

Bioactividad de *Spilanthes acmella* (Asteraceae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) y selectividad al depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae)



Bioactivity of *S. acmella* (Asteraceae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and its selectivity for the predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) <http://opn.to/a/NUFku>

Caroline Rabelo Coelho ^{1*}, Maria Clezia dos Santos ², Luis Viteri-Jumbo ³, José Guedes de Sena Filho ⁴, Karina Neob de Carvalho Castro ⁵, Kirley Marques Canuto ⁶, Edy Sousa de Brito ⁶, Ana Sheila de Queiroz Souza ⁶, Adenir Vieira Teodoro ^{1,4}

¹Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Tirirical, 65054-970, São Luís, MA, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Proteção de Plantas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita, Av. Universitária, 3780, Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, São Paulo, Brasil

³Universidade Federal de Viçosa, Vila Matoso, 152-256 Santo Antonio, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil

⁴Embrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Beira mar, 3250, 49025-040, Aracaju, SE, Brazil

⁵Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires, 64008-780, Teresina, PI, Brasil

⁶Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita, 2270- Pici, 60511-110, Fortaleza, CE, Brasil

RESUMEN: El jambu, *Spilanthes acmella* (Asteraceae), posee bioactividad contra plagas; sin embargo, es poco conocido sobre el efecto a ácaros fitófagos y su compatibilidad con ácaros depredadores. El ácaro rojo del cocotero *Raoiella indica* es una plaga severa de diversos cultivos agrícolas, dentro de los cuales está el cocotero. El ácaro depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) se encuentra en asociación con *R. indica* en diversos países y puede auxiliar en el control de esta plaga en campo. Asociado al control biológico, los productos que sean compatibles con los enemigos naturales pueden ayudar en el control de esta plaga. Se evaluó la actividad acaricida por medio de bioensayos de concentración-mortalidad del extracto etanólico (EE) de *S. acmella* contra *R. indica* y su selectividad al depredador *A. largoensis*. Además, se evaluaron el efecto repelente y la tasa de crecimiento poblacional en la CL₅₀ y la CL₈₀. La CL₅₀ y la CL₈₀ de EE de *S. acmella*, estimada para *R. indica*, fueron repelentes a la plaga hasta 48 horas después de la aplicación y repelió al depredador solamente hasta una hora en la mayor concentración. Esas concentraciones del EE de *S. acmella* redujeron drásticamente la tasa de crecimiento de *R. indica* y no afectaron el aumento poblacional del depredador. Se concluye que el EE de *S. acmella* podría ser utilizado en el manejo de *R. indica* por ser tóxico, repelente y reducir el crecimiento poblacional de esta plaga, además de ser selectivo al ácaro depredador *A. largoensis*.

Palabras clave: acaricida, *Cocos nucifera*, control biológico, fitoquímicos, manejo de plagas.

ABSTRACT: The jambu, *Spilanthes acmella* (Asteraceae), has bioactivity on pests, but little is known of the effect on phytophagous mites and its compatibility with predatory mites. The red palm mite, *Raoiella indica*, is a severe pest of several crops, coconut trees among them. The predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari:Phytoseiidae) is found in association with *R. indica* in several countries, and it can assist in the control of this pest in the field. Associated with biological control, products that

*Autor para correspondencia: Caroline Rabelo Coelho. E-mail: carolinecoelho7@gmail.com

Recibido: 04/12/2018

Aceptado: 06/03/2019

are compatible with natural enemies could help control this pest. Therefore, the acaricidal activity of *S. acmella* on *R. indica* and its selectivity for the predator *A. largoensis* was evaluated using concentration-mortality bioassays of its ethanolic extract (EE). Additionally, the repellent effect and the population growth rate were evaluated in the LC₅₀ and LC₈₀. The EE of *S. acmella* was highly toxic to *R. indica*, but it did not kill *A. largoensis*. The LC₅₀ and LC₈₀ of the EE from *S. acmella*, estimated for *R. indica*, were repellent to the pest until 48 hours after application, while, at its highest concentration, it repelled.

Key words: pest management, acaricide, *Cocos nucifera*, biological control, phytochemicals.

INTRODUCCIÓN

Los fitoquímicos que son bioactivos contra plagas y compatibles con enemigos naturales se consideran fundamentales para el manejo de plagas (1,2,3,4). El jambu, *Spilanthus acmella* (Asteraceae) es una planta anual amazónica (5), cuyas raíces, botones florales y parte aérea producen diversos compuestos bioactivos (1,6,7). Las propiedades biológicas de *S. acmella* dependen, principalmente, de N-alcamidas (8). El espilantol es la principal N-alcamida presente en extractos de *S. acmella* (1,9,10). Estos extractos poseen actividad insecticida (1), fungicida (6) y garrapaticida (10,11,12). Sin embargo, el efecto de extractos de *S. acmella* contra ácaros fitófagos y su compatibilidad con ácaros depredadores es poco conocido.

El ácaro rojo del cocotero, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), es una plaga polífaga que se alimenta a través de los estomas de las plantas hospederas (13) y pueden interferir en la respiración y fotosíntesis de las plantas afectadas (14). *R. indica* causa daños económicos a diversas especies de plantas (15); una de ellas es el cocotero (*Cocos nucifera* L.) (15,16,17), con daños de hasta 70 % en esta especie (18). Actualmente, este ácaro ha invadido prácticamente todas las regiones neotropicales (18,19,20,21,22,23); tanto en el norte, el caribe (21,22) y Sudamérica (19,20). En Brasil, *R. indica* ha sido una de las principales preocupaciones de los productores de coco, debido a que las condiciones climáticas de estas regiones favorecen la reproducción y el desarrollo del ácaro (24,25,26).

Generalmente, los pesticidas sintéticos se usan para el control de *R. indica*; sin embargo, su uso continuo acarrea riesgos asociados a la salud, al medio ambiente y a efectos en organismos benéficos, por lo que deben ser elucidadas nuevas formas de control.

Los ácaros fitoseídos son depredadores importantes asociados a *R. indica* (22,27,28,29) y, en varias regiones, *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) es naturalmente encontrado en asociación con esta plaga (27,28,29). De igual forma, los productos de origen natural también han presentado actividad acaricida y son potenciales candidatos a auxiliar el control de esta plaga en campo. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad acaricida del extracto etanólico (EE) de *S. acmella* a *R. indica* y su selectividad al ácaro depredador *A. largoensis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colección e identificación de la planta

Las partes aéreas de *S. acmella* se recolectaron en el área rural de la ciudad Parnaíba, Estado de Piauí, Brasil. Se identificaron según lo descrito por Castro *et al.* (10).

Obtención y caracterización química del extracto de *S. acmella*

Las partes aéreas de *S. acmella* (1,2 kg), previamente secadas y trituradas, fueron sometidas a sucesivas extracciones por maceración (5x) con etanol (1:5, m/v) a temperatura ambiente (25-30°C), resultando en un sólido verde oscuro (R= 12,5 %), después de la evaporación del solvente. El contenido de espilantol en el extracto se determinó por cromatografía líquida de alta eficiencia con detector de matriz de diodo (CLAE-DAD), según el método descrito por Bae *et al.* (30). El patrón analítico de espilantol usado en la cuantificación del extracto se obtuvo por partición líquido-líquido del extracto con diclorometano, seguido por purificación en cartucho de extracción en fase sólida (C18). La estructura del espilantol se confirmó por Espectrometría de Masas de Alta Resolución y por Resonancia Magnética Nuclear,

cuyos datos están acorde con la literatura existente (31).

Cría del depredador y obtención de *R. indica*

La cría de *A. largoensis* se estableció con individuos colectados de foliolos de plantas de cocotero oriundos de la “Empresa Brasileira de Pesquisa” Agropecuaria (EMBRAPA) Tabuleiros Costeiros, Aracaju - SE (10°57'03,3"S, 37°03'07,4" O). Las colonias de este depredador se mantuvieron en laboratorio a (temperatura de $27,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $70 \pm 10\%$ y fotoperiodo natural) en arenas confeccionadas en planchas plásticas de policloruro de vinilo (PVC) de color negro (22 cm de largo x 12 cm de ancho) sobre una espuma de poliuretano (24 cm de largo x 14 cm de ancho x 0,33 cm de espesura), saturada con agua destilada en una bandeja plástica (24 cm de largo x 14,5 cm de ancho x 5,3 cm de altura). Contornando el PVC, se colocó una camada de algodón hidrófilo humedecido con agua destilada para evitar la fuga de los ácaros depredadores. Se colocaron hilos de algodón protegidos con cubreobjetos en forma de arco (18 x 18mm) sobre las arenas para servir de abrigo y local de oviposición, de acuerdo con Oliveira *et al.* (3). Los ácaros se alimentaron con polen de higuerilla (*Ricinus communis* L), *R. indica* y miel al 10 % cada dos días.

Se colectaron teliocrisálidas de *R. indica* de foliolos de plantas de cocotero (mismo local de colecta de los depredadores) y se mantuvieron durante 48 horas en arenas confeccionadas de acuerdo con lo descrito anteriormente, hasta la emergencia de hembras adultas; de esta manera se estandarizó la edad en los bioensayos.

Toxicidad del Extracto Etanólico (EE) de *S. acmella* para *R. indica*

Se realizaron bioensayos de concentración-mortalidad para determinar las concentraciones letales (CL) del EE de *S. acmella* a *R. indica*. Las concentraciones utilizadas para *R. indica* variaron de 0,1 a 2,0 mg del extracto de *S. acmella* diluido en 10 ml de acetona.

Las unidades experimentales fueron confeccionadas con discos (1,8 cm de diámetro) preparados con foliolos de plantas de cocotero con el envés expuesto hacia arriba. Para delimitar el disco fue necesario cubrir su contorno con una

mezcla compuesta por 5 % de agar (agar bacteriológico puro), 0,3 % de metil parabenol (Nipagim®) como fungicida y agua destilada y ionizada de acuerdo con Oliveira *et al.* (3).

Con ayuda de un pincel, se transfirieron 30 hembras adultas de *R. indica* (1-2 días de emergidas) a cada arena. Se usaron 20 arenas (repeticiones) para cada concentración del extracto. Se pulverizaron las arenas usadas como control con acetona y el extracto por medio de una torre de Potter (Burkard, Rickmansworth, Reino Unido) a una presión de 5 psi/pulg² y un volumen de solución de 9,3 ml, lo que corresponde a un depósito de 1,38 mg/cm² en concordancia con la recomendación de la IOBC/WPRS (International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section) (32). Para la obtención de la curva de concentración-respuesta para el extracto de *S. acmella*, se sometieron los datos de mortalidad de *R. indica* a análisis de Probit utilizando el software SAS (33).

Toxicidad del Extracto Etanólico (EE) de *S. acmella* a *A. largoensis*

Para evaluar la toxicidad del EE de *S. acmella* a *A. largoensis*, se transfirieron seis hembras del depredador (8-10 días de edad) para cada unidad experimental previamente pulverizada con acetona (control), CL₅₀ y CL₈₀ del EE de *S. acmella*, estimadas anteriormente para *R. indica*. De acuerdo con lo descrito por Oliveira *et al.* (3), se utilizaron ocho arenas confeccionadas para cada concentración del extracto. Las hembras del depredador fueron alimentadas con polen de *R. communis*, que se colocó sobre piezas de PVC transparente de 0,5 cm² para evitar así el contacto con el extracto. La mortalidad se evaluó después de 24 horas; se consideraron muertos los ácaros que no consiguieron caminar una distancia superior al tamaño de su cuerpo cuando se tocaron levemente con un pincel (34). La toxicidad de EE de *S. acmella* al depredador *A. largoensis* se analizó usando análisis de varianza ANOVA y las medias se compararon a través de la prueba de Tukey a 5 % de probabilidad con el uso del programa estadístico SAS (33).

Repelencia del EE de *S. acmella* a *R. indica* y *A. largoensis*

Se realizaron los bioensayos de repelencia con la CL₅₀ y CL₈₀ del EE de *S. acmella*, estimadas anteriormente para *R. indica*, para esta plaga y para el ácaro depredador *A. largoensis*. Las concentraciones del extracto fueron pulverizadas por medio de una torre de Potter y las unidades experimentales se prepararon conforme con lo descrito anteriormente en los bioensayos de toxicidad; la diferencia radicó en que en estas unidades experimentales se cubrió una mitad tratada con el EE y la otra no (control) (35). El área no tratada se cubrió con dos capas de cinta adhesiva durante la pulverización del producto (3).

Después de 30 minutos, se retiraron las capas de cinta adhesiva y se transfirieron individualmente las hembras adultas de *R. indica* y de *A. largoensis* para el centro de las unidades experimentales. Las evaluaciones se realizaron después de 1, 24 y 48 horas por medio del registro de la posición de los ácaros en el área tratada y no tratada. Se realizaron 60 repeticiones para cada CL y cada especie de ácaro (plaga y depredador). Los datos obtenidos en cada área se sometieron al análisis de frecuencia mediante prueba de chi-cuadrado utilizando el ProcFreq del software SAS (33).

Efecto del EE de *S. acmella* en la tasa de crecimiento de *R. indica* y *A. largoensis*

Adicionalmente a la repelencia, se usó la tasa instantánea de crecimiento (r_i) para evaluar los efectos subletales del extracto de jambu a *R. indica* y al ácaro depredador *A. largoensis*. La r_i se basa en datos de reproducción y mortalidad y se calculó usando la ecuación: $r_i = [\ln(N_f/N_0)]/\Delta t$, donde N_f es el número final de ácaros vivos (incluyendo huevos e inmaduros), N_0 es el número inicial de ácaros y Δt es el intervalo (10 días) entre el inicio y el final del bioensayo (34).

Para *R. indica*, las unidades experimentales utilizadas fueron confeccionadas con pedazos de folíolos (2,0 cm de ancho x 4,0 cm de largo), previamente pulverizados con las concentraciones letales de *S. acmella* (Control, CL₅₀ y CL₈₀), con el envés expuesto hacia arriba y colocados sobre una espuma de poliuretano

(3,0 cm de diámetro x 0,5 cm de espesor), saturada con agua destilada en una placa Petri (3,0 cm de diámetro). Al contorno del folíolo se le adicionó una pequeña camada de algodón hidrófilo humedecido con agua para evitar la fuga de *R. indica*. Para el depredador se usaron las mismas unidades experimentales descritas en los bioensayos de toxicidad. Las hembras del depredador se alimentaron con polen de *R. communis* que se colocó sobre PVC transparente de 0,5 cm² para evitar el contacto con el extracto.

Se transfirieron cuatro hembras adultas y un macho de cada especie de ácaro (depredador y plaga) para cada unidad experimental, previamente pulverizada. Las unidades experimentales del tratamiento control fueron pulverizadas con acetona. Se realizaron 20 repeticiones para cada concentración evaluada. La interferencia del extracto en la tasa instantánea de crecimiento (r_i) para *R. indica* y *A. largoensis* fue analizada, separadamente, usando un análisis de varianza ANOVA y las medias se compararon usando la prueba de Tukey a 5 % de probabilidad a través del programa estadístico SAS (33).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El EE de *S. acmella* (contenido de 56 mg/g) (Fig. 1) fue tóxico a *R. indica* ($\chi^2 = 5,062$, $P=0,167$) (Tabla 1). Se ha estudiado la bioactividad del extracto de *S. acmella* y ha mostrado efectos garrapaticida (10,11), insecticida (1,36), larvicida (9,37), fungicida (6) y actividad neuroprotectora (38). Los extractos etanólico de *Chysanthemum cinerariifolium* y el hidroalcoolglicólico (HAG) de *Myrciaria dubia* también han demostrado toxicidad a *R. indica* (39,40). Sin embargo, el EE de *S. acmella* fue más eficiente que el extracto HAG de *M. dubia*, pues la CL₅₀ (0,46 mg/ml) estimada para el EE de *S. acmella* fue menor más de 50 veces que la CL₅₀ (27,3 mg/ml) estimada para el HAG de *M. dubia*.

La bioactividad de *S. acmella* está posiblemente asociada a las N-alcamidas, que forman el principal grupo de moléculas bioactivas encontradas en el género *Spilantes* (5,41). Las N-alcamidas son compuestos constituidos por ácidos grasos condensados

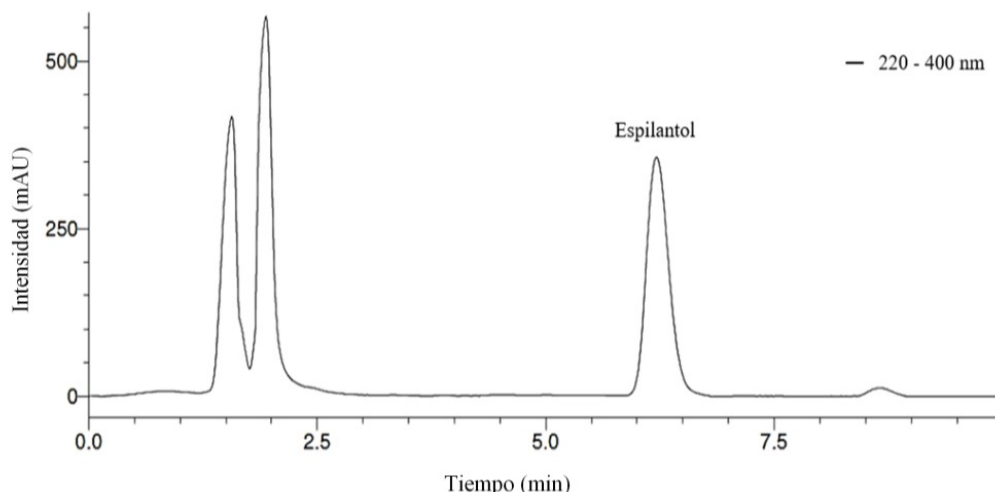


Figura 1. Cromatograma del extracto de *Spilanthes acmella* obtenido en CLAE-DAD. / Chromatogram of the extract of *Spilanthes acmella* obtained in CLAE-DAD.

Tabla 1. Concentraciones letales (CL) y sus intervalos de confianza del extracto de *Spilanthes acmella* a *R. indica* ($\chi^2 = 5,062, p=0,167$). / Lethal Concentrations (LC) (mg/ml and percentage) and confidence intervals of the extract of *Spilanthes acmella* to *R. indica* ($\chi^2 = 5.062, P = 0.167$).

Concentración letal	Extracto (mg/mL)	Intervalo de confianza (95 %)
CL ₁₀	0,0900	(0,06896-0,11209)
CL ₂₅	0,1948	(0,16156-0,22909)
CL ₅₀	0,4598	(0,40145-0,52536)
CL ₈₀	1,3421	(1,14022-1,62224)
CL ₉₉	8,8805	(6,42897-13,26019)

χ^2 : chi-cuadrado; P: probabilidad

saturados o polinsaturados y una amina (6,42,43). El mayor constituyente de estas alcanidas es el espilantol (7,8,9,10,11). Otros importantes metabolitos secundarios encontrados en esta especie incluyen los alcaloides, flavonoides, saponinas, glicósidos esteroides y taninos (7,8,43).

Adicionalmente a la eficiencia en el control de plagas en agroecosistemas, nuevos compuestos bioactivos pueden ser selectivos a especies no-objetivo, como depredadores (1), además de ser compuestos que rápidamente se degradan (44,45). La CL₅₀ (0,45 mg/ml) y la CL₈₀ (1,34 mg/ml) del extracto de *S. acmella*, estimadas para *R. indica*, no causaron mortalidad en el ácaro predador *A. largoensis* ($F= 1,10$; $g.l= 2,23$; $P= 0,34$). Las alcanidas presentes en el EE de *A. oleracea* también fueron menos tóxicas a insectos no-objetivo como la hormiga *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) y la abeja *Tetragonisca angustula* (Latr.) (Hymenoptera: Apidae), en contraste con la

polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepdoptera: Gelechiidae) (1). Esa susceptibilidad diferencial al extracto puede estar relacionada con características fisiológicas, comportamentales, al mayor tamaño del predador en relación con *R. indica* (46,47), enzimas (monooxygenasas, glutatonas transferasas y carboxilesterasas) responsables por la eliminación de compuestos tóxicos y por las menores tasas de penetración del extracto en el tegumento del depredador en comparación con la plaga (48).

La CL₅₀ y la CL₈₀ del extracto de *S. acmella* fueron repelentes a *R. indica* hasta 48 horas ($p<0,0001$) (Figs. 2, 3). Aquí se observó que, en mayor o menor concentración del extracto, la actividad repelente fue mantenida. Esto indica que las sustancias bioactivas presentes en el extracto de *S. acmella* interfieren en el comportamiento de *R. indica*. El efecto repelente intrínseco de algunas plantas, como se ha demostrado para *S. acmella* a *R. indica*, han sido

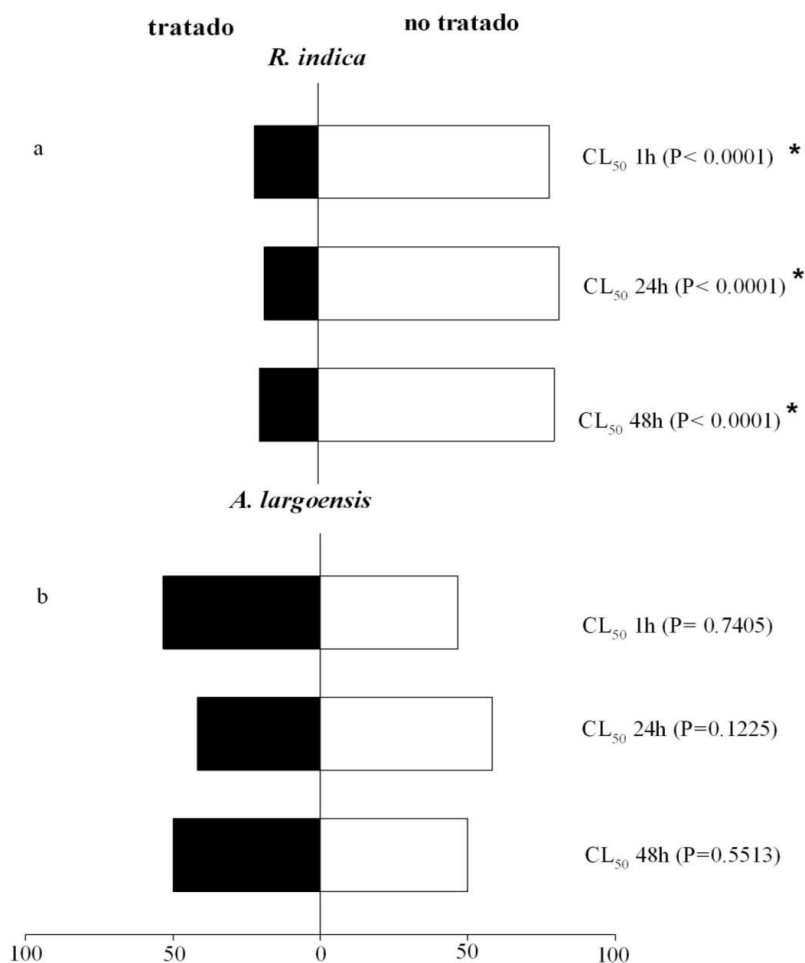


Figura 2. Porcentaje de *Raoiella indica* (a) y del depredador *Amblyseius largoensis* (b) en áreas tratadas (barras negras) y no tratadas (barras blancas) con la CL₅₀ del extracto de *Spilanthes acmella* estimadas para *R. indica*. El periodo de exposición fue 1, 24 y 48 horas. Cada barra corresponde a la media de tres repeticiones (n= 60 ácaros). El nivel de significancia está dado por la prueba de chi-cuadrado. / Percentage of *Raoiella indica* (a) and the predatory mite *Amblyseius largoensis* (b) in treated (black bars) and untreated (white bars) areas with the LC₅₀ of the extract of *Spilanthes acmella* estimated for *R. indica*. The period of exposition was 1, 24 and 48 hours. Each bar represents the mean of three replicates (n= 60 mites). Significance level from Chi-Square test.

indicadas como una forma eficaz para evitar la infestación de plagas en diversas culturas agrícolas, además de ser un atributo deseable para algunos insecticidas de origen botánico en programas de manejo de plagas (49,50).

Otros estudios también demuestran actividad repelente de extractos de plantas a ácaros fitófagos (44,49). Para *A. largoensis*, el EE fue repelente apenas hasta una hora y en la mayor concentración (P=0,013), perdiendo su efecto después de 24 y 48 horas (Figs. 2,3). La diferencia del efecto repelente de *A. largoensis* y *R. indica* al EE de *S. acmella* puede ser debido al uso de diferentes estrategias de comportamiento por la plaga/depredador, al entrar en contacto con

la sustancia o debido a sistemas sensoriales distintos y presentar susceptibilidad diferente a estos compuestos (2,51,52).

La tasa de crecimiento de *R. indica* disminuyó con el aumento de la concentración del extracto de *S. acmella* (F= 152,33; g.l. = 2,30; P<0,0001; Fig. 4), indicando una tendencia a la extinción de la plaga. En la mayor concentración, fue posible estimar la r_i solamente para una repetición de *R. indica* (Fig. 4). En contraste a la tasa de crecimiento de *A. largoensis* que no fue afectada por el EE de *S. acmella* (F= 0,08; g.l.= 2,57; P=0,92), lo que sugiere compatibilidad con este depredador (Fig. 4). La ausencia de posturas en foliolos tratados, tanto en la CL₅₀ como en la

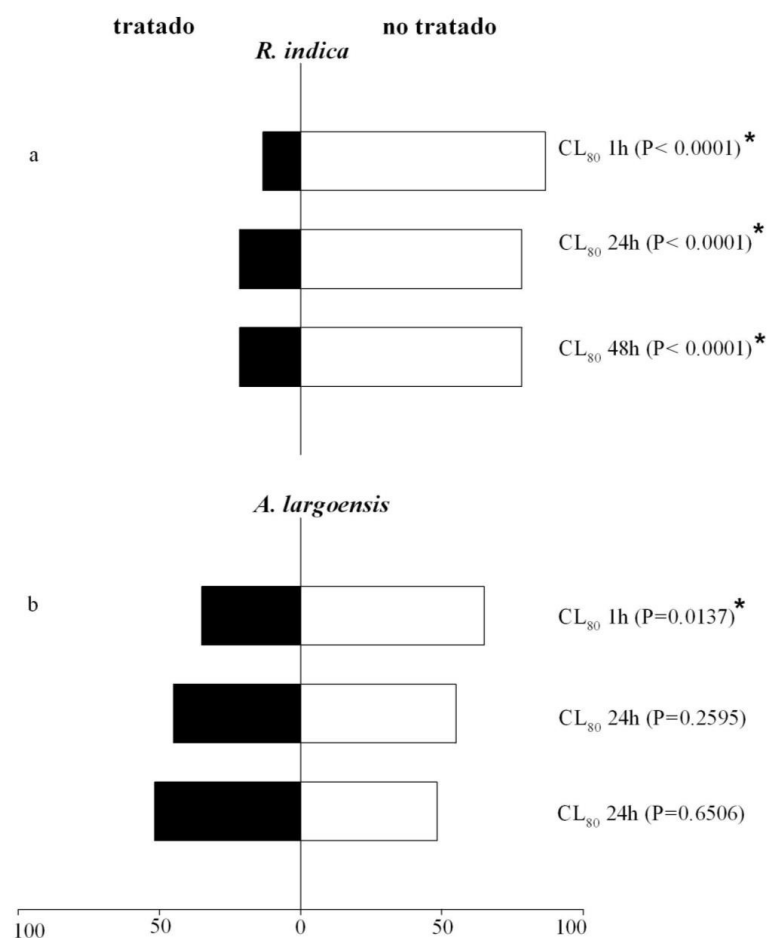


Figura 3. Porcentaje de *Raoiella indica* (a) y del depredador *Amblyseius largoensis* (b) en áreas tratadas (barras negras) y no tratadas (barras blancas) con la CL_{80} del extracto de *Spilanthes acmella* estimadas para *R. indica*. El periodo de exposición fue 1, 24 y 48 horas. Cada barra corresponde a la media de tres repeticiones (n= 60 ácaros). El nivel de significancia está dado por la prueba de chi-cuadrado. / Percentage of *Raoiella indica* (a) and predatory the mite *Amblyseius largoensis* (b) in treated (black bars) and untreated (white bars) areas with the LC_{80} of the extract of *Spilanthes acmella* estimated for *R. indica*. The period of exposition was 1, 24 and 48 hours. Each bar represents the mean of three replicates (n= 60 mites). Significance level from Chi-Square test.

CL_{80} con EE de *S. acmella*, contribuyó para el decline de la población de *R. indica*, indicando que el extracto puede afectar la reproducción de la plaga. Similarmente, la oviposición de hembras de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) también se afectó cuando se trataron con extractos hexánicos y metanólicos de *S. acmella* (10,11).

Aún no se ha informado el mecanismo de acción de alcanidas; sin embargo, el espilantol puede ser capaz de penetrar en el tegumento de algunos insectos y garrapatas, además de actuar en el sistema nervioso y reproductivo (36,53). Saraf y Dixit (37) observaron una rápida mortalidad de pupas de *Anopheles culicifacies*

(Diptera: Culicidae), *Culex quinquefasciatus* y *Aedes aegypti* cuando se expusieron al espilantol, lo que sugiere que este podría interferir en los procesos de histólisis e histogénesis (1).

El alto potencial biótico y consecuentemente el elevado número de generaciones por año de *R. indica* (14,54) puede favorecer más rápidamente el desarrollo de resistencia a algunos productos, por lo tanto, los compuestos bioactivos que presenten varios mecanismos de acción, además de selectividad a los enemigos naturales, son prometedores. Así, el EE de *S. acmella* fue tóxico, repelente y afectó negativamente la tasa de crecimiento poblacional de *R. indica* sin afectar a su enemigo natural *A. largoensis*;

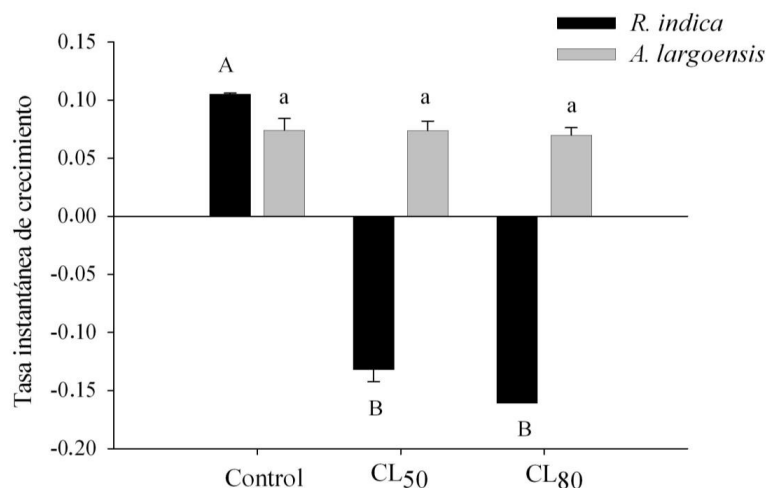


Figura 4. Tasa instantánea de crecimiento (r_i) de *Raoiella indica* (barras negras) y *Amblyseius largoensis* (barras grises) expuestos a la CL₅₀ y CL₈₀ del extracto de *Spilanthus acmella* estimadas para *R. indica*. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos por la prueba de Tukey ($p < 0,05$). / Instantaneous rate of increase (r_i) of *Raoiella indica* (black bars) and *Amblyseius largoensis* (gray bars) exposed to LC₅₀ and LC₈₀ of the extract of *Spilanthus acmella* estimated for *R. indica*. Different letters indicate significant differences between the treatments by Tukey tests ($p < 0,05$).

demonstró así alta actividad acaricida y convirtiéndose en un extracto prometedor en el control de esta plaga.

AGRADECIMIENTOS

A Esther de Azevedo Silva por la identificación de los ácaros depredadores. Al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por la beca de estudio para la primera autora. A la Fundação de Amparo e Pesquisa do Maranhão (FAPEMA) por la concesión de la beca de pasantía de corta duración para la realización de la pesquisa en la Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju -SE. A la Secretaria Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología de Ecuador (SENESCYT).

REFERENCIAS

- Moreno SC, Carvalho GA, Picanço MC, Morais EG, Pereira RM. Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. *Pest Manag Sci.* 2011;68(3):386-393.
- Teodoro AV, Silva MJS, Sena-Filho JG, Oliveira EE, Galvão AS, Silva SS. Bioactivity of cottonseed oil against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and side effects on *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). *Syst Appl Acarol.* 2017;22(7):1037-1047.
- Oliveira NNFC, Galvão AS, Amaral EA, Santos AWO, Sena-Filho JG, Oliveira EE, et al. Toxicity of vegetable oils to the coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator *Neoseiulus baraki*. *Exp Appl Acarol.* 2017;72(1):23-34.
- Pimentel AP, Teodoro AV, Passos EM, Sena Filho JGS, Santos MC, Coelho CR, et al. Bioactividad de aceites vegetales a *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Sternorrhynca: Orthezidae) y selectividad a su predador *Ceraeochrysa caligata* (Neuroptera: Chrysopidae). *Rev. Protección Veg.* 2018;33(3):1-9.
- Barbosa AF, Silva KCB, Oliveira MCC, De Carvalho MG, De Sabaa-Srur AUO. Effects of *Acmella oleracea* methanolic extract and fractions on the tyrosinase enzyme. *Braz. J. Pharmacognosy.* 2016;26(3):321-332.
- Rani AS, Murty SU. Evaluation of antimicrobial activity of *Spilanthus acmella* flower head extract. *J Nat Remedies.* 2005; 5:170-171.

7. Bessada SMF, Barreira JCM, Oliveira MBPP. Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review. *Indu Crop Prod.* 2015; 76:604-615.
8. Abeyisiri GRPI, Dharmadasa RM, Abeyasinghe DC, Samarasinghe K. Screening of phytochemical, physico-chemical and bioactivity of different parts of *Acmella oleracea* Murr. (Asteraceae), a natural remedy for toothache. *Ind Crop Prod.* 2013; 50:853-856.
9. Simas NK, Dellamora ECL, Schripsema J, Lage CLS, Oliveira Filho AM, Wessjohann L, et al. Acetylenic 2-phenylethylamides and isobutylamides from *Acmella oleracea* (L.) R.K. Jansen, a Brazilian spice with larvicidal activity on *Aedes aegypti*. *Phytochem Let.* 2013;6(1):67-72.
10. Castro KNC, Lima DF, Vasconcelos LC, Leite JRSA, Santos RC, Paz Neto AA, et al. Acaricide activity in vitro of *Acmella oleracea* against *Rhipicephalus micropilus*. *Parasitol Res.* 2014;110(10):3697-3701
11. Cruz PB, Barbosa PF, Zeringota V, Melo D, Novato T, Fidelis QC, et al. Acaricidal activity of methanol extract of *Acmella oleracea* L. (Asteraceae) and spilanthal on *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) and *Dermacentor nitens* (Acari: Ixodidae). *Vet Parasitol.* 2016;228(15):137-143.
12. Marchesini P, Barbosa AF, Franco C, Novato T, Sanches MNG, Carvalho MG, et al. Activity of the extract of *Acmella oleracea* on immature stages of *Amblyomma sculptum* (Acari: Ixodidae). *Veterinary parasitology.* 2018; 254:147-150.
13. Ochoa R, Beard JJ, Bauchan GR, Kane EC, Dowling APG, Erbe EF. Herbivore exploit chikín armor of host. *American Entomol.* 2011; 57:26-30
14. Beard JJ, Ochoa R, Bauchan GR, Welbourn WC, Pooley C, Dowling APG. External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoidae): *Raoiella* a case study. *Exp Appl Acarol.* 2012;46(3):111-129
15. Carrillo D, Amalin D, Hosein F, Roda A, Duncan RE, Peña JE. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Exp Appl Acarol.* 2012;57(3):271-289.
16. Gómez-Moya C, Lima TPS, Morais EGF, Gondim MGC, de Moraes GJ. Hosts of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) native to the Brazilian Amazon. *J Agri Sci.* 2017;9(4):86-94.
17. Ramos-Lima M, Moreno-Rodríguez D, Vargas-Sandoval M. Nuevas palmas hospedantes de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) en Cuba. *Rev Colomb Entomol.* 2017;43(1):113-120.
18. Roda A, Nachman G, Hoosein F, Rodrigues JCV, Peña J. Spatial distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their implications for development of efficient sampling plans. *Exp Appl Acarol.* 2012;57(3):291-308.
19. Oliveira DC, Rado EP, Moraes de JG, Morais EGF, Chagas EA, Gondim Jr MGC, et al. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. *Fla Entomol.* 2016; 99:123-125.
20. Melo JWS, Navia D, Mendes JA, Filgueiras RMC, Teodoro AV, Ferreira JMS et al. The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast region. *Int J Acarol.* 2018;44(4-5):146-149.
21. Torre-Santana PE, Suarez-González A, Iriz-Gonzalez A. Presencia del ácaro *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Cuba. *Rev. Protección Veg.* 2010;25(1):1-4.
22. Flores-Galano G, Rodríguez-Morell H, Hernández-Turcas R, Miranda-Cabrera I, Montoya-Ramos A. Dinámica poblacional de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Guantánamo, Cuba. *Rev. Protección Veg.* 2017;32(1):23-32.
23. Estrada EG, Acuña JA, Chaires MP, Equihua A. *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) su situación actual en el estado de Quintana Roo, a ocho meses de su detección oficial. *Folia Entomol Mex.* 2015;1(1):7-14.

24. Gondim Jr MG, Castro TMN, Massaro Jr AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, et al. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? *System biodiv.* 2012;10(4):527-535.
25. Amaro G, Morais EG. Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. *Exp Appl Acarol.* 2013;60(3):342-355.
26. Navia D, Hamada E, Gondim Jr MGC, Benito NP. Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. *Pesq Agropec Bra.* 2016;51(5):586-598.
27. Moraes de GJ, Castro TMMG, Kreiter S, Quilici S, Gondim Jr MG, De Sá LAN. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). *Acarol.* 2012;52(2):129-134.
28. Rodríguez H, Alonso D, García A, Chico R, Hastie E, Ramos M. Ácaros depredadores asociados a *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en San José de las Lajas, Mayabeque. *Métodos en Ecología y Sistemática.* 2016;11(1):12-23.
29. Ramos M, Moreno D. Relación de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) con los ácaros depredadores y las especies de palmas en Cuba. *Entomol Mex.* 2015; 2:26-33.
30. Bae SS, Ehrmann BM, Etefagh KA, Cech NB. A validated liquid chromatography - electrospray ionization - mass spectrometry method for quantification of spilanthol in *Spilanthes acmella* (L.) Murr. *Phytochem Anal.* 2010;21(5):438-443.
31. Nakatani N, Nagashima M. Pungent alkalamides from *Spilanthes acmella* L. var. *oleracea* Clarke (1992). *Biosci Biotechnol Biochem.* 1992;56(5):759-762.
32. Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, Boller E, Brun J, Calis JNM, et al. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS. *Entomop.* 1994; 39:107-119
33. SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, 2002.
34. Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M, Antonelli A. Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotox Environ Safe.* 1997;37(3):273-279.
35. Teodoro AV, Tscharntke T, Klein AM. From the laboratory to the field: contrasting effects of multitrophic interactions and agroforestry management on coffee pest densities. *Entomol Exp Appl.* 2009;31: 121-129
36. Kadir HA, Zakaria BM, Kechil AA, Azirun MDS. Toxicity and electrophysiological effects of *Spilanthes acmella* Murr. Extracts on *Periplaneta Americana* L. *Pest Sci.* 1989;25(4):329-335.
37. Saraf DK, Dixit VK. *Spilanthes acmella* Murr.: study on its extract spilanthol as larvicidal compound. *Asian J Exp Sci.* 2002; 16:9-19.
38. Suwanjang W, Khongniam B, Srisung S, Prachayasittikul S, Prachayasittikul V. Neuroprotective effect of *Spilanthes acmella* Murr. On pesticide-induced neuronal cells death. *Asian Pac Trop Med.* 2017;10(1):1-7.
39. Vasquez C, Velandia P, Jimenez MA, Pazmino P, Velastegui G, Perez-Salinas. Efectividad in vitro del extracto etanólico de crisantemo y de hongos acaropatogenos em el control del ácaro rojo de las palmeras. *Bioagro.* 2018;30(2):135-144.
40. Sousa RCP, Morais De EGF, Pereira RS, Chagas EA, Schurt DA. Atividade acaricida de extrato a base de sementes dos frutos de *Caçari*. *Ver Geintec.* ISSN: 2237-0722. 8(3):4495-4507. DOI: 10.7198/geintec.v8i3.988.
41. Greger H. Alkamides; a critical reconsideration of a multifunctional class of unsaturated fatty acid amides. *Phytochem Rev.* 2016;15(5):729-770.
42. Rajendran R, Narashimman BS, Trivedi V, Chaturvedi R. Isolation and quantification of antimalarial N-alkylamides from flower-head derived in vitro callus cultures of *Spilanthes paniculata*. *J Biosci Bioeng.* 2017;124(1):99-107.
43. Arif M, Juyal D, Joshi A. A review on pharmacognostic and phytochemical study of

- a plant *Spilanthes acmella* Murr. *J Pharm Inn.* 2017;6(5):172-177.
44. Ferraz JC, Matos CHC, Oliveira CRF, Sá MGR, Conceição AGC. Acaricidal activity of juazeiro leaf extract against red spider mite in cotton plants. *Pesq Agropec Bra.* 2017;52(7):493-499.
45. Veronez B, Sato ME, Nicastro RE. Toxicidade de compostos sintéticos e naturais sobre *Tetranychus urticae* e o predador *Phytoseiulus macropilis*. *Pesq Agropec Bra.* 2012;47(4):511-518.
46. Cloyd RA, Galle CL, Keith SR. Compatibility of three miticides with the predatory mites *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). *Hort Sci.* 2006;44:476-480.
47. Lima DB, Melo JWS, Gondim Jr MGC, Moraes de GJ. Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. *Exp Appl Acarol.* 2012;56(3):233-246.
48. Degrande PE, Reis PR, Carvalho GA, Belarmino LC. Metodologia para avaliar o impacto de agrotóxicos sobre inimigos naturais. In: Parra JRP, Botelho PSM, Correa-Ferreira BS, Bento JMS. *Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores.* 2002. Manole, São Paulo, 635 p.
49. Xavier MVA, Matos CHC, Oliveira CRF, Sá MGR, Sampaio GRM. Toxicidade e repelência de extratos de plantas da caatinga sobre *Tetranychus bastosi* Tutler, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae) em pinhão-manso. *Rev Bras Pl Med.* 2015;17(4):790-797.
50. Freitas de GS, Santos MC, Lira VA, Galvão AS, Oliveira EE, Sena Filho JGS, et al. Acute and non-lethal effects of coconut oil on predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari Phytoseiidae). *Syst Appl Acarol.* 2018;23(7):1333-1341.
51. Lockwood JA, Sparks T, Story RN. Evolution of insect resistance to insecticides: A reevaluation of the roles of physiology and behavior. *A Entomol.* 1984;30(4):41-51.
52. Cordeiro EMG, Moura IL, Fadini MA, Guedes RN. Insecticide survival and behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*? *Chemosphere.* 2010;93(6):1111-1116.
53. Oliveira PR, Castro KNC, Anholetto LA, Mathias MIC. Cytotoxic effects of extract of *Acmella oleracea* (Jambu) in *Rhipicephalus micropilus* females ticks. *Microsc Res Tech.* 2016; 76:744-753.
54. Moutia LA. Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. *Bull Entomol Res.* 1958;49(1):59-75.

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/)