

Eficacia de dos biofungicidas para el manejo en campo del Tizón temprano (*Alternaria solani* Sorauer) de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

Efficacy of two biofungicides for early blight field management in potato (*Solanum tuberosum* L.)



<http://opn.to/a/GHgRL>

Edwin Ronnie-Gakegne ^{1*}, Benedicto Martínez-Coca ¹

¹Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Apartado 10, San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32700, Cuba.

RESUMEN: El presente trabajo tuvo como objetivos establecer la compatibilidad, en condiciones de laboratorio, de *Trichoderma asperellum* Samuels *et al.* y *Pseudomonas protegens* Ramette *et al.*, así como determinar la eficacia de los productos biológicos a base de *T. asperellum* (T) y *P. protegens* (P), en el control del Tizón temprano de la papa. El estudio se efectuó durante dos campañas, en condiciones de campo y utilizando un diseño de bloques no aleatorizados en parcelas de 27 m². Se determinó la compatibilidad de los productos biológicos en condiciones de laboratorio. En campo, en la primera campaña se utilizaron 11 tratamientos y se seleccionaron los mejores para aplicar en la siguiente campaña. En los tratamientos al suelo, las aplicaciones se efectuaron 10 días antes de la plantación, a razón de 8 L de una suspensión de conidios de *T. asperellum* cepa *Ta. 85* a una concentración de 7x10⁷.ml⁻¹ UFC. La aplicación al follaje en la primera campaña se realizó al observar los primeros síntomas de la enfermedad, a una dosis de 8 L por tratamiento de los biofungicidas antes mencionados (T y P), a una concentración de 7x10⁷ UFC.ml⁻¹ y de 10⁸ UFC.ml⁻¹, respectivamente. Durante la segunda campaña se realizaron dos aplicaciones foliares, la primera al detectar los primeros síntomas de la enfermedad y la segunda 15 días posteriores a la primera aplicación. Hubo compatibilidad entre los dos productos biológicos, lo que evidencia que pueden aplicarse conjuntamente en el control biológico del tizón temprano en condiciones de campo. Los tratamientos con *T. asperellum* al suelo más tubérculo más la combinación de *T. asperellum* y *P. protegens* con doble aplicaciones al follaje y *T. asperellum* al suelo más tubérculo más doble aplicación de *P. protegens* al follaje fueron significativamente efectivos en la disminución de la enfermedad, respecto al control, destacándose este último tratamiento. Los resultados evidencian que estos productos pudieran ser promisorios para el control biológico de este patógeno en el cultivo de la papa en condiciones de campo.

Palabras clave: Tizón temprano, control biológico, compatibilidad.

ABSTRACT: The objectives of the work were I) to establish the compatibility between *Trichoderma asperellum* Samuels *et al.* and *Pseudomonas protegens* Ramette *et al.* under laboratory conditions and II) to determine the efficacy of the biological products based on both organisms in controlling early blight. For the study in the field during two campaigns, plots of 27 m² were used in a non-randomized block design. Compatibility of both products was determined in the laboratory. In the field, eleven treatments were used in the first campaign, and the best ones were selected for being applied in the next campaign. In the treatments to the soil, a conidial suspension of *T. asperellum* strain *Ta. 85* at a concentration of 7x10⁷ CFU were applied to the soil at a rate of 8 L per treatment. In the first campaign, once the symptoms of the disease were detected, the aforementioned biofungicides, at the respective concentration of 7x10⁷ CFU.ml⁻¹ and 10⁸ CFU.ml⁻¹, were applied to the foliage at a rate of 8 L per treatment. In the second campaign, the biofungicides were applied to the foliage when the symptoms were detected and 15 days later. There was compatibility between the biological products, indicating that both can be applied together in the biological control of early blight. The treatments with *T. asperellum* to the soil plus the tubers plus the combination of *T. asperellum* and *P. protegens* with double applications to the foliage and *T. asperellum* to the soil plus the tuber plus double application of *Pseudomonas* to the foliage were significantly effective in reducing the disease, respecting to the control, where the latter treatment stood out. These results suggest that these products could be promising for the biological control of this pathogen in the potato crop under field conditions.

Key words: Early blight, biological control, compatibility.

*Autor para correspondencia : Edwin Ronnie-Gakegn. Email: ergakegne@gmail.com, ronnie@censa.edu.cu

Recibido: 29/05/2018

Aceptado: 19/12/2018

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) es originario de los Andes y constituye una de las contribuciones más importantes de la región andina al mundo, por ser uno de los cultivos alimenticios más consumidos y apreciados; contribuye, de manera importante, al fortalecimiento de la seguridad alimentaria de toda la humanidad (1,2). En la actualidad, la papa es uno de los cuatro alimentos más importantes del mundo junto al maíz, el trigo y el arroz. Por otro lado, el cultivo de papa constituye, a nivel mundial, una gran fuente de ingresos económicos para productores, comerciantes e industriales (2). En Cuba ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos; se plantan cada año alrededor de 7 515 hectáreas, con rendimientos medios de 22,02 t.ha⁻¹ y una producción anual de 165 508,6 toneladas. La papa es un alimento muy valorado en la dieta de la población cubana, por lo que resulta una necesidad para científicos y productores lograr incrementos en la producción y calidad de este cultivo (3).

Este cultivo es atacado por un grupo importante de hongos, bacterias, virus causante de enfermedades, que afectan diferentes órganos de la planta y, por ende, su rendimiento. Debido a que la planta se multiplica, fundamentalmente a partir de tubérculos, los que pueden estar infestados con algunas plagas, los problemas fitosanitarios se trasladan de un campo a otro (4).

Uno de los factores que limita la producción de la papa, en la mayoría de los países tropicales, es la incidencia de enfermedades. Entre estas, el Tizón temprano, causado por el hongo *Alternaria solani* Sorauer, es una de las enfermedades foliares más importantes a nivel mundial (2,5). Este hongo, además del follaje, infecta tallo y tubérculos, y afecta el rendimiento en áreas con condiciones climáticas favorables para su desarrollo (2,6). Produce mayores pérdidas entre los periodos de floración y/o tuberización (2). En Cuba, el Tizón temprano no solo es una de las enfermedades más importante del cultivo de la papa, sino también del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (5).

La aplicación de fungicidas es el principal método que utilizan los productores para el control del Tizón temprano de la papa (7), el que

por sus costos encarece la producción. Además, su uso trae como consecuencia efectos nocivos al ambiente debido a su toxicidad y residualidad.

Cada vez más, para el control de las enfermedades se promueve el uso de diferentes alternativas para disminuir los plaguicidas químicos que afectan al ecosistema; una de ellas es el uso de agentes de control biológico (ACB). Entre estos se destacan los aislamientos del género *Trichoderma* y *Pseudomonas* spp. del grupo fluorescentes. Las investigaciones sobre *A. solani* en Cuba son múltiples; incluyen estudios de su biología, epifitiología, pruebas de fungicidas y biofungicidas, entre otras. Sin embargo, la gran mayoría responde al cultivo del tomate. Fue objetivo de este trabajo determinar la eficacia de los productos biológicos a base de *Trichoderma asperellum* Samuels *et al.* y *Pseudomonas protegens* Ramette *et al.*, para el control del Tizón temprano de la papa en condiciones de campo durante dos campañas, así como la compatibilidad de estos agentes biológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Compatibilidad entre cepas de *T. asperellum* y *P. protegens*

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Micología Vegetal del Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) (Latitud 22,991867; Longitud -82,153892), municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba. Se utilizaron las cepas de *T. asperellum* Ta.85 y de *P. protegens* Pf-5, por su acción parasítica frente a *A. solani* (8,9).

La compatibilidad se determinó por la técnica de cultivo dual (CD) en placas Petri (90 mm de Ø) contentivas de medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) (BIOCEN) pH 5,6. Para ello se sembró, a una distancia de 5 mm del borde, un disco de 8 mm de la colonia de la cepa Ta. 85 y, diametralmente opuesto, se sembró una asada en estrías de la cepa Pf-5 (10). También se sembró un disco de *T. asperellum* sobre estrías de una asada de la cepa de *P. protegens*. Se hicieron tres réplicas por variante. Los controles fueron las cepas de cada microorganismo sembradas independientemente y en igual disposición.

Las placas se incubaron a 30±1°C. Se utilizó un diseño completamente al azar. Se evaluó

visualmente el desarrollo de cada microorganismo en interacción, según Rajasekhar *et al.* (10).

Eficacia en campo de *T. asperellum* (Ta. 85) y *P. protegens* (Pf-5) para el control de *A. solani*

El experimento se realizó en la finca “El Mulato” (N: 353,980; E: 383,325), localizado en la carretera San José-Tapaste en la provincia Mayabeque; durante las campañas de invierno 2015-2016 y 2016-2017.

Para el ensayo se utilizaron tubérculos-semilla certificadas del cultivar Romano procedentes de Holanda.

Los lotes del bioproducto de *T. asperellum* se obtuvieron en la planta piloto de producción del CENSA, según los Procedimientos Normativos de Operaciones del Sistema de Gestión de Calidad de la institución y se ajustaron a una concentración de 10^7 UFC.ml⁻¹. Las suspensiones de *Pseudomonas* se obtuvieron a partir de un lavado con solución salina (0,85 % NaCl) estéril del cultivo de la bacteria en medio King B, de 48 h de crecimiento incubado estáticamente en oscuridad, a $28\pm 1^\circ\text{C}$. Se midió la densidad óptica a 600 nm en un espectrofotómetro T60 de PG Instruments Ltd. La concentración final de la suspensión bacteriana se ajustó a 10^8 UFC.ml⁻¹.

El ensayo se realizó en un terreno de topografía llana, suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico, éutrico, con un pH ligeramente ácido, que oscila entre 5,2 y 6,1 (11).

Los ensayos se conformaron en un diseño de bloques no aleatorizados, en parcelas de 27 m², estructurados por tres surcos de 10 m de longitud, con tres réplicas. Los tubérculos-semilla se plantaron por surco, a una distancia de 0,90 x 0,20 m y a una profundidad de 0,10-0,15 m, en el mes de diciembre de cada campaña y se cosechó a los 90 días. Se tuvieron en cuenta los aspectos de atenciones culturales incluidos en el Instructivo Técnico de la Papa (12). El riego se realizó por aspersión de forma semimecanizada a razón de 60 m³.h a intervalos de cinco días con ajustes según precipitaciones y humedad del suelo. La eliminación de malezas se realizó de forma manual.

Los tratamientos, durante la campaña 2015-2016, consistieron en aplicaciones de: I-

Trichoderma (T) al suelo; II- T al suelo + tubérculos; III- T al suelo + tubérculos + follaje; IV- T al suelo + follaje; V- T a los tubérculos; VI- T a los tubérculos + follaje; VII- T al follaje; VIII- Control; IX- *Pseudomonas* (P) a los tubérculos; X- P a los tubérculos + follaje; XI- P al follaje. Se realizó una aplicación al follaje una vez detectados los primeros síntomas de la enfermedad.

En la campaña 2016-2017 se utilizaron los mejores tratamientos de la campaña anterior y se crearon combinaciones entre ellos. Se realizaron dos aplicaciones foliares, la primera al detectar los primeros síntomas de la enfermedad y la segunda 15 días posteriores a la primera aplicación, utilizando una dosis de 8 L por tratamiento de los biofungicidas antes mencionados a una concentración de 7×10^7 UFC.ml⁻¹ y de 10^8 UFC.ml⁻¹, respectivamente, tanto de forma individual, como en coaplicaciones.

Las aplicaciones en los tratamientos al suelo se efectuaron 10 días antes de la plantación, a razón de 8 L por tratamiento de una suspensión de conidios de la cepa Ta. 85 a una concentración de 7×10^7 UFC.

Para el tratamiento a los tubérculos-semilla, se sumergieron por 10 minutos en una suspensión acuosa de *T. asperellum* a una concentración de 7×10^7 UFC.ml⁻¹ y se dejaron secar a la sombra por 15 minutos antes de ser plantadas.

El monitoreo de la enfermedad se realizó cada siete días durante el ciclo del cultivo. Se siguió el tipo de muestreo sistemático. Se realizó una distribución de las plantas a evaluar para evitar coincidencia entre las plantas tomadas para la evaluación de la incidencia y las de la intensidad y, además, para lograr una mayor uniformidad en las evaluaciones.

Para determinar la incidencia de *A. solani* se consideró la proporción de plantas que mostraron síntomas de la enfermedad, evaluando 15, 20 y 15 plantas por réplica, para un total de 50 plantas. La evaluación se realizó de la siguiente manera: en la primera réplica se tomaron plantas impares, en la segunda réplica las pares y en la tercera, las plantas ubicadas en lugares múltiples de 3 a partir del número 3. Para ello, se cuantificaron las

plantas con síntomas por tratamiento y se calculó la incidencia según la fórmula:

$$I = \frac{A}{N} * 100$$

Donde:

- I - Incidencia de la enfermedad
- A - Número de plantas enfermas
- N - Número total de plantas evaluadas

En la determinación de la intensidad de la enfermedad se usó una escala de cinco grados: 0) planta sana; 1) las manchas ocupan de 1 % hasta un 10 % de la superficie de la hoja; 2) las manchas ocupan entre el 11 y 25 % de la superficie de la hoja; 3) las manchas ocupan entre 26 y 50 % y 4) las manchas ocupan más del 50 % de la superficie de las hojas afectadas (13). Se evaluaron 15 plantas por réplica (45 plantas evaluadas por tratamiento) de las cuales en cinco se tomó una hoja de la parte inferior, en otras cinco una hoja de la parte media y en las últimas cinco una hoja de la parte superior, por planta. La hoja evaluada fue la que presentó mayor afectación por manchas. En este caso, las plantas que se tomaron para las evaluaciones fueron las ubicadas en números pares en el surco en la primera réplica, las que ocupaban la posición de los números impares para la segunda y, en la tercera réplica, las que su ubicación se correspondió con la suma de 3 a partir del número 1 (1,4,7).

La intensidad (%) se calculó mediante la fórmula de Mc Kinney referida por Mijailova *et al.* (13).

$$I = \frac{\Sigma(a * b)}{N * n} * 100$$

Donde:

- I - Intensidad de la enfermedad
- a - Número de plantas afectadas por categoría de ataque
- b - Valor numérico de la categoría de ataque
- N - Número de plantas evaluadas
- n - Valor máximo de la escala

Se evaluó, además, el rendimiento. Para ello se pesaron los tubérculos de tres surcos por réplica; posteriormente, se determinó el peso promedio de los tubérculos y se hizo la estimación en t.ha⁻¹.

Los datos se tabularon en Excel y se realizaron análisis de varianza para valorar los tratamientos; las medias se diferenciaron con la prueba de Tukey a 95 % de confianza. Se aplicó un análisis de regresión lineal para relacionar el rendimiento

con la distribución e intensidad de la enfermedad. Se utilizó el paquete gráfico R versión 3.0.2. Para el procesamiento de los datos se empleó el paquete estadístico InfoStat/Profesional versión 1.1 (14).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compatibilidad entre cepas de *T. asperellum* y *P. protegens*

No hubo inhibición del crecimiento entre la cepa de *Trichoderma Ta. 85* y la de *P. protegens* Pf-5 en el cultivo dual (Fig. 1), tanto cuando se sembraron diametralmente opuestas como cuando la bacteria se sembró primero y sobre ella el antagonista, lo que demuestra que estos microorganismos son compatibles. Este resultado coincide con el obtenido por Patel *et al.* (15), quienes observaron compatibilidad entre *T. asperellum* y *Pseudomonas fluorescens* Migula, al igual que con los de Dhage (16) y Rajasekhar *et al.* (10), pues no encontraron efecto inhibitorio en la zona de crecimiento entre estos controladores biológicos con igual técnica de CD. (Fig. 1)

Es de suma importancia conocer la compatibilidad entre los microorganismos seleccionados, ya que los agentes de control biológico pueden inhibirse entre sí, lo que conlleva a la disminución del control del patógeno en condiciones de campo (10,15,16).

Los resultados evidencian que estos productos pueden ser aplicados conjuntamente en el control biológico de *A. solani* en el cultivo de la papa.

Eficacia en campo de *T. asperellum* (Ta. 85) y *P. protegens* (Pf-5) para el control de *A. solani*

Los primeros síntomas de la enfermedad se detectaron entre los 35 y 40 días después de la brotación del cultivo, coincidiendo con lo informado por Castellanos *et al.* (17) y Rodríguez y Stefanova (18).

Todos los tratamientos difirieron significativamente con el control, excepto de los tratamientos *Trichoderma* en suelo en la incidencia de la enfermedad y *Trichoderma* en tubérculo más follaje en el rendimiento, durante la campaña 2015-2016. La incidencia de la enfermedad menor se observó en el tratamiento III, pero sin diferencias significativas con los

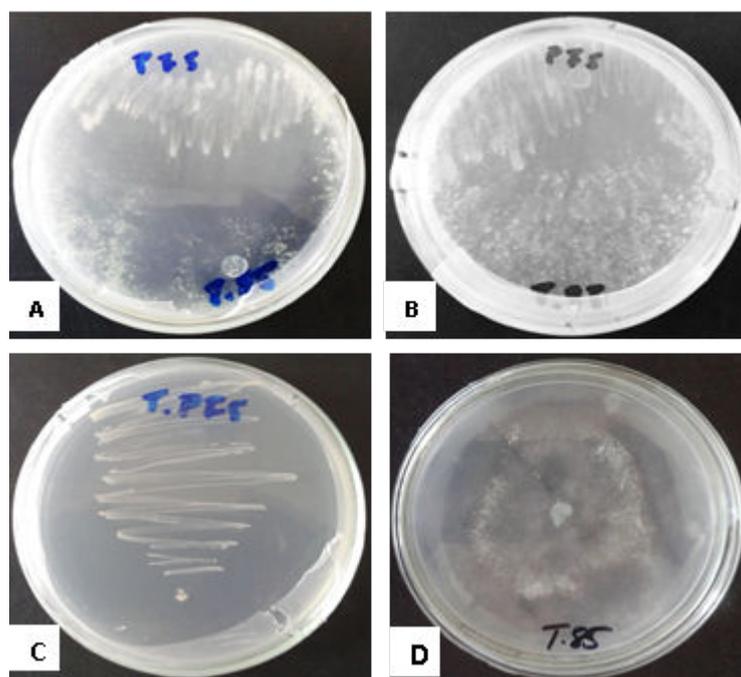


Figura 1. Compatibilidad entre la cepa Ta. 85 de *T. asperellum* y la Pf-5 de *P. protegens* a las 120 h. A: Siembra en cultivo dual; B: Siembra de Ta. 85 sobre *P. protegens* Pf-5; C: Control de *P. protegens* Pf-5 y D: control de *T. asperellum* Ta. 85. Compatibilidad entre *T. asperellum* Ta. 85 y *P. protegens* Pf-5 / Compatibility between *T. asperellum* Ta. 85 and *P. protegens* Pf-5 at 120 h. A: Dual culture technique; B: Culture of Ta. 85 strain on *P. protegens* Pf-5 strain; C: Control of *P. protegens* Pf-5 and D: Control of *T. asperellum* Ta. 85

resultados de los tratamientos IV, V, VI, VII, X y XI. La intensidad también alcanzó su menor valor en el tratamiento III, sin diferencias con los tratamientos II, V, VI, VII y XI (Tabla 1). El rendimiento se favoreció por el tratamiento XI, sin diferencias estadísticas con los tratamientos II, III, IX y X. Los tratamientos III y XI tuvieron las incidencia e intensidad más bajas y el rendimiento fue alto. Sin embargo, en los tratamientos V, VI y VII las incidencia e intensidad se mantuvieron en el entorno de los mencionados previamente, pero los rendimientos no sobresalieron; al parecer existen otros factores que influyen directamente en el rendimiento que se deben continuar investigando.

Estos resultados deben estar relacionados con varios mecanismos observados en los ensayos *in vitro*, como son: el efecto de antibiosis de *Trichoderma* y el fungistático de *Pseudomonas* (8,9). De forma general, los tratamientos donde hubo aplicaciones al follaje, independientemente del agente biológico aplicado, mostraron mejores resultados que los restantes.

Estos resultados son similares a los informados por Yadav (19) cuando en su trabajo observó que

los tratamientos de *P. fluorescens* y de *Trichoderma harzianum* Rifai controlaron, separadamente, a *Fusarium oxysporum* Schldt, causante de marchitamiento del tomate en condiciones de campo con un incremento significativo de rendimiento en el tratamiento con *P. fluorescens*. En estudios similares, Dhage (16) encontró que la aplicación separada de *P. fluorescens* y de *Trichoderma* spp. redujo la incidencia y la intensidad de *Sclerotium rolfsii* Sacc, agente causal de la pudrición de la vaina y del tallo del cultivo de maní y se obtuvo mayor rendimiento en la aplicación de *P. fluorescens*.

Sobre la base de los resultados en esta investigación, se conformaron los siguientes tratamientos para la siguiente campaña en condiciones de campo: I *T.* Suelo + tubérculo + follaje (*T*) + follaje (*P*); II *T.* Suelo + tubérculo + follaje (*P*) + follaje (*T*); III *T.* Suelo + tubérculo + follaje (*T-P*); IV *T.* Suelo + tubérculo + follaje (*T-P*) + follaje (*T-P*); V *T.* Suelo + tubérculo + follaje (*P*) + follaje (*P*); VI *T.* Suelo + tubérculo + follaje (*T*) + follaje (*T*); VII Control.

En la campaña (2016-2017) todos los tratamientos difirieron significativamente del

Tabla 1. Influencia de los tratamientos en la incidencia e intensidad de la enfermedad Tizón temprano y en el rendimiento del cultivo de papa durante la campaña 2015-2016. / *Influence of the treatments on the incidence and intensity of the early blight and on potato yield during the campaign 2015-2016.*

	Tratamientos	Parámetros		
		Incidencia (%)	Intensidad (%)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
I	T. Suelo	80,00 de	10,80 bc	14,85 bcd
II	T. Suelo+tubérculo	72,78 cd	10,60 abc	16,82 cde
III	T. Suelo+tubérculo+follaje	50,00 a	9,69 a	17,02 cde
IV	T. Suelo+follaje	65,56 abcd	10,96 bc	14,85 bcd
V	T. Tubérculo	57,78 abc	10,60 abc	14,90 bcd
VI	T. Tubérculo+follaje	53,89 ab	10,09 ab	12,42 ab
VII	T. Follaje	60,00 abc	10,22 abc	14,32 bc
VIII	Control	90,28 e	33,02 e	11,06 a
IX	P. Tubérculo	68,89 bcd	12,29 d	17,58 de
X	P. Tubérculo+follaje	56,11 ab	11,13 c	16,16 cde
XI	P. Follaje	57,78 abc	10,04 ab	18,33 e
	ESx	12,70	6,57	6,81
	CV	0,19	0,51	0,14

Medias con letras diferentes, en una misma columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$ según dócima de Tukey).

control en los tres parámetros evaluados (Tabla 2). La incidencia e intensidad de la enfermedad fue menor en el tratamiento IV, sin diferir con la de los tratamientos I, V y VI para la incidencia; mientras que, en la intensidad de la enfermedad difirió de la del III y del VII. Los tratamientos III, IV y V mostraron los mayores rendimientos del cultivo sin diferencias significativas entre ellos, pero sí con los de los restantes tratamientos. Rajasekhar *et al.* (10) observaron que la combinación de *T. harzianum* y *P. fluorescens* redujo la incidencia del Tizón sureño (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y aumentó el peso fresco, con respecto al control. Sandheep *et al.* (20) informaron que los mayores rendimientos en el cultivo de la vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews) se obtuvieron con el tratamiento combinado de *T. harzianum* y *P. fluorescens*, y que la incidencia de *Rhizoctonia solani* Kühn se redujo en 66,7 %. Consecuentemente, Dhage (16) descubrió que la combinación de *P. fluorescens* y de *Trichoderma* spp. redujo la incidencia e intensidad de *S. rolfsii*, agente causal de la pudrición de la vaina y del tallo en el cultivo del maní, obteniendo así mayores rendimientos. Estos autores coincidieron en que el uso de

microorganismos benéficos, como los agentes de control biológico, mejoran el crecimiento de las plantas, debido a la inducción de resistencia de la planta. Estos agentes producen enzimas extracelulares o compuestos antifúngicos o antibióticos, que reducen el efecto negativo del estrés biótico sobre el crecimiento de la planta y producen sustancias promotoras del crecimiento vegetal.

Los resultados del presente trabajo concuerdan con varios resultados obtenidos en Cuba, dirigidos al control de patógenos con biopreparados en base a cepas de *Trichoderma* y *Pseudomonas*, para combatir *Fusarium* spp. *Phytophthora palmivora* (E.J. Butler) E.J. Butler y otros fitopatógenos, en condiciones de campo (21,22). Es posible que los mismos estén relacionados con los mecanismos que poseen estos agentes biológicos que, además de ejercer un control sobre fitopatógenos, son capaces de estimular el crecimiento vegetal y contribuir a aumentar el rendimiento en los cultivos (22,23).

De manera general, el análisis de regresión lineal de la campaña 2015-2016 (Fig. 2) indica que, a medida que se incrementan la incidencia y la intensidad del ataque del Tizón temprano, disminuye el rendimiento y depende de 37,6 %

Tabla 2. Influencia de los tratamientos en la incidencia e intensidad del Tizón temprano, y en el rendimiento de papa, en la campaña 2016-2017. / *Influence of the treatments on the incidence and intensity of the early blight and on potato yield during the campaign 2016-2017.*

Tratamientos	Parámetros		
	Incidencia (%)	Intensidad (%)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
I T. Suelo + tubérculo + follaje (T) + follaje (P)	67,22 ab	11,93 ab	14,24 b
II T. Suelo + tubérculo + follaje (P) + follaje (T)	68,33 b	12,25 ab	14,85 b
III T. Suelo + tubérculo + follaje (T-P)	70,00 b	12,64 b	18,43 a
IV T. Suelo + tubérculo + follaje (T-P) + follaje (T-P)	49,45 a	9,80 a	19,44 a
V T. Suelo + tubérculo + follaje (P) + follaje (P)	61,11 ab	12,42 ab	20,40 a
VI T. Suelo + tubérculo + follaje (T) + follaje (T)	57,78 ab	11,18 ab	13,99 b
VII Control	98,33 c	23,82 c	10,71 c
ESx	15,18	4,40	10,36
CV	0,23	0,32	0,21

Medias con letras diferentes, en una misma columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$ según dócima de Tukey).

de la intensidad y de 11,9 % de la incidencia. Mientras que en la campaña 2016-2017 se observó una relación inversamente proporcional entre la incidencia e intensidad de la enfermedad respecto al rendimiento, donde este último parámetro depende en el 49 % de la incidencia y en 51 % de la intensidad de la enfermedad en el campo (Fig.3). El rendimiento es un elemento multifactorial; sin embargo, se ha notificado el aumento del mismo por varios autores, como una consecuencia de las aplicaciones de estos controladores biológicos en los cultivos.

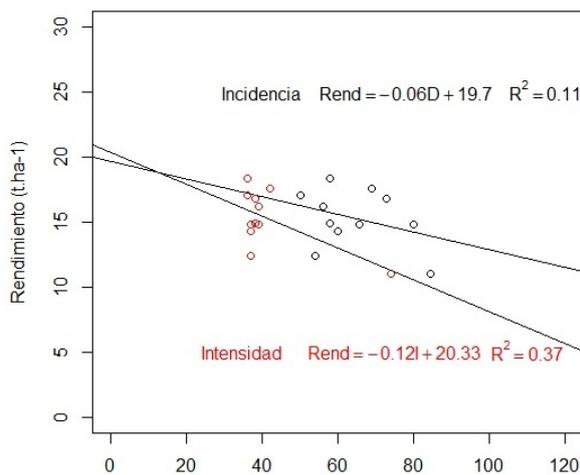


Figura 2. Relación de la incidencia e intensidad del Tizón temprano con el rendimiento del cultivo de la papa en la campaña 2015-2016. / *Relationship of the incidence and intensity of the early blight on the yield of the potato crop during the campaign 2015 -2016.*

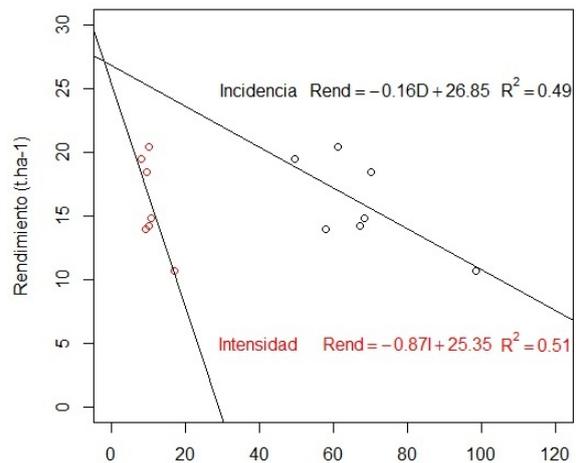


Figura 3. Relación de la incidencia e intensidad del Tizón temprano con el rendimiento del cultivo de la papa en la campaña 2016-2017. / *Relationship of the incidence and intensity of the early blight on the yield of the potato crop during the campaign 2016 -2017.*

El índice de ataque de Tizón temprano tuvo una tendencia a aumentar en las dos campañas evaluadas. En la campaña 2016-2017 hubo mayor incidencia e intensidad de la enfermedad que en la campaña 2015-2016. Es probable que esto se deba a factores bióticos como la variabilidad patogénica del género *Alternaria* y/o a factores abióticos como las temperaturas, las precipitaciones, la humedad relativa y la velocidad del viento, los cuales influyen directamente sobre el índice de ataque del patógeno informado previamente por Pérez (24),

factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad (2).

Por ende, el aumento de la incidencia y de la intensidad de la enfermedad, de forma casi lineal como se observa en las [figuras 2](#) y [3](#), puede influenciar la toma de decisión en cuanto a las medidas de control, tanto antes como durante la aparición de los síntomas, para evitar pérdidas mayores en el rendimiento. Esto evidencia que, además de ejercer un control de los fitopatógenos, estos agentes biológicos son capaces de contribuir a aumentar el rendimiento en los cultivos, como plantean Martínez *et al.* (23) y Kodithuwakku *et al.* (25). Los tratamientos V y VI fueron los mejores tratamientos integralmente al tener en cuenta la incidencia e intensidad de la enfermedad y el rendimiento del cultivo.

Los resultados abren la posibilidad de utilizar la cepa *Ta. 85* de *T. asperellum* y la cepa Pf-5 de *P. protegens* para el control de *A. solani* en el cultivo de la papa, lo que constituye una contribución a la disminución del uso de químicos y, con ello, a la preservación del ambiente.

CONCLUSIONES

Trichoderma asperellum cepa *Ta. 85* y *Pseudomonas protegens* Pf-5 son compatibles en condiciones *in vitro*.

Los ACB mostraron ser efectivos para el control de *A. solani* en condiciones de campo.

Los mejores tratamientos son: a.- Aplicación al suelo y tubérculos, más la aplicación de la combinación de la cepa *Ta. 85* con la Pf-5 al follaje en dos ocasiones. b.- Aplicación de la cepa *Ta. 85* al suelo y tubérculos más la doble aplicación de Pf-5 al follaje.

REFERENCIAS

1. Salazar J, Sánchez R, Echeverry C, Soto C, Camacho J, González C. et al. Manejo fitosanitario del cultivo de la papa. Bogotá D.C. Colombia. 2011; 5-35. Código: 00.09.31.11.
2. Hernández-Mansilla A, Sorí-Gómez R, González-Alfonso D, López-Mayea A. Escenarios bioclimáticos para el tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] y tizón temprano (*Alternaria solani* Sorauer.) de la papa en Cuba. Revista Latinoamericana de la Papa. 2017; 21(1): 55 - 72.
3. Martín R, Jeréz E. Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*, L.) a partir del comportamiento de las temperaturas. Cultivos Tropicales. 2015; 36(1): 93-97.
4. Pérez L, García A. El cultivo de la papa en Cuba: enfermedades fungosas y bacterianas: descripción, epidemiología y manejo. 2007; 281-410.
5. Ricardo N, Polanco G, Gómez S, Noris P. Comportamiento del tizón temprano del tomate (*Alternaria solani*) en las condiciones del municipio de Holguín, Cuba. Fitosanidad. 2013; 17(2): 75-81.
6. Acuña I, Cadiz F. Reconocimiento y manejo del Tizón temprano de la papa. Revista Informativo INIA. 2011; 82:1-4.
7. Pérez Á, Coto A, Echemendía P, Ávila QG. *Pseudomonas fluorescens* Migula, ¿control biológico o patógeno? Rev Protección Veg. 2015; 30(3):225-234.
8. Gakegne E, Plasencia O, Hernández-Rodríguez A, de La Fe Y, Martínez B. Actividad antagonista de *Pseudomonas* spp. fluorescentes ante *Alternaria solani* Sorauer, patógeno de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Rev Protección Veg. 2017; 32(3): 1-11.
9. Gakegne E, Martínez B. Antibiosis y efecto de pH-temperatura sobre el antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* frente a *Alternaria solani* Rev Protección Veg. 2015; 33(2):1-9.
10. Rajasekhar L, Satish KS, Divya J. Evaluation of microbial consortium for 'plant health management' pigeon pea. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. 2016; 6:107-113.
11. Hernández A, Díaz M, Borges Y, Vargas D, Cabrera J, Ascanio M, et al. Degradación de las propiedades de los suelos ferralíticos rojos lixiviados de la "llanura roja de La Habana", por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 2014(a); 131-134.
12. Ministerio de Agricultura. Instructivo técnico para la producción de papa en Cuba.

- República de Cuba. Ministerio de la Agricultura. Dirección de Agricultura. 2016.
13. Mijailova P, Straka F, Apostolov A. Prognosis y señalización en la Sanidad Vegetal. Zemizdat, Sofia. 1982; 342pp.
 14. Di Rienzo J.A., Casanoves F, Balzarini M.G, Gonzalez L, Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2016. URL <http://www.infostat.com.ar>
 15. Patel JS, Kharwar RN, Singh HB, Upadhyay RS and Sarma BK. *Trichoderma asperellum* (T42) and *Pseudomonas fluorescens* (OKC)-Enhances Resistance of Pea against *Erysiphe pisi* through Enhanced ROS Generation and Lignifications. *Front Microbiol.* 2017; 8(306): 1-12. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00306.
 16. Dhage R. *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma* spp. mediated management of stem rot of groundnut incited by *Sclerotium rolfsii*. (Thesis for Master of Science(. Division of Plant Pathology and Agricultural Microbiology, College of Agriculture, Kolhapur 416004 Maharashtra, India. 2015.
 17. Castellanos L, Rivero T, Porras Á, Pajón J. Modelación matemática de *Alternaria solani* Sor. en papa en función del tiempo. *Fitosanidad.* 2005; 9(1): 23-26.
 18. Rodríguez M, Stefanova M. Control biológico del tizón temprano (*Alternaria solani* Sorauer) en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en condiciones de campo. *Fitosanidad.* 2005; 9(4): 35-37.
 19. Yadav S. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* and *Pseudomonas fluorescens* with organic amendments against tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. *International J. Microbial Resource Technol,* 2014; 2 (2): 13-17.
 20. Sandheep R, Asok A, Jisha M. Combined inoculation of *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum* for enhancement plant growth of vanilla (*Vanilla planifolia*). *Pakistan Journal of Biological Sciences,* 2013; 16(12): 580-584.
 21. Echevarría A. Identificación y alternativa biológica para el control de la Marchitez en el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) (Tesis en Opción al Título Académico de Máster en Sanidad Vegetal. Mención: Fitopatología(. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Cuba. 2014.
 22. Hernández A, Ruíz Y, Acebo Y, Miguélez Y, Heydrich M. Antagonistas microbianos para el manejo de la pudrición negra del fruto en *Theobroma cacao* L. Estado actual y perspectivas de uso en Cuba. *Rev. Protección Veg.* 2014(b); 29 (1): 11-19.
 23. Martínez B, Infante I D, Reyes Y. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Rev. Protección Veg.* 2013; 28(1): 1-11.
 24. Pérez S. Variabilidad cultural, patogénica y genética del agente causal del tizón temprano (*Alternaria solani* Sor) del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Cuba. (Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas(. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Cuba. 2003.
 25. Kodithuwakku D, Wijekoon B, Kumari S, De Silva P. Efficacy of single and combined application of *Trichoderma* spp. and *Pseudomonas fluorescens* along with bio-fertilizer (Arbuscular Mycorrhizae - AM) on growth of nursery plants of black pepper (*Piper nigrum* L.) *Sri Lanka Journal of Food and Agriculture.* 2016; 2(1): 65-68. ISSN 2424-6913.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

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/)