

Nuevos aislados de *Fusarium* procedentes de *Morus alba* Linneo y *Moringa oleifera* Lamarck. *Trichoderma* como un posible control



<https://eqrcode.co/a/fdXK2y>

New isolates of *Fusarium* from *Morus alba* Linneo and *Moringa oleifera* Lamarck. *Trichoderma* as a possible control

✉ Yanisia Duarte Leal*, ✉ Benedicto Martínez Coca

¹Laboratorio de Micología Vegetal, Grupo de Fitopatología, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Apartado 10, San José de las Lajas, CP 32 700, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: El trabajo tuvo como objetivos identificar, por métodos convencionales, las especies de *Fusarium* procedentes de morera (*Morus alba* Linneo) y moringa (*Moringa oleifera* Lamarck), presentes en una zona productora del Noreste de La Habana, y seleccionar cepas promisorias de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg (*Ta.*) para su control. Se evaluó por el método de cultivo dual, la capacidad antagonista (antibiosis, competencia por espacio y micoparasitismo) de *Trichoderma* frente a los aislados del fitopatógeno. Los datos obtenidos en el estudio de cepas de *Ta.*, se procesaron por Análisis de Varianza Simple (ANOVA) y las medias se compararon (Duncan, $p \leq 0,05$), utilizando el paquete estadístico INFOSAT Profesional. Se identificaron las especies *Fusarium solani* (Martius) Appel & Wollenweber emend. Snyder & Hansen (*Fmra.* 1, *Fmga.* 1 y *Fmga.* 2) y *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen (*Fmra.* 2). Todas las cepas de *Ta.* evaluadas, inhibieron el crecimiento de los fitopatógenos a partir de las 48 h, destacándose *Ta.* 1 y *Ta.* 13. Las cepas del antagonista se ubicaron en la clase 1 y 2 de la escala de Bell. Las cepas *Ta.* 1, *Ta.* 3 y *Ta.* 13 por su efecto integral sobre las especies de *Fusarium*, se seleccionaron como futuros candidatos a ingredientes activos de bioplaguicidas.

Palabras clave: antagonismo, control biológico, inhibición, morera, moringa, pudrición de raíz, *Trichoderma asperellum*.

ABSTRACT: The objectives of this work were to identify the *Fusarium* species affecting mulberry (*Morus alba* Linneo) and moringa (*Moringa oleifera* Lamarck) growing in a producing area in the Northeast of Havana and to select promising strains of *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg (*Ta.*) for their control. The antagonistic capacity (antibiosis, competition for space, inhibition of radial growth and mycoparasitism) of *Trichoderma* against isolates of the phytopathogen was evaluated by the dual culture method. The species *Fusarium solani* (Martius) Appel & Wollenweber emend. Snyder & Hansen (*Fmra.* 1, *Fmga.* 1 and *Fmga.* 2) and *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen (*Fmra.* 2) were identified by conventional methods. All strains of *Ta.* evaluated inhibited growth of the phytopathogens after 48 h, with *Ta.* 1 and *Ta.* 13. standing out. The antagonistic strains were placed in class 1 and 2 of the Bell scale. Due to their integral effect on *Fusarium* species the strains *Ta.* 1, *Ta.* 3, and *Ta.* 13 were selected as future candidates for active ingredients of biopesticides.

Keywords: antagonism, biological control, inhibition, mulberry, moringa, root rot, *Trichoderma asperellum*.

INTRODUCCIÓN

Moringa oleifera Lamarck (Moringaceae) es un árbol originario del norte de la India, que crece en ambientes tropicales y subtropicales. Las hojas poseen alto valor nutricional: proteínas, aminoácidos esenciales, antioxidantes (ácido ascórbico, flavonoides, fenólicos y carotenoides), múltiples vitaminas (A, C y complejo B) y propiedades medicinales, por lo que constituye excelente alimento para animales y el hombre (1).

Morus alba Linneo (Moraceae) se encuentra ampliamente distribuida en Asia, Europa y África. Esta planta posee propiedades medicinales y se utiliza en la alimentación del gusano de seda (*Bombyx mori* L.), corderos, cabras, aves, entre otros (2).

Ambos cultivos se afectan por numerosos patógenos; en *M. oleifera* se relacionaron *Fusarium* sp. (3), *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus fla-*

vus Link, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder Hansen, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid y *Rhizopus stolonifera* (Ehrenb.) Vuill (4). Mientras que, en *M. alba*, se notificaron *Cercospora moricola* Cooke y *Pseudocercospora mori* (Hara) Deighton (5).

El control de estos fitopatógenos se realiza, frecuentemente, mediante la aplicación indiscriminada de fungicidas sintéticos, la que ocasiona daños al ambiente y a la salud humana (6). El uso de controladores biológicos, dentro de ellos especies de *Trichoderma*, constituye una alternativa viable para disminuir los efectos adversos de estos agroquímicos. El Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) cuenta con cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg con un elevado efecto antagonista frente a numerosas dianas (7).

*Autor para correspondencia: Yanisia Duarte Leal. E-mail: yanisia@censa.edu.cu

Recibido: 20/10/2020

Aceptado: 25/12/2020

Los objetivos del presente trabajo fueron identificar morfológicamente las especies de *Fusarium* procedentes de morera (*M. alba*) y moringa (*M. oleifera*), presentes en una zona productora en el noreste de La Habana, y seleccionar cepas promisorias de *T. asperellum* para su control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento y obtención de los fitopatógenos

Durante el periodo comprendido de enero de 2018 a noviembre de 2019, se tomaron muestras de plantas de morera (cultivar Gui Sang You 62) y moringa con síntomas de marchitez, amarillamiento y necrosis de las raíces, procedentes de suelos pertenecientes a una zona productora en el Noreste de La Habana. Estas se procesaron en el Laboratorio de Micología Vegetal (LMV) del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba.

Las muestras sintomáticas se fraccionaron en trozos de 5 mm en condiciones asépticas, se sembraron en placas Petri ($\varnothing=90$ mm) con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) (Biocen) más cloranfenicol ($0,01$ g.l⁻¹) y se incubaron ($28^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, oscuridad constante). A las 72 horas, se realizaron preparaciones de fragmentos de micelio de los aislados obtenidos y, según las estructuras observadas, se determinó su identidad genérica en un microscopio óptico [modelo N-800M (400x)].

De los aislamientos obtenidos se realizaron cultivos monóspóricos, los que se conservaron en tubos de ensayo con cuñas de PDA a 4°C .

Caracterización morfológica e identificación

Los aislados de *Fusarium* se caracterizaron e identificaron mediante la siembra en tres medios de cultivos: hojas de clavel agar [Carnation Leaf piece Agar (CLA)], PDA y Spezieller Nährstoffarmer Agar (SNA), según la clave notificada por Leslie y Summerell (8). Las estructuras fúngicas se visualizaron al microscopio óptico N-800M (400x). Todas las características de los aislados observadas se registraron y se documentaron mediante una cámara digital SONY.

Antagonismo de cepas de *Trichoderma* frente a los hongos fitopatógenos aislados de morera y moringa

Se utilizaron 13 cepas de *T. asperellum* (*Ta*) (*Ta*. 1, *Ta*. 3, *Ta*. 12, *Ta*. 13, *Ta*. 17, *Ta*. 25, *Ta*. 28, *Ta*. 56, *Ta*. 75, *Ta*. 78, *Ta*. 79, *Ta*. 85 y *Ta*. 90), y un aislamiento de *Trichoderma* sp. (*Tsp*. 81), procedentes del cepario del LMV, y cuatro aislados de *Fusarium* de morera (*Fmra*. 1 y *Fmra*. 2) y moringa (*Fmga*. 1 y *Fmga*. 2). Las cepas del antagonista se multiplicaron en placas Petri ($\varnothing=90$ mm) con medio de cultivo Agar Malta durante tres días ($28^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ y oscuridad) y, los

aislados de *Fusarium* spp., en medio de cultivo PDA ($25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ y oscuridad), durante siete días.

El efecto antagónico de *Trichoderma* sobre los fitopatógenos se evaluó por el método de cultivo dual (CD). Se evaluaron la antibiosis, competencia por espacio, porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) y el micoparasitismo (9, 10, 11). Se utilizaron tres réplicas por cada tratamiento y un control de cada aislamiento de fitopatógeno, sembrado e incubado en las mismas condiciones, pero sin el antagonista.

Los datos obtenidos se procesaron por un Análisis de Varianza Simple (ANOVA); las medias se compararon según la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan ($p\leq 0,05$), utilizando el paquete estadístico INFOS-TAT Profesional (12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica

Las coloraciones de las colonias de los aislamientos presentaron variabilidad. El micelio fúngico del aislamiento *Fmra*. 1 (Fig. 1A) fue de color salmón; mientras que, el de *Fmra*. 2 (Fig. 1B) fue blanquecino. Las colonias de los aislamientos *Fmga*. 1 y *Fmga*. 2 (Fig. 1C y D) presentaron tonalidades crema. Los bordes de las colonias de los aislados fueron redondeados con textura afelpada. Las colonias de los cuatro aislamientos formaron anillos en el medio de cultivo.

Los aislamientos *Fmra*.1, *Fmga*. 1 y *Fmga*. 2, produjeron abundantes esporodoquios de color naranja pálido. Los macroconidios fueron rectos o ligeramente curvados, con la presencia de 3 a 7 septos, con células apicales romas y redondeadas, y una célula basal poco desarrollada con forma de pie (Fig. 2A). Los microconidios fueron ovales y fusiformes con 0-1 septo y se formaron en falsas cabezuelas en monofialides (Fig. 2B). Las clamidosporas se formaron relativamente abundantes en el micelio, intercalares y terminales pareadas (Fig. 2C). Tales características concordaron con las notificadas por Leslie y Summerell (8) para *F. solani*.

El aislado *Fmra*. 2, procedente de morera, se caracterizó por presentar esporodoquios (Fig. 3C), macroconidios semicurvos, agudizados en sus extremos, con tres septos y célula basal con un pie; microconidios abundantes formados en falsas cabezuelas (Fig. 3A y B), de formas ovales, arriñonadas a elípticas en monofialides cortas, 0-1 septo; clamidosporas terminales e intercalares, en cadenas y en grupos. Estos caracteres coincidieron con lo informado por Leslie y Summerell (8) para *F. oxysporum*.

Por las características observadas en cada aislamiento y su comparación con las descritas en la clave utilizada (8), se lograron identificar dos especies de *Fusarium*: *Fusarium solani* (Martius) Appel & Wollenweber emend. Snyder & Hansen donde se incluyeron los aislados (*Fmra*.1, *Fmga*. 1 y *Fmga*. 2), y *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl emend. Snyder & Hansen (*Fmra*. 2).

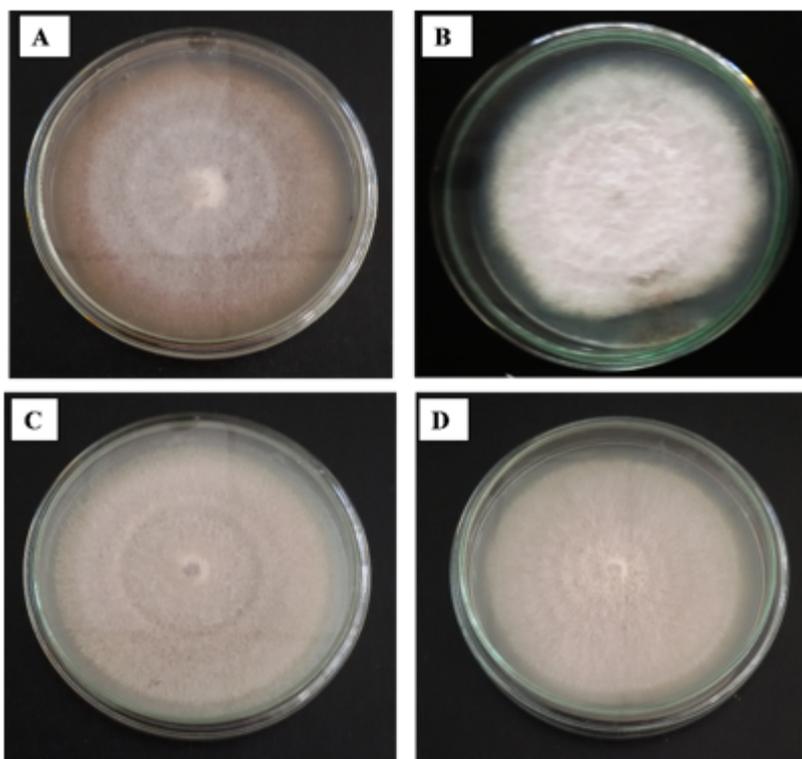


Figura 1. Colonias de los aislamientos de *Fusarium* de morera [*Fmra.1* (A) y *Fmra.2* (B)] y moringa [*Fmga. 1* (C) y *Fmga. 2* (D)] crecidos sobre PDA incubados a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por siete días / Colonies of *Fusarium* isolates from mulberry [*Fmra.1* (A) and *Fmra.2* (B)] and moringa [*Fmga.1* (C) and *Fmga.2* (D)] grown on PDA incubated at $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ for seven days

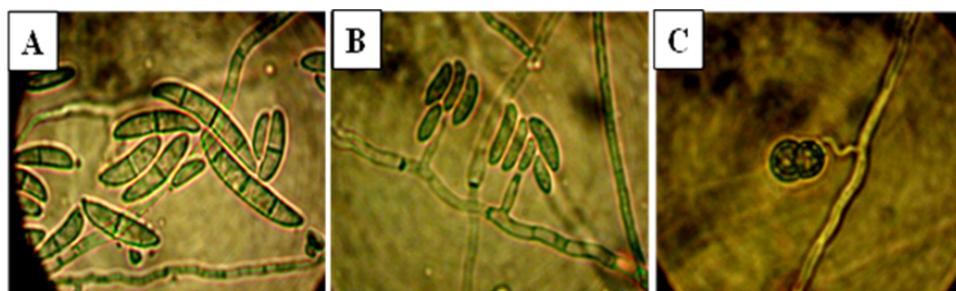


Figura 2. Aislado *Fmga. 1* (*F. solani*) crecido sobre medio de cultivo CLA a 25°C . A, macroconidios multiseptados y microconidios. B, microconidios formados en falsas cabezuelas sobre monofialides. C, clamidospora terminal pareada / *Fmga. 1* (*F. solani*) grown on CLA culture medium at 25°C . A, multiseptate macroconidia and microconidia. B, microconidia formed in false heads on monophyalides. C, paired terminal chlamydospores

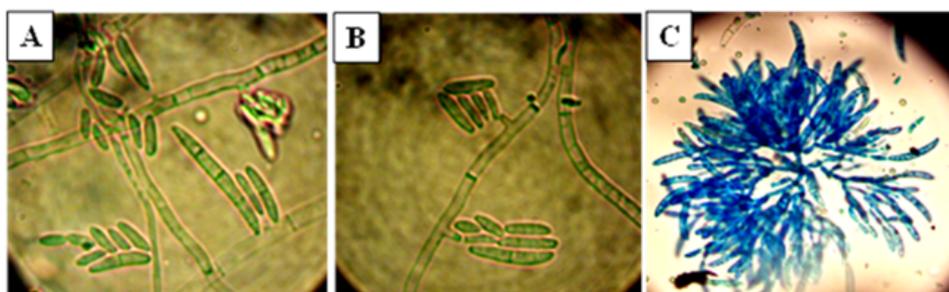


Figura 3. Aislado *Fmra. 2* (*F. oxysporum*) de morera crecido sobre medio de cultivo CLA a 25°C . A: macroconidios multiseptados, microconidios. B: microconidios. C: esporodocio / Isolate *Fmra* (*F. oxysporum*) from mulberry grown on CLA culture medium at 25°C . A, multiseptate macroconidia, microconidia. B, microconidia. C, sporodochium

Las especies *F. oxysporum* y *F. solani* son consideradas complejas, es decir, aglutinan varias especies que se identifican por técnicas moleculares (13) al nivel de regiones del genoma. El uso futuro de estas herramientas precisará la identificación de estos agentes causales.

Antagonismo de cepas de *Trichoderma* frente a los aislados de *Fusarium* procedentes de morera y moringa

Antibiosis

Todas las cepas de *T. asperellum* y el aislamiento de *Trichoderma* sp. inhibieron el crecimiento micelial de los fitopatógenos desde las 48 horas previo al contacto hifal, en comparación con el control, lo que se evidenció a través del CD.

El efecto antagónico ocasionado por las cepas *Ta.* 1, *Ta.* 3, *Ta.* 13, *Ta.* 17, *Ta.* 25, *Ta.* 28, *Ta.* 75, *Ta.* 79, *Ta.* 85 y el aislado *Tsp.* 81, fue mayor frente al aislamiento *Fmra.* 1, lo que mostró diferencias significativas con el efecto provocado por las cepas *Ta.* 12, *Ta.* 56, *Ta.* 78 y *Ta.* 90.

En el enfrentamiento con el aislado *Fmra.* 2, las cepas *Ta.* 1, *Ta.* 13, *Ta.* 75, *Ta.* 78 y *Ta.* 79 provocaron un elevado efecto inhibitorio, con diferencias respecto a las restantes cepas. El aislado *Fmga.* 1 tuvo la mayor inhibición frente a las cepas *Ta.* 12, *Ta.* 13 y *Ta.* 85, con diferencias significativas con relación al resto de las cepas de *Trichoderma* evaluadas. El aislado de *Fusarium* más sensible en la antibiosis fue *Fmga.* 2, pues todas las cepas de *Ta.* inhibieron su crecimiento.

Las cepas *Ta.* 1 y *Ta.* 78 se destacaron con el mayor efecto inhibitorio.

Según Karlsson *et al.* (14), las especies pertenecientes al género *Trichoderma* liberan enzimas extracelulares que participan en la degradación de la pared celular, tales como quitinasa, β -1,3-glucanasa y proteasas. Es evidente que estas enzimas, entre otras, así como otros metabolitos, se excretan al medio por el antagonista antes del contacto de ambos hongos (patógeno-*Ta*). Estos pueden afectar la pared de *Fusarium* y provocar lisis, granulación y otros eventos que limitan el crecimiento del fitopatógeno. Resultados semejantes a los obtenidos en este estudio alcanzaron Cherkupally *et al.* (15), ya que comprobaron que siete cepas de *Trichoderma* spp. causaron inhibición del crecimiento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* Matuo & Isigami antes del contacto a los dos días.

Del análisis integral del efecto de las cepas de *Ta* y el aislamiento de *Tsp.* sobre el crecimiento de los aislamientos de *Fusarium* procedentes de morera y moringa antes del contacto hifal, se determinó que las más destacadas fueron *Ta.* 1 y *Ta.* 13 (Tabla 1).

En estudios futuros se debe esclarecer los metabolitos y la cantidad de estos liberados por estas cepas, involucrados en la inhibición del crecimiento del patógeno.

Competencia por espacio

Todas las cepas de *T. asperellum* y el aislado de *Tsp.* mostraron un crecimiento micelial más rápido que los aislamientos de *Fusarium* de morera y moringa. A las 72 horas, las cepas *Ta.* 3, *Ta.* 12, *Ta.* 56, *Ta.*

Tabla 1. Crecimiento micelial de los aislamientos de *Fusarium* de morera y moringa frente a las cepas de *T. asperellum* y un aislado de *Trichoderma* sp. a las 48 h / *Mycelial growth of the Fusarium isolates from mulberry and moringa in front of T. asperellum and an isolate of Trichoderma sp. at 48 h*

Hongos	Crecimiento (mm)			
	<i>Fmra.</i> 1	<i>Fmra.</i> 2	<i>Fmga.</i> 1	<i>Fmga.</i> 2
<i>Ta.</i> 1	10,33 a	10 a	9 b	9 a
<i>Ta.</i> 3	10 a	11 b	9 b	10 b
<i>Ta.</i> 12	11 b	11 b	8 a	10 b
<i>Ta.</i> 13	10 a	10 a	8 a	10 b
<i>Ta.</i> 17	10 a	11 b	9 b	10 b
<i>Ta.</i> 25	10,33 a	11,33 b	9 b	10 b
<i>Ta.</i> 28	10 a	11 b	9 b	10 b
<i>Ta.</i> 56	11 b	12 c	9 b	10 b
<i>Ta.</i> 75	10 a	9,67 a	9 b	10 b
<i>Ta.</i> 78	11 b	10 a	9 b	9 a
<i>Ta.</i> 79	10 a	10 a	9 b	10 b
<i>Ta.</i> 85	10 a	11 b	8 a	10 b
<i>Ta.</i> 90	11 b	11 b	9 b	10 b
<i>Tsp.</i> 81	10 a	11 b	9 b	10 b
Controles	11 b	12 c	9 b	11,67 c
ESx	0,08	0,12	0,06	0,09

Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas según Duncan ($p \leq 0,05$)

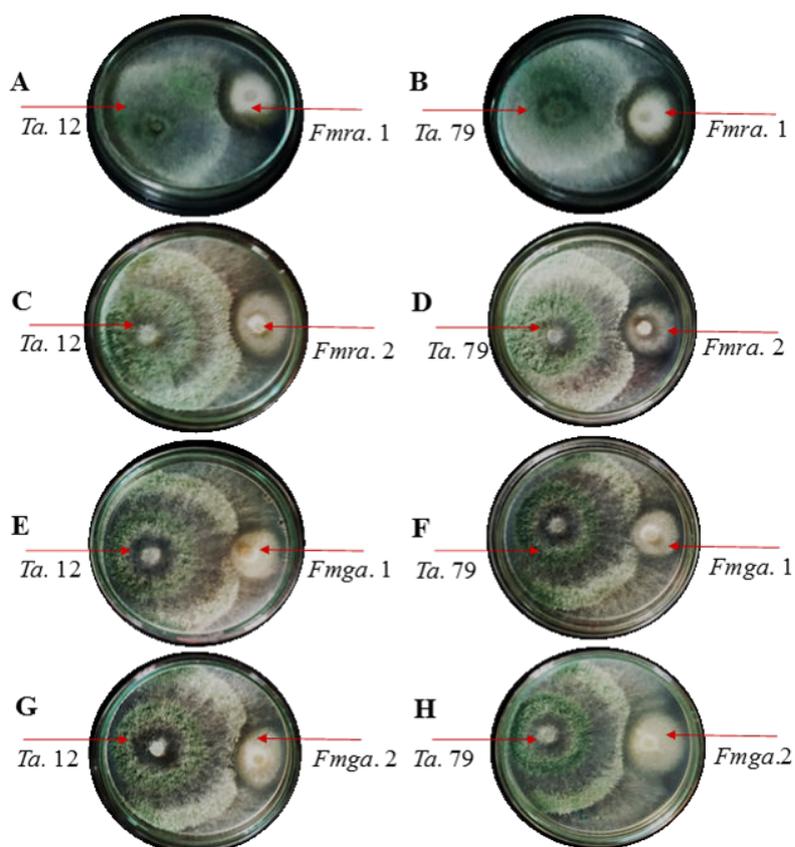


Figura 4. Cultivo dual (competencia por espacio) de *T. asperellum* frente a *Fusarium* a las 72 h. **A** (*Fmra. 1* vs *Ta. 12*), **B** (*Fmra. 1* vs *Ta. 79*), **C** (*Fmra. 2* vs *Ta. 12*), **D** (*Fmra. 2* vs *Ta. 79*), **E** (*Fmga. 1* vs *Ta. 12*), **F** (*Fmga. 1* vs *Ta. 79*), **G** (*Fmga. 2* vs *Ta. 12*), **H** (*Fmga. 2* vs *Ta. 79*) / Dual culture (competition for space) of *T. asperellum* vs *Fusarium* at 72 h. **A** (*Fmra. 1* vs *Ta. 12*), **B** (*Fmra. 1* vs *Ta. 79*), **C** (*Fmra. 2* vs *Ta. 12*), **D** (*Fmra. 2* vs *Ta. 79*), **E** (*Fmga. 1* vs *Ta. 12*), **F** (*Fmga. 1* vs *Ta. 79*), **G** (*Fmga. 2* vs *Ta. 12*), **H** (*Fmga. 2* vs *Ta. 79*)

75, *Ta. 79*, *Ta. 90* y el aislado *Tsp. 81* se desarrollaron en toda el área de la placa, por lo que se ubicaron en la clase 1 de la escala de Bell *et al.* (10), y las restantes en la clase 2 (Fig. 4).

Similares resultados obtuvieron Duarte *et al.* (18), quienes ubicaron en la clase 1 a cepas de *T. asperellum*, al enfrentarlas a diferentes especies de *Fusarium* procedentes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En el presente estudio, las cepas de *Ta.* tuvieron mejor respuesta que las de *T. asperellum* probadas por Michel-Aceves *et al.* (19), quienes las ubicaron en la clase 2 frente a aislamientos de *F. oxysporum* procedentes de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).

Todas las cepas de *T. asperellum* y el aislado de *Trichoderma* sp. presentaron inhibición del crecimiento de los fitopatógenos (Tabla 2). No obstante, hubo variabilidad en este indicador entre las cepas del antagonista frente a los distintos aislamientos de *Fusarium*. La cepa *Ta.13* frente al aislado *Fmra.1* presentó el mayor porcentaje de inhibición con 56 %; frente a *Fmra. 2* sobresalió el aislado *Tsp. 81* (48 %); *Ta. 1* (48, 33 %) y *Tsp. 81* (50 %) destacaron frente a *Fmga. 1*; frente a *Fmga. 2* las cepas *Ta. 13*, *Ta. 78* y *Ta. 85* presentaron porcentajes de 45,83 %. Estos resulta-

dos presentan una misma tendencia a los evaluados por Aswini *et al.* (18) y Tsegaye *et al.* (19), quienes notificaron porcentajes de inhibición de *F. oxysporum* alrededor de 50 % al enfrentarlos a aislamientos de *Trichoderma*.

Las cepas *Ta. 1*, *Ta. 13*, *Ta. 78*, *Tsp. 81* y *Ta. 85* mostraron los mayores porcentajes de inhibición frente a los aislamientos de *F. solani* y *F. oxysporum*.

Micoparasitismo

Todas las cepas de *T. asperellum* evaluadas mostraron actividad micoparasítica sobre los aislamientos de *Fusarium* de morera y moringa, con dos o más tipos de interacciones hifales, con predominio de la granulación y la vacuolización (Tabla 3).

De las cepas de *T. asperellum* evaluadas, se destacaron *Ta. 3* y *Ta. 17* (penetración y enrollamiento) frente a *Fmra. 1*; frente a *Fmra. 2* (Fig. 5A, B y C), sobresalieron *Ta. 3*, *Ta. 28*, *Ta. 75* y *Ta. 79* (penetración, enrollamiento y lisis); las cepas *Ta. 79* y *Ta. 85* (penetración) frente a *Fmga. 1*; y *Ta. 12*, *Ta. 25*, *Ta. 28* y *Ta. 56* (penetración y enrollamiento) frente a *Fmga. 2* (Fig. 5D).

Tabla 2. Porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) de cepas de *T. asperellum* y un aislado de *Trichoderma* sp. frente a aislamientos de *Fusarium* a las 96 h/Percentage of inhibition of radial growth (PICR) of strains of *T. asperellum* and an isolate of *Trichoderma* sp. against isolates of *Fusarium* at 96 h

Hongos	Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Radial (PICR)			
	Fmra. 1	Fmra. 2	Fmga. 1	Fmga. 2
Ta. 1	48 f	44 f	48,33 e	43,06 e
Ta. 3	32 c	32 b	35 b	37,5 d
Ta. 12	44 e	36 c	40 c	37,5 d
Ta. 13	56 g	44 f	40 c	45,83 f
Ta. 17	24 b	20 a	20 a	25 b
Ta. 25	42,67 e	37,33 d	41,67 c	43,06 e
Ta. 28	20 a	20 a	20 a	20,83
Ta. 56	40 d	44 f	40 c	33,33 c
Ta. 75	40 d	44 f	40 c	37,5 d
Ta. 78	40 d	44 f	40 c	45,83 f
Ta. 79	40 d	44 f	40 c	37,5 d
Ta. 85	40 d	36 c	35 b	45,83 f
Ta. 90	40 d	40 e	45 d	37,5 d
Tsp.81	44 e	48 g	50 e	37,5 d
ESx	1,49	1,33	0,06	1,13

Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas según Duncan ($p \leq 0,05$)

Tabla 3. Tipos de interacciones hifales entre cepas de *T. asperellum* y los aislados de *Fusarium* spp. procedentes de morera y moringa /Types of hyphal interactions between strains of *T. asperellum* and isolates of *Fusarium* spp. from mulberry and moringa

<i>Trichoderma</i>	Aislamientos de <i>Fusarium</i> spp.			
	Fmra. 1	Fmra. 2	Fmga. 1	Fmga. 2
Ta. 1	G, V	G, V	G	G, V
Ta. 3	G, V, P, E	G, V, P	G, V	G, V
Ta. 12	G, V	G, V	G, V	P
Ta. 13	G, V	G, V	G, V	G, V
Ta. 17	G, V, P	G, V	G, V	G, V
Ta. 25	V	G, V	G, V	P
Ta. 28	G, V	G, V, P, E, L	G, V	G, V, P
Ta. 56	G, V	G, V	G, V	G, V, E
Ta. 75	G, V	G, V, P	G, V	G, V
Ta. 78	G, V	G, V	G, V	V
Ta. 79	G, V	V, P, E	V, P	G, V
Ta. 85	G, V	G, V	P	G, V
Ta. 90	V	G, V	V	G, V
Tsp. 81	G, V	G, V	G, V	G, V

Leyenda: (V) Vacuolización, (G) Granulación, (E) Enrollamiento, (L) Lisis y (P) Penetración

En el micoparasitismo participa una gama de enzimas líticas, que degradan la pared celular de los hongos patógenos y permiten la penetración de las hifas del antagonista en las de estos (20). Más específicamente, Ghorbanpour *et al.* (21) demostraron que la actividad quitinolítica de cepas de *Trichoderma* frente a diversos fitopatógenos con quitina en la composición de su pared celular, se asocia con diferentes genes de la enzima quitinasa (*ech42*, *chi33*, *nag1* y *chi18-13*). González *et al.* (22) evidenciaron actividad quitinasas y β -1,3-glucanasas por algunas de las cepas en estudio (Ta. 17, Ta. 25, Ta. 75, Ta. 79 y Ta. 85), lo que pudiera explicar la penetración de las hifas de estas cepas en

las de *Fusarium*; no obstante, se debe profundizar más en los estudios de este modo de acción.

Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Martínez *et al.* (23) y Duarte *et al.* (16), al observar micoparasitismo por penetración, lisis, enrollamiento, granulación y vacuolización en hifas de los aislamientos de *Fusarium nygamai* (F-11), *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* (F. 50 y F. 51) (23), y *F. dlamini* y *F. solani* (16). Además de esta especie, cepas de *T. harzianum*, *Trichoderma viride* Pers. y *Trichoderma hamatum* (Bonord.) Bainier ocasionaron lisis en hifas de aislamientos de *F. oxysporum* de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (24).

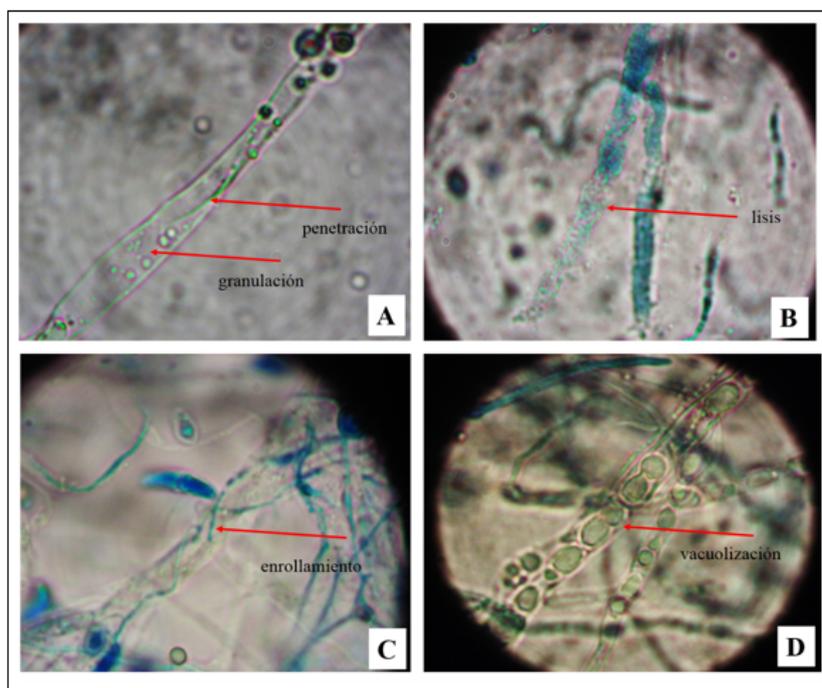


Figura 5. Micoparasitismo de las cepas de *T. asperellum* frente a los aislados de *F. solani* (*Fmra. 1* y *Fmga. 2*) y *F. oxysporum* (*Fmra. 2*). **A** (*Ta. 75* vs *Fmra. 2*), **B** (*Ta. 28* vs *Fmra. 2*), **C** (*Ta. 28* vs *Fmra. 2*) y **D** (*Ta. 28* vs *Fmga. 2*) / *Mycoparasitism of the strains of T. asperellum against the isolates of F. solani (Fmra. 1 and Fmga. 2) and F. oxysporum (Fmra. 2). A (Ta. 75 vs Fmra. 2), B (Ta. 28 vs Fmra. 2), C (Ta. 28 vs Fmra. 2) y D (Ta. 28 vs Fmga. 2)*

Se determinó que, en morera, aislamientos de *F. oxysporum* y, en moringa, este y *F. solani*, son causantes de amarillamiento y necrosis de la raíz. De acuerdo a los resultados del antagonismo de las cepas de *T. asperellum* y el aislado de *Trichoderma* sp. frente a estos aislados (*Fmra. 1*, *Fmra. 2*, *Fmga. 1* y *Fmga. 2*), se seleccionaron las cepas *Ta. 1*, *Ta. 3* y *Ta. 13* como las más promisorias, las cuales se deben probar en condiciones de vivero y campo para determinar su eficacia técnica.

REFERENCIAS

1. Abd El-Hack ME, Alagawany M, Elrys AS, Desoky EM, Rolba HMN, Elnaha ASM, et al. Effect of Forage *Moringa oleifera* L. (moringa) on Animal Health and Nutrition and Its Beneficial Applications in Soil, Plants and Water Purification. *Agriculture*. 2018; 8 (145): 1-22.
2. Hahn-Von-Hessberg CM, Grajales-Quintero A, Grajales-Hahn S. Experiencias del cultivo de la morera *Morus alba* L., 1753 (Rosales: Moraceae) y su utilización en la alimentación de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, Trew, 1984 (Perciformes: Cichlidae) para programas de seguridad alimentaria en el trópico. *Bol.Cient.Mus.Hist.Nat.U.de Caldas*. 2018; 22 (2): 42-48.
3. Lezcano JC, Alonso O, Trujillo M, Martínez E. Agentes fúngicos asociados a síntomas de enfermedades en plántulas de *Moringa oleifera* Lamarck. *Pastos y Forrajes*. 2014; 37 (2): 166-172.
4. Mridha MAU. Prospects of Moringa cultivation in Saudi Arabia. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*. 2015; 5(3): 39-46.
5. Kumar R, Ahmad J. Isolation and characterization of fungal pathogens of mulberry leaves. *Asian Journal of Agriculture & Life Sciences*. 2017; 2(4): 1-5.
6. Peña N, Antón A, Kamilaris A, Fantke P. Modeling ecotoxicity impacts in vineyard production: addressing spatial differentiation for copper fungicides. *Sci. Total Environ*. 2017; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.243>
7. Infante D, Reyes Y, Peteira B, Martínez B. Variabilidad fisiológica y patogénica de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg. *Métodos en Ecología y Sistemática*. 2015;10(3):41-59.
8. Leslie JF, Summerell BA. *The Fusarium Laboratory Manual*: Blackwell Publishing Professional, Ames, IA, EEUU. 2006: 388p.
9. Martínez B, Solano T. Antagonismo de *Trichoderma* spp. frente a *Alternaria solani* (Ellis y Martin) Jones y Grout. *Rev. Protección Veg*. 1995; 10(3):221-225.
10. Bell DK, Wells HD, Markam CR. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* spp. against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*. 1982; 72(4): 379-382.

11. Samaniego G, Ulloa S, Herrera S. Hongos del suelo antagonistas de *Phymatotrichum omnivorum*. Rev. Mex. Fitopatología, 1989; 8:86-95.
12. Di Rienzo J, Balzarini M, González L, Tablada M, Guzmán W, Robledo C, et al. InfoStat Profesional versión 2.1. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 2016. [Consultado: 24 de mayo de 2019]; Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
13. O'Donnell K, Rooney AP, Proctor RH, Brown DW, McCormick SP, Ward TJ et al. Phylogenetic analyses of RPB1 and RPB2 support a middle Cretaceous origin for a clade comprising all agriculturally and medically important fusaria. Fungal Genetics and Biology. 2013; 52:20-31.
14. Karlsson M, Atanasova L, Jensen DF, Zeilinger S. Necrotrophic mycoparasites and their genomes. Microbiol. Spectrum. 2017; 5 (2):1-21.
15. Cherkupally R, Amballa H, Narasimha B. *In vitro* antagonistic activity of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*. International Journal of Applied Agricultural Research. 2017; 12(1): 87-95.
16. Duarte-Leal Y, Pozo-Martínez L, Martínez-Coca B. Antagonismo *in vitro* de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a aislados de *Fusarium* spp. Rev. Protección Veg. 2018; 33(1):1-10.
17. Michel-Aceves A, Hernández-Morales J, Toledo-Aguilar R, Sabino López JE, Romero-Rosales T. Capacidad antagonista de *Trichoderma* spp. nativa contra *Phytophthora parasitica* y *Fusarium oxysporum* aislados de cultivos de jamaica. Rev. Fitotec. Mex. 2019; 42 (3): 235 - 241.
18. Aswini A, Sharmila T, Raaga K, Sri Deepthi R, Krishna MSR. *In vitro* antifungal activity of *Trichoderma* strains on pathogenic fungi inciting hot pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Chem. Pharm. Res. 2016; 8(4):425-430.
19. Tsegaye E, Ma J, Mei J, Li M, Wu B, Jiang X. Antagonistic Potential of Different Isolates of *Trichoderma* against *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, and *Botrytis cinerea*. European Journal of Experimental Biology. 2018; 18(2): 1-8.
20. Vargas-Hoyos HA, Gilchrist-Ramelli E. Producción de enzimas hidrolíticas y actividad antagonista de *Trichoderma asperellum* sobre dos cepas de *Fusarium* aisladas de cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Revista Mexicana de Micología. 2015. 42: 9-16.
21. Ghorbanpour M, Omidvari M, Abbaszadeh-Dahaji P, Omidvar R, Kariman K. Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. Biol. Control. 2018; 117: 147-157
22. González I, Infante D, Martínez B, Arias Y, González N, Miranda I, et al. Induction of chitinases and glucanases in *Trichoderma* spp. strains intended for biological control. Biotecnología aplicada. 2012; 29: 12-16.
23. Martínez-Coca B, Infante D, Caraballo W, Duarte-Leal Y, Echevarría-Hernández A. Antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a aislamientos de *Fusarium* spp. procedentes de garbanzo. Rev. Protección Veg. 2018; 33 (2):1-13.
24. Ojha S, Chatterjee NC. Mycoparasitism of *Trichoderma* spp. in biocontrol of fusarial wilt of tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2018; 44(8): 771-782.

Declaración de los autores: Los autores declaran que no poseen conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Yanisia Duarte Leal:** ejecutó los muestreos de plantas de morera y moringa con síntomas de Fusariosis. Realizó el aislamiento, purificación y conservación del agente causal. Efectuó el refrescamiento de las cepas de *Trichoderma asperellum*. Realizó la identificación de los aislados del fitopatógeno. Evaluó la actividad antagonista de las cepas de *Trichoderma asperellum* frente a los aislamientos de *Fusarium*. Elaboró el artículo con el análisis estadístico y la discusión de los resultados. **Benedicto Martínez Coca:** participó en el diseño de la investigación y análisis de los resultados. Realizó contribuciones importantes en el análisis e interpretación de los datos. Participó en la revisión crítica del artículo, y aprobación final. Los autores no tienen conflicto de intereses en relación con la investigación presentada.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)