



CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

Artículo original de investigación

Bases científicas y metodológicas para la detección temprana y respuesta rápida a *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*) en Cuba

Leticia Duarte Martínez ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-5660-1978>
Vanda Helena Paez Bueno ² <https://orcid.org/0000-0003-1538-5874>
Heyker Lellani Baños Díaz ¹ <https://orcid.org/0000-0002-5800-0260>
Jana Collatz ³ <https://orcid.org/0000-0002-8412-3790>
María de los Ángeles Martínez Rivero ¹ <https://orcid.org/0000-0002-5713-067X>
Roberto Wilson Maluf ² <https://orcid.org/0000-0002-3815-0405>
Alison Oliveira ² <https://orcid.org/0000-0002-0280-8922>
Aramis Rivas Diéguez ⁴ <https://orcid.org/0000-0003-2123-9742>
Adayakni Sánchez Castro ¹ <https://orcid.org/0000-0001-5042-6235>
Héctor Rodríguez Morell ⁵ <https://orcid.org/0000-0001-5547-5642>

¹ Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Mayabeque, Cuba

² Universidade Federal de Lavras (UFLA). Minas Gerais, Brasil

³ Agroscope. Zurich, Suiza

⁴ Universidad de Las Tunas. Las Tunas, Cuba

⁵ Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. Mayabeque, Cuba

*Autor para correspondencia: leticia@censa.edu.cu

RESUMEN

Editor

Lisset González Navarro
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Darwin A. Arduengo García
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Introducción: La invasión de especies exóticas es una de las principales amenazas para los ecosistemas y la biodiversidad, con un impacto directo en la economía. **Objetivo:** Diseñar un programa para la alerta temprana, diagnóstico rápido y mitigación de los daños que la plaga invasora *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*) pudiera ocasionar, ante su eventual introducción a Cuba. **Métodos:** Se diseñó un programa de prevención y mitigación de daños para el enfrentamiento del insecto mediante la evaluación de la respuesta del microlepidóptero frente al cultivar cubano de tomate Vyta y las potencialidades de 2 miridos depredadores: *Macrolophus basicornis* (Stal) y *Engytatus varians* (Distant) como agentes de control biológico a través de estudios de interacción y preferencia alimentaria frente a *T. absoluta* y presas alternativas. Se actualizó la presencia de los depredadores en solanáceas (tomate y tabaco) en Cuba. **Resultados:** Los valores de los parámetros biológicos de *T. absoluta* sobre Vyta fueron bajos. Asimismo, la polilla mostró preferencia por la parte superior y media de las plantas para poner huevos y alimentación larval, sin embargo Vyta fue menos preferido para la oviposición en comparación con el resto de los cultivares evaluados, lo que demuestra su resistencia frente al insecto. Los miridos mostraron mayor consumo de huevos y larvas de primer instar, con una combinación positiva de ambas especies para el control. Se reafirman las potencialidades de los miridos como agentes de control biológico, seleccionando *M. basicornis* como el candidato más promisorio a partir de la metodología de preferencia alimentaria empleada. Asimismo, *M. basicornis* completa su ciclo biológico y



permanece en el cultivo alimentado con áfidos como presas alternativas. **Conclusiones:** Los nuevos hallazgos unido a la capacitación del personal especializado, permitió establecer las bases científicas y metodológicas para el desarrollo de un programa de prevención y mitigación del impacto de *T. absoluta* en Cuba.

Palabras clave: reducción de riesgos; polilla del tomate; miridos depredadores; control biológico; manejo integrado de plagas

Scientific and methodologic basis for *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*) early detection and rapid response in Cuba

ABSTRACT

Introduction: The invasion of exotic species is one of the main threats to ecosystems and biodiversity, with a direct impact on the economy. **Objective:** To design a program for the early detection, rapid response and application of measures to minimize possible damages produced by the invasive pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*), before its eventual introduction into Cuba. **Methods:** It was designed a prevention and damage mitigation program to deal with the insect through the evaluation of the response of the microlepidoptera against the Cuban tomato cultivar Vyta and the potentialities of two mirid predators: *Macrolophus basicornis* (Stal) and *Engytatus varians* (Distant) as biological control agents through interaction and food preference studies against *T. absolute* and alternative preys. It was updated the presence of predators in *Solanaceae* (tomato and tobacco) in Cuba. **Results:** The values of the biological parameters of *T. absoluta* on Vyta were low. Likewise, the leaf miner showed preference for the upper and middle strata of the plants for laying eggs and larval feeding, however Vyta was less preferred for oviposition in comparison with the rest of the cultivars assessed, which demonstrates its resistance against the insect. Mirids showed higher consumption of eggs and first instar *larvae*, with positive combination of both predator species for the control. They are confirmed potentialities of mirids as biological control agents and *M. basicornis* is selected as the most promising candidate based on the food preference methodology used. Likewise, *M. basicornis* completes its lifespan and remains in the crop fed with aphids as alternative prey. **Conclusions:** The new findings, together with the training of specialized personnel, strengthen the scientific and methodological bases within a program of prevention and mitigation of the impact of *T. absoluta* in Cuba.

Keywords: Risk reduction; tomato leaf miner; predatory mirids; biological control; integrated pest management

INTRODUCCIÓN

La invasión de especies exóticas es una de las principales amenazas para los ecosistemas y la biodiversidad, con un impacto directo en la economía. ⁽¹⁾ En la agricultura el incremento de los costos económicos pudiera atribuirse a la pérdida de las cosechas o al incremento de los costos de producción por concepto de manejo de plagas. ⁽²⁾ Entre los factores más importantes que influyen en el éxito o el fracaso de la introducción de especies invasoras están el clima y las especies hospedantes presentes en el nuevo hábitat, por

lo que las especies polígrafas tienen mayor potencialidad de establecimiento. ⁽³⁾

La polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) (*Lepidoptera: Gelechiidae*), es una de las plagas más devastadoras del cultivo del tomate y de otras solanáceas; ⁽²⁾ cuando no se aplican métodos de control efectivos provoca severos daños que repercuten en pérdidas de hasta el 100 % de las producciones. ⁽⁴⁾ Su rápida dispersión la ha convertido en la principal amenaza de las producciones tomateras de numerosos países de Europa, África y Asia. ^(5,6) En Centroamérica se informó

en Panamá en 2011 y Costa Rica en 2014; posteriormente se informa por primera vez en Haití en 2019. ^(7,8)

A nivel internacional se implementaron numerosos enfoques para manejar esta plaga. Sin embargo, el uso indiscriminado de plaguicidas químicos es una gestión no sostenible por el rápido desarrollo de resistencia. ⁽⁹⁾ El empleo de cultivares de tomate resistentes a *T. absoluta* es una de las alternativas desarrolladas desde hace algunas décadas y por su importancia es uno de los pilares fundamentales de la gestión integrada que podría ser combinada con el control biológico. ⁽¹⁰⁻¹²⁾

En este sentido, *Nesidiocoris tenuis* Reuter y *Macrolophus pygmaeus* (Distant) (*Hemiptera: Miridae*) son actualmente de gran interés en programas de control biológico aumentativo y conservativo para la regulación de las poblaciones de *T. absoluta* y *Bemisia tabaci* en Europa. ^(4,13,14) Igualmente, en Brasil, *Macrolophus basicornis* (Stal) y *Engytatus varians* (Distant) son potenciados para el control de *T. absoluta* y otras plagas del cultivo. ^(4,15) En Cuba fue informada la presencia de especies de esta familia por Alayo ⁽¹⁶⁾ y Grillo ⁽¹⁷⁾ entre las que se encuentran: *Nesidiocoris tenuis* Reuter, *Macrolophus praeclarus* (Stal), *M. basicornis* (Stal) y *E. varians* en los cultivos de tomate y en tabaco, con una incidencia superior al 40 %. ⁽¹⁸⁾

Esta polilla exótica para Cuba actualmente representa un gran riesgo debido a la cercanía geográfica con países afectados y la existencia de condiciones ambientales favorables para su establecimiento. Por estos motivos y teniendo en cuenta la elevada plasticidad ecológica y amplio rango de hospedantes del insecto; el presente trabajo sienta las bases para el desarrollo de un programa de prevención y mitigación del impacto de *T. absoluta* en Cuba a partir del monitoreo para la detección temprana, el diagnóstico oportuno, la aplicación de medidas de bajo impacto ambiental dirigidas a mitigar los daños que el insecto pudiera ocasionar ante su eventual introducción al país; y la capacitación de directivos, especialistas y técnicos. El Objetivo fue diseñar un programa para la alerta temprana, diagnóstico rápido y mitigación de los daños de la plaga invasora *Tuta absoluta* (Meyrick) (*Lepidoptera: Gelechiidae*).

MÉTODOS

Se realizaron acciones de vigilancia, diagnóstico, prevención y mitigación (alternativas de manejo) previstas dentro del programa de preparación para el enfrentamiento de *T. absoluta* en Cuba. A la par de estas tareas se realizaron otras acciones para la mitigación del impacto de su posible entrada encaminadas al uso de alternativas de manejo amigable con el medio ambiente y la utilización de los recursos filogenéticos con fuentes de resistencia disponibles en Cuba.

Se evaluaron, además, como agentes de control biológico (ACB) potenciales frente a *T. absoluta* 2 especies de depreda-

dores zoofitófagos (*Hemiptera: Miridae*), y se profundizó en estudios de selección (consumo, preferencia de presa, conducta e interacción intragremial) de *M. basicornis* y *E. varians*, así como otras presas alternativas que coexisten en tomate u otras solanáceas. En primer lugar se evaluó la interacción de *M. basicornis* y *E. varians* frente a *T. absoluta* y la pertinencia del uso combinado de estas especies a partir del modelo ecológico, modelo de riesgo multiplicativo (MRM) descrito internacionalmente, ^(19,20,21) haciendo la descripción de la conducta a seguir para su utilización. Igualmente, se evaluó el consumo y preferencia de presas de *M. basicornis* alimentándose de los áfidos *Myzus persicae* (Sulzer) y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) en plantas de tomate.

Se determinó la afinidad por la presa de *M. basicornis* y *E. varians* frente a huevos de *T. absoluta* y *Neolucinodes elegantalis* (Guenée) (*Lepidoptera: Crambidae*) mediante una metodología novedosa para la selección de ACB, que complementa los estudios convencionales de preferencia de presa con estudios de conducta, los cuales, ayudan en la mejor comprensión del desempeño del depredador frente a su presa y permitieron el cálculo de otros índices, esenciales para la selección del candidato más promisorio.

Metodología para estudios de preferencia alimentaria con míridos depredadores

Para lograr mejores criterios en la selección del depredador más promisorio como ACB, atendiendo a la afinidad de la presa, se determinó

La preferencia de presa a las 24 h de observación a partir del índice β -Manly para abundancia de presa o el índice de preferencia descrito por Rodgers con restricción de presas

Período de adaptación: Las hembras recién emergidas de las especies depredadoras a evaluar son expuestas 48 h al periodo de adaptación, alimentadas por las diferentes presas empleadas en los experimentos, de forma simultánea. Los míridos frente a las presas sobre la planta hospedante seleccionada, deben ser mantenidos en jaulas de acrílico (60 x 30 x 30) cm, confinados dentro de una cámara climatizada a 25 °C \pm 1 °C de temperatura, 70 % \pm 10 % de humedad relativa y 12 h de fotoperiodo. Luego de este periodo, las hembras deben ser independizadas en tubos de ensayos y alimentadas con agua (algodón humedecido) durante 24 h.

Índices de preferencia: Para analizar la preferencia de la presa por el depredador se deben ofrecer 2 presas simultáneamente. El índice de β -Manly se emplea cuando no es posible reponer la presa depredada y solo se puede usar cuando el número de presa que queda sin depredar es supe-

rior a 10 individuos, por lo que se emplea con abundancia de presas usando la siguiente fórmula (1):

$$\beta_i = \frac{\log\left(\frac{e_i}{A_i}\right)}{\sum_{s=1}^K \log\left(\frac{e_s}{A_s}\right)} \quad (1)$$

donde β_i : preferencia del predador por la presa definido como clase i ,

e_i : número de presas intactas o que sobreviven de la clase i ,

A_i : número inicial de presas que ocupan la clase i ,

e_s : número total de presas que sobreviven de la presa definida como clase s ,

A_s : número total inicial de presas de la presa clase s ,

K : número de las diferentes clases de presas,

Si todos los valores de β son iguales a $1/K$, la selección de presas es indeterminada. ⁽²²⁾

Para analizar el índice de preferencia de Rodger's se calcula el área por debajo de cada curva de consumo acumulado para cada especie de presa en los tiempos evaluados, donde se repone el número de presas consumidas de cada especie empleada en el estudio. Los valores que se obtienen se normalizan en un rango entre 0-1 siguiendo la siguiente fórmula (2):

$$R_i = A_i / \text{máx.}(A_i) \dots\dots(2)$$

donde R_i es el índice de preferencia de Rodger's para la especie i ; A_i es el área de consumo acumulada por especie i y $\text{max}(A_i)$ es el valor máximo de A_i .

Para cada individuo del depredador la presa favorita viene dada por un valor de preferencia de 1 y el valor de la presa menos preferida viene dado por el menor valor de preferencia. Los datos de los índices de preferencia de presa de Rodger's obtenidos para los depredadores y el número total de presas al final del experimento pueden ser analizados mediante cualquier análisis de varianza, de acuerdo a la normalidad de los datos en el estudio. ⁽²³⁾

Realización de estudios de conducta con los depredadores evaluando los mismos tratamientos considerados en el experimento de preferencia a las 24 h antes mencionado

Condiciones previas: Las hembras adultas de los míridos depredadores menores de 7 d de edad deben ser individualizadas en tubos de ensayos y alimentadas con agua (algodón humedecido) por 24 h. Los estudios de conducta deben considerar observaciones continuas de 1 h a partir de filmaciones. Debe ser realizado bajo un microscopio estereoscópico con cámara acoplada que permita filmar y registrar los archivos en memoria, o transferir las imágenes a un ordenador para visualizarlas y a su vez, salvar los archivos de videos.

Para realizar las observaciones con los míridos depredadores se debe emplear como mínimo un aumento 10 x y una unidad experimental (UE), conformada por 1 pequeña hoja de la planta en cuestión sobre una solución de agar agua en placa de Petri de 5 cm, que servirá de sustrato a las presas y los depredadores. El tamaño de la UE es apropiado para insectos pequeños, ya que no limita el área para su desplazamiento y, por otra parte, se ajusta al campo visual alcanzado bajo el estereoscopio con aumento 10 x, además de facilitar la captura de las imágenes. Una vez colocados el depredador y la presa sobre la UE, esta debe ser tapada con papel PVC transparente para evitar el escape de los insectos y visualizar el desempeño de los mismos.

Una vez obtenidos los videos de los depredadores se procede a su observación considerando un individuo por réplica y como mínimo, evaluar de 10 a 15 réplicas para cada uno de los tratamientos.

Observaciones conductuales: Las observaciones son analizadas mediante el programa Etholog 2.2, (24) el cual permite registrar la duración total (en segundos) del tiempo que dedica el depredador en cada actividad, el número de veces que repite cada actividad y la duración promedio de las mismas. Las actividades conductuales a considerar para míridos depredadores se explican a través de las categorías definidas:

- Moverse: caminar con el aparato bucal retraído o pegado al abdomen;
- Buscar: caminar y al mismo tiempo, buscar la presa o penetrar en las hojas; con el aparato bucal al frente moviéndolo en la dirección de la búsqueda. Estas acciones el depredador las puede realizar en el lugar o desplazándose;
- Descansar: parado inmóvil;
- Encontrar la presa: tocar la presa con el aparato bucal;
- Alimentarse de la planta: presionar con el aparato bucal la superficie foliar y succionar;
- Depredar: succionar la presa hasta vaciar su contenido, luego del contacto;
- Encuentro con presas consumidas: tocar con el aparato bucal las presas vacías o consumidas;
- Limpiarse: limpiarse el aparato bucal, antenas y alas con las patas delanteras, así como el abdomen con el aparato bucal.

Calcular otros índices componentes de la depredación a partir de las salidas de las observaciones conductuales de los depredadores, obtenidas con el programa Etholog 2.2

La tasa de encuentro, depredación y aceptación de la presa o eficiencia de ataque son parámetros que son estimados para definir las potencialidades de un enemigo natural frente una presa determinada y ampliamente usados en estudios de ecología aplicada, fundamentalmente para el control biológico de plagas.

Estos parámetros son llamados componentes de la depredación por algunos autores ⁽²¹⁾ u otros parámetros de conducta, ⁽²⁵⁾ principalmente asociados a estudios de interacción intragremial.

La tasa de encuentro refiere el número de encuentros con la presa entre el tiempo total dedicado por los depredadores a buscar la misma, mientras que la tasa de depredación se define como el número de eventos de depredación. Por último, la tasa de aceptación también conocida como eficiencia de ataque refiere el número de eventos de depredación entre el número total de encuentros con la presa. Teniendo en cuenta la salida de los datos que se obtienen con Etholog 2.2, estos índices se calculan de la forma que se muestra (3):

$$(1) \text{ Tasa de encuentro} = \frac{\text{Valor de N (SEs) en la categoría (Encuentro)}}{\text{Valor de MEAN DUR en la categoría (Búsqueda)}}$$

$$(2) \text{ Tasa de depredación} = \frac{\text{Valor de N (SEs) en la categoría (Predar)}}{\text{Valor de MEAN DUR en la categoría (Búsqueda)}}$$

$$(3) \text{ Tasa de aceptación} = \frac{\text{Valor de N (SEs) en la categoría (Predar)}}{\text{Valor de N (SEs) en la categoría (Encuentro)}} \dots\dots (3)$$

RESULTADOS

Se concibió como estrategia de trabajo el seguimiento y la formación de los especialistas para lograr el diagnóstico oportuno de la plaga:

En cuanto al seguimiento en la región de América Latina y el Caribe, se hace un seguimiento exhaustivo de la evolución de la plaga, mediante acciones constantes de seguimiento de la información científica sobre la situación internacional, revisando sistemáticamente los sitios de consulta de referencia internacional del Centro de Biociencia Agrícola Internacional (CABI) y de la Organización Europea y Mediterránea de Protección Vegetal (EPPO); lo que garantiza la alerta temprana. Además, se consulta la información disponible *on line* relacionada con *T. absoluta* obtenida con el empleo de buscadores como Google, Scopus, Pubmed, Scielo, Researchgate y notificaciones de Google Scholar de autores que trabajan el tema a nivel internacional, entre otros.

En la tarea de monitoreo juega un papel importante el Centro de Capacitación para la Reducción de Desastres Sanitarios en Animales y Plantas (CEDESAP) y la Red de trabajo multidisciplinaria e intersectorial REDesastres, gestionada desde el CENSA para brindar información oportuna a los Centros de Gestión y Reducción de Desastres (CGRD) del Sistema Nacional de Defensa Civil, instituciones científicas, académicas y de producción del sector agropecuario. Mediante el empleo de esta red fue divulgada la información sobre el primer reporte de *T. absoluta* en el área del Caribe en 2019.

El programa Etholog 2.2 permite salvar en formato .txt la salida de datos de cada una de las observaciones, lo que brinda la posibilidad de transferir estos a Excel y hacer las bases de datos para efectuar el análisis estadístico. Este programa es una opción viable para los especialistas que necesiten realizar estos estudios, ya que su acceso es de forma gratuita y está disponible en Internet. ⁽²⁴⁾

La combinación de ambas alternativas de manejo, empleo de variedades con genes de resistencia y uso de ACB, son herramientas que contribuirán a la mitigación de los daños producidos por la polilla.

Estudio del comportamiento de variedades nacionales (cultivar Vyta) con fuentes de resistencia a enfermedades

La respuesta de *T. absoluta* frente a los cultivares de tomate evaluados aportan datos biológicos de la plaga, en condiciones de temperaturas similares a las cubanas (constante 25 °C y fluctuantes 20 °C/30 °C). La temperatura influyó sobre la duración de la fase de huevo con una duración de 5 d bajo temperatura fluctuante. Esta condición afectó significativamente, además, la supervivencia larval (10 d menos), la viabilidad pupal (se redujo al 46 %) y la relación de sexos (solo 31 % de los adultos fueron hembras); resultados que se consideran muy bajos para el insecto en comparación con los alcanzados a 25 °C, limitando el desarrollo de sus poblaciones.

También, sin afectar el intervalo generacional (T), la temperatura fluctuante influyó sobre los parámetros Tasa neta de reproducción (R₀), Tasa intrínseca de crecimiento (r_m) y Tasa finita de incremento (λ) logrando, consecuentemente, un mayor tiempo de duplicación de la población (TD). Esto significa que sobre Vyta, el desarrollo poblacional del insecto está limitado en condiciones naturales, teniendo en cuenta que estos parámetros son los que definen la capacidad de multiplicación de la especie (tabla 1).

En casa de vegetación la oviposición observada de *T. absoluta* sobre los cultivares Vyta, Santa Clara y TOM 687 ofrecidos exclusivamente y combinados, evidenció que el insecto prefiere colocar mayor cantidad de huevos en la parte superior y media de las plantas (tabla 2), resultado de impor-

tancia práctica ya que coadyuva en la implementación del método de muestreo del insecto.

Evaluación *M. basicornis* y *E. varians* como ACB promisorios frente a *T. absoluta* y presas alternativas: Ambos depredadores prefirieron los huevos y las larvas de primer instar de *T. absoluta*, pero *M. basicornis* mostró mejor desempeño frente a la presa, ya que alcanzó mayor tasa de consumo.

El análisis de los efectos de los depredadores múltiples indicó que cuando ambos depredadores de miridos estaban presentes alimentándose de huevos o larvas de primer estadio, los resultados fueron positivos debido a la similitud entre los valores observados de las tasas de depredación y los predichos estimados por el modelo MRM. Por el contrario, dicho efecto no se evidenció frente a larvas de segundo estadio, por ello la combinación de ambos miridos fue positiva al consumir huevos y larvas de primer instar, pero negativa frente a larvas de segundo. Estos resultados indicaron que ambos logran la regulación de la plaga, pero *M. basicornis* presenta mayores potencialidades como ACB para *T. absoluta*.

La metodología de preferencia alimentaria empleada reveló que las hembras de *M. basicornis* y *E. varians* consumieron huevos de ambas especies presa. Las tasas de depredación de *M. basicornis* no difirieron significativamente entre los tratamientos con presas ofrecidas exclusivamente o mezcladas ($F_{2,70} = 1,08; p = 0,343$). En contraste, las tasas de

depredación de *E. varians* difirieron significativamente entre los tratamientos ($F_{2,70} = 22,35; p < 0,0001$), con la tasa de depredación más alta en huevos *T. absoluta* (TLM) y la más baja en huevos mixtos.

Cuando se ofrecieron simultáneamente ambas especies de presas, el índice de preferencia de Manly indicó que *M. basicornis* sólo mostró una débil preferencia por los huevos de TLM ($\beta_1 = 0,58 \pm 0,05$), que no fue significativamente diferente de 0,5 ($t = 1,57; df = 24; p = 0,0644$). En el caso de *E. varians* los valores β revelaron una preferencia fuerte y altamente significativa por los huevos *N. elegantalís* ($\beta_1 = 0,69 \pm 0,06; t = 7,94, df = 24, p < 0,0001$).

A pesar de que la tasa de aceptación de los huevos de *N. elegantalís* (STB) por parte de *M. basicornis* se redujo cuando los huevos se proporcionaron junto con huevos de TLM, la tasa de depredación no se vio afectada. Esta especie muestra un mayor tiempo de búsqueda en presencia de ambas presas y un menor tiempo de alimentación en los folíolos en comparación con *E. varians* (figura 1). Sin embargo, cuando se ofrecieron ambas presas por separado, *E. varians* sólo depredó entre el 50 % y el 60 % de los huevos de STB, mientras que se obtuvo una mayor tasa de depredación sobre los huevos de TLM, a pesar de la preferencia del depredador por STB. Este efecto, sin embargo, no fue evidente cuando se ofrecieron ambas presas en combinación. Por lo tanto, ambos miridos son depredadores eficaces, pero *M. basicornis* parece ser un candidato de

Tabla 1. Parámetros poblacionales de *Tuta absoluta* obtenidos sobre *Solanum lycopersicum* (cultivar Vyta) a temperatura constante (25 °C ± 1°C) y fluctuante (30 °C /20 ± 1°C), 70 %±10 % de humedad relativa y 12 h de fotoperiodo

Temperatura °C	Parámetros de crecimiento poblacional (*)				
	RO	T	Rm	TD	(λ)
25 °C Vyta	9,366667	5,523132	0,020008	34,64305	1,02021
30 °C/20 °C Vyta	8,900000	5,756554	0,005924	117,0092	1,00594

*Tasa neta de reproducción: (Ro); Intervalos medio entre generaciones: (T); Tasa intrínseca de crecimiento: (rm); Tiempo de duplicación: (TD) y Tasa finita de incremento (λ).

Tabla 2. Número total de huevos y larvas vivas de *T. absoluta* por cultivar de tomate, combinados y no combinados

Cultivares	Huevos				Larvas			
	Combinados		No combinados		Combinados		No combinados	
	Total	ds	Total	Ds	Total	ds	Total	ds
Vyta	700	4,5	927	6,3	375	2,3	279	2,2
TOM 687	1495	10,6	924	5,3	320	2,1	249	1,4
Santa Clara	1188	8,0	1140	9,4	160	1,2	403	4,9

biocontrol más prometedor para regular ambas plagas en los cultivos de tomate, especialmente cuando se presentan juntas.

Luego de 1 h de observaciones continuas, los depredadores dedicaron más tiempo a las actividades relacionadas con la búsqueda de presas, el descanso y la alimentación (depredación y succión de los folíolos) que a cualquiera de las otras actividades. *E. varians* pasó significativamente menos tiempo buscando presas con huevos STB que con huevos TLM ($X^2(3,70) = 12,29; p = 0,015$) en comparación con *M. basicornis* buscando cualquiera de los 2 tipos de presas ($X^2(3,76) = 12,29; p = 0,008$ y $p = 0,008$). Asimismo, el tiempo que ambos míridos dedicaron a la limpieza no difirió significativamente entre los tratamientos de presas ($X^2(3,70) = 5,90; p = 0,116$). *M. basicornis* pasó significativamente más tiempo depredando huevos de STB que *E. varians* huevos de TLM ($X^2(3,70) = 9,98; p = 0,026$). Además, *E. varians* dedicó menor tiempo al descanso cuando se le ofrecen huevos de STB comparado con *M. basicornis* frente a huevos de TLM ($X^2(3,70) = 9,78; p = 0,013$) (figura 1).

Los resultados mostraron una influencia significativa en el tiempo dedicado por los míridos a alimentarse de los folíolos de tomate ($X^2(3,70) = 11,73; p = 0,008$). En el caso de las presas con huevos STB, *E. varians* necesitó más tiempo para alimentarse de la planta que *M. basicornis* ($X^2(3,70) = 11,73; p = 0,046$). Del mismo modo, *E. varians* pasó significativamente más tiempo alimentándose de los folíolos para las pre-

sas con huevos STB que *M. basicornis* para los huevos TLM ($X^2(3,70) = 11,73; p = 0,046$) (figura 1).

Aunque el tiempo dedicado por los míridos a actividades como el desplazamiento, el encuentro con la presa y el encuentro con los huevos consumidos fue relativamente corto, se trata de actividades importantes que ayudan a llevar a cabo la depredación. *M. basicornis* y *E. varians* pasaron más tiempo moviéndose en presencia de huevos de TLM que con huevos de STB (*M. basicornis*: $p = 0,040$; *E. varians*: $p = 0,011$). Además, ambos míridos tardaron significativamente más en encontrar huevos frescos de STB que de TLM (*E. varians*: $p < 0,0001$; *M. basicornis*: $p < 0,0001$). Del mismo modo, *E. varians* pasó significativamente más tiempo que *M. basicornis* para encontrar huevos frescos de STB ($p = 0,021$). Además, *E. varians* dedicó más tiempo a encontrar huevos ya consumidos de STB que de TLM ($p = 0,013$) y, de forma similar, este depredador dedicó más tiempo a encontrar huevos ya consumidos de STB que de *M. basicornis* ($p = 0,013$). Sin embargo, el tiempo empleado por *M. basicornis* para encontrar huevos ya consumidos de ambas presas no fue diferente ($p = 0,215$) (figura 1).

Por otra parte, las presas influyeron en la tasa de encuentro, aceptación y depredación de los míridos, con diferencias significativas durante el periodo de observación de 1 hora. En el caso de *E. varians*, la tasa de encuentro de los huevos TLM fue significativamente mayor cuando se ofrecieron solos que cuando se ofrecieron mezclados con huevos STB ($p = 0,024$).

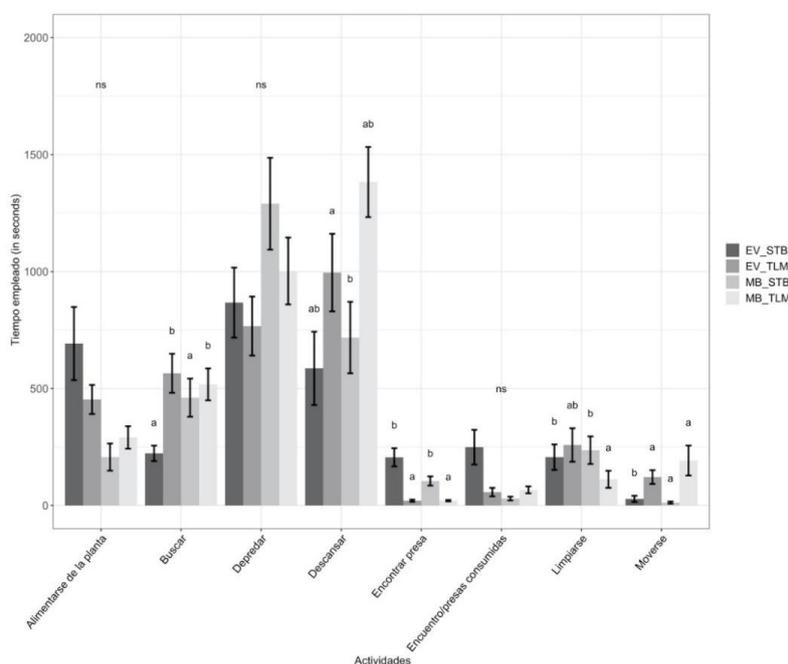


Fig. 1. Observaciones del comportamiento de *M. basicornis* (MB) y *E. varians* (EV) (media \pm SE) en presencia de huevos de *Tuta absoluta* (TLM) y *Neuleucinodes elegantalis* (STB) durante 1 h1. *Las letras diferentes en las barras indican diferencias significativas y las barras seguidas de ns no son estadísticamente significativas (prueba de Kruskal-Wallis seguida de la prueba de suma de rangos de Wilcoxon: $p < 0,05$)

Una diferencia similar, pero mucho más fuerte, se detectó para los huevos STB cuando se ofrecieron solos o mezclados ($p < 0,0001$). En cambio, la tasa de encuentro de los huevos STB por *M. basicornis* fue significativamente mayor cuando esos huevos se ofrecieron mezclados con huevos de TLM que cuando se ofrecieron solos ($p = 0,0001$). En el caso de los huevos de TLM, también la tasa de encuentro difirió entre los huevos ofrecidos solos o mezclados con huevos de STB ($p = 0,002$). Además, *E. varians* mostró una tasa de encuentro significativamente mayor con los huevos de STB que con los de TLM cuando se les ofreció exclusivamente ($p < 0,0001$). Esto no se observó para *M. basicornis* ($p = 0,9527$) (figura 2).

En el caso de los huevos de TLM, la tasa de aceptación no se vio afectada por el hecho de que se ofrecieran solos o en una mezcla con huevos de STB para ambas especies de depredadores (*M. basicornis*: $p = 0,357$ y para *E. varians* $p = 0,686$). *M. basicornis* mostró una menor tasa de aceptación de los huevos de STB cuando se les ofreció mezclados con TLM que cuando se les ofreció solos ($p = 0,001$), mientras que no se observó tal diferencia para *E. varians* ($p = 0,286$) (figura 2).

Para ambas especies de míridos, la tasa de depredación sobre los huevos de TLM fue significativamente mayor cuando los huevos se ofrecieron solos que cuando se mezclaron con huevos

de STB (*M. basicornis*: $p = 0,023$, *E. varians*: $p = 0,020$). Además, no se observó tal diferencia para los huevos STB (*M. basicornis*: $p = 0,584$, *E. varians*: $p = 0,597$). Asimismo, *M. basicornis* mostró una tasa de depredación significativamente mayor sobre los huevos de STB en comparación con los huevos de TLM cuando se les ofreció exclusivamente ($p = 0,017$), mientras que no se observaron diferencias para *E. varians* ($p = 0,4205$) (figura 2).

Uso de presas alternativas: El consumo y preferencia de *M. basicornis* alimentándose de los áfidos *Myzus persicae* (Sulzer) y *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) como presas alternativas en plantas de tomate, evidenció que el depredador puede reproducirse y sobrevivir sobre ambas especies. El desarrollo y ciclo de vida del depredador mostró diferencias significativas con ambas especies, siendo más largos cuando *M. euphorbiae* fue la presa. En ambos casos, la duración del ciclo vital fue superior a 1 mes. Por lo tanto, teniendo en cuenta este tiempo y dependiendo de la presa consumida, son posibles varias generaciones anuales del depredador por año, que van de 10 (*M. persicae*) a 7 (*M. euphorbiae*) (tabla 3).

DISCUSION

Los valores de los parámetros biológicos de *T. absoluta* obtenidos sobre *Vyta* fueron bajos comparado con los obte-

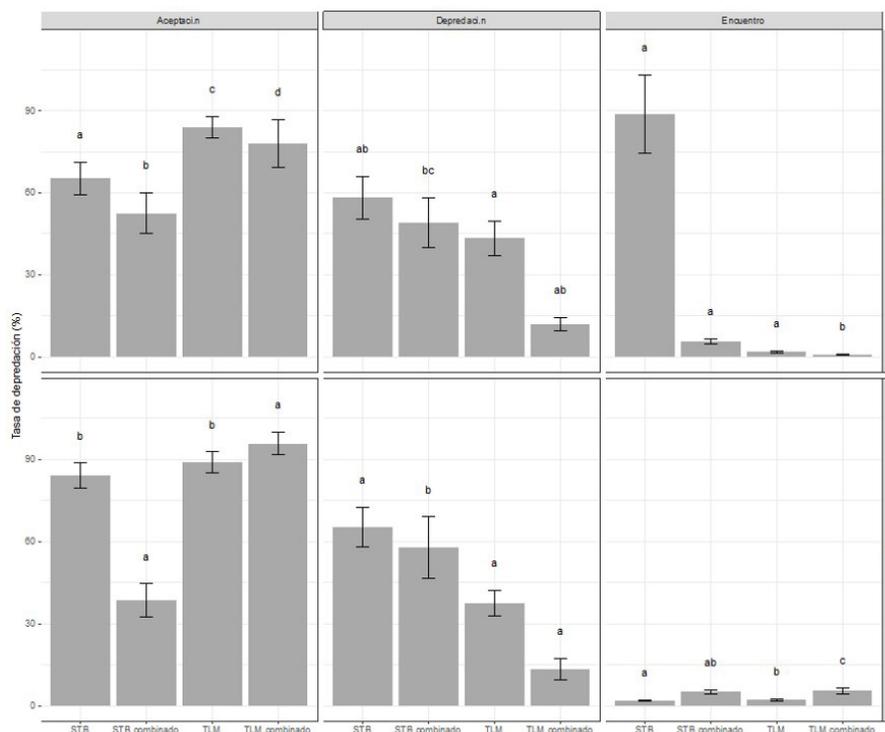


Fig. 2. Tasas de encuentro, aceptación y depredación (en porcentaje) de *Macrolophus basicornis* (MB) y *Engytatus varians* (EV) sobre huevos de *Tuta absoluta* (TLM) y *Neuleucinodes elegantalis* (STB). *Las letras distintas en las barras indican diferencias significativas (prueba de Kruskal-Wallis seguida de la prueba de suma de rangos de Wilcoxon: $p < 0,05$)

Tabla 3. Parámetros biológicos de *M. basicornis* alimentado con *M. persicae* y *M. euphorbiae* sobre plantas de tomate

Presa	Desarrollo ninfal (días) X ± ES(X)					Periodo de desarrollo (días) X ± ES(X)	Periodo de incubación (días) X ± ES(X)	Ciclo de vida (días) X ± ES(X)	Coef. Sex
	1er Instar	2do Instar	3er Instar	4to Instar	5to Instar				
<i>M. persicae</i>	3,86 ± 1,14 a	4,5 ± 1,31a	3,87 ± 1,33 a	3,82 ± 1,55 a	3,15 ± 2,50 a	20,1 ± 0,45 a	8 ± 0,00 a	36,45 a	0,427
<i>M. euphorbiae</i>	8 ± 1,44 b	3,2 ± 2,42 a	4,23 ± 2,33 a	3,53 ± 2,98 a	3,9 ± 2,85 a	31 ± 7,71 b	8 ± 0,00 a	47,05 b	0,466

*Medias con letras iguales en la misma columna no difieren significativamente

nidos por otros autores bajo las mismas temperaturas, pero sobre cultivares brasileros (Tex 317, Bravo y assecciones de *L. hirsutum* f. *glabratum*, *L. peruvianum* *L. esculentum* cv. Santa Clara y *L. pimpinellifolium*) que mostraron resistencia o susceptibilidad ante el insecto. ⁽²⁶⁻²⁸⁾ Esto indica que su desarrollo biológico se limitó bajo las condiciones en estudio evidenciando la resistencia de Vyta ante la polilla.

A su vez, al comparar los resultados de los parámetros poblacionales con los obtenidos por Thomazini *et al.*, ⁽²⁹⁾ Peireyra y Sánchez ⁽²⁵⁾ y Silva *et al.* ⁽²⁸⁾ se ratifica la resistencia del cultivar cubano sobre las poblaciones de *T. absoluta*.

El cultivar Vyta fue el menos preferido por las hembras para poner sus huevos y para la alimentación de las larvas, mostrando una respuesta muy cercana al cultivar TOM 687 (ver tabla 2), el cual fue definido como resistente a *T. absoluta* por Maciel *et al.* ⁽¹¹⁾ y de Oliveira *et al.*, ⁽³⁰⁾ lo que sugiere que Vyta ejerce un efecto de antibiosis y de no preferencia, como mecanismos de resistencia frente a la plaga.

Este hallazgo es de gran relevancia debido a la importancia del cultivar Vyta en los programas de mejoramiento genético del tomate en Cuba. Este cultivar no solo es usado en la producción, sino como progenitor por aportar el gen Ty1 que confiere resistencia a TYLCV-IR (CU), principal enfermedad que afecta el cultivo del tomate en Cuba. Por lo que contar en el país con un cultivar que muestre resistencia a ambas plagas, responde a la estrategia de garantizar la resiliencia del sistema de la agricultura para, desde la prevención, valorar la mitigación de los daños ante la eventual introducción de *T. absoluta*.

Por otra parte, los resultados de los MRM para *M. basicornis* y *E. varians* se corresponden con los obtenidos para *N. tenuis* y *M. pygmaeus* frente a la plaga. ⁽³¹⁾ La respuesta positiva de la combinación de ambos míridos frente a huevos y larvas de primer instar está en correspondencia con lo

planteado por Sih *et al.*, ⁽²¹⁾ quienes expresan que el principal mecanismo de los efectos emergentes para depredadores múltiples sugieren que un riesgo multiplicativo se presenta cuando ocurren conflictos presa-depredador, por la defensa de la presa; donde la respuesta de esta para el depredador resulta en un mayor riesgo, que el riesgo con otros depredadores y viceversa. En este estudio este efecto fue más evidente frente a larvas de primer instar (presas móviles) de TLM. En el caso de los huevos esta preferencia pudo estar vinculada a su calidad nutricional.

La metodología de preferencia alimentaria permitió obtener nuevos criterios para seleccionar a *M. basicornis* como el candidato más promisorio como ACB de TLM y STB (presa alternativa asociada al fruto del tomate en Brasil).

Los hallazgos sobre el consumo y la preferencia de presas de ambas especies depredadoras mostraron que las hembras se alimentan fácilmente de huevos de TLM y STB cuando se les proporcionan solos o en combinación. La capacidad de *M. basicornis* y *E. varians* de alimentarse de TLM fue observada anteriormente por otros autores, ^(4,15,30) pero estos resultados proporcionan el primer informe de que las 2 especies de depredadores también se alimentan de huevos de STB.

Durante el desarrollo de los experimentos se pudo comprobar que los huevos de STB son más duros que los de TLM. Se observó que *E. varians* se vio muy afectado por esta característica y aunque tenía una tasa de depredación similar a la de *M. basicornis*, mostró una mayor tasa de encuentro y una menor tasa de aceptación hacia esta presa. Como otro mecanismo de defensa, las hembras de algunas especies de lepidópteros impregnan a su lote de huevos sustancias tóxicas o repelentes para evitar el ataque de enemigos naturales, ⁽³²⁻³⁵⁾ hecho que podría estar involucrado en las diferencias entre la preferencia de presas de ambos míridos, en particular para STB.

La metodología empleada permitió obtener nuevos criterios para seleccionar a *M. basicornis* como el candidato con mayor afinidad para ambas plagas debido a su mayor eficiencia para atacar a las presas. Sin embargo, concluimos que tanto *M. basicornis* como *E. varians* son candidatos prometedores para el control de TLM y STB y podrían ser utilizados dentro de un programa de biocontrol. En particular, su compatibilidad con otras estrategias de gestión contra plagas importantes en el tomate debería ser consultada en futuros estudios. Actualmente, se utilizan medidas de control químicas, biotecnológicas, biológicas y agronómicas para el control de TLM. (6,36,37) Del mismo modo, contra el STB, aunque con una eficacia a veces limitada, se utiliza el control químico, así como algunas especies de Trichogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae) como ACB y trampas de feromonas para la interrupción del apareamiento. (38,39)

En escenarios, donde *M. basicornis* no está presente, una alternativa podría ser la liberación de *E. varians* en la etapa posterior del cultivo, ya que el STB está asociado a la etapa de fructificación actuando como barrenador. A pesar de la escasa información disponible sobre el desarrollo y la reproducción de *M. basicornis* como depredador de áfidos, estos resultados corroboran la influencia de la calidad de la presa, el tamaño y la preferencia del depredador en su desarrollo y reproducción. Los resultados mostraron que el depredador no muestra preferencia por *M. euphorbiae* o *M. persicae* de acuerdo con el índice de preferencia descrito por Manly, (22) a pesar de lograr un mayor consumo de presa frente a *M. persicae*.

En especies del mismo género, como *M. caliginosus*, cualquier análisis del rango de hospederos con la propuesta de informar una evaluación de riesgo de su potencial de establecimiento se complica aún más por la naturaleza zoofitófaga del depredador; es decir, su capacidad de alimentarse tanto de la planta como de la presa artrópoda. (40) Nuestros resultados son muy similares a los obtenidos por otros autores. *M. basicornis*, al igual que el resto de *Macrolophus* sp., mostró una mayor afinidad por *M. persicae*, sin embargo, la preferencia por las presas puede estar influenciada por la planta huésped de la que se alimentan o por sus emisiones volátiles. Las características biológicas y el consumo de *M. basicornis* alimentándose de diferentes presas están fuertemente influenciadas por la especie, el tamaño de la presa y la planta huésped, no obstante, el depredador logra completar su ciclo biológico satisfactoriamente e incrementar sus poblaciones. (41)

Esta alternativa de control biológico con el empleo de miridos depredadores puede ser usada en las condiciones de Cuba para la regulación de las plagas insectiles asociadas a solanáceas, a la vez que la permanencia de estos en las áreas productivas constituye una de las medidas preventivas que

disminuirá el impacto de los daños producidos ante la posible introducción del microlepidóptero.

Estos resultados tienen un impacto tanto científico como práctico por ser la primera vez en Cuba que se abordan estudios con miridos para su uso como ACB, aportando los elementos esenciales para la selección de los más promisorios a introducir o potenciar; de acuerdo con la táctica de control biológico que se necesite emplear en cada escenario productivo.

Conclusiones

Se estableció un indicador para el método de muestreo ante la sospecha de la plaga, su preferencia para la oviposición y el desarrollo larval sobre los estratos superior y medio de las plantas. Se cuenta con un cultivar de tomate cubano (Vyta) que, aunque permite el establecimiento de la polilla, el desarrollo de sus poblaciones se limita cuando las condiciones de temperatura se mueven en una amplitud entre los 20 °C a 30 °C. Se ratifican *M. basicornis* y *E. varians* como buenos depredadores frente a las presas evaluadas. Se ratifica a *M. basicornis* como el mejor candidato a potenciar como ACB de *T. absoluta*. Se propone una metodología novedosa para realizar los estudios de preferencia alimentaria de miridos depredadores, que permite la selección de las especies más promisorias como agentes de control biológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kenis M, Auger-Rozenberg MA, Roques A, Timms L, Péré C, Cock MJW et al. Ecological effects of invasive alien insects. In: Ecological Impacts of Non-Native Invertebrates and Fungi on Terrestrial Ecosystems. Springer Netherlands; 2009:21-45p.
2. Desneux N, Luna MG, Guillemaud T, Urbaneja A. The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: The new threat to tomato world production. *Journal of Pest Science*. 2011;84:403-8.
3. Jucker C, Lupi D. Exotic Insects in Italy: An Overview on Their Environmental Impact. In: The Importance of Biological Interactions in the Study of Biodiversity [Internet]. 2011. Disponible en: www.intechopen.com
4. Bueno VHP, van Lenteren JC, Lins JC, Calixto AM, Montes FC, Silva DB et al. New records of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) predation by Brazilian Hemipteran predatory bugs. *J Appl Entomol*. 2013 Feb;137(1-2):29-34.
5. PONTI L, GUTIERREZ AP, ALTIERI MA. Holistic management of invasive species: The case study of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae). *ATTI DELLA Accad Naz Ital DI Entomol Rend Anno LX 2012 Tipogr COPPINI-FIRENZE*. 2012;125-36.
6. Antonio Biondi, Raul Narciso C. Guedes, Fang-Hao Wan, Nicolas Desneux. Ecology, worldwide spread and management of the invasive south american tomato pinworm, *tuta absoluta*, past present and future. *Annu Rev Entomol*. 2017;14(Sept 2017):239-58.
7. Verheggen F, Fontus RB. First record of *tuta absoluta* in haiti. *Entomol Gen*. 2019 Mar 1;38(4):349-53.

8. EPPO. Tuta absoluta(GNORAB). Bull OEPP/EPPO Bull [Internet]. 2019 Dec [citado 2019 ene 8];47(3):513-23. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/epp.12442>
9. Haddi K, Berger M, Bielza P, Cifuentes D, Field LM, Gorman K et al. Identification of mutations associated with pyrethroid resistance in the voltage-gated sodium channel of the tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). Insect Biochem Mol Biol. 2012 Jul;42(7):506-13.
10. Picanço M, Leite GLD, Guedes RNC, Silva EA. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. Crop Prot. 1998;17(5):447-52.
11. Maciel GM, Maluf WR, Silva V de F, Neto ÁCG, Gomes LAA. Híbridos pré-comerciais resistentes a *Tuta absoluta* obtidos de linhagem de tomateiro rica em acilaçúcares. Horti Bras. 2011;29(2):151-6.
12. Giustolin TA, José Vendramim D, Roberto J, Parra P. Número de instares larvais de *Tuta absoluta* (Meyrick) em genótipos de tomateiro. Sci Agric. 2002;59(2):393-6.
13. Calvo FJ, Bolckmans K, Belda JE. Release rate for a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. BioControl. 2012 Dec 1;57(6):809-17.
14. Van Lenteren JC. The state of commercial augmentative biological control: Plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. BioControl. 2012;57(1):1-20.
15. Van Lenteren JC, Bueno VHP, Calvo FJ, Calixto AM, Montes FC. Comparative effectiveness and injury to tomato plants of three neotropical mirid predators of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). J Econ Entomol. 2018 May 28;111(3):1080-6.
16. DP A. Los hemípteros de Cuba XIII. Familia Miridae. Ibidem. 1974;(32):41.
17. Horacio Grillo Ravelo C. Los heterópteros de Cuba. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas Martha Abreu, 2012.
18. Martínez MA, Duarte L, Baños HL, Rivas A, Sánchez A. Predatory mirids (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) in tomato and tobacco in Cuba. Rev Protección Veg. 2014;29(3):204-7.
19. Soluk DA. Multiple Predator Effects: Predicting Combined Functional Response of Stream Fish and Invertebrate Predators. Vol. 74, Source: Ecology. 1993.
20. Soluk DA, Collins NC. Synergistic Interactions between Fish and Stoneflies: Facilitation and Interference among Stream Predators. Oikos. 1988 Mar;52(1):94.
21. Sih A, Englund G, Wooster D. Emergent impacts of multiple predators on prey. Trends Ecol Evol. 1998;13(9):350-5.
22. MANLY BFJ. A Model for Certain Types of Selection Experiments. Biometrics. 1974;30:281-94.
23. Krebs C. Ecological methodology. First Edit. Longman AW, editor. Ecological methodology. Menlo Park; 1999. 620.
24. Ottoni EB. EthoLog 2.2: A tool for the transcription and timing of behavior observation sessions. Behav Res Methods, Instruments, Comput [Internet]. 2000;32(3):446-9. Disponible en: <https://www.ip.usp.br/etholog/ethodnl.htm>
25. Rondoni G, Onofri A, Ricci C. Differential susceptibility in a specialised aphidophagous ladybird, *Platynaspis luteorubra* (Coleoptera: Coccinellidae), facing intraguild predation by exotic and native generalist predators. Biocontrol Sci Technol. 2012 Nov;22(11):1334-50.
26. Pereyra PC, Sánchez NE. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Neotrop Entomol. 2006;35(5):671-6.
27. Medeiros MA, Sujii ER, Morais HC. Effect of plant diversification on abundance of south american tomato pinworm and predators in two cropping systems. Horti Bras. 2009;27(3):300-6.
28. Silva DB, Bueno V, Lins JC. Life history data and population growth of *Tuta absoluta* at constant and alternating temperatures on two tomato lines [Internet]. Article in Bulletin of Insectology. 2015. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/283644173>
29. Thomazini APBW, Vendramim JD, Brunherotto R, Lopes MTR. Efeito de Genótipos de Tomateiro sobre a Biologia e Oviposição de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Vol. 30, SP. Neotropical Entomology. 2001.
30. de Oliveira JRF, de Resende JTV, Maluf WR, Lucini T, de Lima Filho RB, de Lima IP et al. Trichomes and allelochemicals in tomato genotypes have antagonistic effects upon behavior and biology of *Tetranychus urticae*. Front Plant Sci. 2018 Aug 14;9.
31. Silva DB, Bueno VHP, Montes FC, van Lenteren JC. Population growth of three mirid predatory bugs feeding on eggs and larvae of *Tuta absoluta* on tomato. BioControl. 2016 Oct 1;61(5):545-53.
32. Davenport JW, Conner WE. Dietary alkaloids and the development of androconial organs in *Estigmene acrea*. J Insect Sci. 2003;3(3):6.
33. Jordan AT, Jones TH, Conner WE. If you've got it, flaunt it: Ingested alkaloids affect corematernal display behavior in the salt marsh moth, *Estigmene acrea*. J Insect Sci. 2005 Feb 4;5:1-6.
34. Cabrera G, Salazar V, Montesino R, Támbara Y, Struwe WB, Leon E et al. Structural characterization and biological implications of sulfated N-glycans in a serine protease from the neotropical moth *Hylesia metabus* (Cramer [1775]) (Lepidoptera: Saturniidae). Glycobiology. 2014 Sep 30;26(3):230-50.
35. Cabrera G, Lundberg U, Rodríguez-Ulloa A, Herrera M, Machado W, Portela M et al. Protein content of the *Hylesia metabus* egg nest setae (Cramer [1775]) (Lepidoptera: Saturniidae) and its association with the parental investment for the reproductive success and lepidopterism. J Proteomics. 2017 Jan 6;150:183-200.
36. Han P, Bayram Y, Shaltiel-Harpaz L, Sohrabi F, Saji A, Esenali UT et al. *Tuta absoluta* continues to disperse in Asia: damage, ongoing management and future challenges. Journal of Pest Science. Springer Verlag; 2019;92:1317-27.
37. Soares MA, Campos MR, Passos LC, Carvalho GA, Haro MM, Lavoie AV et al. Botanical insecticide and natural enemies: a potential combination for pest management against *Tuta absoluta*. J Pest Sci (2004). 2019 Sep 1;92(4):1433-43.
38. de Franca SM, Oliveira M, A. C, de Oliveira JV. The Use of Behavioral Manipulation Techniques On Synthetic Insecticides Optimization. In: Insecticides-Development of Safer and More Effective Technologies. InTech; 2013.
39. Silva RS, Arcanjo LP, Soares JRS, Ferreira DO, Serrão JE, Martins JC, et al. Insecticide toxicity to the borer *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae): developmental and egg-laying effects. Neotrop Entomol. 2018 Apr 1;47(2):318-25.
40. Dicke M, Sabelis MW, Takabayashi J, Bruin J, Posthumus MA. Plant strategies of manipulating predator-prey interactions throu-

gh allelochemicals: Prospects for application in pest control. J Chem Ecol. 1990 Nov;16(11):3091-118.

41. Baños Diaz HL, Lellani H, Díaz B, Li EL, Li M, De Los Ángeles M *et al.* Life table of *Macrolophus basicornis* (Hemiptera: Miridae) preying on *Myzus persicae* (Sulzer) and *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae) [Internet]. Vol. 29, Rev. Protección Veg. 2014. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/266022676>

Recibido: 14/3/2024

Aprobado: 14/05/2024

Agradecimientos

Los autores desean expresar su profundo agradecimiento a los Doctores en Ciencias: Yamila Martínez Zabaiur, María Irian Percedo, Ileana Miranda, Margarita Ceballos Vázquez y Moraima Suris Campos por su colaboración en la realización de este trabajo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ninguna de las partes asociadas.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Leticia Duarte Martínez, María de los Ángeles Martínez Rivero, Vanda Helena Paes Bueno, Roberto Wilson Maluf

Curación de datos: Leticia Duarte Martínez, Heyker Lellani Baños Diaz, Jana Collatz

Adquisición de fondos: María de los Ángeles Martínez Rivero, Vanda Helena Paes Bueno

Investigación: Leticia Duarte Martínez, Heyker Lellani Baños Diaz, Alison Oliveira, Aramis Rivas Diéguez, Adayakni Sánchez Castro

Metodología: Leticia Duarte Martínez, Heyker Lellani Baños Diaz, Jana Collatz

Administración del proyecto: Leticia Duarte Martínez, María de los Ángeles Martínez Rivero, Vanda Helena Paes Bueno

Supervisión: María de los Ángeles Martínez Rivero, Vanda Helena Paes Bueno, Roberto Wilson Maluf, Jana Collatz

Validación: María de los Ángeles Martínez Rivero, Leticia Duarte Martínez, Heyker Lellani Baños Diaz

Visualización: Leticia Duarte Martínez, María de los Ángeles Martínez Rivero, Heyker Lellani Baños Diaz

Redacción-borrador original: Leticia Duarte Martínez, Heyker Lellani Baños Diaz, Héctor Rodríguez Morell

Redacción-revisión y edición: Leticia Duarte Martínez, Heyker Lellani Baños Diaz, Jana Collatz, Héctor Rodríguez Morell

Financiamientos

Realizado con el apoyo de beca de formación especializada en Entomología General y Aplicada con especial énfasis en conocimiento de aspectos generales concernientes a la plaga invasora *Tuta absoluta*, su reconocimiento en campo y medidas de control en el cultivo del tomate. Università degli Studi di Bari Aldo Moro, Bari, Italia. Financiamiento del Grupo Italiano de Entomología Forence (GIEF). 2012.

Proyecto de Colaboración en el área de Sanidad Vegetal entre Cuba y Brasil CAPES (CENSA-UFLA): Desenvolvimento e possibilidades de implantação de estratégias de controle biológico para pragas associadas a culturas hortícolas de interés para Cuba e Brasil. 118/11(2011-2014).

Proyecto del Programa Salud Animal y Vegetal. Preparación para el enfrentamiento de plagas cuarentenarias y reglamentadas de la República de Cuba, en cultivos de granos y solanáceas. (2013-2016)

Cómo citar este artículo

Duarte Martínez L, Paez Bueno VH, Baños Diaz HL, Collatz J, Martínez Rivero MA, Wilson Maluf Ret al. Bases científicas y metodológicas para la detección temprana y respuesta rápida a *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) en Cuba. An Acad Cienc Cuba [internet] 2024 [citado en día, mes y año];14(2):e1547. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1547>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2024.

