuenta con el apoyo del gobierno y recomendación oficial.

La especie predominante en la mayoría de los biofungicidas a base de *Trichoderma* es *T. harzianum* con 83% de productos. *T. harzianum* y *T. viride* se usan principalmente como aplicaciones al suelo en alrededor de 87 cultivos diferentes, contra 70 patógenos transmitidos por el suelo y contra 18 transmitidos por las hojas, en su mayoría hongos.

En América Latina los hitos decisivos en la producción de bioplaguicidas partieron en

la década de 1970, cuando en Brasil se aisló un nucleopoliédrovirus de *Anticarsia gemmatilis* (AgMNPV) y luego, entre 1980 y 1982, se realizaron evaluaciones bajo la coordinación del Dr. Flavio Moscardi (EMBRAPA) en 21 fincas en los estados del sur de Brasil. Posteriormente, gracias al descubrimiento de un suelo supresivo en Colombia, en el que se presentaba control natural del patógeno *Rhizoctonia solani* en rábano, debido a la presencia de *Trichoderma hamatum*, en 1982, algunos centros de investigación y empresas productoras de flores inspiradas por el profesor Ralph Baker, de la Universidad de Colorado, comenzaron la producción y aplicación de diferentes cepas de *Trichoderma* spp. para el control de *Fusarium oxysporum* en clavel. Luego de estos

FIGURA 1

BIOPLAGUICIDAS:
UNA HISTORIA DE ÉXITO
DE MÁS DE 90 AÑOS



Shigetane
Ishiwata



Se registra en Estados Unidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) el primer producto comercial a base de *B. thuringiensis*, *Thuricide*. Desde entonces, se han identificado diferentes subespecies, variedades y cepas de *B. thuringiensis* eficaces contra una variedad de insectos. En muy pocos años, esta bacteria ha cubierto hasta el 90% del mercado total de bioplaguicidas y varias cepas están registradas en todo el mundo.

-1901-

Se inicia la era del *Bacillus thuringiensis*. El científico japonés

Shigetane Ishiwata aísla una bacteria de larvas muertas de gusanos de seda mientras investigaba la causa de la llamada "enfermedad del sotto" (enfermedad del colapso repentino).



Bacillus thuringiensis

1938-

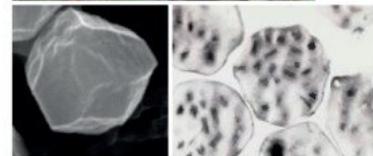
Se produce en Francia el primer bioinsecticida comercial a base de *B. thuringiensis*, *Sporine*, para control de las polillas de la harina.



Polilla de la harina

-1961-

Se desarrolla el primer insecticida viral a partir del virus de la polihedrosis nuclear (VPN) de *Heliothis* spp. Se lo comercializa en EE.UU. principalmente para algodón, pero también en soja, maíz, sorgo y tomate.



Virus de la polihedrosis nuclear

hitos, ha habido un crecimiento histórico de los bioplaguicidas a base de muchos microorganismos para el manejo de variedad de plagas en diferentes cultivos y países.

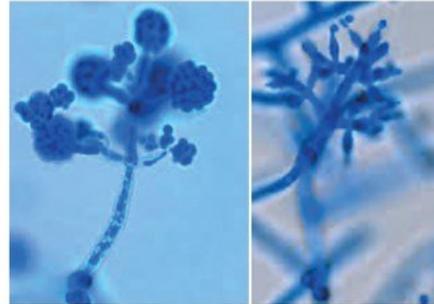
Efecto en costos y productividad

Los microorganismos

biocontroladores pueden ser altamente específicos para patógenos tales como hongos, bacterias o nematodos o para insectos plaga. Por ejemplo, el hongo *Trichoderma* spp. conocido por su habilidad para controlar diversos hongos patógenos originados en el suelo y patógenos foliares, las bacterias *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis* son ejemplos

de bacterias que pueden controlar tanto enfermedades fúngicas como bacterianas, mientras que otros microorganismos se utilizan para el control de insectos plaga, como el caso la bacteria *Bacillus thuringiensis*, de los hongos *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. y de los baculovirus.

Estos microorganismos se caracterizan porque, en gene-

Colonia de
 Trichoderma

 Conidióforos de
 Trichoderma harzianum

1965

La URSS crea el primer bioplaguicida fúngico, Boverin, a base de *Beauveria bassiana* para controlar el escarabajo de la papa y la polilla de la manzana.


 Acción de *Beauveria bassiana* sobre el escarabajo de la papa

ral, no afectan a especies benéficas. Además, varios pueden establecerse en el ambiente y proporcionar un control continuo durante la temporada de cultivo. El manejo efectivo de plagas mediante microorganismos biocontroladores puede resultar en una mejor salud de las plantas, lo que a

1989

Se registra la primera formulación comercial para control biológico con *Trichoderma*: *Binab T*. El hongo había sido descrito ya en 1794 por Persoon, en Alemania, y el primer éxito de control biológico de enfermedades en campo se obtuvo contra *Sclerotium rolfsii* en la década de 1970.

su vez mejora la calidad y la productividad de los cultivos. Las plantas menos estresadas por plagas tienden a tener un crecimiento más robusto y a producir cosechas de mejor calidad.

Aunque su uso puede implicar una inversión inicial, a largo plazo puede resultar en ahorros significativos. La reducción de los costos asociados con plaguicidas químicos y la prevención de pérdidas en el rendimiento de los cultivos se ha demostrado en varios estudios, siendo el más icónico

1993

El biofungicida a base de *Trichoderma harzianum*, *Trichodex*, desarrollado en Israel, es producido por Makhteshim Agan Industries y resulta el primero en ser comercializado en todo el mundo.



Este producto se ha registrado en países como Argentina, Australia, Bulgaria, California, Chile, Colombia, Croacia, Chipre, Grecia, Guatemala, Hungría, Israel, Italia, Marruecos, Paraguay, Rumania, Turquía, Eslovenia, Sudáfrica y EE.UU., entre otros.

el desarrollado durante doce años en 1.470 hectáreas de un cultivo de soja ubicado en el estado de Goiás, en Brasil. Durante los primeros seis años el cultivo se trató con agroquímicos y luego, los siguientes seis años con manejo biológico, mediante el uso de insumos biológicos producidos en finca a base de *B.subtilis*, *B.thuringiensis*, *Trichoderma*, *Metarhizium*, *Beauveria* y *Pochonia*. Este estudio demostró que la incorporación de insumos biológicos se tradujo en una reducción de costos

BIOCONTROL

de producción del 58,6%, un aumento de la productividad del 13% y un aumento de la rentabilidad del 175%.

Su versatilidad

La versatilidad de los microorganismos biocontroladores en la agricultura es una de las características que los hace especialmente valiosos. Su capacidad para intervenir en diversos aspectos del ecosistema agrícola y su adaptación a distintas situaciones los convierten en herramientas multifuncionales y eficaces. Muchos microorganismos biocontroladores pueden adaptarse a una variedad de condiciones ambientales. Por ejemplo, algunos hongos y bacterias pueden funcionar eficazmente en suelos ácidos o alcalinos, en diferentes temperaturas y niveles de humedad. La versatilidad también se refleja en la capacidad para aplicarse en una amplia gama de cultivos, desde frutas y hortalizas hasta cereales, plantas ornamentales y forestales. Además, varios microorganismos no sólo ejercen control biológico, sino que también ofrecen beneficios adicionales en términos de bioestimulación, biofertilización, tolerancia al estrés abiótico, biorremediación y biorrestauración, entre otros.

Es el caso de diversas cepas de *Trichoderma spp.*, hongo conocido por su eficacia en el control de hongos patógenos del suelo como *Sclerotinia*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Pythium* etc. y patógenos foliares como *Botrytis*, varias cepas

Parasitoides de huevo de lepidópteros, como la avispa *Trichogramma pretiosum* para el manejo integrado de plagas en soja desarrollado por Embrapa Soybean (Brasil).



también tienen actividad promotora del crecimiento vegetal, pueden solubilizar fosfatos y liberar nutrientes para las plantas. Además, les confieren tolerancia a condiciones de estrés abiótico como sequía y salinidad y mejoran la estructura del suelo, facilitando una mejor retención de agua.

Por otra parte, ciertas cepas tienen un importante potencial de biorremediación, ya que pueden descomponer muchas sustancias tóxicas como plaguicidas; es el caso de diclorvos, clorpirifos, dieldrina, DDT, endosulfán, tebuconazol, pentacloronitrobenzoceno, pentaclorofenol, carbendazima, oxamil, boscalida, malatión y carbofuran y muchos más, así como algunos metales pesados, petróleo crudo, diesel, fenantreno, pireno, naftaleno y benzo[a]pireno, TNT, disolventes orgánicos, cianuro, arsénico, etc.

Asimismo, varias bacterias biocontroladoras han demostrado que además de ejercer un control eficiente de insectos y de enfermedades también pueden ser multifuncionales. Diversas especies biocontroladoras del género *Bacillus* actúan inducien-

do resistencia contra insectos plaga, bacterias y hongos patógenos y contra enfermedades virales y nematodos. Algunos estudios han revelado que *Bacillus spp.* regula en las plantas la absorción de nutrientes, el transporte de agua y los genes y proteínas antioxidantes, así como genes pigmentarios, hormonales y de sensibilidad al estrés, lo que conduce a la tolerancia en condiciones ambientales adversas. Además, promueven el crecimiento vegetal, incrementan la absorción de agua y de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, S y Fe), les confieren tolerancia a las plantas frente a la sequía y a la salinidad.

Varias especies de *Bacillus* también han demostrado capacidad para degradar plaguicidas tales como *acibenzolar-S-metribuzina*, *napropamida*, clorhidrato de propamocarb, cipermetrina, clorpirifos, carbendazima, fipronil, profenofos, monocrotofos, malatión, paratión y endosulfán entre otros. Muchas cepas de *Bacillus spp.* pueden reducir las cantidades de metales como plomo, cadmio, mercurio, cromo, arsénico o níquel,

por lo que este género representa una de las mejores soluciones sostenibles para biorremediar los metales pesados de diversos entornos, especialmente del suelo. Asimismo, la bacteria *Pseudomonas fluorescens* además de suprimir una variedad de patógenos fúngicos y bacterianos, solubiliza fosfato, produce hormonas que promueven el crecimiento vegetal y degrada hidrocarburos en el suelo y en el agua. Esta bacteria también mejora la tolerancia de las plantas a la sequía y a la salinidad, la estructura del suelo y la retención de agua.

En resumen, los microorga-

nismos utilizados como bioinsumos agrícolas representan una herramienta poderosa que conduce a sistemas de cultivo más resilientes y respetuosos con la salud humana, con las diferentes formas de vida y con el medio ambiente. Su aplicación crea un equilibrio entre el desarrollo sociocultural, la productividad económica y la protección ambiental, que se considera fundamental para la producción agrícola sostenible.

Los bioinsumos podrían ayudar al cumplimiento de varios objetivos de desarrollo sostenible (ODS), tales como la reducción de la pobreza (ODS 1: Fin de la pobreza) y

del hambre (ODS 2: Hambre cero), la administración de los recursos naturales para la explotación continua del medio ambiente y para la productividad agrícola (ODS 6: Agua limpia y saneamiento, ODS 12: Producción y consumo sostenibles, ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres). La versatilidad de los microorganismos en la agricultura es una de las características que los hace especialmente valiosos. Su capacidad para intervenir en diversos aspectos del ecosistema agrícola y su adaptación a distintas situaciones los convierten en herramientas multifuncionales y eficaces.