

*Artículo de revisión*

## **Avances en la evaluación de microorganismos como agentes biocontroladores de patógenos causantes de enfermedades en el cultivo de arroz**

*Advances in the evaluation of microorganisms as biocontrol agents of pathogens that cause diseases in rice cultivation*

**Vanessa Elizabeth Pino Meléndez<sup>1</sup>; Fernando Javier Cobos Mora<sup>2</sup>; Germán Troya Guerrero<sup>3</sup>; Héctor Reyes Villón<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador; Programa de Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad del Zulia, Venezuela; correo electrónico: [vpino@utb.edu.ec](mailto:vpino@utb.edu.ec), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0986-1651>; <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador, correo electrónico: [fcobos@utb.edu.ec](mailto:fcobos@utb.edu.ec), ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>; <sup>3</sup>Ingeniero Agropecuario. Magister en Agroecología. Analista de Investigación y Desarrollo UTB-Universidad Técnica Babahoyo, Ecuador. Programa de Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad del Zulia, Venezuela, correo: [germantroya@hotmail.com](mailto:germantroya@hotmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1293-4866>; <sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Litoral Sur (EELS) - Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA), Ecuador, correo: [reyes\\_hector82@hotmail.com](mailto:reyes_hector82@hotmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7730-0931>.

### **RESUMEN**

En esta investigación se realizó una exploración de los avances en la evaluación de microorganismos como agentes biocontroladores de patógenos causantes de enfermedades en el cultivo de arroz; para ello se revisaron artículos científicos publicados en revistas indexadas en bases de datos como Scopus, Scielo, Redalyc, Springer, entre otras, y se analizaron investigaciones en donde se han utilizado agentes antagonistas de patógenos en arroz. Este artículo de revisión aborda la necesidad de implementar estrategias de control que minimicen el impacto ambiental y promuevan la sostenibilidad y tiene como objetivo analizar los avances actuales en la evaluación de microorganismos como agentes biocontroladores de patógenos causantes de enfermedades en el cultivo de arroz. Entre los principales hallazgos se menciona que existen diversos microorganismos (hongos y bacterias) como *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis*, *Lysobacter antibioticus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus* spp., entre otros, que han demostrado capacidad para suprimir patógenos causantes de enfermedades del arroz, debido a mecanismos de acción como la antibiosis, competencia por nutrientes, micoparasitismo, inducción de resistencia sistémica en las plantas. Esta multiplicidad de mecanismos permite seleccionar al microorganismo como un agente de control biológico. Así también, se observa la tendencia de aplicar enfoques integrados para aprovechar la diversidad microbiana mejorando la salud de las plantas y reduciendo la dependencia de agroquímicos.

**Palabras clave:** mecanismos de acción, antagonismo, control biológico.

### **ABSTRACT**

In this research, an exploration of advances in the evaluation of microorganisms as biocontrol agents of pathogens that cause diseases in rice cultivation was carried out; For this purpose, scientific articles published in journals indexed in databases such as Scopus, Scielo, Redalyc, Springer, among others, were reviewed and research was analyzed in which antagonistic agents of pathogens in rice have been used. This review article addresses the need to implement control strategies that minimize environmental impact and promote sustainability and aims to analyze current advances in the evaluation of microorganisms as biocontrol agents of disease-causing pathogens in rice cultivation. Among the main findings, it is mentioned that there are various microorganisms (fungi and bacteria) such as *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis*, *Lysobacter antibioticus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus* spp., among others, that have demonstrated the ability to suppress pathogens that cause rice diseases, due to mechanisms of action such as antibiosis, competition for nutrients, mycoparasitism, induction of systemic resistance in plants. This multiplicity of mechanisms allows the microorganism to be selected as a biological control agent. Likewise, there is a trend to apply integrated approaches to take advantage of microbial diversity, improving plant health and reducing dependence on agrochemicals.

**Keywords:** mechanisms of action, antagonism, biological control.

Recibido: 11-03-2024

Aceptado: 04-06-2024

Publicado: 04-06-2024

Autor de correspondencia: Vanessa Elizabeth Pino Meléndez

Correo electrónico: [vpino@utb.edu.ec](mailto:vpino@utb.edu.ec)

## Introducción

El arroz es uno de los cultivos más importantes pues constituye un alimento básico para la población mundial. La producción y disponibilidad de esta gramínea es fundamental para la seguridad alimentaria y económica mundial, siendo el tercer cereal de mayor importancia en el mundo (Gutaker et al., 2020).

Ecuador se ubica en el puesto 26 de los países productores de arroz. En el año 2019, la superficie sembrada con arroz fue de 261.770 has, siendo la provincia del Guayas la que presentó un mayor porcentaje con 71,82 %, seguido por la provincia de Los Ríos con una producción de 25,68 % (INEC, 2020).

La presencia de patógenos puede generar pérdidas significativas; por lo que, la búsqueda de alternativas sostenibles y eficaces se han intensificado, con un enfoque creciente en la utilización de microorganismos de suelo como agentes de biocontrol (Cotes, 2012). Investigaciones realizadas han permitido la identificación de potenciales agentes de biocontrol y a través de pruebas de confrontación in vitro se ha evaluado la capacidad antagonista de estos frente a bacterias y hongos patógenos con resultados prometedores (Pineda-Zambrano y González-García, 2020; Herrera y de Von Chong, 2022).

Existen microorganismos fitopatógenos que pueden afectar al cultivo si no se controlan a tiempo, provocando enfermedades de importancia económica, siendo necesario aplicar medidas preventivas y de erradicación fitosanitaria. Entre las medidas de control se presentan químicas, biológicas, genéticas, culturales y otras, estas primeras aplicadas por su eficacia; sin embargo, causan impactos colaterales en el medio ambiente y salud de las personas, así como incrementos en los costos de producción (Peláez y Vivas, 2017; Pineda-Zambrano et al., 2020).

Cabe mencionar que los productos de síntesis química han tenido efectos negativos en el ambiente y la salud de las personas; por lo que, la utilización de productos biológicos para el control de agentes fitopatógenos contribuye a la sostenibilidad del ambiente (Pérez et al., 2018a).

En las últimas décadas, los estudios realizados utilizando microorganismos como agentes biocontroladores de patógenos que causan enfermedades en el cultivo de arroz ha mostrado un notable crecimiento. En este contexto, se han impulsado investigaciones centradas en la identificación y aplicación de microorganismos beneficiosos del suelo que aseguren un control adecuado de la enfermedad, disminuyendo dosis y minimizando el empleo de los productos químicos; representando esta manipulación de microorganismos beneficiosos un potencial significativo para mejorar la productividad agrícola (Smith et al., 2018). En la presente revisión exhaustiva se examinaron estudios relevantes y avances recientes en la evaluación de microorganismos como agentes biocontroladores de

patógenos que causan enfermedades en el cultivo de arroz. Para ello, se consultaron bases de datos como Scopus, Scielo, Springer, Redalyc, entre otras, y se analizaron artículos científicos de importancia para el objetivo de esta revisión.

### *Microorganismos como biocontroladores*

La diversidad de microorganismos con potencial biocontrolador ha sido ampliamente investigada. En el biocontrol de fitopatógenos se emplea microorganismos (hongos y bacterias) que son aislados del suelo o de la planta. En el mundo existen interacciones continuas entre los patógenos y antagonistas, estos últimos contribuyen a que no se desarrolle la enfermedad en muchos de los casos (Tuñón, 2018).

Entre los microorganismos antagonistas del suelo que han sido empleados como biocontroladores se describen los hongos del género *Trichoderma*, que están presentes en casi todo tipo de suelos. Las especies de *Trichoderma* son versátiles, adaptables y de fácil manipulación, lo que permite utilizarlas como alternativas de manejo de enfermedades en diferentes cultivos. El género *Bacillus* es muy útil como control biológico, ya sea aplicado al suelo o utilizado durante el transplante y es capaz de suprimir patógenos en suelo y en raíz, pudiendo aplicarse directamente a la semilla para protegerla de patógenos del suelo como *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Helyer et al., 2014). Las diversas especies del género *Bacillus* han demostrado tener actividad antagonista contra varios microorganismos fitopatógenos de cultivos agrícolas, entre ellos maíz, arroz, frutales y otros (Villareal et al., 2018; Pérez et al. 2021).

En la mayoría de los estudios de biocontrol y para conocer el uso adecuado de estos microorganismos es importante conocer los mecanismos de acción involucrados en el biocontrol, a fin de que exista mayor seguridad en los procesos de aplicación, además de contar con una base para seleccionar cepas nuevas y eficientes (Hernández et al., 2007). La capacidad de supresión de patógenos por parte de microorganismos biocontroladores es atribuida a mecanismos de defensa (Samaniego et al., 2017) como la competencia por espacio y nutrientes, producción de antibióticos y activación de respuestas inmunológicas en las plantas hospedantes (Tuñón, 2018). La multiplicidad de estos mecanismos constituye una característica importante para poderlo seleccionar como un agente de control biológico (Hoyos et al., 2008).

### *Evaluación de efectividad*

A continuación, se resumen varios estudios y ensayos que demuestran la capacidad de los microorganismos para controlar patógenos específicos, como se aprecia en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Estudios y ensayos que demuestran la capacidad de los microorganismos para controlar patógenos específicos.

Tipo de estudio	Organismos involucrados	País	Resultados	Fuente
<b>Ensayos in vitro:</b> inhibición de patógenos causantes del Tizón tardío de la patata.	<i>Trichoderma</i> vs. <i>Pseudomonas</i>	Etiopía	Especies del género <i>Trichoderma</i> vs <i>Pseudomonas</i> constituyen una alternativa en el control del tizón tardío de la papa.	Zegeye et al. (2011).
<b>Ensayos in vitro:</b> control biológico de enfermedades en tomate, cebolla y pimentón.	<i>Trichoderma viride</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Bacillus subtilis</i> vs. tres fitopatógenos ( <i>Phytophthora spp</i> , <i>Fusarium monilifore</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ).	Venezuela	<i>Trichoderma</i> , <i>Bacillus</i> y <i>Pseudomonas</i> inhibieron el crecimiento de <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> y <i>Phytophthora</i> en tomate, pimentón y cebolla.	Izzeddin y Medina (2011).
<b>Ensayos in vitro:</b> <i>Trichoderma</i> sp. y <i>Pseudomonas marginalis</i> contra tres patógenos del ajo: <i>Sclerotium cepivorum</i> , <i>Penicillium</i> sp. y <i>Pseudomonas marginalis</i> .	<i>Trichoderma</i> sp. y <i>Pseudomonas marginalis</i> vs. <i>Sclerotium cepivorum</i> , <i>Penicillium</i> sp. y <i>Pseudomonas marginalis</i> .	Costa Rica	<i>Trichoderma</i> presentó un potencial muy alto frente a <i>S. cepivorum</i> y <i>Penicillium</i> sp., lo que evidencia que es buen controlador. <i>B. subtilis</i> mostró un potencial con valores bajos por lo que se indica que es mal controlador.	Astorga et al. (2014).
<b>Ensayos in vitro:</b> identificación de microorganismos antagonistas del hongo <i>Fusarium</i> sp. en órganos de <i>Heliconia</i> spp.	<i>Trichoderma</i> sp. (morfoespecie 1 y 2), <i>Aspergillus</i> sp. (morfoespecie 1 y 2), <i>Nigospora</i> sp. (morfoespecie 1 y 2), <i>Papulosporia</i> , <i>Alternaria</i> sp. y <i>Drechesiera</i> sp. vs. <i>Fusarium</i> sp.	Colombia	<i>Trichoderma</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Nigospora</i> sp., <i>Papulosporia</i> , <i>Alternaria</i> sp., generaron actividad inhibitoria sobre <i>Fusarium</i> sp. y actividad antagónica de <i>Alternaria</i> sp., <i>Nigospora</i> sp., <i>Papulosporia</i> y <i>Trichoderma</i> sp., frente a <i>Fusarium</i> sp.	Arenas et al. (2013).
<b>Ensayos in vitro:</b> efecto potencial de microorganismos.	<i>Bacillus</i> spp., <i>Pseudomonas fluorescens</i> y <i>Bulkholderia cepacia</i> sobre el desarrollo de <i>Rhizoctonia solani</i> y <i>P. infestans</i> y <i>Sclerotina</i> sp.	Perú	<i>Bacillus</i> spp., <i>Pseudomonas fluorescens</i> y <i>Bulkholderia cepacia</i> inhiben el desarrollo de <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>P. infestans</i> y <i>Sclerotina</i> sp. <i>Bacillus</i> sp. y <i>Bulkholderia cepacia</i> -72, presentaron una mayor actividad contra <i>Rhizoctonia solani</i> y una mediana actividad antagónica sobre <i>Phytophthora infestans</i> .	Paucarima et al. (2014).
<b>Ensayos en planta:</b> control de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> utilizando <i>Trichoderma</i> .	<i>T. harzianum</i> vs. <i>Mycosphaerella fijiensis</i> .	Ecuador	Eficiencia del 80 % ante <i>Mycosphaerella fijiensis</i> , al aplicar cepas de <i>T. harzianum</i> Rifai en parcelas de <i>Musa</i> spp.	Castro et al. (2015).
<b>Ensayos in vitro:</b> capacidad antagonista <i>in vitro</i> del hongo <i>Gliocladium</i> sp., en suelos cultivados con cebolla, sobre <i>Sclerotium cepivorum</i> .	<i>Gliocladium</i> sp. vs. <i>Sclerotium cepivorum</i>	Costa Rica	La cepa <i>Gliocladium</i> sp. es capaz de inhibir el crecimiento y desarrollo de <i>Sclerotium cepivorum</i> .	Castillo et al. (2016).
<b>Ensayos en planta:</b> control de patógenos con microorganismos benéficos en la papa.	<i>Trichoderma</i> spp., <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y <i>Bacillus subtilis</i> vs. <i>Helminthosporium solani</i> Dur. & Mont	Bolivia	<i>Trichoderma</i> redujo el efecto de <i>H. solani</i> en mayor magnitud.	Mamani et al. (2016).
<b>Ensayos en planta:</b> evaluaciones de campo.	<i>T. harzianum</i> para control de <i>Eryshiphe necator</i> en viñedos	India	<i>Trichoderma</i> redujo la enfermedad del mildiú en 43 % en comparación con el control no tratado.	Sawant et al., (2017).
<b>Ensayos in vitro:</b> aislamiento, identificación y evaluación de hongos aislados de la rizósfera de cultivo de papa.	Hongos aislados de la rizósfera del cultivo de papa vs <i>Rhizoctonia solani</i> .	Colombia	Se obtuvo que la cepa de <i>Rhizopus</i> sp. (TN8) presentó la mejor capacidad antagónica frente a <i>R. solani</i> .	Campuza no et al. (2017).
<b>Ensayos en planta:</b> efecto de la cepa T39 de <i>T. harzianum</i> en condiciones comerciales de invernadero en pepino.	<i>T. harzianum</i> para el control del moho gris ( <i>Botrytis cinérea</i> ) en pepino, <i>seudoperonospora cubensis</i> y <i>Spaerotheca fusca</i> .	Colombia	El porcentaje de control de <i>T. harzianum</i> fue de 35 a 78 % en condiciones comerciales de invernadero.	Cotes y Elad, (2018).
<b>Ensayos in vitro y ensayos en planta:</b> cepas de hongos filamentosos como biocontrol del moho gris ( <i>Botrytis cinérea</i> ) en fresa.	<i>T. harzianum</i> vs <i>Botrytis cinérea</i>	Ecuador	<i>Trichoderma harzianum</i> causó inhibición de hasta 72,67 % sobre <i>Botrytis cinérea</i> .	Matute (2019).
<b>Ensayos in vitro:</b> pruebas de antagonismo <i>in vitro</i> .	Microorganismos como controladores biológicos vs. hongos del género <i>Fusarium</i> sp. y <i>Cladosporium</i> sp.	Colombia	Los microorganismos antagónicos más eficientes fueron <i>Trichosporon porosum</i> (levadura basidiomiceta anamórfica); <i>Fusarium incarnatum</i> . La bacteria <i>Serratia marcescens</i> presentó capacidad biocontroladora proveniente de suelo.	Ariza y Salazar (2020).
<b>Ensayo in vitro:</b> inhibición antagónica <i>in vitro</i> de <i>Trichoderma</i> sp. y <i>Pseudomona</i> sp. sobre el desarrollo de <i>P. infestans</i>	<i>Trichoderma</i> sp. y <i>Pseudomona</i> sp. aislados de la rizósfera vs. <i>P. infestans</i> .	México.	El tratamiento combinado <i>Pseudomona-Trichoderma</i> disminuyó el crecimiento en mayor proporción (80 a 92 %) que cualquiera de los antagonistas evaluados de manera independiente.	Harris et al. (2020).
<b>Ensayo in vitro:</b> potencial antagonista de <i>Trichoderma</i> sp. y hongos endófitos de mora ( <i>Rubus glaucus</i> Benth) para el control de <i>Botrytis cinérea</i> .	<i>Clonostachys</i> sp. <i>Alternaria</i> sp. <i>Trichoderma asperellum</i> y <i>Trichoderma</i> sp. vs. <i>B. cinérea</i> .	Ecuador.	<i>T. asperellum</i> y <i>Trichoderma</i> sp. inhibieron el crecimiento de <i>B. cinérea</i> en un 75 % y 73,7 % respectivamente. Las esporas del aislado de <i>Clonostachys</i> sp. parasitaron los esclerocios de <i>B. cinérea</i> .	Pincay et al. (2021).

Fuente: Autores

### *Interacciones microorganismo-planta*

Las interacciones entre microorganismos desempeñan un papel crucial en la salud de las plantas de arroz, cierto tipo de bacterias y hongos que actúan como biocontroladores suprimen el crecimiento de patógenos que causan enfermedades en el cultivo de arroz.

Estudios como el de Mendes et al. (2011) y Bulgarelli et al. (2013) demuestran que la resistencia de las plantas a patógenos se mejora gracias a la presencia de microorganismos benéficos en el suelo, al permitir interacciones complejas entre microorganismos beneficiosos y patógenos.

En el caso específico del arroz, estudios como el de Lakshmanan et al. (2014) destacan la importancia de las bacterias endófitas en la promoción del crecimiento de las plantas y resistencia contra patógenos. Así también, trabajos como el de Piotti et al. (2021) han explorado la diversidad de comunidades microbianas en suelo de arrozales y su impacto en la resistencia de las plantas.

Estudios como el de Conrath et al. (2006), destacan la capacidad de algunas bacterias promotoras del crecimiento de las plantas para desencadenar respuestas sistémicas de defensa, fortaleciendo la inmunidad de las plantas de arroz frente a ataques patógenos.

La implementación de microorganismos como biocontroladores enfrenta diversos desafíos, entre los que se mencionan la variabilidad ambiental, competencia con otros microorganismos, necesidad de comprender mejor las interacciones microbianas y optimización de las condiciones de aplicación (Berg et al., 2020). Esto sumado a la falta de estandarización en las metodologías de evaluación y la necesidad de implementar investigaciones a largo plazo que permitan comprender completamente el impacto en los ecosistemas agrícolas constituyen desafíos significativos (Latz et al., 2019).

Otro desafío importante se encuentra en la optimización de la producción y formulación de los biocontroladores, se busca que las formulaciones mejoren la estabilidad del producto con el fin de que este tenga una duración superior a un año y que se mantenga su eficacia cuando se aplique en campo, en diversos cultivos, contra plagas diversas y en distintas condiciones climáticas (Díaz-García et al., 2018). Técnicas avanzadas como la metagenómica y la edición génica, ofrecen oportunidades para mejorar la eficacia y especificidad de los controladores biológicos, aunque con desafíos éticos y regulatorios asociados (González, 2018).

Se debe tener en cuenta que la educación y concientización de los agricultores sobre la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas que incluyen microorganismos biocontroladores son esenciales para la adopción exitosa. La promoción de sistemas agrícolas sostenibles que integren estas estrategias podría depender de incentivos

gubernamentales y políticas agrícolas que fomenten la transición hacia enfoques más ecológicos.

El evaluar el impacto ambiental a largo plazo y la salud del suelo debido al uso de microorganismos biocontroladores es un componente crucial; por lo que, se deben conocer las implicaciones ecológicas y los cambios en la diversidad microbiana del suelo y sus efectos sobre los microorganismos no objetivos.

### *Aplicaciones prácticas*

El uso de microorganismos como agentes de biocontrol en el cultivo de arroz tiene implicaciones importantes para la agricultura sostenible. A continuación, como se aprecia en la tabla 2, se detallan algunos casos en donde se han utilizado con éxito microorganismos como biocontroladores de patógenos en arroz.

### *Perspectivas futuras*

La investigación futura sobre biocontroladores en el cultivo de arroz se centra en la aplicación de técnicas avanzadas como la secuenciación genética de comunidades microbianas en el suelo (Li et al., 2021). Estas perspectivas futuras enfatizan la importancia de desarrollar estrategias efectivas de biocontrol en el cultivo de arroz, integrando genómica, ecología microbiana y prácticas agronómicas sostenibles.

Las oportunidades para mejorar la eficacia y sostenibilidad de la estrategia de microorganismos como biocontroladores son evidentes; sin embargo, se necesita la combinación de investigaciones avanzadas, tecnologías innovadoras y consideraciones prácticas para llevar con éxito esta implementación, tal como lo indica Mendes et al. (2015) quien menciona que la rotación de cultivos, la gestión integrada de plagas y la mejora de la salud del suelo son aspectos claves que pueden potenciar los efectos positivos de los microorganismos biocontroladores.

La aceptación y adopción de estas prácticas por parte de los agricultores permiten el éxito a largo plazo. La inclusión de incentivos económicos y programas de apoyo es crucial para motivar a los agricultores a la adopción de estos enfoques basados en microorganismos biocontroladores.

Esto coincide con lo señalado por Jones y Johnson (2020), quienes resaltan la importancia de utilizar tecnologías emergentes, como la secuenciación de próxima generación, lo que permitirá diseñar estrategias de biocontrol específicas y personalizadas, maximizando así la eficacia del tratamiento y también concuerda con lo manifestado por Gómez-Acosta et al. (2019), quienes mencionan que aspectos como la estabilidad de los microorganismos en condiciones de campo y la regulación de productos biológicos son cuestiones críticas que requieren atención.

**Tabla 2.** Aplicaciones prácticas y casos de estudio en los que se han utilizado con éxito microorganismos como biocontroladores de patógenos causantes de enfermedades en el cultivo de arroz.

Estudio realizado	Organismos involucrados	País	Resultados exitosos y no exitosos	Autor
<b>Ensayos <i>in vitro</i>:</b> aislamiento y caracterización de cepas de <i>Bacillus</i> asociadas al cultivo de arroz para determinar el efecto antagónico.	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. cereus</i> y <i>Bacillus</i> spp.	Cuba	Aislamiento y caracterización de 13 aislados para la determinación de antagonismo frente a los hongos fitopatógenos de arroz: <i>Alternaria solani</i> , <i>Pyricularia grisea</i> , <i>Fusarium</i> sp. y <i>Curvularia</i> sp.	Badía <i>et al.</i> (2011).
<b>Ensayos <i>in vitro</i>:</b> antagonismo <i>in vitro</i> de cepas de <i>Trichoderma</i> spp. frente a <i>Sarocladium oryzae</i> .	<i>Trichoderma</i> spp. vs <i>Sarocladium oryzae</i> .	Cuba	Se evaluaron 27 aislamientos de <i>Trichoderma</i> spp. frente a dos de <i>Sarocladium oryzae</i> . Algunos aislados tuvieron marcado efecto antibiótico y otros antagónico.	Martínez <i>et al.</i> (2014).
<b>Ensayos <i>in vitro</i>:</b> control biológico del falso carbón en arroz <i>Ustilagoideae virens</i> utilizando especies de <i>Trichoderma</i> .	<i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichoderma virens</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , <i>Trichoderma reesei</i> vs. <i>Ustilagoideae virens</i> .	India	Los aislados de <i>Trichoderma</i> mostraron actividad antagonista, siendo <i>T. viride</i> el que demostró el máximo efecto antagonista contra <i>U. virens</i> .	Kannahi <i>et al.</i> (2016).
<b>Ensayos <i>in vitro</i> y ensayos en planta:</b> aislamiento de bacterias asociadas al cultivo de arroz.	29 bacterias asociadas al cultivo del arroz vs. <i>Rhizoctonia solani</i> y <i>Burkholderia glumae</i> .		Las bacterias del género <i>Bacillus</i> lograron la inhibición de los patógenos a nivel <i>in vitro</i> y a nivel de campo.	Shrestha <i>et al.</i> (2016).
<b>Bioensayos de laboratorio:</b> eficiencia en el control <i>in vitro</i> de <i>Burkholderia glumae</i> .	Bacterias del género <i>Bacillus</i> y bacteria <i>Burkholderia glumae</i>	Perú	Nueve cepas bacterianas del género <i>Bacillus</i> y una del género <i>Enterobacter</i> presentaron fuerte inhibición en el control de <i>B. glumae</i> .	Deza (2016).
<b>Bioensayos de laboratorio:</b> eficiencia de <i>Trichoderma harzianum</i> (Cepa A-34) y sus filtrados en el control de tres enfermedades fúngicas foliares en arroz.	<i>T. harzianum</i> (Cepa A-34) sobre enfermedades fúngicas foliares en arroz: mancha parda ( <i>Bipolaris oryzae</i> ), pudrición de la vaina ( <i>Sarocladium oryzae</i> ) y tizón del arroz ( <i>Pyricularia grisea</i> ).	Cuba	<i>T. harzianum</i> alcanzó un control por encima del 80 % de eficiencia, resultados prometedores para un hongo antagonista.	Pérez <i>et al.</i> (2018b)
<b>Ensayos <i>in vitro</i>:</b> evaluación <i>in vitro</i> del potencial antagónico de aislamientos microbianos ante las cepas de los fitopatógenos <i>Burkholderia glumae</i> y <i>Pyricularia oryzae</i> .	Aislamientos microbianos ante las cepas de los fitopatógenos <i>Burkholderia glumae</i> y <i>Pyricularia oryzae</i> .	Panamá	Diferentes cepas de <i>Bacillus</i> spp y <i>Lactobacillus plantarum</i> mostraron efecto inhibitorio y 20 cepas se identificaron como antagonistas de <i>Pyricularia oryzae</i> , agrupados cinco en el género <i>Aspergillus</i> , cinco a <i>Penicillium</i> spp y seis cepas al género <i>Trichoderma</i> spp.	Tuñón (2018)
<b>Ensayos <i>in vitro</i>:</b> evaluación de la actividad antagónica de microorganismos específicos contra patógenos en condiciones controladas.	<i>B. glumae</i> y <i>P. oryzae</i> con microorganismos aislados.	Panamá	Se identificaron diez cepas del género <i>Bacillus</i> , con características antagonistas. Se obtuvieron cinco hongos antagonistas contra <i>P. oryzae</i> : <i>Aspergillus</i> sp., <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> y <i>Trichoderma</i> sp.	De Von Chong <i>et al.</i> (2023).

Fuente: Autores

## Conclusiones

Con base en el análisis realizado, se concluye lo siguiente:

- El control biológico constituye una alternativa eficaz para el manejo de enfermedades en las plantas; sin embargo, son más difíciles de manejar y aplicar que los productos sintéticos, especialmente cuando se requiere que trabajen conjuntamente con otros factores.
- El potencial de estos microorganismos biocontroladores, para promover el crecimiento y salud de las plantas y reducir el uso de productos químicos nocivos, es un paso importante hacia la agricultura sostenible.
- La evaluación de microorganismos como biocontroladores de patógenos en el cultivo de arroz, ha mostrado resultados prometedores en estudios recientes.
- Al realizar mayor investigación y desarrollo en este ámbito, se podrá contar con métodos más efectivos y eficientes para uso de microorganismos en el cultivo de arroz, beneficiando al medio ambiente y los agricultores.
- Las cepas fúngicas de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. y *Fusarium* sp., y las cepas bacterianas *Lactobacillus plantarum*, *Brevibacillus hortelensis*, *Aeromonas* sp. y *Paenibacillus lentimorbustum* han demostrado capacidad antagonista o inhibitoria ante microorganismos patógenos.
- El uso de estas prácticas sostenibles permitirá contar con un banco de germoplasma de microorganismos con propiedades antagónicas, lo que permitirá diseñar tecnologías propias de producción de bioantagonistas adecuados, adaptados a nuestros ecosistemas naturales.

## Referencias

Arenas, Y., Torres, C., y Diaz, J. (2013). Identificación de microorganismos antagonistas del hongo *Fusarium* sp. en órganos de *Heliconia* spp. *Ingeniería de Recursos Naturales y Del Ambiente*, (12), 69–78. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231130851007>.

Ariza, P., y Salazar, P. (2020). Evaluación y posible control biológico de los patógenos causantes de las enfermedades “Secadera” y “Roña” en cultivos de *Passiflora edulis* en una finca de Pacho, Cundinamarca. <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/handle/unicolmayor/149>.

Astorga-Quirós, K., Meneses-Montero, K., Zuñiga-Vega, C., Brenes-Madriz, J., y Rivera-Méndez, W. (2014). Evaluación del antagonismo de *Trichoderma* sp. y *Bacillus subtilis* contra tres patógenos del ajo. *Tecnología en Marcha*, 27(2):82-91. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/1929](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1929).

Badía, M., Hernández, B., Murrel, J., Mahillon, J., y Pérez, M. (2011). Aislamiento y caracterización de cepas de *Bacillus* asociadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6(1), 90-99. [https://orgprints.org/id/eprint/23097/1/Bad%C3%ADa\\_Aislamiento.pdf](https://orgprints.org/id/eprint/23097/1/Bad%C3%ADa_Aislamiento.pdf).

Berg, G., Grube, M., Schloter, M., & Smalla, K. (2020). Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 11, 1489. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2014.00148/full>.

Bulgarelli, D., Schlaeppi, K., Spaepen, S., Ver Loren van Themaat, E., & Schulze-Lefert, P. (2013). Structure and functions of the bacterial microbiota of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 807–838. <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-arplant-050312-120106>.

Campuzano, S.E., Urquijo, L. y Valderrama, J. (2017). Evaluación de la actividad celulolítica y quitinolítica de hongos filamentosos aislados de rizósfera de cultivos de papa para control de *Rhizoctonia solani*. *NOVA*, 15(28): 45-55. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/2078>.

Castillo, Humberto., Rojas, Randall., y Villalta, Manuel. (2016). Actividad antagonista de *Gliocladium* sp. contra *Sclerotium cepivorum*. *Revista Tecnología en Marcha*, 29 (Supl. 3): 57-64. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i7.2706>.

Castro, M. del P. (2015). Bioproducto a base de una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* Rifai para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en bananeras orgánicas. [Tesis doctoral. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Villa Clara, Cuba]. <https://dspace.uclv.edu.cu/items/5741c861-136e-492b-bd54-d4f3d420f149>.

Conrath U., Beckers G. J., Flors V., García-Agustín, P., Jakab, G., Mauch, F., Newman, M.A., Pieterse, C.M., Poinssot, B., Pozo, M.J., Pugin, A., Schaffrath, U., Ton, J., Wendehenne, D., Zimmerli, L., Mauch-Mani, B. (2006). Priming: getting ready for battle. *Mol Plant Microbe Interact.* 19(10):1062-71. Doi: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/MPMI-19-1062>.

Cotes, A.M. (2012). Control biológico de enfermedades de plantas en Colombia. En A. Wagner Bettiol, Marta C. Rivera, Pedro Mondino, Jaime R. Montealegre A., Yelitza C. Colmenárez. (2da. Eds.), Control Biológico de Enfermedades de Plantas en América Latina y el Caribe (169-180pp). [https://www.researchgate.net/publication/272086423\\_Control\\_Biologico\\_de\\_Enfermedades\\_de\\_Plantas\\_en\\_America\\_Latina\\_y\\_el\\_Caribe](https://www.researchgate.net/publication/272086423_Control_Biologico_de_Enfermedades_de_Plantas_en_America_Latina_y_el_Caribe).

Cotes, A., y Elad, Y. (2018). El control biológico en un contexto de manejo integrado de enfermedades. En Agrosavia. Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. (786-921). <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/23/14/304-1?inline=1>.

Deza, C., (2016). Caracterización molecular de bacterias asociadas a la filósfera, rizósfera y semillas de arroz y

- su eficiencia en el control de *Burkholderia glumae*. Universidad Nacional de Tumbes [Tesis doctoral]. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20500.12874/2026/TESIS%20DOCTORAL%20-%20DEZA%20NAVARRETE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- De Von Chong, M., Herrera, R., y Tuñón, J. (2023). Caracterización de hongos rizosféricos contra *Pyricularia oryzae* en arroz en la República de Panamá. *Revista científica Guacamaya*. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/212/2123988007/>.
- Díaz-García, A., Gómez-Álvarez, M. I., Grijalba-Bernal, E. P., Santos-Díaz, A. M., Cruz Barrera, F. M., León-Moreno, D. M., Alarcón-Torres, E. A., Cotes, A. M. (2018). Desarrollo y escalamiento de bioplaguicidas. En Agrosavia. Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. (630-691). <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/23/14/304-1?inline=1>.
- Gómez-Acosta, F.A., et al. (2019). Challenges and opportunities for the sustainable use of bioproducts in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1586.
- González, R. (2018). *Entre el Ser o no Ser OGMs: Edición genómica mediante CRISPR-Cas9 Regulación y mejoramiento genético en plantas, la redefinición del concepto de organismo genéticamente modificado*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana]. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/6434?locale-attribute=en>.
- Gutaker, R. M., Groen, S. C., Bellis, E. S., Choi, J. Y., Pires, I. S., Bocinsky, R. K., Slayton, E. R., Wilkins, O., Castillo, C. C., Negrão, S., Oliveira, M. M., Fuller, D. Q., d'Alpoim, J. A., Lasky, J. R. and Purugganan, M. D. (2020). Genomic history and ecology of the geographic spread of rice. *Nature plants*, 6, 492-502. <https://www.nature.com/articles/s41477-020-0659-6>.
- Harris-Valle, C., Bonilla-Pioquinto, E., y Palafox-Rodríguez, M. (2020). Antagonismo de microorganismos nativos sobre *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary aislada de *Solanum tuberosum* L. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 9(17), 23 - 43. <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/96>.
- Helyer, N., Cattlin, N., & Brown, K. (2014). *Biological Control in plant protection*. Second edition. CRC press. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/b16042/biological-control-plant-protection-neil-helyer-kevin-brown-nigel-cattlin>.
- Hernández-Lauzardo, A. N., Bautista-Baños, S., Velázquez-del Valle, M. G., y Hernández-Rodríguez, A. (2007). Uso de microorganismos antagonistas en el control de enfermedades postcosecha en frutos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 25(1):66-74. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092007000100009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092007000100009&lng=es&tlng=es)
- Herrera, R., y de Von Chong, M. (2022). Aislamiento y caracterización de bacterias con potencial antagonico para el control biológico de *Burkholderia glumae*, en la filósfera del cultivo de arroz en la República de Panamá. *Visión Antataura*, 6(2), 28-44. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/3383>.
- Hoyos, L., Chaparro P., Abramsky M., Chet I., Orduz, S., (2008). Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones in vitro y de invernadero. *Agron. Col*, 26:451-458. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314731010.pdf>.
- INEC (Instituto Nacional de Encuestas y Censos). (2020). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC*. Vol., 5.1. 18p. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac2019/Presencion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2019/Presencion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf).
- Izzeddin, A. N., y Medina, T. L. (2011). Efecto del control biológico por antagonistas sobre fitopatógenos en vegetales de consumo humano. *Salus*, 15(3), 8-12. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-71382011000300005&lng=es&tlng=es](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-71382011000300005&lng=es&tlng=es).
- Ji, Guang-Hai., Wei, Lan-Fang., He, Yue-Qiu., Wu, Ya-Peng & Bai, Xue-Hui. (2008). Biological control of rice bacterial blight by *Lysobacter antibioticus* strain 13-1. *Biological Control – Biol Control* 45, 288-296. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964408000066>.
- Kannahi, M., Dhivya, S. y Senthilkumar, R. (2016). Biological control on rice false smut disease using *Trichoderma* species. *Int. J. Pure App. Biosci*, 4(2): 311-316 <http://www.ijpab.com/vol4-iss2a36.php>.
- Lakshmanan, V., Selvaraj, G., Bais, H. P., & Sudhakar, D. (2014). Association of community structure of root-associated bacteria with plant growth in field-grown rice plants. *Applied Soil Ecology*, 84, 18-21.
- Latz, M. A. C., Jensen, B., Collinge, D. B., & Jørgensen, H. J. L. (2019). Endophytic fungi as biocontrol agents: elucidating mechanisms in disease suppression. *Plant Ecology & Diversity*, 12(4), 373-383. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17550874.2018.1534146>.
- Li, Y., Wang, Y., Zhou, J., et al. (2021). High-throughput metagenomic analysis of the soil microbial community structure and function in *Sinocalamus affinis* forest. *Frontiers in Microbiology*, 12, 610418.
- Mamani-Rojas, P., Limachi-Villalba, J. y Ortuño-Castro, N. (2016). Uso de microorganismos nativos como promotores de crecimiento y supresores de patógenos en el cultivo de la papa en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa*.

- <http://ojs.papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/189/192>.
- Matute, P. (2019). *Control biológico del moho gris (Botrytis cinerea) en cultivos de fresa (Fragaria vesca L.) mediante hongos filamentosos antagonistas*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18147>.
- Martínez, Benedicto., Obret, Yalainne., Pérez, Simón., y Reyes, Yusimy. (2014). Antagonismo in vitro de cepas de *Trichoderma* spp. frente a *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth. *Revista de Protección Vegetal*, 29(2), 106-111. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522014000200005&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522014000200005&lng=es&tlng=es).
- Mendes, R., Kruijt, M., de Bruijn, I., Dekkers, E., van der Voort, M., Schneider, J. H. M., Piceno, Y. M., DeSantis, T. Z., Andersen, G. L., Bakker, P. A. H. M., y Raaijmakers, J. M. (2011). Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. *Science*, 332(6033): 1097-1100. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1203980>.
- Mendes, L.W., Tsai, S.M., Navarrete, A.A., de Hollander, M., van Veen, J.A. y Kuramae, E.E. (2015). Soil-borne microbiome: linking diversity to function. *Microbial Ecology*, 70(1): 255-265. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25586384/>.
- Paucarima, A. F., Egúsqiza, R. M. Patiño, A., Sánchez, T. L., Alcarraz, M., Claudio, J., Trigoso, C. y Evangelio, A. (2014). Selección evaluación de microorganismos nativos con potencial antagonista de *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora infestans* promotores del crecimiento de tubérculos de papa *Solanum tuberosum* L. in vitro. *Theorema*, 1(1): 27-36.
- Peláez, M. J., y Vivas, S. X. (2017). Resistencia inducida a la enfermedad del añublo de la panícula del arroz inoculando bacterias endofíticas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 51-59. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2030>.
- Pérez-Iglesias, H. I., Rodríguez- Delgado, I., y García-Batista, R.M. (2018a). Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1): 16-27. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/160>.
- Pérez, K. A. , Castellano González, L., & Escalante, J. C. (2021). *Bacillus subtilis* Cohn como biocontrolador de enfermedades radiculares en los cultivos de especies de Solanaceae: *Bacillus subtilis* Cohn as a biocontroller of root diseases in crops of Solanaceae species. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 35-44. <https://doi.org/10.24054/cyta.v6i1.1081>
- Pérez-Torres, E., Bernal-Cabrera, A., Milanés-Virelles, P., Sierra-Reyes, Y., Leiva-Mora, M., Marín-Guerra, S., y Monteagudo-Hernández, O. (2018b). Efficiency of *Trichoderma harzianum* (strain A-34) and its culture filtrates on control of three rice fungal aerial diseases. *Bioagro*, 30(1), 17-26. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2707/1690>.
- Pincay, A., Noboa, M., Viera, W., Herrera, K., León, A., & Jackson, T. (2021). Evaluación in vitro del potencial antagonista de *Trichoderma* sp. y hongos endófitos de mora (*Rubus glaucus* Benth) para el control de *Botrytis cinerea*. *Journal of Science and Research*, 6(1), 109-124. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/895>
- Pineda-Zambrano, M. C. , & González-García , H. (2020). Sensibilidad de una cepa nativa *Trichoderma harzianum* Rifai a dos fungicidas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5(2), 95-100. <https://doi.org/10.24054/cyta.v5i2.988>
- Pineda-Zambrano, M. C., Pineda, D., Labarca, J. L., & González-García, H. (2020). Caracterización y comportamiento biológico de una cepa nativa de *Trichoderma harzianum* Rifai del Sur del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5(1), 9-15. <https://doi.org/10.24054/cyta.v5i1.788>
- Piotti, G., Montecchio, D., Pucci, C., Cesco, S., Mimmo, T., Tomasi, N. (2021). Microbiome profiling reveals the influence of soil *Rhizobacteria* in rice in different geographical areas. *Agronomy*, 11(1), 59.
- Samaniego-Gámez, Blancka Y., Reyes-Ramírez, Arturo, Moreno-Valenzuela, Oscar A., y Tun-Suárez, José M. (2017). Resistencia sistémica inducida contra virus fitopatógenos mediada por la inoculación con la rizobacteria *Bacillus* spp. *Revista de Protección Vegetal*, 32(1):10-22. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522017000100002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522017000100002&lng=es&tlng=es).
- Sawant, I. S., Wadkar, P. N., Ghule, S. B., Rajguru, Y. R., Salunkhe, V. P., & Sawant, S. D. (2017). Enhanced biological control of powdery mildew in vineyards by integrating a strain of *Trichoderma afroharzianum* with sulphur. *Biological Control*, 114, 133-143. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964417301743>.
- Shrestha, B. K., Karki, H. S., Groth, D. E., Jungkhun, N., Ham, J. H. (2016). Biological control activities of rice-associated *Bacillus* sp. Strains against Sheath Blight and Bacterial Panicle Blight of Rice. *PLoS ONE*, 11(1): 0146764. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0146764>.
- Smith, J. (2018). Evaluating soil microorganisms for biocontrol of soilborne pathogens. *Journal of Applied Microbiology*, 123(3): 567-578.
- Tuñón, J. (2018). *Prospección y caracterización de microorganismos rizosféricos contra patógenos de cultivares de arroz en la República de Panamá*. [Tesis

- de maestría, Universidad de Panamá]. <http://up-rid.up.ac.pa/1576/>.
- Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D.; Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I.; Parra-Cota, F. I., & Santos-Villalobos, S.D.L. (2018). The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in the agricultural biosecurity. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1): 95-130. <https://www.redalyc.org/journal/612/61258143006/61258143006.pdf>.
- Zegeye, E. D., Santhanam, A., Gorfú, D., Tessera, M., y Kassa, B. (2011). Biocontrol activity of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* against *Phytophthora infestans* under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Technology*, 7(6): 1589-1602. [http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v7\\_n6\\_11\\_November/12\\_IJAT\\_2011\\_7\\_6\\_Ephrem\\_Debebe\\_Zegeye-22%20Nov%202011.pdf](http://www.ijat-aatsea.com/pdf/v7_n6_11_November/12_IJAT_2011_7_6_Ephrem_Debebe_Zegeye-22%20Nov%202011.pdf).

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

