

Efecto de la canela sobre la muda, supervivencia y oviposición de *Rhodnius prolixus*

(Cinnamon effect on moulting, surviving and oviposition of *Rhodnius prolixus*)

Erick Kleny Hernández¹, Luis Rojas-Fermín², Elis Aldana³, Fernando Otálora-Luna¹

Laboratorio de Ecología Sensorial, Centro Multidisciplinario de Ciencias, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas¹

Jají, Venezuela

Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Los Andes²
Mérida, Venezuela

Laboratorio de Entomología “Herman Lent”, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes³

Mérida, Venezuela

fotalora@ivic.gob.ve

Fecha de recepción: 31/01/2017

Fecha de aceptación: 31/03/2017

Pág: 26 – 38

Resumen

En el presente trabajo investigamos el efecto de la concha de canela *Cinnamomum cassia*, aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum*, cinamil acetato y *trans*-cinamaldehído en la muda de *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Triatominae). Además, se observó que estos compuestos disuaden la oviposición. El cinamil acetato junto al *trans*-cinamaldeído fueron identificados en aceite de hojas de *Cinnamomum verum* a través de un cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas (CG-EM). Dados sus efectos fisiológicos y sobre el comportamiento, además de su baja toxicidad, la canela y algunos de sus compuestos son candidatos para ser incorporados a una metodología de control de triatominos, vectores del agente etiológico de la enfermedad de Chagas.

Abstract

We studied the effect that cinnamon bark, cinnamon leaf essential oil, cinnamyl acetate and *trans*-cinnamaldehyde have on moulting of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Triatominae). We also observed that these substances deter oviposition. The volatiles cinnamyl acetate and *trans*-cinnamaldehyde were found in *Cinnamomum verum* leaves by using gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Given that

these compounds have behavioral and physiological effect and given their low toxicity, they could be used to control triatomines, vectors of the etiologic agent of Chagas disease.

Palabras clave: ciclo de vida, la toxicidad de canela, Chagas, ecdisis, esencias de plantas, fisiología, repelencia, oviposición, interacción planta-insecto.

Introducción

Los triatominos son insectos hematófagos (Otálora-Luna et al. 2015a)[1] y entomófagos (Sandoval et al. 2015)[2], vectores del agente etiológico de la enfermedad de Chagas: *Trypanosoma cruzi*. No existen vacunas para esta dolencia y no hay cura una vez que la enfermedad ha progresado a la fase crónica. La falta de un tratamiento médico adecuado hace imperativo que se haga un mayor esfuerzo para controlar a estos insectos en Latinoamérica, donde la vectorial es la principal vía de transmisión (Otálora-Luna et al. 2015b)[3]. Otra vía de transmisión en este continente es por contaminación de bebidas alimenticias con triatominos asociados a frutas (Alarcón et al. 2010, Áñez et al. 2013)[4, 5], por lo tanto se hace doblemente necesario el control de estos insectos.

Consideramos que la enfermedad de Chagas es un accidente consecuencia de la alteración humana de su ambiente, en el contexto del sistema capitalista que privilegia el desarrollo sin fin (Otálora-Luna et al. 2015b)[3]. En consecuencia, tiene mayor sentido controlar que eliminar a estos vectores. La eliminación con insecticidas supone estrategias que ponen en peligro la salud humana y el equilibrio ecológico, y supone el riesgo de que los triatominos desarrollen resistencia a los insecticidas (Molina et al. 2004, Soto y Molina 2001)[6, 7]. El control supone evitar una agresión al ecosistema.

Encontrar sustancias de origen vegetal que permitan controlar a los triatominos, es una alternativa tentadora. La capacidad insecticida de la canela ha sido probada por Park et al.[8], quienes realizaron ensayos para determinar la actividad insecticida de compuestos presentes en la corteza de *Cinnamomum cassia* sobre la plaga del roble *Mechoris ursulus* (Coleoptera: Attelabidae) y observaron que el *trans*-cinamaldehído muestra efectos letales. Además se probó la actividad larvicida sobre *Aedes aegypti* de los aceites esenciales de la hoja de algunas variedades de *Cinnamomum osmophloeum* nativa de Taiwán y algunos de sus compuestos volátiles, separados e identificados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) (Cheng et al. 2004)[9]. Estos autores también probaron la actividad larvicida de la misma canela sobre *Aedes albopictus* (Cheng et al. 2009)[10].

La capacidad repelente de la canela ha sido probada por Prajapati et al. (2005)[11], quienes probaron que el aceite esencial de *Cinnamomum verum* es un fuerte repelente contra *Anopheles stephensi*, *A. aegypti* y *Culex quinquefasciatus*, aparte de tener un alto potencial de disuasión de la oviposición, es decir, evita que los insectos coloquen los huevos en el lugar donde está el olor.

La canela también ha sido probada en triatominos; encontrándose que produce un efecto

inhibitorio sobre la muda de quinto estadio a adulto en ninfas de *Rhodnius prolixus* mantenidas en ayunas por siete días y con oferta de alimentación luego de suministrada una dosis de aceite esencial de canela como lo demostraron Abramson et al. (2007)[12]. Esta especie, *R. prolixus*, es uno de los vectores principales de la enfermedad de Chagas en Venezuela. Un triatomino que se adapta bien al hábitat rural humano, especialmente en las casas donde existen estructuras aledañas con techos de palma, donde es probable que existan posturas de chipos traídas en hojas de palma del campo al hogar, para la construcción de viviendas (Gamboa 1963)[13].

Abramson et al.[12] asocian el efecto inhibitorio de la muda inducido por la canela, a la inhibición del apetito que los compuestos de canela estarían provocando en *R. prolixus*. En este trabajo investigamos el efecto de la canela en la muda, pero a diferencia de Abramson et al.[12], alimentamos a los triatominos antes de someterlos a la canela para descartar la inhibición del apetito como causante de la inhibición de la muda. Además del aceite esencial de canela y concha de canela, se estudió el efecto de ciertos compuestos orgánicos volátiles identificados a través de CG-EM en el aceite esencial de canela, en la muda, supervivencia y disuasión de la oviposición.

Materiales y Métodos

Insectos

La colonia de *R. prolixus* se mantuvo con un protocolo similar al de Gómez-Núñez y Fernández[14]. Los insectos fueron alimentados dos veces por mes sobre gallinas y gallos, y fueron mantenidos a $23 \pm 2^\circ\text{C}$, $82 \pm 7\%$ HR y en un ciclo de luz-oscuridad de 12:12 h. Los especímenes utilizados se han mantenido desde el 2010 en estas condiciones, y provienen de una colonia cultivada en el Laboratorio “Herman Lent”, Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela en 1972, que a su vez se originó de una colonia de la antigua Estación de Malariología, actualmente Instituto de Altos Estudios Dr. Arnoldo Gabaldón, Maracay, Venezuela. La colonia nunca ha tenido contacto con insecticidas. Cada insecto se utilizó una sola vez para evitar sesgos de aprendizaje. Los experimentos se realizaron a $8^\circ33'36,14''$ N; $71^\circ18'56,87''$ O y altitud 1853 msnm.

Bioensayo de muda y supervivencia

Las ninfas de V estadio estuvieron en ayunas 8 días desde la muda, cuando fueron alimentadas hasta la repleción, y luego se le ofrecieron semanalmente dos alimentaciones más, al décimo quinto y vigésimo segundo día. Para constatar que cada individuo se haya alimentado se verificó que el abdomen estuviera completamente distendido. Se colocaron 20 de estas ninfas en un frasco de vidrio (500 ml), con papel en su interior, tapado con tela de chiffon sujeta con una liga. Se introdujo una torunda de algodón ($0,12 \pm 0,07$ g) en cada frasco, impregnada con $5 \mu\text{l}$ de alguna de las siguientes sustancias: hexano (isómeros de hexano $> 99,99\%$, n-hexano $67,16\%$, Honeywell), aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum* (Edens Garden), cinamil acetato (99% , Aldrich) o *trans*-cinamaldehído (99% , Aldrich). El control consistió en la

torunda sin impregnar. Un sexto tratamiento consistió en introducir una torunda de algodón sin impregnar junto a una concha de canela *Cinnamomum cassia* (100 g). El hexano se utilizó para determinar su efecto fisiológico sobre los insectos, pues este solvente es comúnmente utilizado en experimentos de comportamiento (Otálora-Luna et al. 2009, Otálora-Luna y Dickens 2011, Lapointe et al. 2012)[15, 16, 17]. Se renovaron las torundas y dosis de cada compuesto una vez cada cuatro días. Semanalmente se registró el número de exubias durante 113 días, y el número de individuos sobrevivientes durante 170 días. Se realizaron 3 réplicas de 20 individuos ($n = 3$), es decir, tres frascos de 20 individuos por tratamiento. Se consideró que hubo *retardo* en la muda cuando las ninfas tratadas renovaron su exoesqueleto luego de las ninfas del control, y que hubo *inhibición* cuando el número de mudas acumuladas estuvo por debajo del valor del control.

Bioensayo de toxicidad

Se utilizaron ninfas de V estadio que estuvieron en ayunas 5 días desde la muda, cuando fueron alimentadas hasta la repleción, y a los 4 días siguientes se sometieron al tratamiento. A cada insecto se le aplicó tópicamente 0,5 μl , 1 μl ó 5 μl de aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum* (Edens Garden) en la parte ventral del abdomen. Fueron utilizadas 30 ninfas por tratamiento, distribuidas en tres recipientes de vidrio (500 ml) con papel en su interior, tapado con tela de chiffon sujeta con una liga. A los insectos del grupo control no se les aplicó el aceite de canela. Se monitoreó la mortalidad de los insectos durante 20 días.

Bioensayo de patrón de ovipostura

Una vez que las ninfas de V mudaron a adultos se separaban por sexo y se mantuvieron vírgenes y en ayunas durante 7 días. Al octavo día contado desde la muda, se alimentaron y formaron 10 parejas y separaron, cada pareja, en frascos de vidrio (500 ml). Luego se le ofrecieron semanalmente dos alimentaciones más. Se realizaron los mismos tratamientos químicos que en los bioensayos anteriores. Semanalmente se renovaron las torundas y dosis de cada compuesto, y se extrajeron y registraron el número de huevos puestos en el frasco (suelos), en el algodón y en el papel durante 92 días. La superficie disponible para ovipositar del papel fue de 60 cm^2 y del algodón de 20 cm^2 , considerando para esta última medida la superficie externa de la torunda. Se consideró que las hembras fueron *disuadidas* de ovipositar en el algodón cuando éstas evitaron colocar sus huevos en la torunda.

Bioensayo de fecundidad

Para medir la fecundidad (huevos/hembra/semana) se contabilizaron los huevos del bioensayo de patrón de ovipostura detallado anteriormente.

CG-EM

Se separaron e identificaron los compuestos esenciales del aceite de hojas de *Cinnamomum verum* a través de CG-EM, es decir, en un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard 6890) acoplado a espectrómetro de masas (Hewlett Packard MSD 5973), equipado con una columna capilar (HP-5) (5% fenil - 95% metil silicona) de 30 m de longitud y 0,25 mm de diámetro interno, con un espesor de pared de 0,25 mm. Se utilizó helio como gas portador, a un flujo de 1 ml/min. El horno del CG-EM comenzó a calentar desde 60°C hasta 260°C, a razón de 4°C/min. El inyector se mantuvo a 250°C. La identificación de los compuestos volátiles se realizó mediante comparación computarizada de sus espectros de masas con los de la base de datos del equipo (Librería Wiley, Sexta Edición) (Tabla 1).

Tabla 1: Toxicidad del aceite esencial hojas de canela de *Cinnamomun verum* de aplicado en el abdomen *Rhodnius prolixus* a diferentes dosis.

| | Cantidad (μ l) | Sobrevivientes | Mortalidad (%) |
|-------------|---------------------|----------------|----------------|
| | control | 30 | 0 |
| | 0,5 | 24 | 20 |
| | 1 | 21 | 30 |
| | 5 | 25 | 16 |
| $\bar{X} =$ | 2 | 23 | 22 |

Nota: Se indican los valores promedios (\bar{X}) entre los tratamientos, excluyendo el control.

Estadística

Para evaluar la evolución de la muda, la supervivencia, oviposición, fecundidad y toxicidad se compararon los tratamientos a través de la prueba G (Sokal y Rohlf 1981)[18], estableciendo los *valores esperados* a partir de los controles en el caso de los tres primeros parámetros. El efecto de los tratamientos sobre la evolución de la muda y la supervivencia se cuantificó midiendo el área bajo la curva, dado que las curvas presentaron formas similares. La dosis letal (DL) se midió hasta alcanzar al menos una cuarta parte de los muertos en 20 días.

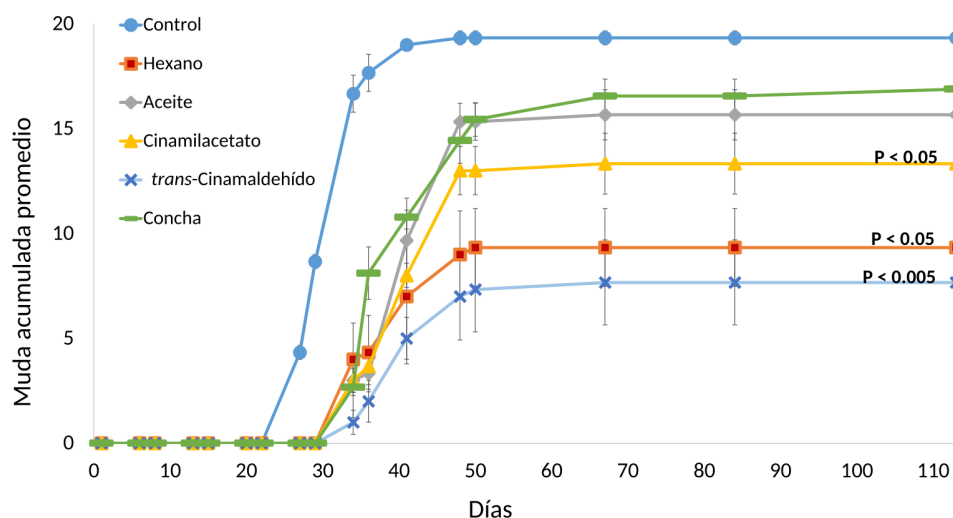
Resultados y discusión

Muda

Las ninfas que no fueron tratadas con algodón impregnado o concha de canela mudaron mucho más temprano (Fig. 1, Tabla 1), para el día 27 y habían mudado 4 ninfas a adultos, mientras que para el resto de los tratamientos, es decir, en presencia de hexano, aceite esencial de canela, concha de canela, cinamilacetato y *trans*-cinamaldehído, comenzaron a mudar el día 34. Nótese que para el día 41 ya un 95% de las ninfas del tratamiento control habían mudado,

pero sólo el 25 % de las ninfas tratadas con 5 μ l de *trans*-cinamaldehído habían mudado. Luego de transcurridos aproximadamente 50 días las curvas de evolución de las mudas se estabilizan, es decir, no ocurren nuevas mudas. Finalmente, el porcentaje de muda disminuye en orden partiendo del control con 97 %, canela en concha 88 %, aceite de canela 78 %, cinnamíl acetato 67 %, hexano 47 % y *trans*-cinamaldehído es el compuesto que mayor retardo y disminución causan permitiendo la muda sólo dos semanas después y con un 38 % del total (Fig. 1). Para sorpresa nuestra el hexano produjo un efecto sobre la muda a pesar de que ha sido considerado como solvente inocuo en experimentos de comportamiento quimiosensorial (Otálora-Luna et al. 2009, Otálora-Luna y Dickens 2011, Lapointe et al. 2012)[15, 16, 17].

Figura 1: Efecto de los compuestos volátiles de la canela en el retardo de la muda de los triatominos. En las ordenadas se indica el promedio de ninfas de quinto estadio que mudaron a adultos para cada tratamiento. En las abscisas se indica el tiempo. Las barras verticales indican el error estándar (n=3). Los valores de *P* indican que tan diferente es cada tratamiento con respecto al control (prueba G).



Nuestras observaciones indican que la canela y algunos de sus compuestos tienen un efecto de retardo e inhibitorio sobre la muda, esto a pesar de que los triatominos utilizados en los experimentos habían sido alimentados a repleción. Queda pues descartado que los chipos no muden o muden con retardo como efecto exclusivo de la disminución del apetito, tal como proponen Abramson et al.[12], quienes sugieren que la canela pudiera inhibir el apetito, y por consiguiente la muda.

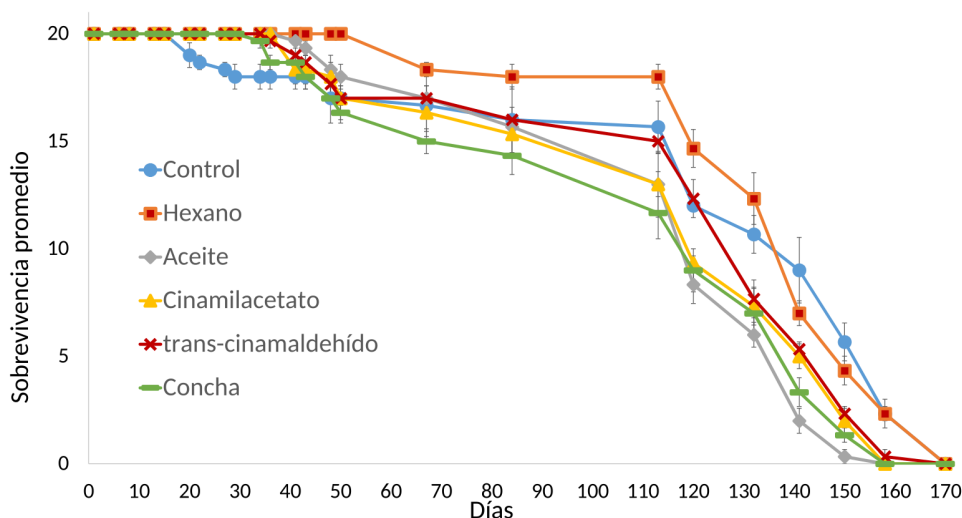
Ciertos compuestos secundarios de plantas, como la azadiractina, inhiben la muda (García et al. 1986)[19]. Este compuesto es un inhibidor de la ecdysis y ha sido identificado en el árbol de nim *Azadirachta indica* (Meliaceae) y en *Melia azedirach* (Meliaceae). El mecanismo de acción de la azadiractina, que ha demostrado su acción en *R. prolixus* (García et al. 1986)[19], es muy específico. No esperaríamos tal especificidad de los compuestos probados en este trabajo,

dada la simplicidad de sus estructuras químicas comparadas con la azadiractina. Tal vez la inhibición y retardo en la muda observado en este trabajo se deba a un mecanismo fisiológico menos específico o constituya algún tipo de adaptación ambiental de los triatominos a la canela, donde la canela y el hexano actuarían como factores estresantes o adversos disparadores del retardo de la muda.

Supervivencia y toxicidad

Nótese como las curvas de supervivencia del control y los cinco tratamientos apenas se separan (Fig. 2), sin diferencias estadísticas durante los 170 días que se observó la supervivencia (Tabla 1), lo cual indica que la supervivencia no fue afectada por ningún tratamiento.

Figura 2: Efecto de olores asociados con la canela en la supervivencia de los triatominos. En las ordenadas se indica el promedio de triatominos que sobrevivieron para cada tratamiento. Se realizaron tres réplicas (tres frascos de 20 individuos) por tratamiento. En las abscisas se indica el tiempo. Las barras verticales indican el error estándar ($n=3$). Los valores de P indican que tan diferente es cada tratamiento con respecto al control (prueba G).



La letalidad del aceite esencial de canela (Tabla 1) es comparativamente baja comparada con la letalidad de los insecticidas comunes Reyes et al. [20]. Dado que no se observó letalidad tempranamente, pues aún a las 72 horas, tiempo utilizado por Reyes et al. [20], aún no se habían registrado muertes, para los ensayos toxicológicos se modificó el protocolo de éstos autores, esperando 20 días. Aunque durante este tiempo no murió ninguno de los 30 individuos del control, ni la mitad de los individuos tratados, se observaron muertes en los tratamientos en porcentajes desde 16 hasta un 30 % según la dosis (Tabla 1). En promedio la dosis letal a la cual murieron el 22 % de los individuos en el lapso de 20 días ($DL_{22/20}$) fue de $2 \mu l$. No se

esperó un tiempo más prolongado, como el necesario para alcanzar la muerte de la mitad de los individuos (DL_{50}), para evitar que factores como la dieta y la senescencia afectasen este parámetro. No se observaron diferencias estadísticas entre las diferentes dosis (Tabla 2).

Tabla 2: Valores estadísticos de la prueba G para los diferentes tratamientos.

| Efecto sobre la muda | Tratamiento | Estadístico G | P |
|---|-----------------------------|---------------|-------------------------|
| | concha de canela | 2,0004 | 0,1573 |
| | <i>trans</i> -cinamaldehido | 9,9106 | 0,0016 |
| | cinamilacetato | 3,9384 | 0,0472 |
| | hexano | 6,4187 | 0,0113 |
| | aceite | 2,7264 | 0,0987 |
| Efecto sobre la sobrevivencia | | | |
| | concha de canela | 1,404 | 0,2361 |
| | <i>trans</i> -cinamaldehido | 0,0394 | 0,8427 |
| | cinamilacetato | 0,5465 | 0,4598 |
| | hexano | 0,9031 | 0,3420 |
| | aceite | 0,8453 | 0,3579 |
| Efecto sobre el patrón de ovipostura | | | |
| | <i>trans</i> -cinamaldehido | 238,41 | $2,2 \times 10^{-16}$ |
| | cinamilacetato | 314,31 | $2,2 \times 10^{-16}$ |
| | hexano | 67,721 | $1,971 \times 10^{-15}$ |
| | aceite | 291,56 | $2,2 \times 10^{-16}$ |
| Efecto sobre la fecundidad | | | |
| | todos los tratamientos | 21,161 | 0,0002942 |
| Efecto sobre la toxicidad | | | |
| | todos los tratamientos | 1,657 | 0,6465 |

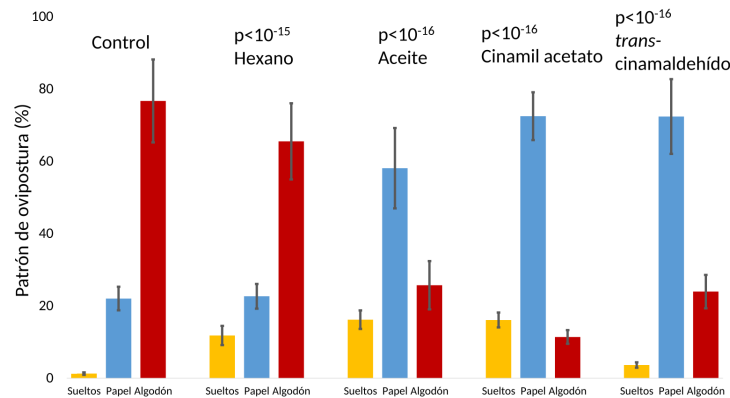
Notas: Los valores en rojo indican significancia.

Patrón de ovipostura

Los huevos fueron colocados sueltos, es decir, sin pegar en el frasco, y pegados en el papel y en el algodón. De acuerdo a nuestra experiencia criando triatominos en el laboratorio, *R. prolixus* pega la mayor parte de sus huevos en el papel que se coloca en los frascos, y muy raramente sueltos o en la superficie de vidrio. Aun cuando la superficie disponible para ovipositar del papel fue 3 veces mayor que la del algodón, las ninfas prefirieron colocar sus huevos en el algodón cuando no fue tratado ($P < 0.001$, G: 7,2121, prueba G). El hexano, aceite de canela, *trans*-cinamaldehido y cinamil acetato disuadieron a los adultos de colocar sus huevos en

algodón impregnado (Fig. 3, Tabla 2). Si bien el hexano afectó significativamente la oviposición, su efecto aparentemente fue menor que el de los compuestos asociados a la canela.

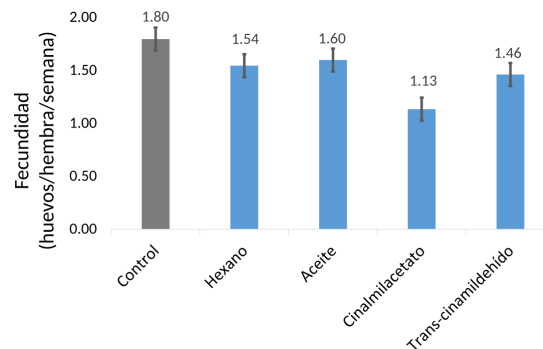
Figura 3: Efecto de olores asociados con la canela en el comportamiento de oviposición. En las ordenadas se indica el porcentaje de huevos ovipositados en diferentes sustratos. Se realizaron 10 réplicas (10 frascos con una pareja) por tratamiento. En las abscisas se indica el tipo de sustrato. Las barras verticales indican el error estándar (n=10). Los valores de *P* indican que tan diferente es cada tratamiento con respecto al control (prueba G).



Fecundidad

La fecundidad de *R. prolixus* fue afectada por los diferentes tratamientos, siendo el cinamil acetato el que más disminuyó la producción de huevos (Fig. 4). Los valores de fecundidad para *R. prolixus*, en general son más bajos que los reportados anteriormente (Aldana et al. 2001, 2009)[21, 22] dado que las hembras se alimentaron con una frecuencia menor, apenas tres veces en trece semanas.

Figura 4: Efecto de los olores asociados con la canela en la fecundidad. En las ordenadas se indica el número de posturas. En las abscisas se indican las sustancias utilizadas. Las barras verticales indican el error estándar (n=10).



CG-EM

En el perfil de separación de los constituyentes del aceite esencial de canela *Cinnamon cassia* se observan 26 compuestos (Fig. 5, Tabla 3). A partir del perfil de CG-EM que obtuvimos y considerando los resultados que obtuvieron Cheng et al. (2004, 2008, 2009)[9, 23, 10], Park et al. (2000)[8], escogimos el *trans*-cinamaldehído y cinamil acetato, para realizar los bioensayos. Si bien de los componentes identificados en el aceite esencial de canela, el eugenol resultó ser el mayoritario (68,37%), este no fue seleccionado para ser probado en los bioensayos. Para la selección de los compuestos ensayados se consideró su presencia en varias especies de canela y sus precedentes tóxicos en otras especies de hematófagos. Ahora bien, 1) el eugenol no se ha identificado en otras especies de canela, aunque esto también ocurre con el cinamaldehído y el cinamil acetato, y 2) su identificación en nuestro aceite esencial se realizó a *posteriori* de los bioensayos. Sin embargo, recomendamos que para futuros bioensayos de este tipo se pruebe el efecto de eugenol sobre el comportamiento y fisiología de los triatominos.

Figura 5: Perfil cromatográfico (CG-EM) del aceite esencial de hojas de canela *Cinnamomum verum*. Los círculos y asteriscos corresponden a los compuestos utilizados en los experimentos: *trans*-cinamaldehído y cinamil acetato.

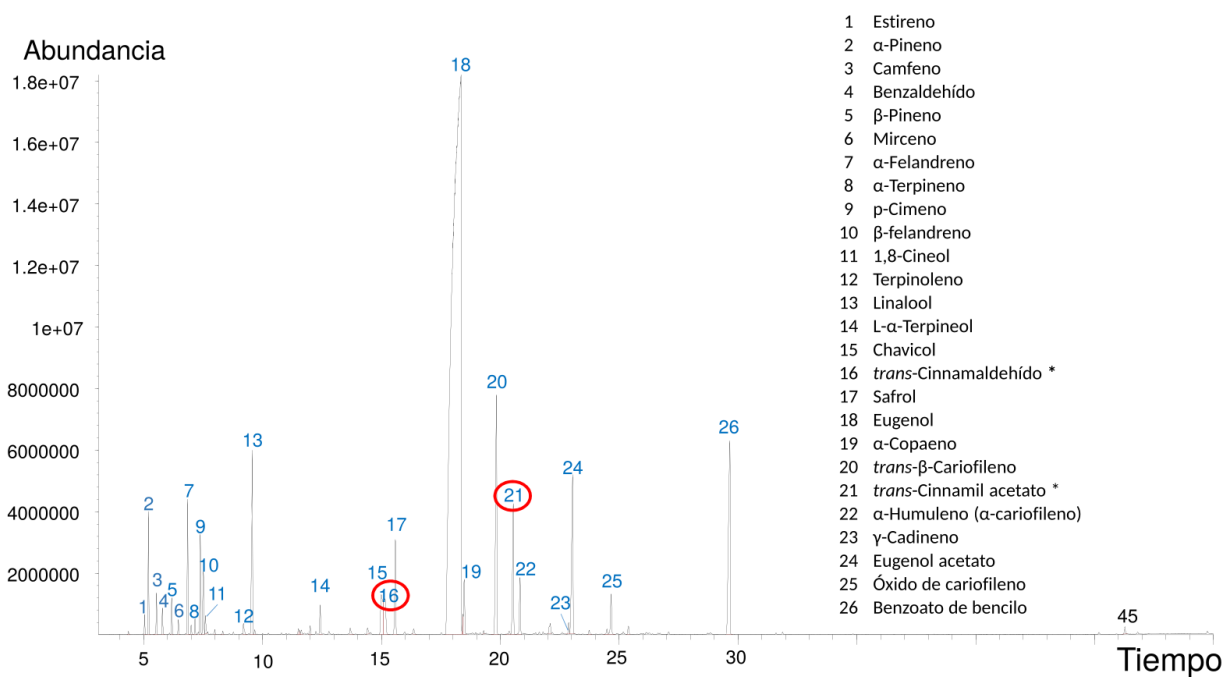


Tabla 3: Compuestos detectados (GC-EM) en el aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum*.

| | Compuesto | Tiempo de retención | IKcal | IKtab | Área (%) | CAS |
|----|---|---------------------|-------|-------|----------|-------------|
| 1 | Estireno | 5,04 | 925 | 924 | 0,19 | 000100-42-5 |
| 2 | α -Pino | 5,20 | 932 | 932 | 1,23 | 000080-56-8 |
| 3 | Camfeno | 5,54 | 945 | 946 | 0,44 | 000079-92-5 |
| 4 | Benzaldehído | 5,79 | 954 | 952 | 0,30 | 000100-52-7 |
| 5 | β -Pino | 6,18 | 968 | 974 | 0,40 | 000127-91-3 |
| 6 | Mirceno | 6,46 | 977 | 988 | 0,16 | 000123-35-3 |
| 7 | α -Felandreno | 6,85 | 989 | 1002 | 1,56 | 000099-83-2 |
| 8 | α -Terpineno | 7,16 | 998 | 1001 | 0,18 | 000099-86-5 |
| 9 | p-Cimeno | 7,38 | 1004 | 1022 | 1,12 | 000099-87-6 |
| 10 | β -felandreno | 7,51 | 1008 | 1025 | 1,00 | 000099-83-2 |
| 11 | 1,8-Cineol | 7,59 | 1010 | 1026 | 0,27 | 000470-82-6 |
| 12 | Terpinoleno | 9,20 | 1179 | 1186 | 0,19 | 000586-62-9 |
| 13 | Linalool | 9,567 | 1094 | 1095 | 2,83 | 000078-70-6 |
| 14 | L- α -Terpineol | 12,42 | 1179 | 1186 | 0,41 | 010482-56-1 |
| 15 | Chavicol | 14,41 | 1243 | 1247 | 0,16 | 000501-92-8 |
| 16 | <i>trans</i> -Cinnamaldehído * | 15,00 | 1262 | 1267 | 1,19 | 000104-55-2 |
| 17 | Safrol | 15,582 | 1281 | 1281 | 1,4 | 000094-59-7 |
| 18 | Eugenol | 18,32 | 1366 | 1356 | 68,37 | 000097-53-0 |
| 19 | α -Copaeno | 18,48 | 1371 | 1374 | 0,87 | 003856-25-5 |
| 20 | <i>trans</i> - β -Cariofileno | 19,84 | 1412 | 1417 | 4,64 | 000087-44-5 |
| 21 | <i>trans</i> -Cinnamil acetato * | 20,55 | 1438 | 1443 | 2,34 | 000103-54-8 |
| 22 | α -Humuleno (α -cariofileno) | 20,83 | 1448 | 1452 | 0,86 | 006753-98-6 |
| 23 | γ -Cadineno | 22,87 | 1515 | 1522 | 0,18 | 039029-41-9 |

Nota: os números corresponden al cromatograma. IKcal y IKtab = índices Kobats calculado y tabulado. CAS = registro según la Sociedad Americana de Química. Los asteriscos indican los compuestos utilizados en los experimentos.

Perspectivas

La canela y algunos de sus compuestos volátiles como el *trans*-cinamaldehído y el cinamil acetato retardan e inhiben la muda a través de un mecanismo independiente de la inhibición del apetito, y disuaden a los adultos a colocar huevos. Su aparente baja toxicidad, pues es ampliamente utilizada en las artes culinarias y apenas es letal cuando se aplica directamente sobre los insectos, le confiere ventajas ecológicas y probablemente para la salud humana, en su posible uso como interruptor del ciclo vital de los triatomos y disuasor de la oviposición.

Proponemos se considere el uso de la canela en concha u hoja, y la siembra de árboles de canela, como medidas de control de los triatomíonios.

Bibliografía

- [1] Otálora-Luna, F., Pérez-Sánchez, A., Sandoval, C. y Aldana, E. (2015). Evolution of hematophagous habit in Triatominae (Heteroptera: Reduviidae). *Revista Chilena de Historia Natural*, 88.
- [2] Sandoval Ramírez, C. M., Nieves, E., Gutiérrez, R., Jaimes, D., Ortiz, N., Otálora-Luna, F. y Aldana, E. (2015). Morphometric analysis of the host effect on phenotypical variation of *Belminus ferroae* (Hemiptera: Triatominae). *Psyche*, 2015:1–12.
- [3] Otálora-Luna, F., Aldana, E. y Vilorio A. (2015). Triatomines or humans: who are the invaders? *Ludus Vitalis*, 23:223–230.
- [4] Alarcón de Noya, B., Díaz-Bello, Z., Colmenares, C., Ruíz-Guevara, R., Mauriello, L. y Zavala-Jaspe, R. (2010). Large urban outbreak of orally acquired acute Chagas disease at a school in Caracas, Venezuela. *J. Inf. Dis.*, 201:1308–1315.
- [5] Añez, N., Crisante, G., Rojas, A. y Davila, D. (2013). Brote de enfermedad de Chagas agudo de posible transmisión oral en Mérida, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.*, 53:01–10.
- [6] Molina, D., Soto, A. y Barazarte, H. (2004). Suceptibilidad a insecticidas piretroides en cepas de campo de *Rhodnius prolixus* Stål (Hemiptera: Reduviidae) de Venezuela. *Entomotropica*, 19:01–05.
- [7] Soto, A. y Molina, D. (2001). Toxicidad de cinco insecticidas en una cepa de laboratorio de *Rhodnius prolixus* Stål 1859 (Hemiptera, Reduviidae) de Venezuela. *Entomotrópica*, 16:187–190.
- [8] Park, I. K., Lee, H. S. and Lee, S. G., Park, J. D. y Ahn, Y. J. (2000). Insecticidal and fumigant activities of *Cinnamomum cassia* bark-derived materials against *Mechoris ursulus* (Coleoptera: Attelabidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:2528–2531.
- [9] Cheng, S. S., Liu, J. Y. and Tsai, K. H. y Chen, S. T. (2004). Chemical composition and mosquito larvicidal activity of essential oils from leaves of different *Cinnamomum osmophloeum* provenances. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:4395–4400.
- [10] Cheng, S. S., Liu, J. Y. and Huang, C. G., Hsui, Y. R., Wei-June Chene, W. J. y Chang, S. T. (2009). Insecticidal activities of leaf essential oils from *Cinnamomum osmophloeum* against three mosquito species. *Bioresource Technology*, 100:457–464.

- [11] Prajapati, V., Tripathi, A. K. and Aggarwal, K. K. y Khanuja, S. P. S. (2005). Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresource Technology*, 96:1749–1757.
- [12] Abramson, C. I., Aldana, E. y Sulbarán, E. (2007). Exposure to citral, cinnamon and ruda disrupts the life cycle of a vector of Chagas disease. *Am. J. Environ*, 3:7–8.
- [13] Gamboa, J. (1963). Comprobación de *Rhodnius prolixus* extradomiciliario. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 54:18–25.
- [14] Gómez-Nuñez, J. C. y Fernández, J. (1963). La colonia de *Rhodnius prolixus* en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. *Bol. Dir. Malariol. San. Amb.*, 3:132–137.
- [15] Otálora-Luna, F., Hammock, J., Alessandro, R., Lapointe, S. y Dickens, J. (2009) Discovery and characterization of chemical signals for citrus root weevil, *Diaprepes abbreviatus*. *Arthropod-Plant Interactions*, 3:63–73.
- [16] Otálora-Luna, F. y Dickens, J. (2011). Multimodal stimulation of Colorado potato beetle reveals modulation of pheromone response by yellow light. *PloS ONE*, 6:e20990.
- [17] Lapointe, S. L., Alessandro, R. T., Robbins, P. S., Khrimian, A., Svatos, A., Dickens, J. C., Otálora-Luna, F., Kaplan, F., Alborn, H. T. y Teal, P. E. (2012). Identification and synthesis of a male-produced pheromone for the neotropical weevil *Diaprepes abbreviatus*. *J. Chem. Ecol.*, 38:408–417.
- [18] Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. (1981). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. New York: Freeman and Company.
- [19] García, E. S. (1984). Effects of azadirachtin on ecdysis of *Rhodnius prolixus*. *Journal of Insect Physiology*, 30:939–941.
- [20] Reyes, M., Angulo, V. M. y Sandoval, C. M. (2007). Efecto tóxico de β -cipermetrina, deltametrina y fenitrotión en cepas de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) y *Triatoma maculata* (Erichson, 1848) (Hemiptera, Reduviidae). *Biomédica*, 27:75–82.
- [21] Aldana, E., Lizano, E. y Valderrama, A. (2001). Efecto de la alimentación con sangre humana sobre la fecundidad, fertilidad y ciclo biológico de *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Biol. Trop.*, 49:689–692.
- [22] Aldana, E., Jácome, D. y Lizano, E. (2009). Efecto de la alternación de fuentes sanguíneas sobre la fecundidad y la fertilidad de *Rhodnius prolixus* Stål (Heteroptera: Reduviidae). *EntomoBrasilis*, 2:17–23.
- [23] Cheng, S. S., Huang, C. G., Chen, W. J., Kuo, Y. H. y Chang, S. T. (2008). Larvicidal activity of tectoquinone isolated from red heartwood-type *Cryptomeria japonica* against two mosquito species. *Bioresource Technology*, 99:3617–3622.