

Alternativas para la reproducción del *Trichoderma* spp. en condiciones de laboratorio

Alternatives for the reproduction *Trichoderma* spp. under laboratory conditions

Mamna Victoria Daley Poyato ^{1*}, Reymundo Escobar Lorenzo ², Maité García Montero,³ Jorge Luís García Pupo

¹Universidad de Holguín. Holguín, Cuba; daleymamn24@gmail.com . ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6049-2129>

²Universidad de Holguín. Holguín, Cuba; reylor820618@gmail.com . ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1216-5502>

³ Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos. Holguín, Cuba; maitegraciamontero@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4144-1263>

⁴Estación Territorial de Protección de Plantas. Holguín, Cuba; jorgegarciapupo06@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5347-0331>

* Correspondence: daleymamn24@gmail.com; Tel.:+5359013628

<https://doi.org/10.70373/RB/2026.11.01.9>

RESUMEN

Para evaluar el efecto de diferentes dosis de maíz, combinado con otros sustratos en la reproducción de *Trichoderma* spp. en condiciones de laboratorio, se estudiaron 3 alternativas, conformadas por 4 combinaciones de maíz fino con: bagazo de caña fino, aserrín de pino, cáscara de maní y cáscara de arroz. El testigo utilizado fue el maíz fino al 100 % y se realizaron tres repeticiones. Se empleó la metodología para la producción de medios biológicos, que incluyó los procedimientos: preparación del sustrato, inoculación e incubación, secado, recobrado y conservación del producto terminado. A los resultados se les aplicó el análisis de varianza de clasificación simple a través del paquete estadístico Infostat 2017 y la prueba de Tukey para un nivel de significación del 95%, que aportó que el mejor efecto sobre la reproducción del hongo correspondió a la combinación de 700 g de maíz fino con 300 g de bagazo de caña fino, alternativa que superó de manera significativa a las demás evaluadas. Los resultados estuvieron en el rango de 10⁹ esp/ml en todas las alternativas, por lo que se consideran adecuados para la reproducción del *Trichoderma* spp. y resultó más económica para su generalización la combinación de maíz fino en un 30 % con 70% de los sustratos, debido a la reducción los costos de producción en más de un 50%.

Palabras claves: sustrato; alternativas; reproducción.

ABSTRACT

To evaluate the effect of different doses of corn, combined with other substrates on the reproduction of *Trichoderma* spp. in laboratory conditions. 3 alternatives were studied, made up of 4 combinations of fine corn with the substrates: fine cane bagasse, pine sawdust, peanut shell and rice husk. The control used was 100% fine corn and three repetitions were carried out. The methodology for the production of biological media was used, which included the procedures: preparation of the substrate, inoculation and

incubation; drying; recovery and conservation of the finished product. The simple classification analysis of variance was applied to these results through the Infostat 2017 statistical package and the Tukey test for a significance level of 95%, which showed that the best effect on the reproduction of the fungus corresponded to the combination of 700 g of fine corn with 300 g of fine cane bagasse that significantly surpassed the others evaluated. The results that were in the range of 10^9 esp/ml in all the alternatives are considered adequate for the reproduction of *Trichoderma* spp and it was more economical for its generalization the combination of 30% fine corn with 70% of the substrates, due to the reduction in production costs by more than 50%.

Keywords: substratum; alternatives; reproduction.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la agricultura constituye una prioridad en la economía de cualquier país para garantizar la producción de alimentos que satisfaga las necesidades cada vez más crecientes de la población. Por ello, se requiere de un enfoque sostenible en el proceso productivo agropecuario, que garantice la elevación continua y equitativa de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras, a partir del aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles con la protección del medio ambiente.

En este sentido, es importante considerar a las plagas y enfermedades como una de las causas principales que provocan pérdidas a las producciones, por lo que, el empleo de plaguicidas químicos para su control ha provocado un efecto negativo en los ecosistemas agrícolas. De ahí que exista un creciente interés público por la calidad de los alimentos, ello se refiere a la ausencia de residuos, agroquímicos o de patógenos.

El uso de control biológico u organismos capaces de antagonizar con las plagas o patógenos, y reducir sus efectos nocivos, además de disminuir el empleo de plaguicidas químicos, es un aspecto esencial en la agricultura contemporánea. Este método de control es una de las herramientas más valiosas para mantener las densidades poblacionales de plagas por debajo de niveles que causen daños económicos. Se conocen más de 1500 especies de microorganismos, entre hongos, bacterias y virus que son patógenos de artrópodos y controladores de otras poblaciones microbianas. Sin embargo, solo unos pocos se usan en los programas de control de plagas.

En Cuba, el empleo del control biológico se ha impulsado desde 1988, para lo cual se crearon los Centros de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) y las plantas de bioplaguicidas, sustentados en un sistema de capacitación e innovación. En estos se han generado tecnologías para la producción masiva de agentes de control biológico que se utilizan en diversos cultivos de importancia. Asimismo, el funcionamiento desde 1973-1974 de una red de Estaciones Territoriales de Protección de Plantas (ETPP), ha fortalecido un sistema territorial de manejo de plagas. Estas estaciones se han integrado a la producción agropecuaria, con un alto potencial para contribuir a la soberanía tecnológica y alimentaria del país.

Mediante los actuales métodos productivos, se logra producir anualmente un promedio de 450 000 kg de estos agentes de control, con efectos beneficiosos en más de 100 000 hectáreas de cultivos de interés económico, tanto en campo abierto, como en sistemas protegidos. El uso de inóculos biológicos ha tenido una amplia difusión en las últimas décadas, se ha comprobado su efecto positivo sobre el rendimiento de diferentes especies vegetales y la factibilidad en una agricultura que se sustenta en un enfoque orgánico y sostenible. Se clasifican según su uso en biofertilizantes, biocontroladores, aceleradores de compostaje y biorremediadores; siendo algunas especies de *Trichoderma* spp. empleadas con estos fines.

El *Trichoderma*, es un hongo beneficioso que abunda en los suelos y es capaz de parasitar, controlar y destruir muchos hongos, nematodos y otros fitopatógenos, que atacan y destruyen a los cultivos; ello lo convierte en un microorganismo beneficioso para la agricultura. Posee diversas ventajas, pues expone un rápido crecimiento y desarrollo, además produce una gran cantidad de enzimas que son inducidas con la presencia de hongos fitopatógenos. Puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, y disminuye o elimina la necesidad del empleo de fungicidas químicos.

Del género *Trichoderma*, se distinguen por su morfología alrededor de 30 especies. Sin embargo, el uso de la biotecnología vegetal, mediante la introducción de técnicas moleculares en micología evolutiva en los últimos años han permitido revelar la existencia de más de 100 especies distintas (Druzhinina et al., 2006; y Torres et al., 2015).

Trichoderma es un hongo cosmopolita con capacidad de adaptación y producción de metabolitos, como enzimas, compuestos promotores de crecimiento vegetal, y compuestos volátiles, entre otros, de interés biotecnológico y ambiental. Es utilizado como agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos, debido a sus múltiples mecanismos de acción, destacando la tiosis, el micoparasitismo, la competencia por espacio y nutrientes, y la producción de metabolitos secundarios (Hernández et al., 2019).

Otro de los mecanismos antagonistas producidos por el género *Trichoderma* consiste en la estimulación del crecimiento vegetal. Varios aislados de este controlador biológico son capaces de producir más de 70 metabolitos, entre ellos sustancias estimuladoras del crecimiento y del desarrollo de las plantas. Este grupo de microorganismos son capaces de secretar determinados compuestos de naturaleza hormonal, así como diferentes ácidos orgánicos que disminuyen el pH del suelo (Companioni et al., 2019).

Trichoderma participa en la biotransformación de celulosa (polímeros de glucosa de alto peso molecular), en la transformación de hemicelulosa (polisacárido que por hidrólisis libera hexosa y pentosa), en la mineralización del Nitrógeno (reacciones hidrolíticas) y de algunas proteínas presentes, en la degradación y en la descomposición de la lignina y el humus que al tener estructuras basadas en núcleos aromáticos son degradados por oxidación de cadenas laterales (Hernández et al., 2019).

El uso de microorganismos antagónicos del suelo es una vía de lucha muy explotada en los sistemas agrícolas, dentro de los que se destacan los biopreparados constituidos principalmente por especies del género *Trichoderma*. Se han efectuado estudios en condiciones de laboratorio, ensayos semicontrolados y de campo.

Arévalo et al., (2017) estudiaron la producción de conidias de *Trichoderma harzianum* en sustratos sólidos, se utilizaron residuos agrícolas tales como: cascarilla de arroz (*Oriza sativa*), cáscara de maní (*Arachis hypogaea*) y arroz con los que obtuvieron buenos resultados en la producción de este hongo.

Una de las estrategias más sustentables para el manejo de la roya del café, es el control biológico con el uso de microorganismos. La utilización de cepas antagónicas del hongo *Trichoderma* spp., para el control de la roya han disminuido la incidencia y severidad de la enfermedad, ya que las especies de *Trichoderma* son antagonistas sobre patógenos perjudiciales, además de su efecto como hiperparásito que suprime a los microorganismos que generan las enfermedades fitopatógenas (Cubilla et al., 2019).

Borjas et al., (2020) evaluaron el impacto del *Trichoderma* en suelos cultivables, además, se introdujo en una sustancia líquida para acelerar el proceso de descomposición y, al mismo tiempo, provocar un efecto en el estado fitosanitario de las plantas. Tomando en cuenta que el hábitat del hongo es el suelo, la madera y lugares húmedos, realizaron orificios en los cuales se colocaron trampas de arroz cocido para el hongo. Luego de dos semanas se observó el arroz con el color específico del hongo (verde). Además,

se analizó el beneficio de protección contra hongos parasitarios que produjo el *Trichoderma* en el cultivo de lechuga.

Rodríguez et al., (2022) en un estudio en la universidad de Costa Rica, utilizaron cepas nativas de la especie *Trichoderma*, y se estimuló el crecimiento vegetal de las plantas de tomate, con mayor acumulación de biomasa, un incremento significativo en las variables altura de la planta, longitud de la raíz y número de hojas, tanto en condiciones de invernadero como de campo.

La versatilidad de crecimiento y las bondades que presentan las cepas de *Trichoderma* spp. han hecho posible su utilización para la elaboración de productos biocontroladores fitopatógenos. El sustrato de maíz se considera apto para el desarrollo del hongo, debido a un favorable resultado en su crecimiento. Luego de 45 días de la aplicación del inoculo con el sustrato se observó una importante colonización del hongo en el suelo (Albrecht et al., 2023).

López et al., (2023) en un trabajo realizado con sustratos de arroz (testigo), maíz, olote de maíz, copra de coco y melaza, con 5 cepas de hongos mediante fermentación sólida y bifásica, obtuvieron que con olote de maíz se produjo concentraciones de esporas muy cercanos a los obtenidos con el arroz, la adición de melaza a los sustratos, produjo un ligero aumento en la concentración de esporas en comparación a los obtenidos sin melaza. En el estudio el olote de maíz resultó el mejor sustrato para la reproducción masiva del hongo *Trichoderma*.

Sánchez et al., (2024) utilizaron *Trichoderma* en el manejo ecológico de la roya del café. Este hongo antagonista, al desplegar diversas estrategias como la competencia, antibiosis y micoparasitismo, mostró ser una alternativa valiosa con efectos sinérgicos destacados en condiciones de campo.

En el establecimiento del nuevo modelo agrícola en Cuba, una de las tareas más urgentes es encontrar vías para reducir el uso de plaguicidas sintéticos para el manejo de plagas. Una de estas vías es el control biológico, que, además de reducir el impacto ambiental en la actividad agropecuaria, permite asegurar la sostenibilidad agrícola. Entre estos métodos, se encuentra la utilización de *Trichoderma* como fungicida, por su actividad antagonica frente a fitopatógenos (Antomarchi et al., 2023).

Teniendo en cuenta lo analizado en el presente trabajo, se propone como objetivo: evaluar del efecto de diferentes dosis de maíz, combinado con otros sustratos en la reproducción del hongo *Trichoderma* spp. en condiciones de laboratorio. Para lo cual se establecieron como objetivos específicos:

1. Determinar el efecto de diferentes dosis de maíz, combinado con otros sustratos en la reproducción del hongo *Trichoderma* spp.
2. Recomendar las combinaciones de mejor efecto para la reproducción del hongo *Trichoderma* spp. en los Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos de Holguín, Cuba.

MATERIALS AND METHODS

El presente trabajo se desarrolló en el Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE) de la Empresa Integral de Holguín, Cuba, con la finalidad de evaluar el efecto de diferentes dosis de maíz, combinado con otros sustratos en la reproducción del hongo *Trichoderma* spp. en condiciones de laboratorio.

Los análisis de calidad se efectuaron en el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, ubicado en la misma Ciudad de Holguín. Se utilizaron los Procedimientos Normativos Operacionales para la reproducción y uso de controladores biológicos propuestos por el Instituto Nacional de Investigación de

Sanidad Vegetal (INISAV) y el manual sobre las formas de obtención de controladores biológicos microbianos para su uso en el sistema de producción agrícola.

El ensayo se realizó en cuartos climatizados para la regulación de las condiciones experimentales. Los equipos, materiales y reactivos utilizados fueron: split, autoclave, microscopio, deshumificadores, selladora de bolsas, molino de granos, lámparas de luz ultravioleta, envases de vidrio, bandejas, tarrinas, mecheros, papel indicador de ph, permanganato de potasio, formol y alcohol.

Las alternativas experimentales estuvieron conformadas por cuatro dosificaciones de maíz en diferentes sustratos: bagazo de caña fino, aserrín de pino, cáscara de maní y cáscara de arroz. Se utilizó como testigo el maíz al 100 %. Las alternativas fueron evaluadas en tres repeticiones. En la preparación de los inóculos, se empleó un tubo de cepa con una concentración de 10^9 esp/ml, con una viabilidad de más del 90% según el certificado de calidad, las esporas se disolvieron en 800 ml de agua destilada estéril para ser usado en la inoculación de las diferentes alternativas.

Tabla 1: Alternativas experimentales

Sustratos (g)	Testigo 1000g	Maíz 300	Alternativa 1 Maíz 700g	Alternativa 2 Maíz 500g	Alternativa 3 Maíz 300g
Bagazo de caña fino	-	300	500	700	
Aserrín de pino	-	300	500	700	
Cáscara de maní	-	300	500	700	
Cáscara de arroz	-	300	500	700	
Inóculo (<i>Trichoderma</i>)	80ml 1×10^9 esp/ml				
Temperatura (°C)	Regulada de 25 - 30 °C				

Principales aportes de los sustratos que se emplean en las alternativas experimentales:

1. Maíz: 87% de fibra cruda, 23 % de celulosa, 67 % de hemicelulosa y 0.1% de lignina.
2. Cáscara de maní: 6,9% de proteína, 94,9% de fibra total, 54.6 % de celulosa, 14.5 % de hemicelulosa y 30.9 % de lignina.
3. Bagazo de caña: 38.4 % de celulosa, 23.2% de hemicelulosa y 25 % de lignina.
4. Aserrín de pino: 37.7% de celulosa, 11.6% de hemicelulosa y 27.5% de lignina.
5. Cáscara de arroz: 40% de celulosa, 20% de hemicelulosa y 25 % de lignina.

Procedimientos utilizados:

1. Preparación del sustrato, inoculación e incubación: el maíz, las cáscaras de maní y las cáscaras del arroz, fueron molinadas fino y el bagazo de caña y el aserrín pasados por jibe para eliminar las partes gruesas. Atendiendo a cada alternativa, se realizaron las mezclas de las mismas en el cuarto de calor. Se depositaron 5 kg de los sustratos en canastas con orificios abiertos para facilitar la penetración del vapor a todo el material. Luego se colocaron en la autoclave para su esterilización durante 40 minutos a 121 °C. Al sacarlas los orificios fueron cerrados para impedir la entrada de contaminaciones en el proceso de enfriamiento.

Se dejaron en reposo por 24 horas para su enfriamiento en el cuarto de inoculación, se utilizó previamente luz ultravioleta para eliminar posibles contaminantes. El cuarto de inoculación se esterilizó con el uso de permanganato de potasio y formol. Se puso la lámpara de luz ultravioleta por 40 minutos y se desinfectó las mesetas y envases de vidrios con alcohol al 70%.

Transcurrido el proceso de enfriamiento las tamboras son trasladadas al cuarto de inoculación y con la utilización de mecheros de alcohol, los 5kg de sustratos son inoculados con la suspensión de esporas antes descrita, se procedió a mezclar para lograr homogeneidad y se depositaron 300 gramos por bandejas, las que fueron llevadas al cuarto de crecimiento por un periodo de 5 días a temperatura entre 25 y 30 °C, esta temperatura es óptima para el desarrollo del hongo, la humedad relativa se mantuvo en el rango de 77 al 80 %. Se estableció un régimen de oscuridad controlada para favorecer el proceso de crecimiento y esporulación.

Las bandejas fueron tapadas con otras bandejas durante los tres primeros días para evitar la contaminación y mantener la humedad interna del producto para el desarrollo del micelio, transcurrido ese tiempo fueron destapadas y removidas para brindar oxigenación a los hongos y facilitar su desarrollo según lo planteado por Chávez, et al., (2008) y Aceves, et al., (2008).

2. Secado

Este proceso se realizó en bandejas plásticas de baja altura, buscando la mayor exposición del producto a temperaturas entre 15 y 20 °C y humedad relativa por debajo del 60 %. Se utilizó el deshumificador durante el tiempo de secado que fue de unas 48 horas.

3. Recobrado y conservación del producto terminado.

Se tomaron las muestras del producto terminado y se enviaron al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal para el control de calidad donde se utilizó el manual del Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal sobre Normas de Calidad de biopreparados. En base a ello, se elaboró el certificado de concordancia que incluyó: pureza microbiológica, concentración y viabilidad. Se procedió a envasar el producto terminado en bolsas de polipropileno que fueron selladas al calor herméticamente con el empleo de la selladora

Los resultados se evaluaron a través del paquete estadístico Infostat, (Di Rienzo et al., 2017) mediante un análisis de varianza y se aplicó la prueba de comparación de rangos múltiples de medias con el método Tukey para un nivel de significación del 95%.

RESULTADOS

El comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en rangos de 24-25 °C y 77- 80% respectivamente, se mantuvieron en los parámetros permisibles para la reproducción de *Trichoderma* spp. Ello fue posible con el empleo de cuartos climatizados y el uso de las bandejas de aguas para el control de la humedad relativa.

Tabla 2: Valores de temperatura y humedad relativa durante el ensayo

FECHA	8:00 AM		12:00 PM		3:00 PM	
	TEMP. °C	H.R. %	TEMP. °C	H.R. %	TEMP. °C	H.R. %
18/6/2025	25.0	79	25.0	77	25.0	79
19/6/2025	24.0	78	25.0	78	25.0	77

20/6/2025	24.4	79	24.3	78	25.0	78
21/6/2025	24.0	78	24.3	77	25.0	80
24/6/2025	24.3	80	25.0	78	25.0	78
25/6/2025	24.3	79	24.7	80	24.5	78
26/6/2025	24.5	80	25.2	79	25.0	79
27/6/2025	25.1	79	25.0	80	25.0	80
1/7/2025	25.2	78	25.0	79	25.0	79
2/7/2025	25.0	80	25.0	79	25.3	78
3/7/2025	25.0	79	25.2	80	25.2	80
4/7/2025	25.2	79	-	-	-	-

Resultados en las alternativas estudiadas

Se utilizó como testigo el maíz molido fino sin mezclar (100% puro). En la evaluación de este sustrato se obtuvo valores de esporulación entre 3.1 y 3.9×10^9 esp/ml.

Tabla 3. Respuesta en maíz fino (100 %)

Testigo	Sustrato	Maíz (1000g)		
		Réplica I (esp/ml)	Réplica II (esp/ml)	Réplica III (esp/ml)
	Maíz fino	3.6×10^9	3.9×10^9	3.1×10^9

Estos resultados se corresponden con los que se obtienen con el uso de la cabecilla de arroz, el cual es el sustrato que de manera tradicional se emplea en la reproducción de *Trichoderma* spp., por lo que se pudo validar la utilización del maíz fino para efectuar los ensayos en las diferentes alternativas.

La primera alternativa correspondió a la combinación de 700g de maíz fino con 300g de cada uno de los sustratos, es decir, el maíz fino en un 70% y los sustratos en un 30%. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 4. Respuesta en la combinación de 700g de maíz fino con 300g del sustrato

Alternativa 1	Sustrato (300 g)	Maíz fino (700g)		
		Réplica I (esp/ml)	Réplica II (esp/ml)	Réplica III (esp/ml)
	Bagazo de caña fino	3.8×10^9	3.6×10^9	3.4×10^9
	Aserrín de pino	2.6×10^9	1.5×10^9	2.4×10^9
	Cáscara de maní	2.5×10^9	2.9×10^9	2.3×10^9
	Cáscara de arroz	5.2×10^8	4.8×10^8	5.0×10^8

En la alternativa evaluada, a excepción de la combinación del maíz fino con cáscara de arroz, que obtuvo valores entre 4.8×10^8 y 5.2×10^8 esp/ml, las demás combinaciones lograron entre 1.5×10^9 y 3.8×10^9 esp/ml. Estos valores están en los rangos permisibles de reproducción del hongo, con esporulación de 10^9 esp/ml.

El mejor resultado en las tres repeticiones correspondió a la combinación del maíz con el bagazo de caña fino, la cual obtuvo valores iguales y superiores a los del testigo (maíz fino en un 100%), entre 3.4×10^9 y 3.8×10^9 esp/ml, con un buen nivel de esporulación, según lo establecido en la metodología de reproducción de *Trichoderma* spp., es decir, en esta combinación se obtiene un buen crecimiento del hongo, seguida por la combinación del maíz con el aserrín de pino y por la cáscara del maní respectivamente.

Tabla 5. Respuesta en la combinación de 500g de maíz fino con 500g del sustrato
Maíz fino (500g)

Alternativa 2	Sustrato (500 g)	Réplica I	Réplica II	Réplica III
		(esp/ml)	(esp/ml)	(esp/ml)
	Bagazo de caña fino	1.9×10^9	1.5×10^9	2.0×10^9
	Aserrín de pino	2.6×10^9	2.9×10^9	2.4×10^9
	Cáscara de maní	1.9×10^9	2.0×10^9	1.9×10^9
	Cáscara de arroz	3.9×10^7	3.7×10^7	3.9×10^7

Como muestra la tabla 5, en tres de las combinaciones de maíz fino, en dosis de 50% con el 50% de los sustratos, es decir, 500g en cada caso, se obtienen valores de 10^9 esp/ml (maíz fino con bagazo de caña fino, con el aserrín de pino y con la cáscara de maní). Estos valores son adecuados según lo establecido para este hongo antagonista en condiciones de reproducción controladas. El análisis de los resultados revela que, a pesar, de que en los CREE de manera tradicional para la reproducción de este hongo antagonista se emplea como sustrato la cáscara de arroz, en este ensayo se obtienen bajas concentraciones de esporas, por lo que se evidencia que la combinación de maíz fino con este sustrato no fue efectiva.

Tabla 6. Respuesta en la combinación de 300g de maíz fino con 700g de sustrato
Maíz fino (300g)

Alternativa 3	Sustrato (700 g)	Réplica I	Réplica II	Réplica III
		(esp/ml)	(esp/ml)	(esp/ml)
	Bagazo de caña fino	1.5×10^9	1.8×10^9	1.5×10^9
	Aserrín de pino	1.5×10^9	1.3×10^9	1.3×10^9
	Cáscara de maní	1.5×10^9	1.8×10^9	1.6×10^9
	Cáscara de arroz	2.5×10^7	2.5×10^7	2.6×10^7

Con respecto a la tercera alternativa, se utilizó 300g de maíz fino combinado con 700 g de cada sustrato, es decir, el maíz fino al 30% y el sustrato al 70%. Al analizar los resultados que se presentan en la tabla 6, se puede apreciar que, en las tres primeras combinaciones del maíz con bagazo de caña fino, con aserrín de pino y con cáscara de maní se obtienen concentraciones similares, las cuales están entre 1.3×10^9 y 1.8×10^9 esp/ml.

Estos valores de esporulación del hongo en condiciones de laboratorio están en los parámetros establecidos, por lo que se puede plantear que estas combinaciones son adecuadas y reducen considerablemente el uso de maíz como sustrato (30%), el cual constituye un renglón que presenta un elevado costo en el mercado nacional, por lo que se genera un impacto económico en el proceso de producción de *Trichoderma* spp. para su uso con fines agrícolas.

Los valores más bajos se obtienen en la combinación de maíz con cáscara de arroz, la que mostró valores de esporulación de 10^7 esp/ml, concentración que se encuentra por debajo de las establecidas para su utilización. Los valores en esta combinación, resultaron más bajos que en las alternativas 1 y 2.

Análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA):

Teniendo en cuenta los resultados antes expuestos, se procedió a efectuar un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA), utilizando el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017).

Tabla 7. Análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	G.L	Cuadrado medio	F	P
Combinaciones	4.00222222	2	2.00111111	19.1595745	0.008934004
Réplica	0.16888889	2	0.08444444	0.80851064	0.507116621
Error	0.41777778	4	0.10444444		

El mismo aportó que existe variabilidad entre las combinaciones evaluadas, por lo que se procedió a realizar el análisis de significancia de las diferencias entre las medias a través de pruebas de rangos múltiples de Tukey al 95% de confianza.

Tabla 8. Prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey al 95% de confianza

	Combinaciones	Medias (esp/ml)
Alternativa 1	700g maíz fino - 300g bagazo de caña fino	3.6×10^9 a
Alternativa 1	700g maíz fino - 300g cáscara de maní	2.7×10^9 b
Alternativa 2	500g maíz fino - 500g aserrín de pino	2.6×10^9 b

Letras diferentes difieren según Tukey ($p < 0,05$). Valores representados por las medias \pm error estándar (EE) = 0,417 de tres repeticiones. CV (%) = 11,54

Como se aprecia en la tabla 8, la combinación de 700g de maíz fino con 300g de bagazo de caña fino, con los valores de concentración más altos para una media de 3.6×10^9 esp/ml, mostró diferencias significativas con las demás combinaciones analizadas, es decir, 700g maíz fino con 300g de cáscara de maní y 500g de maíz fino con 500g de aserrín de pino, las cuales no mostraron diferencias entre ellas.

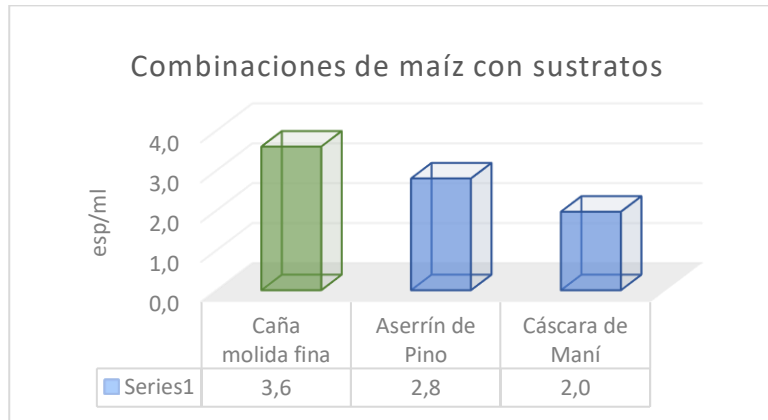


Figura 1. Combinaciones de mejor efecto sobre la reproducción de *Trichoderma* spp.

El análisis mostró que la alternativa 1, es la de mejor efecto sobre la reproducción de *Trichoderma* spp, con dos combinaciones que expresaron valores superiores a las demás en estudio. A esto se agrega que, el mejor efecto correspondió a la combinación de 700g de maíz fino con 300g de bagazo de caña fino.

DISCUSIÓN

En las combinaciones de maíz fino con los sustratos: bagazo de caña fino, aserrín de pino y cáscara de maní, se alcanza un comportamiento favorable en las tres alternativas estudiadas, debido a que en todos los casos los valores estuvieron en el rango de 10^9 esp/ml.

Asimismo, se obtuvo el valor más alto en la combinación de 700g de maíz fino con 300g de bagazo de caña fino, con valores de 3.8×10^9 , 3.6×10^9 y 3.4×10^9 esp/ml. Los valores más bajos en las tres alternativas estudiadas, lo obtuvo la combinación de maíz fino con cáscara de arroz. Resultados que concuerdan con los presentados por Agamez et al., (2008) durante la evaluación de 13 sustratos, siendo la cáscara de arroz la que mostró los valores más bajos de concentración durante la reproducción de *Trichoderma* spp. Se evidenció además que, entre mayor dosis de maíz fino, mejor es el efecto en la reproducción del hongo, pues aumenta la concentración de esporas. Sin embargo, es significativo destacar que con la dosis de un 30% de maíz, independientemente que disminuyen las concentraciones de espora con respecto a la alternativa 1 y 2 en las combinaciones con bagazo de caña fino, aserrín de pino y cáscara de maní, los valores están en el rango de 10^9 esp/ml, por lo que esta alternativa constituye una opción para reducir los gastos por concepto de compra de sustratos, debido a que los valores de esporulación son permisibles para la reproducción de este hongo antagonista.

Estos resultados se corresponden con los alcanzados por Endara (2011), donde el bagazo de caña incidió en un mejor desarrollo de *Trichoderma* spp., con un mayor porcentaje de rendimiento. Asimismo, coinciden con los reportados por Allori et al., (2017) que obtuvieron los mejores resultados al utilizar el bagazo de caña enriquecido con melaza al 10%.

El bagazo de caña es un sustrato que presenta un elevado contenido de nutrientes, contiene un 38.4 % de celulosa y 23.2% de hemicelulosa, lo que posibilita que *Trichoderma* spp. se desarrolle en condiciones adecuadas y exprese una mayor eficiencia en la producción de esporas. Asimismo, es un subproducto de la agroindustria azucarera, por lo que existe alta disponibilidad en Cuba y en otras regiones del mundo. Por tanto, su uso contribuye a minimizar los costos, lo cual genera un impacto económico en el proceso de reproducción de microorganismos beneficiosos.

Con las alternativas evaluadas se alcanza un notable valor ambiental, dado a que el incremento sostenido de los niveles de producción de *Trichoderma* spp. a partir del uso de sustratos de fácil obtención y

económicos, permitirá a los productores agropecuarios disponer de este agente de control biológico, y con ello disminuir el empleo de plaguicidas químicos, cada vez más costosos y contaminantes del medio ambiente.

CONCLUSIONES

El mejor efecto en la reproducción de *Trichoderma* spp se obtiene con la utilización del maíz fino combinado con el bagazo de caña fino, con valor medio de concentración de 3.6×10^9 esp/ml.

Las combinaciones de maíz fino molido con los sustratos aserrín de pino y cáscara de maní en las tres alternativas estudiadas, presentaron valores de concentración de 10^9 esp/ml, los cuales están en el rango permisible de reproducción del *Trichoderma* spp.

El empleo de la combinación de maíz fino en un 30 % (300g) con 70% de los sustratos (700g) de bagazo de caña fino, cáscara de maní y aserrín de pino, constituye la alternativa ecológica con elevado valor económico para su generalización.

Contribuciones de los autores: Conceptualización: MVDP y MGM; metodología: MVDP y JLGP; instrumento: MVDP y MGM; validación: MVDP, MGM y JLGP y; análisis formal: MVDP; investigación: MVDP, MGM y JLGP; Depuración de datos: MVDP y JLGP; redacción-preparación del borrador original: MVDP; revisión y edición, MVDP y MGM; visualización: MGM; supervisión: JLGP; administración del proyecto: MVDP; adquisición de fondos: JLGP. Todos los autores han leído y aceptado la publicación de este manuscrito..

Financiamiento: Este manuscrito no recibió financiamiento externo.

Agradecimientos: Al Ministerio de la Agricultura (MINAG), a la Estación Territorial de Protección de Plantas, al Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE), al Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal y a la Universidad de Holguín (UHo) por el financiamiento y apoyo en la ejecución de este proyecto de investigación.

Conflictos e intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

REFERENCIAS

1. Aceves, A. C.; Otero, M.A.; Martínez, R.D.; Rodríguez, N.I.; Aiza, R.; y Barrios A. Producción masiva de *Trichoderma harzianum* Rifai en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo Ser.Hortic.* 2008, 14 (2), 185-191. Chapingo.hoticultura@gmail.com
2. Agamez, E.; Zapata, E. Y.; Oviedo, L.E.; y Barrera, J.L.). Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma sp.* *Revista Colombiana de Biotecnología.* 2008, 10 (2), 23-24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77610204>
3. Allori, E.; Yasem M.G.; y Ploper L.D. (). Evaluación de sustratos para la producción de esporas de *Trichoderma* y estudio del crecimiento en arroz de las cepas antagonistas TPT03, TPT02, MRT35 Y MRT40. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino.* 2017, 37 (1), 57-66. https://archive.org/details/pub_revista-agronomica-del-noroeste-argentino
4. Albrecht, A. B.; Albrech, M. L.; Morínigo, K. B.; Zapata, N. J.; y Rebruk, R. Producción artesanal de *Trichoderma* spp. para posible uso en el control biológico sostenible en huertas. *Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico.* 2023, 17 (17). <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/rseisa>
5. Antomarchi, Y.; Tamayo, E.; Guerra, J. L.; y Mas Dieg S. M. Producción de hongo *Trichoderma harzianum* A-34 en sustratos sólidos alternativos. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS.* 2023, 5(1), 259-267. <https://editorialalema.org>
6. Arévalo, E.; Cayotopa, J.; Olivera, D., Gárate, M.; Trigoso, E., Costa, B.; y Leon B. Optimización de sustratos para la producción de conidias de *Trichoderma harzianum* por fermentación sólida

- en la Región de San Martín, Perú. *Revista Investigaciones Altoandina*. 2017, 19 (2), 135-144. <https://huajsapata.unap.edu.pe>
7. Borja, L.; Rocano J. P.; Bustamante, K. M. Captura, reproducción y aplicación del hongo *Trichoderma*. *Revista Juventud y Ciencia Solidaria*. 2020, <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23899>
 8. Companioni, B.; Domínguez, G.; y García.; R. *Trichoderma*: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura. *Bioteología Vegetal*. 2019, 19 (4), 237-248. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV>
 9. Chávez, M.; Salvador, J.; Martínez, M. M.; Mercado, M.; Rodríguez, M. X.; y Quevedo, B. Efecto del sustrato y la exposición a la luz en la producción de una cepa de *Trichoderma* spp. *Universitas Scientiarum*. 2008, 3 (3), 245-251. www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum
 10. Cubilla, A.; Ruiz, D.; Romero, M.; Flores, M.; y Barúa, J. Antibiosis de proteínas y metabolitos en especies de *Trichoderma* contra aislamientos paraguayos de *Macrophomina phaseolina*. *Agronomía Mesoamericana*. 2019, 30(1), 63-77. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34423>
 11. Di Rienzo, J. A.; Casanoves F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; y Robledo, W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.academia.edu>
 12. Druzhinina, I.; Kopchinskiy, A.; y Kubicek, C. The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data. *Mycoscience*. 2006, 47, 55-64. <https://www.sciencedirect.com>
 13. Endara, M. A. Reproducción del Hongo *Trichoderma Harzianum* (biofungicida) aprovechando desechos agroindustriales (residuos de papa, tamo de fréjol, bagazo de caña) [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. 2011. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/387>
 14. Hernández, D. J.; Ferrera-Cerrato R.; y Alarcón A. *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean J. Agric. Anim. Sci. Ex Agro-Ciencia* (2019) 35(1), 98. <https://www.chileanjar.cl>
 15. López, T.; Paramo, L. A.; y Delgado, H. D. Reproducción masiva de hongos *Trichoderma* previamente identificados de suelos Nicaragüenses en diferentes sustratos orgánicos. *Revista científica NEXO*. 2023, 35 (3). <https://revistas.uni.edu.ni/index.php/Nexo/index>
 16. Rodríguez, D.; y Vargas, J. Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum Lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*. 2022, 46 (2). <https://dx.doi.org/10.155517/rac.v46i2.52045>
 17. Sánchez, R.; González, E.; Padilla, J. S.; Gallegos, M. A.; González, U.; Gómez, R.; y De Lira, K. V. Efectividad de cepas de *Trichoderma* spp., y *Lecanicillium* spp., en el control de la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) en el cultivo del café en Nayarit, México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 2024, 26 (1). <https://biotecnia.unison.mx>
 18. Torres, M.; Ortiz, C.; Bautista, C., Ramírez, J.; Ávalos, N.; Cappello, S.; y De la Cruz, A. Diversidad de *Trichoderma* en el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 2015,86(4): 947-961. <https://revista.ib.unam.mx>

Recibido: [18 diciembre 2025] | Aceptado: [24 enero 2026] | Publicado: [15 marzo 2026] |

Citation: Daley, M. V.; Escobar, R.; García, M.; García J. L. Alternativas para la reproducción del *Trichoderma* spp. en condiciones de laboratorio. *Bionatura*. 2026. Volumen 11, No 1. <https://doi.org/10.70373/RB/2026.11.01.9>

Peer review information: Bionatura thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately after publication, without subscription charges or registration barriers.

Publisher's Note: Bionatura stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)