



EMPLEO DE *Trichoderma* spp. PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES Y PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LECHUGA

Trichoderma spp. EMPLOYMENT FOR DISEASES CONTROL AND CLEANER PRODUCTION OF LETTUCE

ROZO GARCÍA, O.¹; CASTELLANOS GONZÁLEZ, L.².

¹*Carmen Omaira Rozo García*

Microbióloga. Especialista en Transformación de Residuos Agroindustriales. Estudiante de Maestría en Extensión y Desarrollo Rural. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander. e-mail: madiva0925@gmail.com

² *PhD. Leónides Castellanos González*

Docente Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander. e-mail: lccastell@gmail.com

Resumen

La lechuga, es una de las plantas más consumidas y cultivadas a nivel mundial. Posee propiedades nutricionales incomparables en relación a otras hortalizas, sin embargo, en muchas ocasiones, el cambio del clima, el pH del suelo o el método de plantación hace que el cultivo sea muy susceptible a la aparición de enfermedades que atacan y destruyen la planta originando pérdidas económicas en su producción. Actualmente, la mayoría de los agricultores usan agentes de control químico para combatir las enfermedades, pero el riesgo ambiental, económico y social es muy alto; por tanto, este artículo, a partir de una revisión bibliográfica, resume la información científica sobre el empleo de *Trichoderma* spp. como método de control de enfermedades en el cultivo de la lechuga para el logro de producciones más limpias, ya que es una técnica de control biológico amigable con el medio ambiente y ha demostrado ser efectivo y sostenible.

Palabras clave

Trichoderma spp., lechuga, antagonista, enfermedades radicales, producción artesanal, agentes de control biológico.

Abstract

Lettuce is one of the most consumed and cultivated plants worldwide. It has incomparable nutritional properties in relation to other vegetables, however, on many occasions, the change in climate, the pH of the soil or the planting method makes the crop very susceptible to the appearance of diseases that attack and destroy the plant, causing economic losses in its production. Currently, most farmers use chemical control agents to fight disease, but the environmental, economic and social risk is very high; therefore, this article, based on a bibliographic review, summarizes the scientific information on the use of *Trichoderma* spp. as a disease control method in lettuce cultivation to achieve cleaner productions, since it is an environmentally friendly biological control technique and has proven to be effective and sustainable.

Keywords:

Trichoderma spp, lettuce, antagonist, root diseases, artisan production, biological control agents.





1. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), en sus diferentes formas y colores, es una de las hortalizas más comunes y consumidas en todo el mundo, aunque su principal producción se concentra en zonas más templadas y subtropicales. En la actualidad se cultiva al aire libre e invernaderos, en suelo o en forma hidropónica; esta última evita las limitaciones que provocan las condiciones climáticas, luminosas y de suelo. (Saavedra, 2017)

A pesar de esto, en muchas ocasiones las condiciones ambientales, el uso excesivo de fertilizantes, el pH del suelo o el método de plantación de los cultivos pueden favorecer el desarrollo de agentes patógenos que provocan que la planta sea propensa a la adquisición de enfermedades radiculares como la causada por *Sclerotinia* ssp (Parada et al., 2017). En los casos más graves, el daño a los cultivos es tan evidente que ocasiona grandes pérdidas económicas, por lo que los agricultores se ven obligados a recurrir a métodos de control químico, como los plaguicidas y fungicidas con el objetivo de proteger sus cosechas. Sin embargo, el uso excesivo de estos productos puede afectar considerablemente la salud de los consumidores y la economía de los agricultores, dado que los costos de producción son mucho mayores (FAO, 2013).

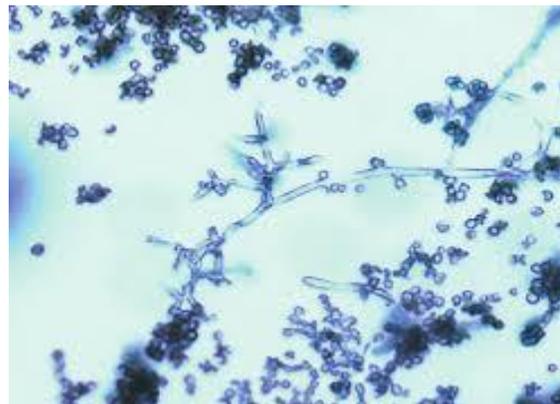
Aunque el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) autoriza varios tipos de fungicidas de acuerdo a sus componentes activos, sugiere que los métodos de control químico deben ser la última opción de aplicación para el control de las enfermedades, en este sentido, sostiene que el control biológico es una acción combinada de los ambientes biótico y abiótico, que mantiene las poblaciones a un

nivel de equilibrio de daño económico (ICA, 2012).

Se conoce que existen diversos bioproductos comerciales producidos en laboratorios sofisticados (ICA, 2020) y hasta métodos para su producción artesanal que son más efectivos y mucho más sanos para las cosechas.

Así, en busca del control de las enfermedades que afectan los cultivos de hortalizas, el ICA propone el uso de algunos hongos antagonistas como el *Bacillus subtilis*, para el control de *Botrytis* sp.; el *Aerobasidium pullulans*, para el control de *Alternaria* sp., y *Trichoderma* spp., para el control de *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Pythium* sp. (ICA, 2012).

Trichoderma spp. es probablemente el hongo más beneficioso y polifacético que existe en los suelos, pues, tiene la capacidad de parasitar, controlar y destruir gran variedad de hongos, nemátodos y otros fitopatógenos que atacan los cultivos, por lo que, es imprescindible para estos (Gonzales del Rio, 2007).



Fuente: Tomado de (Cubillos, Ramírez, & Toledo, 2014)

Este hongo, como agente de control biológico, posee un rápido crecimiento y desarrollo, además de que puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos que favorecen su producción masiva artesanal para uso agrícola. Además, gracias a que su nivel de





tolerancia a las condiciones ambientales extremas y a los ambientes agrodefensivos es significativamente alto, le permite ser un eficiente agente biocontrolador de enfermedades en los cultivos (Chiriboga et al., 2015).

Partiendo de estos antecedentes, el presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión bibliográfica actualizada sobre *Trichoderma* spp. como agente de control biológico de enfermedades, biofertilizante y bioestimulante en el cultivos de lechuga con el fin de poner a disposición de la comunidad científica, los profesionales y agricultores un documento resumido y organizado que ayude a crear una cultura sobre las posibilidades de uso de este y biocontrolador, incluso de las posibilidades que se tiene de lograr la reproducción artesanal a través de innovaciones tecnológicas y se contribuya de esta forma a tener producciones de lechuga más limpias, más saludables para los consumidores y con tecnologías más amigables con el medio ambiente..

2. METODOLOGIA

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de la literatura existente, que permitió extraer los artículos de carácter teórico y empírico realizados durante los años 1995 a 2018 que abordan la temática del uso de *Trichoderma* spp. en cultivos de lechuga y sus resultados como agente biocontrolador. De esta forma, mediante el análisis de la estadística de tipo descriptivo, se logró profundizar en la información recolectada con el objetivo de establecer la utilidad y la eficacia de este microorganismo como agente de control biológico en el tratamiento de enfermedades radiculares en la lechuga. Para esto, fue necesario organizar, comparar y analizar la información obtenida a través de revistas indexadas, artículos institucionales e investigaciones encontradas mediante el buscador "Google

académico" por medio de la combinación de palabras clave como *Trichoderma*, producción de lechuga, enfermedades radiculares y agentes de control biológico.

3. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El cultivo de la lechuga

La lechuga es una planta anual autógena, perteneciente a la familia dicotiledónea más grande del reino vegetal. La mayor densidad de sus raíces laterales pivotantes está cerca de la superficie, lo que le permite mayor absorción de nutrientes y agua (Jackson, 1995).

La lechuga posee mejor adaptabilidad en los climas templados, con temperaturas que varíen entre los 15°C y los 20°C, tanto para su germinación como para su pleno desarrollo. Así mismo, es capaz de adaptarse a diferentes tipos de suelos que cuenten con un pH variable entre 5,0 y 8,0, aunque su nivel óptimo de acidez es de 6,8. Además de esto, es una especie que responde favorablemente al sistema de cultivos hidropónicos, los cuales permiten la obtención de productos de mejor calidad en un periodo de tiempo menor, ya que la planta no está sujeta al estrés que le produce el trasplante o las condiciones ambientales que pueden surgir de la siembra en campo definitivo. Partiendo de esto, la importancia de la lechuga radica en su alto contenido de elementos minerales. Esta hortaliza garantiza un consumo alto en vitaminas y bajo en calorías. Además de esto, posee propiedades calmantes y somníferas, por lo que su demanda en el mercado es considerablemente alta (Valencia, 1995).

Enfermedades causadas por hongos, cromistas y nemátodos en lechuga

La lechuga es una planta muy propensa a adquirir enfermedades causadas por factores ambientales como el clima, la





humedad, las variaciones del pH del suelo o el uso excesivo de fertilizantes. de acuerdo a esto, dentro las enfermedades más conocidas que atacan y destruyen los cultivos de lechuga, se pueden considerar algunas como:

Antracnosis (*Marssonina panattoniana*):

Es una enfermedad que causa lesiones angulosas – circulares de color rojo oscuro, que llegan a medir hasta 4 cm de longitud (Maroto et al., 1999). Además, estudios más recientes señalan que “se desarrolla sobre las hojas más viejas, en el limbo y sobre todo peciolo y nervio central. Suelen aparecer manchas pequeñas, deprimidas, húmedas, amarillentas que progresivamente van aumentando de tamaño y necrosándose finalmente” (Syngenta, 2020).

Manchas por *alternaria* (*Alternaria* sp.):

Alternaria es un hongo que ataca en mayor medida a las plantas débiles nutricionalmente y bajo condiciones muy altas de humedad. Esta enfermedad provoca el surgimiento de manchas oscuras a lo largo de todas las hojas de la lechuga, dañando tanto hojas externas como internas, lo que reduce la calidad y el rendimiento de todo el cultivo (EDA, 2009).

Pudrición por *Botritis* (*Botrytis cinerea*):

Inicialmente, ocasiona la aparición de manchas de aspecto húmedo en las hojas más viejas, más adelante, estas manchas se tornan amarillas y seguidamente cubren de moho gris las hojas, ocasionando la aparición de esporas. Si la humedad relativa aumenta, las plantas quedan cubiertas por un micelio blanco; mientras que, si el ambiente es seco, se produce una putrefacción de color pardo o negro (INIA, 2017).

Cercosporiosis (*Cercospora longissima*):

Esta enfermedad es causada por un hongo que sobrevive en residuos de cosecha y se transmite por semilla. A su vez, se origina en zonas tropicales que cuentan con climas con temperaturas y humedad relativamente altas. La cercosporiosis se presenta como pequeñas lesiones acuosas en las hojas basales, que con el tiempo se necrosan y adquieren un color marrón-grisáceo. Si el ataque de la enfermedad es muy grave, puede afectar y necrosar también la lámina foliar (Pariona et al., 2001).

Clorosamiento por *Mildiu velloso* (*Bremia lactucae*):

Este es un cromista parásito, favorecido por las condiciones climáticas, derivadas de una humedad relativa cercana al 100%, a su vez, es una de las enfermedades que más atacan los cultivos de lechuga. El mildiu recubre con un fieltro blanco los cotiledones (plantas jóvenes) y las hojas de la corona (plantas adultas), seguidamente, invade los tejidos foliares y posteriormente los clorosa, ocasionando que las hojas se necrosen y mueran (Blanchard & Maisonneuve, 2005).

Marchitez por *Sclerotinia* (*Sclerotinia sclerotiorum*):

La marchitez o pudrición por *Sclerotinia* es una enfermedad que se presenta en bajas temperaturas y alta humedad. Esta enfermedad provoca marchitez en las hojas basales, podredumbre de la corona y de las hojas adyacentes. Además de esto, produce un moho blanco algodonoso en la parte afectada formada por los esclerosios del hongo (Adlercreutz et al., 2015).

Mancha foliar (*Corynespora cassiicola* o *Curvularia aerea*):

Esta enfermedad puede ser causada por *Corynespora cassiicola* o *Curvularia aerea*. La enfermedad comienza en las hojas con la aparición de manchas anilladas de color





marrón oscuro o negro rodeadas de un halo clorótico; seguidamente, la infección avanza hasta alcanzar toda la rama dañando gravemente la planta (Rybak & Rybak, 2018).

Septoriosis (Septoria lactucae):

En las zonas que cuentan con mucha humedad, son susceptibles a la aparición de este hongo, el cual provoca la aparición de manchas cloróticas pequeñas con formas irregulares en las hojas inferiores. Con el tiempo, estas manchas se necrotizan y forman un anillo clorótico alrededor (Agromática, 2014).

Fusariosis vascular (Fusarium oxysporum):

Esta es una de las enfermedades más importantes del cultivo de lechuga, tanto por el daño que causa, como por la dificultad de su control. Los síntomas de la enfermedad comienzan cuando la planta se muestra clorótica y de menor tamaño, seguidamente, se necrosan los vasos xilemáticos a lo largo del tallo y puede llegar a causar el colapso de toda la planta (Desantis, 2018).

En relación, se conoce que las enfermedades que atacan los cultivos de lechuga también pueden ser ocasionadas por nematodos fitoparásitos, como *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. (Naranjo & Chacón, 2016).

***Meloidogyne* sp.:**

Los nematodos del género *Meloidogyne* son endoparásitos sedentarios formados de agallas radiculares, tienen una amplia distribución y están presentes en varias regiones agrícolas en el mundo (Alejo et al., 2018).

Algunas de las especies de este género son cosmopolistas y gracias a sus hábitos polífagos tienen un amplio rango de

hospederos, por lo que puede parasitar cualquier cultivo. Su ciclo de vida está compuesto por tres etapas: huevo, tres estadios y adulto. Las hembras pueden llegar a depositar hasta 3000 huevos sobre la superficie de la raíz por lo que son un inóculo efectivo para iniciar la infección en la planta; posteriormente, durante los 3 estadios las larvas eclosionan del huevo y las raíces de las plantas son parasitadas, completando así su ciclo vital en 1 o 2 meses (Mendoza et al., 2013).

***Helicotylenchus* sp. (nematodo espiral):**

Son nematodos vermiformes que miden aproximadamente de 0.5 mm a 1 mm. Su cabeza es estriada y poco esclerotizada; posee glándulas esofágicas que dependiendo de la especie se sobrepone al intestino dorsal, lateral o ventralmente, y sus campos laterales presentan cuatro incisuras y afectan las raíces de la lechuga (Girón, 2019).

Por otra parte, estos nematodos se encuentran enrollados en una espiral amplia o en forma de C. Generalmente, son considerados semi-endoparásitos y pueden ser encontrados en el suelo (Coyne et al., 2007).

A pesar de que se han realizado muy pocos estudios sobre su biología y sobre los daños que causan, se conoce que son parásitos de las capas corticales de las raíces y tubérculos, en donde se encuentran las larvas y los adultos. Así mismo, se ha demostrado que *Helicotylenchus* sp. puede atacar alrededor de 127 tipos de plantas de diferentes especies y es capaz de penetrar completamente la raíz de los cultivos a través de las puntas o de la unión de las raíces laterales, alimentándose de ellas y ocasionándoles lesiones (Girón, 2019).

Estas enfermedades, ocasionan graves daños en los cultivos y generan grandes pérdidas económicas para los agricultores.





Por lo que se ven obligados a implementar métodos de control químico como los fungicidas y los plaguicidas, para proteger sus cosechas. En Colombia, el Instituto Colombia Agropecuario (ICA, 2012), en su cartilla sobre el *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas*, especifica que los fungicidas autorizados para el control de enfermedades deben usarse solo en situaciones de extrema necesidad y como último recurso.

***Trichoderma* con agente de biocontrol**

Dentro de las ventajas que posee *Trichoderma* spp. se puede señalar su capacidad de afectar distintas estructuras de los hongos patógenos como los conidios, los esclerocios (que como ya se observó, es típico de hongos como *Sclerotinia*) y las hifas, además, es efectivo en el control de otros hongos patógenos que causan enfermedades radicales y vasculares, y estimula el crecimiento de la planta. (Sivila & Álvarez, 2013).

Trichoderma spp., es un microorganismo que se puede encontrar en zonas y hábitats donde existe materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. Su capacidad de adaptabilidad a los diferentes ambientes, permite ser utilizado en diversos suelos, climas y ambientes. Por otra parte, la cantidad de enzimas que posee le permite degradar sustratos complejos como el almidón, la pectina y la celulosa, y utilizarlos para su propio crecimiento; igualmente, puede asimilar como fuente de nitrógeno compuestos como los aminoácidos, urea, nitritos, amoníaco y sulfato de amonio (Ramos et al., 2008).

Para el género *Trichoderma* (García et al., 2006) informa cinco especies antagonistas, las cuales son: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Trichoderma pseudokoningii* y *Trichoderma viride*. A las cuales se puede añadir una sexta especie

clasificada como *Trichoderma asperellum* (Casanova, y otros, 2008). Cada uno de estos géneros posee diferentes modos de acción que son radicales para su selección como agentes biocontroladores, es decir, que entre más modos de acción tenga el antagonista más eficiente es en la reducción de los riesgos de resistencia desarrollados en los patógenos, más aún, dichos riesgos se pueden reducir de manera más efectiva, combinando distintos antagonistas con modos diferentes de acción.

De esta forma, *Trichoderma* spp. tiene tres modos de acción diferentes dependiendo del género, el patógenos y las condiciones ambientales. Estos son: micoparasitismo, competencia y antibiosis. El micoparasitismo es el proceso por el cual el antagonista crece y se desarrolla alrededor del patógeno, formando apresorios en la superficie del hospedero, con el fin de penetrar el patógeno y degradar su pared celular por acción de las enzimas líticas. En segundo lugar, como medio de acción el antagonista compite con el patógenos por nutrientes, oxígeno o espacio, reduciendo la cantidad disponible de estos elementos para el huésped. Finalmente, mediante la antibiosis el antagonista produce sustancias tóxicas tales como: viridín, trichodermin, glioviridin, gliotoxin y harzaniolide; que inhiben la actividad ribosomal de los patógenos y evitan su reproducción (Ghisalberti & Sivasithamparam, 1991).

Actualmente, existen cuatro formas principales de producción de hongos antagonistas como *Trichoderma* spp., las cuales son: cultivos bifásicos, cultivos líquidos agitados o fermentaciones líquidas, cultivos líquidos estáticos y cultivos sobre soporte sólido. Estos, son formas de producción artesanal de *Trichoderma* que permiten obtener conidios con altos porcentajes de viabilidad y altos niveles de esporulación, además, no requieren equipamiento especial ni





costoso, lo que genera mayores beneficios para los agricultores (Acevedo et al., 2017). En Colombia, algunos de los sustratos más utilizados en la producción de este biopreparado son el arroz, el trigo, la soya, el maíz y la avena, los cuales permiten producir los formulados en frascos o en bolsas de polietileno (Sivila & Álvarez, 2013).

Por otro lado, con el fin de optimizar la producción semi-industrial de *Trichoderma*, se ha optado por dividir el proceso en dos etapas: cepario y producción masiva. Así, la etapa de cepario parte desde el aislamiento del hongo que permite la obtención del cultivo puro, seguidamente, se pasa a la fase de obtención y conservación de nuevas cepas del hongo que atravesarán por un proceso de mantenimiento y reactivación, por medio del cual se procede a la etapa de producción masiva, cuyo proceso parte de la preparación, inoculación e incubación del medio líquido y del sustrato, para finalmente activar la fase de secado y conservación del producto terminado (Ramírez et al., 2013).

En los últimos años, se ha distinguido la producción de hongos antagonistas mediante cultivos bifásicos, ya que este es el método más rápido porque se produce el inóculo por fermentación líquida, que luego se usa para fermentar el sustrato sólido. Además de esto, se ha comprobado que en medio líquido se producen sustancias como el ácido indolacético, el ácido giberélico, las citoquinas y otras vitaminas que estimulan el crecimiento de la planta (Insuasti et al., 2017).

***Trichoderma* con agente de biocontrol de fitopatógenos en lechuga**

Diversos estudios han demostrado la eficacia y la utilidad del uso de *Trichoderma* como agente de control biológico de enfermedades en la lechuga.

Por ejemplo, *Trichoderma harzianum* se ha implementado como supresor de la enfermedad *Rhizoctonia solani*, demostrando resultados satisfactorios en el control de la enfermedad, ya que se ha observado que tras dos o tres meses después de aplicar un tratamiento que combine *Trichoderma* con compost de corteza de pino, la incidencia de la enfermedad disminuye significativamente, pues estos dos métodos combinados aumentan la capacidad supresora del patógeno tanto en temporadas de invierno como en temporadas de primavera. En complemento, el uso de estos sustratos favorece el crecimiento de las plantas de lechuga en todas las épocas del año, pues, en términos de altura, la planta puede llegar ser un 19,7% más alta y un 117% más pesada en época invierno, mientras que, en primavera, la planta puede llegar a ser un 30,2% más alta y un 82% más pesada, e incluso en algunos casos se pueden llegar a superar estas cifras, esto gracias a que el compost de la corteza de pino contiene un alto grado de lignina que permite que *Trichoderma harzianum* pueda desarrollarse mejor que *R. solani*. En cuanto a las diferencias entre los valores de peso y altura de las plantas se deben a las diferencias de temperatura y fotoperiodo de cada época (Yossen et al., 2003).

De esta forma, los investigadores demostraron que es posible que los productores de hortalizas creen sus propios sustratos, con el conocimiento adecuado del manejo del compostaje y realizando el seguimiento de las temperaturas alcanzadas en él.

Igualmente, se ha estudiado la evolución de *Sclerotinia* spp. bajo el efecto del biocontrolador *Trichoderma* spp. En este caso, la funcionalidad del microorganismo como agente de control biológico está dividida. En diversos estudios se ha comprobado que *Trichoderma asperellum*, es capaz de reducir la incidencia de *Sclerotinia* spp. hasta un 50% en un campo





infestado de manera natural, lo que se traduce en un nivel de eficacia significativamente igual a los agroquímicos (Casanova et al., 2008).

Así mismo, en el caso de *Trichoderma koningiopsis*, usado como biofungicida sobre *Sclerotinia* spp., ha sido posible observar que su efectividad es significativa, pues, en los dos métodos de aplicación, la incidencia de la enfermedad se redujo en gran medida, además de que estimula el crecimiento de la planta. Así, se ha evidenciado que el tratamiento con mayor eficacia es *T. koningiopsis* aplicado directamente del granulado, el cual logra una reducción en la incidencia en 63% aproximadamente, mientras que la aplicación en empapar del bioplaguicida solo puede lograr una reducción del 31%. Aun así, a pesar de que en el último método de aplicación la influencia es menor, si se logra confirmar la efectividad del microorganismo (Moreno & Cotes, 2010).

No obstante, otros estudios indican que *Trichoderma harzianum* es más efectivo en el control de *Sclerotium rolsfii* y *Rhizoctonia solani*, cuando es introducido inmediatamente después de la solarización, pues esta permite el establecimiento de *T. harzianum* ante una menor competencia por espacio y nutrientes, por lo que puede llegar a disminuir en mayor grado la incidencia de la enfermedad. Sin embargo, cuando se emplean los tratamientos por separado, la incidencia de la enfermedad aumenta considerablemente, lo que indica que a pesar del potencial que tiene el de *T. harzianum*, su implementación como biocontrolador individual no es suficiente para lograr efectividad en campo para *S. sclerotiorum*, pues siempre debe acompañarse de otro medio de control para que funcione (Arias et al., 2007).

A su vez, el estudio realizado por Wonglom et al. (2019), sobre el control biológico de la pudrición del fruto y del tallo de la lechuga

provocado por *Sclerotium*, demostró que *Trichoderma* spp. puede suprimir el crecimiento micelial de *Sclerotium* spp. como *S. rolsfii*, *S. sclerotiorum* y *S. cepivorum* hasta un 81,43%, gracias a su capacidad de competir por los nutrientes y el espacio. Además de esto, puede provocar la decoloración del micelio de *Sclerotium*, esto puede deberse a la antibiosis que es responsable de la producción de compuestos anti fúngicos por *Trichoderma* sp. para matar el patógeno.

Por otra parte, se ha evaluado el control biológico de la pudrición de la raíz de lechuga causada por *Fusarium oxysporum*, dentro de los resultados de laboratorio se obtuvo que *Trichoderma harzianum* es un agente exitoso para controlar los patógenos y aliviar los efectos adversos sobre el estado sanitario de la planta, al mismo tiempo que mejora sus parámetros de crecimiento. Sin embargo, se recalca que la efectividad del tratamiento es mayor cuando se combina *Trichoderma harzianum* con *Bacillus subtilis*, pues la unión de estos antagonistas logra inhibir hasta un 93.67% la enfermedad (Alamri, 2018).

***Trichoderma* con agente de biocontrol de patógenos foliares en lechuga**

Dentro de las principales enfermedades foliares que pueden atacar los cultivos de lechuga, se encuentran: *Mildiu (Bremia lactucae)*, *Corynespora cassicola*, *Curvularia aeria*, *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata*, entre otras. Estas son enfermedades que por sus condiciones biológicas pueden dañar seriamente el cultivo hasta perderlo por completo. A pesar de que existen muy pocos estudios sobre el uso de *Trichoderma* spp. como agente biocontrolador de este tipo de enfermedades foliares, en los que se han realizado se ha demostrado que el uso de *Trichoderma* ha logrado controlar





efectivamente las enfermedades y estimular el crecimiento del cultivo.

Gonzalez et al. (2008) evaluaron la actividad "in vitro", antagónica e hiperparasítica de *Trichoderma harzianum* (A-34) y *Trichoderma viride* (C-66), sobre los hongos patógenos en particular contra *Alternaria alternata* Nees aislada de semilla de lechuga. La cepa C-66 presentó mayor hiperparasitismo que la A-34, siendo en general mayor por ambas cepas sobre *Alternaria alternata* y otros dos patógenos del frijol y el arroz (Maldonado y Caballero, 2016). Se obtuvo más de un 71 % de efectividad con *Trichoderma* spp. en el tratamiento a la semilla, siendo superior el método de peletización

Por ejemplo, otro de los estudios realizados acerca del uso de *Trichoderma* spp. para el control de *Bremia lactucae*, concluyó que la aplicación del tratamiento que combina *Trichoderma* spp. + mulch, es el más efectivo al momento del trasplante y a los 15 días de este, pues es el que obtuvo un nivel menor de incidencia de la enfermedad en las hojas del cultivo de lechuga, en promedio de 1.25% a los 15 días, 2% a los 30 días y 3.25% a los 45 días, con lo cual las plantas pudieron encontrar mejores condiciones de desarrollo y por consiguiente se favoreció el crecimiento de las mismas (Moreta, 2017).

Otro de los estudios realizados, se basó en la actividad de biocontrol del *Trichoderma spirale* contra la mancha foliar en hojas de lechuga ocasionada por *Corynespora cassiicola* o *Curvularia aerea*. En este caso, se comprobó la eficacia antagonista inhibidora de 5 aislamientos de *Trichoderma* spp, pues el porcentaje de inhibición varió entre 75.36% y 84.68% contra *C. cassiicola* y entre 85.64% y 93.03% contra *C. aerea*. Así, el más efectivo en la supresión del crecimiento micelial fue *T. spirale* T76-1, sugiriendo una actividad

competitiva frente a los dos patógenos (Baiyee et al., 2018).

En el caso de la *Botrytis cinérea*, al evaluar la efectividad de *Trichoderma* spp., se determinó que *T. virens* contenido en la cepa nativa Sherwood, tras la observación de su actividad *in vitro* frente a diferentes aislados de distintos huéspedes de *B. cinerea*, los resultados mostraron que efectivamente, esta cepa presentó la menor incidencia de moho gris. Su actividad individual logró una inhibición el 40.8% de la enfermedad, y su actividad conjunta con la mezcla de benomilo + captan logró una supresión de la enfermedad de 43,6% (Recio et al., 2019). Por lo que el estudio concluyó que ambos tratamientos representan una efectividad significativa con respecto a otros tratamientos probados, a excepción del testigo que presentó una inhibición del 85.3% (Lolas & Sandoval, 2013).

Finalmente, al evaluar el efecto antagonista de *Trichoderma* spp. contra *Alternaria alternata*, los resultados demostraron que *T. Koningii* Vp es el agente con mayor efecto antagónico, pues logra controlar la enfermedad en un periodo de 36 a 72 horas aproximadamente. Además de esto, puede mantener su actividad promotora de crecimiento de la plántula (Alcedo & Reyes, 2018).

***Trichoderma* como bionematicida en la lechuga**

Como se ha mencionado anteriormente las raíces de la lechuga son afectadas los nemátodos *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp. y como es evidente, la herramienta más convencional para combatir los nematodos es la aplicación de nematicidas (Naranjo & Chacón, 2016).

Sin embargo, también existen métodos biológicos de control cuyo tratamiento está basado en el uso de nematófagos, que son microorganismos que poseen la capacidad





de atacar y matar nemátodos, dentro de los cuales se encuentra *Trichoderma* spp, que puede ser utilizado para combatir este tipo de fitoparásitos en diferentes cultivos (Naranjo, 2008).

Por ejemplo, el estudio realizado por Koh et al. (2018), en el que evalúan el efecto de *Trichoderma* contra *Meloidogyne incognita*, realizó la investigación teniendo en cuenta tres variables de evaluación: severidad de daño radical, número de huevos y número de hembras. Partiendo de esto, el estudio arrojó que la interacción de *T. citrinoviride* / *T. harzianum* fue la más efectiva al tener el mismo efecto que el Oxamil, pues se registraron reducciones de 83% en la severidad del daño radical, 80,3% en el número de huevos y 94.1% en el número de hembras. Con respecto a la efectividad en la severidad del daño, le siguen: *T. virens* / *T. ghanense* con una reducción del 76.7%; *T. simmonsii* / *T. harzianum* con una reducción del 65.5% y *T. virens* / *T. harzianum* con una reducción del 50.8%.

Continuando, las interacciones más efectivas según estos autores después de *T. citrinoviride* / *T. harzianum*, con respecto al número de huevos, fueron: *T. simmonsii* / *T. harzianum*, *T. virens* / *T. ghanense* y *T. virens* / *T. harzianum* con reducciones de 59.3%, 52.8% y 25.7% respectivamente. Y con respecto al número de hembras fueron: *T. simmonsii* / *T. harzianum* con una reducción del 90.1%, a la que siguió *T. virens* / *T. harzianum* y *T. virens* / *T. ghanense* con 88.1% y 31.5% respectivamente. Al mismo tiempo, se resalta el alto nivel de estimulación que *Trichoderma* tiene sobre el crecimiento de la planta.

Igualmente, otro estudio demostró mediante observaciones que *T. atroviride*, *T. harzianum* y *T. viride* trabajan positivamente en la destrucción de huevos de *Meloidogyne* sp., en una secuencia de parasitismo que destruye completamente los huevos a las 72 horas de su aplicación.

A su vez, el estudio señala que este resultado probablemente se deba a que este género parasita al fitopatógeno gracias al enrollamiento, ganchos y apresorio que ejerce sobre él, logrando penetrar la pared celular y degradando la cutícula de los insectos, además de que produce diferentes antibióticos volátiles y no volátiles que facilitan el parasitismo, control y destrucción de los fitonematodos (Mendoza et al., 2013).

Finalmente, en relación al cultivo de lechuga específicamente, los resultados del laboratorio realizado por (Naranjo & Chacón, 2016), han revelado que el empleo de *Trichoderma asperellum* en este cultivo, a los 21 días de su aplicación, disminuye drásticamente la población de *Meloidogyne* en el cultivo, mejora la calidad de la planta y favorece la comercialización. Mientras que en el caso de *Helicotylenchus* sp., *Trichoderma asperellum* no presentó diferencias significativas en la población, el único tratamiento que dio resultado contra este nemátodo fue la aplicación de Oxamil 24 SL, ya que demostró la menor población y mayor eficacia (Naranjo & Chacón, 2016).

***Trichoderma* con agente bioestimulador en lechuga**

Igualmente, dentro de los beneficios que posee *Trichoderma* spp., se encuentra su capacidad bioestimuladora aplicada a diferentes tipos de cultivos. En este sentido, en el caso de las hortalizas y más específicamente del cultivo de lechuga, el uso de *T. harzianum* permite incrementar la absorción de nutrientes a través del mejoramiento en el desarrollo y la calidad radicular, lo que garantiza la disponibilidad de nutrientes necesarios para la planta, además de que protege el sistema radicular de ataques de patógenos, nematos y plagas. Así, se determinó que *Trichoderma* spp. además de ser rentable y eficiente en el control de enfermedades, también promueve el rendimiento del cultivo, mejora





la calidad de la lechuga y estimula su crecimiento tanto en volumen como en peso, permitiendo mejorar la alimentación de los consumidores y aumentar su valor en el mercado, creando a su vez beneficios económicos para los agricultores (Stefanova, 2006).

A su vez, un estudio realizado sobre el uso de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento en plantas cultivadas, arrojó resultados sobre el cultivo de lechuga. En este sentido, se observó que la inoculación directa de *Trichoderma* spp. en la planta, generó respuestas favorables de hasta un 80% como promotor de crecimiento sobre *Lactuca Sativa* y se encontraron diferencias estadísticas significativas para las variables de peso de hoja, peso de raíz, largo de raíz y volumen de raíz, lo que evidencia que el efecto de los cultivos individuales y enfrentamientos duales entre los tratamientos varía según los caracteres de la planta (Ortuño et al., 2013).

Discusión

Con todo lo anterior, se resalta la importancia del uso de agentes biológicos como métodos de control para las enfermedades radicales de la lechuga, en especial de *Sclerotinia* spp. y *Rhizoctonia solani*, ya que son las enfermedades que atacan con mayor regularidad a los cultivos de lechuga.

Según las evidencias, *Trichoderma* spp. es uno de los controles biológicos más efectivos para tratar esta problemática, a pesar de que en algunos estudios los resultados de su empleo no fueron favorables.

En relación esto, se analiza que la causa de dicho resultado recae sobre varios aspectos de tipo biológico, ambiental y productivo. Pues como se observó, dependiendo de las características del cultivo y de la enfermedad, en muchas ocasiones el simple empleo de la cepa de

Trichoderma spp. pura, no era lo suficientemente fuerte para combatir la enfermedad, sin embargo, esto no significa que el método no sea efectivo.

En este sentido, es necesario tener claro el contexto del cultivo y del ambiente para elegir la opción correcta de tratamiento, ya que en muchas situaciones se amerita la combinación de métodos de control como el compost + *Trichoderma* spp., o unificar métodos de acción del mismo biocontrolador. Incluso, se ha evidenciado que con modificaciones en los periodos de aplicación y métodos de revigorización del hongo con *Sclerotinia*, aplicado al suelo antes de la siembra del cultivo, es posible obtener una mayor efectividad en la prevención, control y reducción de las enfermedades, aunque también –como se mencionó anteriormente- en muchas otras ocasiones donde el contexto ambiental y biológico no es tan exigente es posible que la sola aplicación del microorganismo logre combatir los patógenos.

Lorenzo et al. (2002) enfatizan en la necesidad de prospectar cepas nativas de *Trichoderma*. En su investigación identificaron 10 cepas nativas de este antagonista pertenecientes a *Trichoderma* grupo viride, *Trichoderma koningii* Oud Sección *Pachybasium* y *Trichoderma harzianum* Rifai Sección *Longibrachiatum*. Todas las cepas se lograron reproducir satisfactoriamente en el laboratorio sobre sustrato cabecilla de arroz + paja de arroz, obteniendo algunas concentraciones de conidios superiores a las comerciales. Por lo tanto la prospección de cepas nativas es una acción importante en cualquier agroecosistema y en particular en la provincia de Pamplona donde no se consiguieron trabajos al respecto

El uso de *Trichoderma* spp. como bionematicida, ha demostrado tener un nivel de efectividad alto contra las enfermedades producidas por diferentes tipos de nematodos.





No obstante, como en el caso del uso como agente biocontrolador de patógenos, es necesario tener en cuenta el tipo de nemátodo que causa la enfermedad, los síntomas que presenta la planta, el contexto ambiental y los posibles tratamientos complementarios que deben ser aplicado junto con *Trichoderma* para aumentar su grado de efectividad y mejorar la calidad del cultivo.

Como se ha visto, el uso de *Trichoderma* spp. genera grandes beneficios al cultivo de la lechuga y a los agricultores, sin embargo, varias de sus características benéficas como agente biocontrolador de enfermedades foliares, son desconocidas por muchos agricultores y académicos. Por lo que no se ha logrado explotar óptimamente esta funcionalidad.

Culturizar a la comunidad académica y campesina sobre la cantidad de beneficios biológicos, ambientales, sociales, productivos y económicos que pueden generarse gracias al empleo de *Trichoderma* spp., es uno de los grandes retos que posee el investigador.

Con respecto a los métodos de reproducción artesanal existen resultados satisfactorios usando como sustrato el arroz. Irimia et al. (2016) estudiaron el comportamiento de los biopreparados de tres cepas *Trichoderma* bajo diferentes volúmenes de sustrato y porcentajes de humedad, bajo condiciones de cultivo estático sobre soporte sólido (arroz entero). Con la cepa *Trichoderma harzianum* A-53 se obtuvo mayor calidad que con el resto usando la combinación 100 g de arroz por tarrina y 35% de humedad, reflejado en alto nivel de pureza y mayor concentración de los conidios del biopreparado,

Finalmente, se recalca la necesidad de instruir a los agricultores sobre las técnicas de producción artesanal de *Trichoderma*

spp., ya que su desconocimiento acerca del tema los llevar a elegir métodos de control químico que además de aumentar los costos de producción, provoca problemas en la salud humana y daño ambiental. En este sentido, si los agricultores optaran por prácticas artesanales para el cuidado de sus cultivos se lograría una producción sostenible que traiga bienestar tanto a corto como a largo plazo.

4. CONCLUSIONES

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), es especialmente susceptible a la incidencia de enfermedades derivadas de las condiciones ambientales, el pH del suelo o los métodos de plantación del cultivo. Los patógenos que afectan con mayor frecuencia esta planta son *Sclerotinia* spp., *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, enfermedades que causan graves daños a las cosechas y enormes pérdidas económicas para los agricultores.

Uno de los métodos de control de estas enfermedades son los agentes de control químico como los plaguicidas y los fungicidas, que a pesar de ser efectivos causan efectos nocivos en la naturaleza y en la salud de los consumidores. Además de que aumenta los costos de producción de los agricultores ocasionando pérdidas económicas y con ello una disminución de la oferta del producto. Por tanto, como método alternativo se proponen los agentes de control biológico como *Trichoderma* spp., cuya implementación en los cultivos es efectiva, sostenible y económica ya que se puede fabricar artesanalmente bajo condiciones de la finca. Resaltando que ayuda a descomponer la materia orgánica, influye indirectamente en la nutrición del cultivo y estimula el crecimiento de este.

Actualmente, la producción masiva de *Trichoderma* spp. se puede realizar mediante los cultivos bifásicos, la fermentación en estado sólido, la





fermentación líquida estática y la fermentación líquida agitada. Sin embargo, tiende a ser más efectiva y más sencilla, la producción por el método bifásico pues este es el medio más rápido que existe ya que se produce el inóculo por fermentación líquida y luego se usa para fermentar el sustrato sólido, además, por este método se producen más eficazmente sustancias y vitaminas que estimulan el crecimiento de la planta.

Partiendo de esto, se contempla que estas son formas de producción artesanal que, aunque requieren una mayor demanda de operaciones manuales, el equipamiento para realizarlas es económico y de fácil acceso para los agricultores (Sivila & Álvarez, 2013). Esto les permite disminuir los costos de producción y aumentar la calidad de sus cultivos, originando la posibilidad de acceder a nuevos mercados con mejores condiciones productivas, ambientales, sanitarias y económicas, creando una cultura de producción sostenible.

No obstante, para lograr el mayor beneficio del empleo de este biocontrolador de enfermedades en la lechuga, es necesario tener en cuenta el contexto ambiental y productivo con el fin de escoger el tratamiento o la combinación de tratamientos que permitan prevenir, controlar y reducir la acción de los diferentes patógenos que atacan el cultivo de lechuga, de una manera más eficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adlercreutz, E., Carmona, D., Melegari, A., Szczesny, A., & Viglianchino, L. (2015). *Relevamiento y diagnóstico a campo de plagas y enfermedades endémicas bióticas y abióticas en cultivos de lechuga bajo cubierta en el cinturón hortícola de Mar de Plata (2010-2015)*. INTA.
- Acevedo, D. Montero, P. Beltrán, L. Gallo, y Rodríguez, J. (2017). Efecto de la fritura al vacío sobre la absorción de aceite en empanadas de maíz (ZEA MAYS). *Revista @limentech*. 15(1), 42-49. DOI: <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2017.2961>
- Agromática. (2014). *Plagas y Enfermedades de la Lechuga*.
- Alamri, S., Hashem, M., Moustafa, Y., Nafady, N., & Abo-Elyousr, K. (2018). Biological control of root rot in lettuce caused by *Exserohilum rostratum* and *Fusarium oxysporum* via induction of the defense mechanism. *Biological Control*.
- Alcedo, Y. C., & Reyes, I. (2018). Microorganismos promotores de crecimiento en el biocontrol de *Alternaria alternata* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Bioagro*, Vol 30, No 1.
- Alejo, J. C., Chi, J. I., Suárez, J. T., Koh, F. A., Luna, F. A., & Delacruz, J. (2018). Filtrados fúngicos de *Trichoderma* con actividad nematocida contra *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Revista de Protección Vegetal*, Vol. 33, No. 3.
- Arias, L. A., Tautiva, L. A., Piedrahíta, W., & Chaves, B. (2007). Evaluación de tres métodos de control del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Bogotá: Agronomía Colombiana* 25(1), pp.131-141.
- Baiyee, B., Pornsuriya, C., Ito, S., & Sunpapao, A. (2018). *Trichoderma spirale* T76-1 display biocontrol activity against leaf spot on lettuce (*Lactuca sativa* L.) caused by *Corynespora cassiicola* or *Curvularia aerea*. *Biological Control*.
- Blanchard, D., & Maisonnette, B. (2005). *Enfermedades de las lechugas. Identificar, conocer y controlar*. Ed. Mundi-Prensa, 375.
- Maldonado, L. y Caballero, L. (2016). Bebida fermentada a base de arroz con adición de probióticos. *Revista @limentech*. 14(1), 58-73. DOI: <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2016.2126>





- Casanova, E., Segarra, G., Borrero, C., Torras, J., Noguera, R., Castillo, S., . . . Trillas, M. (2008). Utilización del agente de control biológico *Trichoderma asperellum* cepa T34 contra enfermedades de los cultivos. *Phytohemeroteca*. Ed. 203.
- Chiriboga, H., Gómez, G., & Garcés, K. (2015). Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo: *Trichoderma* spp. para el control biológico de enfermedades. Paraguay: IICA.
- Coyne, D. L., Nicol, J. M., & Cole, B. C. (2007). *Practical plant nematology: a field and laboratory guide*. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin.
- Cubillos, C. Á., Ramírez, M. G., & Toledo, R. L. (2014). Aislamiento de *Trichoderma* sp., en las unidades productivas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura de Campoalegre (Huila). SENA.
- Desantis, N. A. (2018). Marchitamiento o Fusariosis vascular de la lechuga. Posibles alternativas para su manejo. Universidad Nacional de la Plata.
- EDA. (2009). *Manual de producción de lechuga*. Honduras: Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores.
- FAO. (2013). *El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas*.
- García, R., Riera, R., Zambrano, C., & Gutierrez, L. (2006). Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la región andina venezolana. *Rev. Fitosanidad* Vol 10, N°2: 115-121.
- Ghisalberti, E., & Sivasithamparam, K. (1991). Antifungal antibiotics produced by *Trichoderma* spp. . *Biochem*, 23 (11), 1011-1020.
- Girón, E. O. (2019). Monitoreo de fitonematodos en varios cultivos de seis Estados de México y control químico. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Gonzales del Rio, F. (2007). Uso del *Trichoderma* en la agricultura. *Boletín Tecnología Agrícola*. N°87,12.
- González M., Castellanos L., Ramos M., Pérez G.. 2008. Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. contra patógenos en semillas de frijol, lechuga, girasol y arroz. *Centro Agrícola*, 35(1): 11-15.
- Hessayon, D. (1995). *Manual de horticultura*. Barcelona, España: Naturart. 2 ed.
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas: medidas para la temporada invernal*. Bogotá D.C., Colombia.
- ICA. (2020). *Registro Plaguicidas Registrados* .
- INIA. (2017). inia.cl. (l. d. Agropecuarias, Productor) Recuperado el 2020, de <https://www.inia.cl/sanidadvegetal/enfermedades-lechuga/>
- Insuasti, J. P., Sotelo, E. B., Trujillo, A. D., Rada, C. B., Arroyave, C. S., Soto, C. P., . . . Ramos, S. Á. (2017). Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp.: una revisión. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, Vol 51, No 1, 47-52.
- J Maroto, A. G. (1999). *La Lechuga y la Escarola*. Valencia, España: Mundi Prensa.
- Jackson, L. E. (1995). Root architecture in cultivated and wild lettuce (*Lactuca* spp.). *Plant, Cell and Environ*. Vol. 18 (N°8). Pp. 855-897.
- Koh, F. A., Alejo, J. C., Ramírez, A. R., Suárez, J. M., Angulo, M. G., & Flores, I. R. (2018). Incompatibilidad interespecífica de especies de *Trichoderma* contra *Meloidogyne incognita* en *Solanum lycopersicum*. *Scientia Fungorum*, Vol 47, 37-45.
- Lolas, M., & Sandoval, C. (2013). Control biológico de enfermedades fungosas en diferentes hortalizas. Laboratorio de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca.
- Lorenzo ME, Castellanos L. y Lopez M.O. 2002. Prospección de hongos antagonistas en la provincia de Cienfuegos. Efectividad y posibilidades





- de reproducción de cepas nativas de *Trichoderma*. Universidad Agrarias de La Habana. Tesis de maestría en Ciencias Agrícolas. DOI: 10.13140/RG.2.2.20959.46245
- Mendoza, G., Wilson, J., & Colina, J. (2013). Efecto de *Trichoderma atroviride*; *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre huevos de *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio. *Revista Científica de Estudiantes*.
- Moreno, C., & Cotes, A. M. (2010). Desarrollo de un bioplaguicida a base de *Trichoderma koningios* Th003 y uso en el cultivo de la lechuga para el control del moho blanco. *Produmedios*. pp. 23-27.
- Irimia, M.I., Hernández, A.L., Castellanos, L. 2016. Niveles de humedad, cepa y cantidad de sustrato arroz entero para la reproducción de *Trichoderma* spp. *Revista Científica Agroecosistemas* 4 (1): 40-47.
- Moreta, H. V. (2017). Aplicación de *Mulch*, *Bacillus* sp. y *Trichoderma* spp. para el control de *Mildiu veloso* (*Bremia lactucae*) en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Universidad Técnica de Ambato.
- Naranjo, R. P. (2008). Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. *Tecnología en Marcha*, Vol. 21-1.
- Naranjo, R. P., & Chacón, C. V. (2016). Hongos nematófagos en el combate de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de lechuga. *Alcances Tecnológicos*. 11(1):41-48.
- Ortuño, N., Miranda, C., & Claros, M. (2013). Selección de cepas de *Trichoderma* spp. generadoras de metabolitos secundarios de interés para su uso como promotor de crecimiento en plantas cultivadas. *J. Selva Andina Biosph.* vol.1 no.1.
- Osorio-Nila, M. A., Vázquez-García, L. M., Salgado-Siclán, M. L., & González-Esquivel, C. E. (2005). Efecto de dos enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. para controlar *sclerotinia* spp. en lechuga. Chapingo, México: *Revista Chapingo Serie Horticultura*, vol. 11, núm. 2, pp. 203-208.
- Pariona, D., Higaonna, C., & Matos, B. (2001). *Enfermedades en hortalizas*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria (inia).
- Parada, M. Caballero, L. y Rivera, M. (2017). Características fisicoquímicas de tres variedades de café tostado y molido cultivados en Norte de Santander. *Revista @limentech*. 15(1), 66-76. DOI: <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2017.2963>
- Ramírez, H. G., Ramírez, W. S., Cantoral, M. T., & Torres, E. (2013). *Manual de producción y uso de hongos antagonistas*. SENASA.
- Ramos, E. A., Navarro, R. Z., Zumaque, L. O., & Voleth, J. B. (2008). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma* sp. *Rev. Colomb.Biotecnol.* Vol X, N°2: 23-34.
- Recio, R. Recio, C. y Pilatowsky, I. (2019). Estudio experimental de la deshidratación de tomate verde (*pysalis ixocarpa* brot) utilizando un secador solar de tipo directo. *Revista Bistua*. 17(1), 76-86. DOI: <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2019.3136>
- Rybak, M. A., & Rybak, M. R. (2018). Principales patógenos diagnosticados en Misiones según la especie y breve análisis de la complejidad del sistema fitosanitario hortícola. Centro Regional Misiones. Informe Técnico N° 104.
- Saavedra, G. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Boletín INIA N° 09, Santiago, Chile.
- Sivila, N., & Álvarez, S. (2013). *Producción artesanal de Trichoderma*. CEDAF, 13.
- Stefanova, M. (2006). *Aplicación de Trichoderma y otros antagonistas*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal.
- Syngenta. (2020). [syngenta.es](https://www.syngenta.es). Recuperado el 2020, de





<https://www.syngenta.es/cultivos/lechuga-a-escarola-espinaca/enfermedades/alternaria-antracnosis-oidio-roya-de-la-lechuga-septoria#:~:text=Antracnosis%3A%20se%20desarrolla%20sobre%20las,aumentando%20de%20tama%C3%B1o%20necros%C3%A1ndose%20finalmente.>

Valencia, A. (1995). Cultivo de hortalizas de hojas: col y lechuga. Lima, Perú: inia: Instituto Nacional de Investigación Agraria. Manual N° 3-95.

Wonglom, P., Daengsuwan, W., Ito, S. i., & Sunpapao, A. (2019). Biological control of *Sclerotium* fruit rot of snake fruit and stem rot of lettuce by *Trichoderma* sp. T76-12/2 and the mechanisms involved. Science Direct.

Yossen, V., Gil, S. V., Díaz, M., & Olmos, C. (2003). Material compostado y *Trichoderma harzianum* como supresores de *Rhizoctonia solani* y promotores del crecimiento de la lechuga. Costa Rica: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. No. 68 p.19-25.

