

Artículo Original

Bases conductuales para la identificación de la feromona sexual de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) en Cundinamarca, Colombia

Behavioral bases for identification of the sexual pheromone of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) in Cundinamarca, Colombia

Yuly Paola Sandoval-Cáceres^{1*}, Ginna Natalia Cruz-Castiblanco¹, Martha Carolina Diaz-Ortiz¹ y Nancy Barreto-Triana¹

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia. Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca, Colombia. ✉ *ysandoval@agrosavia.co, gcruz@agrosavia.co, mcdiaz@agrosavia.co, nbarreto@agrosavia.co

ZooBank: urn:lsid:zoobank.org:pub:352E3A32-328A-409B-AF77-B4E3F2F11C97
<https://doi.org/10.35249/rche.48.3.22.18>

Resumen. El género *Diatraea* Guiling, es considerado el de mayor importancia económica en los sistemas productivos de caña de azúcar en Colombia. Debido al desconocimiento del comportamiento sexual, a la amplia distribución de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) y a la variación geográfica de la composición de su feromona sexual, el objetivo de este trabajo fue comprender el comportamiento sexual de esta especie, evaluando el comportamiento de cópula de adultos vírgenes de uno y dos días de edad en laboratorio. Adicionalmente se construyó un etograma para entender el comportamiento sexual de adultos vírgenes de un día de edad. Los estudios fueron realizados bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa (25 ± 2 °C, y $60 \pm 10\%$ de H.R.) y fotoperiodo 12h:12h. El inicio de la cópula se observó desde la sexta hora de escotofase y se mantuvo hasta la décima hora, con una duración entre 30 y 120 minutos. Las parejas evaluadas copularon solamente una vez y no se observó nueva exposición de la glándula por parte de hembras ya copuladas. El acto principal que da inicio al proceso de cópula es el llamado de la hembra, después del cual se desencadenan comportamientos de activación, vuelo, acercamiento, contacto y cópula con una probabilidad de este último de 1.0.

Palabras clave: Apareamiento; barrenador; caña de azúcar; comportamiento sexual; etograma.

Abstract. The genus *Diatraea* Guiling can be considered the most economically important in the Colombian sugarcane production systems. Due the unaware of sexual behavior, the wide distribution of *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) and the geographical variation of sexual pheromone composition, the objective of this work was to understand sexual behavior of this species, evaluating the mating behavior of one- and two-days old virgin adults under laboratory conditions. Additionally, it was constructed an ethogram to understand the sexual behavior of one-day-old virgin adults. Studies were carried out under photoperiod 12h:12h and controlled temperature and relative humidity (25 ± 2 °C, and $60 \pm 10\%$ R.H.). The onset copulation was observed from the sixth scotophase hour that was maintained until the tenth hours. Its duration was between 30 and 120 minutes. The couples observed copulated only once and copulated females did not expose their gland again. It was observed that the main behavior that indicates the initiation of the copulation

Recibido 26 Julio 2022 / Aceptado 9 Septiembre 2022 / Publicado online 30 Septiembre 2022
Editor Responsable: José Mondaca E.

process is the call of female, after which activation, flight, approach, contact and copulation occur with a probability 1.0.

Key words: Borer; ethogram; mating; sexual behavior; sugarcane.

Introducción

El cultivo de caña de azúcar presenta pérdidas en su producción debido al daño causado por las larvas del barrenador de la caña *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1974), puesto que se alimentan de los meristemos apicales de las hojas y penetran los tallos de la caña de azúcar, creando galerías dentro de estos (Barroso-Aké *et al.* 2016). La cantidad y pureza de los jugos obtenidos en la postcosecha se ven afectados por la inversión de azúcares resultantes del daño ocasionado por los estados juveniles del barrenador en los tallos, afectando la extracción y obtención del producto final (Capinera 2001). Al ingresar al tallo, las larvas crean orificios que posteriormente permiten la colonización del hongo *Colletotrichum falcatum* Went (Vargas *et al.* 2021).

El manejo de las poblaciones del barrenador en campo se da principalmente por la liberación de parasitoides pertenecientes a las familias Tachinidae (Diptera), Braconidae y Trichogrammatidae (Hymenoptera) (Gómez y Vargas 2014). Pinto *et al.* (2018) reportan el uso de trampas delta con hembras vírgenes de *D. saccharalis* en plantaciones de caña de azúcar en Brasil, con el fin de monitorear las poblaciones del barrenador y tomar decisiones acerca del momento óptimo de liberación de los parasitoides en campo. El uso de feromonas sexuales ha sido reportado por (Gallo *et al.* 2002) como una metodología eficiente para el manejo del barrenador de la caña *D. saccharalis* en Brasil.

Comprender el comportamiento evolutivo ecológico de los insectos, se puede lograr por medio de estudios del comportamiento sexual como primera instancia (Kirkendall 1983). Unnithan y Paye (1991) indican que las estrategias de manejo de insectos plaga que incluyen el uso de feromonas sexuales están dirigidas a interferir en la reproducción de este, por lo cual es de gran importancia conocer y comprender el proceso de cópula y los factores que pueden intervenir en dicho proceso.

La conducta de cortejo y comportamiento reproductivo del barrenador de la caña de azúcar *D. considerata* Heinrich, 1931 fue estudiada por Osorio-Osorio y Cibrián-Tovar (2000a, 2000b). Por su parte, Barroso-Aké *et al.* (2016) estudiaron el comportamiento de pre-cortejo de *Diatraea magnifactella* Dyar, 1911 y el efecto de la edad en su duración. Reyes *et al.* (2015) han realizado estudios para comprender el comportamiento reproductivo en otros lepidópteros, observando el efecto de la edad del macho en la cópula producto de la respuesta a la feromona sexual emitida por hembras de *Copitarsia decolora* (Hampson, 1906). Curkovic-S y Muñoz-M (2011) realizaron la caracterizaron del cortejo y cópula de *Callisphyris apicicornis* Fairmaire y Germain, 1859 (Coleoptera: Cerambycidae) como herramienta para desarrollar estrategias de manejo.

Estudios realizados en otras especies de lepidópteros como *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766), *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777) y *Heliothis subflexa* (Guenée, 1852) han demostrado que la edad de apareamiento puede influir en la recepción olfativa y procesamiento de la feromona sexual en los machos (Barrozo *et al.* 2010; Soques *et al.* 2010; Zhang *et al.* 2009). Para comprender la comunicación sexual en especies de polillas, se debe considerar la variabilidad de la mezcla de feromonas sexuales entre poblaciones, la dinámica circadiana y la respuesta de los machos a las feromonas emitidas por las hembras, como factores determinantes en dicho proceso (Groot 2014).

Para el desarrollo de estrategias de monitoreo y manejo de este insecto plaga, es de vital importancia la caracterización de los eventos ocurridos durante el proceso de pre-cortejo

y cópula (Farrell y Andow 2017). Palacio *et al.* (2010), Oliveira *et al.* (2018) y Silva *et al.* (2021) han realizado estudios para la identificación de la feromona sexual de poblaciones brasileras de *D. saccharalis*. Palacio *et al.* (2010) reportan que hay diversidad genética entre poblaciones de esta especie, provenientes de Brasil y Colombia, indicando variación en la composición de los componentes principales entre las dos poblaciones analizadas, razón por la cual las feromonas comerciales no ejercen atracción como fue verificado en el estudio realizado en condiciones de campo en Colombia por Barreto-Triana *et al.* (2018). Con el fin de desarrollar herramientas que puedan ser incorporadas a programas de manejo integrado de *D. saccharalis*, es necesario desarrollar estudios que permitan comprender el comportamiento sexual de poblaciones colombianas del barrenador. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue identificar la edad, horario y comportamiento de cópula de *D. saccharalis* en laboratorio, para obtener información básica, que permita realizar la extracción de la feromona sexual y su posterior identificación, como una herramienta que pueda ser incluida en los planes de manejo del barrenador.

Materiales y Métodos

Los estudios de comportamiento sexual fueron llevados a cabo en el laboratorio de entomología del Centro de Investigación Tibaitatá, ubicado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca, Colombia), con condiciones controladas de temperatura 25 ± 2 °C, y $60 \pm 10\%$ de H.R. y fotoperiodo 12h luz: 12h oscuridad. Los adultos empleados para las evaluaciones provenían de la cría previamente establecida en el mismo laboratorio.

Edad, horario y duración de la cópula

Se realizaron dos ensayos preliminares durante 24 horas continuas. Para determinar el horario de mayor actividad de las parejas y establecer la franja horaria más adecuada para las observaciones. Se evaluaron 20 parejas de uno y dos días de edad.

Basados en los resultados obtenidos en los ensayos preliminares, se individualizaron 30 parejas vírgenes de uno y dos días de edad en recipientes de acrílico de 180 ml con tapa perforada y malla para permitir la ventilación; con el fin de establecer el horario y la duración de la cópula de estas parejas.

Las observaciones se realizaron cada 30 minutos, en fotoperiodo invertido entre la quinta y décima hora de escotofase, haciendo uso de lámparas de luz roja para visualizar el proceso.

Se implementó un diseño completamente al azar con dos tratamientos (edades) y 30 repeticiones. Los datos fueron analizados mediante modelos lineales generalizados usando la distribución binomial negativa, para determinar diferencia de medias entre edades, respecto a cada una de las variables de respuesta. Se realizó una comparación de LSD Fisher ($p < 0,05$), con corrección de Bonferroni. Todos los análisis se hicieron usando el software estadístico R, versión 3.6.0 (R Core Team, 2017).

Etograma

Para conocer el patrón de comportamiento durante el pre-cortejo, cortejo y cópula se estableció un experimento en el horario de mayor actividad sexual (sexta y séptima hora de la escotofase) donde se emplearon 30 parejas vírgenes de un día de edad, las cuales fueron individualizadas en recipientes de acrílico de 20 x 20 cm. Para la descripción de la conducta del macho durante el pre-cortejo, cortejo y cópula se establecieron categorías discretas fáciles de reconocer a simple vista: activación, caminando, vuelo dirigido, vuelo aleatorio, reposo, aterrizaje, acercamiento, contacto por atrás, lateral y frontal, montaje,

flexión del abdomen y cópula. Fue medido el tiempo total empleado en realizar los pasos hasta llegar a la cópula, siguiendo la metodología propuesta por Barrozo *et al.* (2010).

Con los datos obtenidos se construyeron tablas de contingencia para conocer la frecuencia de transición de una conducta a todas las otras. En cada celda se anotó el número de individuos que, haciendo un paso en particular (columnas), había realizado un paso previo (filas) (Fagen *et al.* 1978). Se establecieron las probabilidades de ocurrencia de cada evento, dividiendo las frecuencias de cada celda por el total de individuos de cada fila. Las probabilidades de transición fueron empleadas en la elaboración del etograma que muestra la secuencia de pasos y rutas que pueden seguir los individuos.

Resultados y Discusión

Horario y duración de cópula

En los estudios preliminares realizados durante 24 horas en laboratorio, se estableció que el horario de mayor actividad de parejas vírgenes del barrenador de uno y dos días de edad es la sexta hora de escotofase (Fig. 1). Durante la fotofase no se presentó cópula.

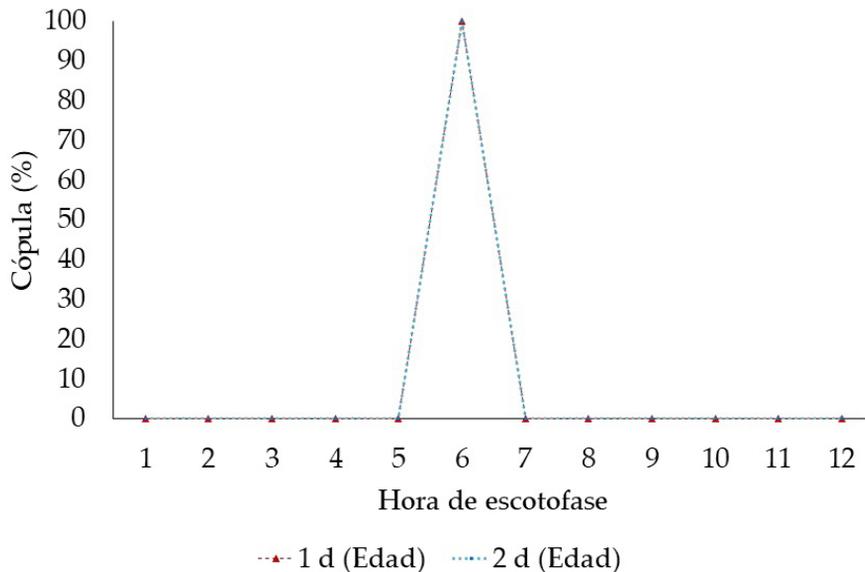


Figura 1. Actividad de cópula de adultos vírgenes de *D. saccharalis* de uno y dos días de edad en laboratorio, durante una escotofase completa. / Mating schedule of one and two days old *D. saccharalis* virgin adults in laboratory, during a complete scotophase.

La evaluación de horario y edad de cópula de parejas de uno y dos días de edad permitió determinar que las hembras de *D. saccharalis* tienen la capacidad de copular desde el primer día de la emergencia. El 57% de parejas vírgenes de un día copularon, mientras que solamente el 13% de adultos de dos días lo hicieron.

Este comportamiento fue observado entre la sexta y décima hora para parejas de un día y entre la sexta y séptima para adultos de dos días (Fig. 2). No se encontraron diferencias significativas ($p = 0,7946$) entre las dos edades para esta variable. No se observó que las hembras copuladas volvieran a realizar la conducta de llamado y las parejas que mostraron el comportamiento de cópula solamente lo hicieron una vez, a pesar de tener a su disposición nuevas parejas vírgenes. Palacio-Cortés *et al.* (2014) reportan el mayor porcentaje de llamado de hembras de *D. indigenella* Dyar y Heinrich, 1927 en la sexta hora

de escotofase, donde el llamado de las hembras es el paso inicial y fundamental para la cópula de las parejas. Babilis y Mazomenos (1992) sugieren que en especies que copulan una única vez (monoandría) la síntesis de la feromona y el llamado no es necesario después de haber ocurrido la cópula.

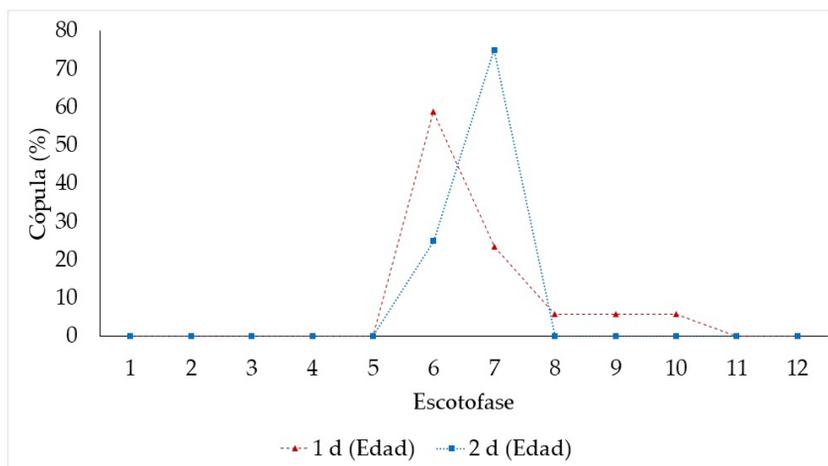


Figura 2. Horario de cópula de adultos de *Diatraea saccharalis* de uno y dos días de edad en condiciones de laboratorio. / Mating schedule of one- and two-day-old adult *Diatraea saccharalis* under laboratory conditions.

La duración de la cópula varió entre 30 y 120 minutos, el mayor porcentaje de parejas vírgenes de uno y dos días de edad copularon durante 60 minutos (Fig. 3). No se observaron diferencias significativas entre las dos edades para esta variable ($p = 0,5515$).

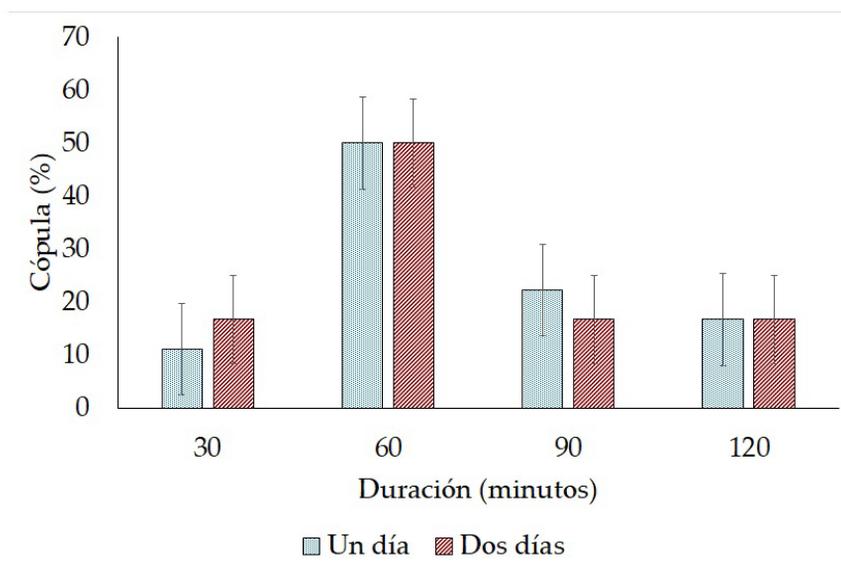


Figura 3. Duración de cópula de adultos de *Diatraea saccharalis* de uno y dos días de edad en condiciones de laboratorio. / Copulation duration of one and two days old *Diatraea saccharalis* adults under laboratory conditions.

Campos (1980) observó la frecuencia de cópula de *D. saccharalis* en campo y laboratorio con diferentes proporciones de machos y hembras, encontró que los machos observados en laboratorio solamente copularon una vez.

La cópula de hembras de *D. saccharalis* es similar a la de otras especies de piraloideos, como lo menciona Osorio-Osorio y Cibrián-Tovar (2000a) para *D. considerata* y por Unnithan y Paye (1991) para *Chilo partellus* (C. Swinhoe, 1885) quienes indican que las hembras tienen la capacidad de copular una sola vez.

Torres-Vila *et al.* (2004) señalan la poliandria en lepidópteros como la estrategia reproductiva más común, mientras que Torres-Vila y Jennions (2005) resaltan el gasto energético involucrado en el apareamiento y concluyen que los machos vírgenes tienen mayor desempeño reproductivo con respecto a machos que han copulado anteriormente. La monoandria reduce el riesgo de competencia espermática y permite un incremento en la eficacia reproductiva de los machos, disminuyendo el gasto en la eyacuación durante diferentes cópulas lo que genera mejor inversión de estos recursos en el espermatozoos y nutrientes para la cópula (Rincón y García 2007).

Conducta de pre-cortejo, cortejo y cópula

La conducta de pre-cortejo de parejas de *D. saccharalis* fue mediada por el acto principal de llamado, donde la hembra expone la glándula sexual liberando la feromona para atraer al macho. El 55% ($n = 17$) de las hembras flexionaron el abdomen durante el llamado, mientras el 45% no realizó este comportamiento. Durante el llamado las hembras mostraron una ligera apertura de las alas mientras realizaban un movimiento rítmico de las antenas. Fatzinger y Asher (1971) y Barrer y Hill (1977) reportan este comportamiento para otras especies de la familia Pyralidae como *Diorcyctria abietella* (Denis y Schiffermüller, 1775) y *Ephestia cautella* Guenée, 1845, indicando que es una conducta realizada por la hembra para facilitar el cortejo del macho.

En la Fig. 4, se muestra la secuencia de eventos ocurridos durante el pre-cortejo y cortejo. Los valores reportados son las probabilidades de ocurrencia entre los actos, donde la probabilidad de que ocurra un evento depende únicamente del evento inmediatamente anterior ($p < 0,0001$).

La conducta de activación del macho ocurrió luego de la liberación de la feromona por parte de la hembra y se caracterizó por un movimiento rítmico de alas y antenas. Posterior a la activación se observó un desplazamiento, el 40% ($n=12$) lo realizó caminando mientras el 60% lo realizaron por medio de vuelos dirigidos o aleatorios. El tiempo promedio empleado por los machos para ubicar a las hembras fue de 89 segundos (Fig. 5).

Una vez hecho el acercamiento, los machos realizaron contacto frontal, lateral o posterior. Como señal de aceptación la hembra se mantuvo inmóvil y no realizó la retracción de la glándula. Posterior a este comportamiento el macho se ubicó encima de la hembra manteniendo el movimiento rítmico de las antenas y realizando la exposición del aparato genital. Como respuesta, el 40% de las hembras flexionaron el abdomen, mientras el 60% restante se mantuvieron inmóviles. Phelan y Baker (1990) señalan que este acto es realizado por hembras de otras especies de piraloideos para facilitar el acople y la cópula, indicando que hembras que no realizan esta pose interrumpen el cortejo y no hay apareamiento, contrario a lo encontrado en este estudio donde todas las hembras incluso las que no realizaron la flexión del abdomen se unieron al macho para copular.

Luego del acople, el 80% de los machos realizó un giro de 180° sin desacoplarse y se mantuvieron en esta postura hasta finalizar la cópula, la cual tuvo una duración promedio de 120 minutos (Osorio-Osorio y Cibrián-Tovar 2000a) reportan una duración promedio de 74,5 minutos para la especie *D. considerata*.

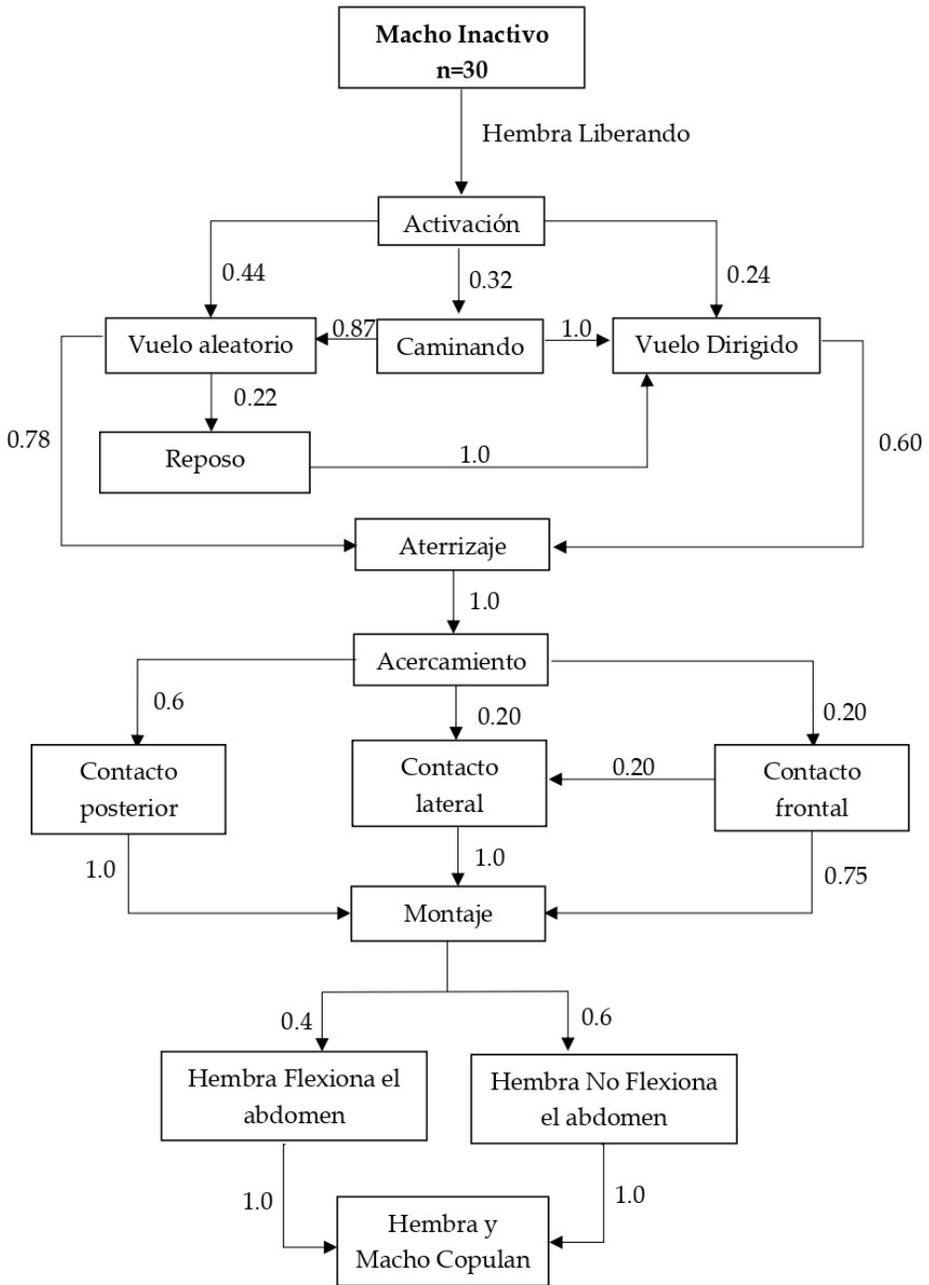


Figura 4. Secuencia de la conducta de pre-cortejo y cortejo de adultos de *Diatraea saccharalis* en laboratorio. Los valores indican la probabilidad de ocurrencia del siguiente acto. / Sequence of pre-courtship and courtship *Diatraea saccharalis* adults behavior in the laboratory. The values indicate the occurrence probability of the next act.

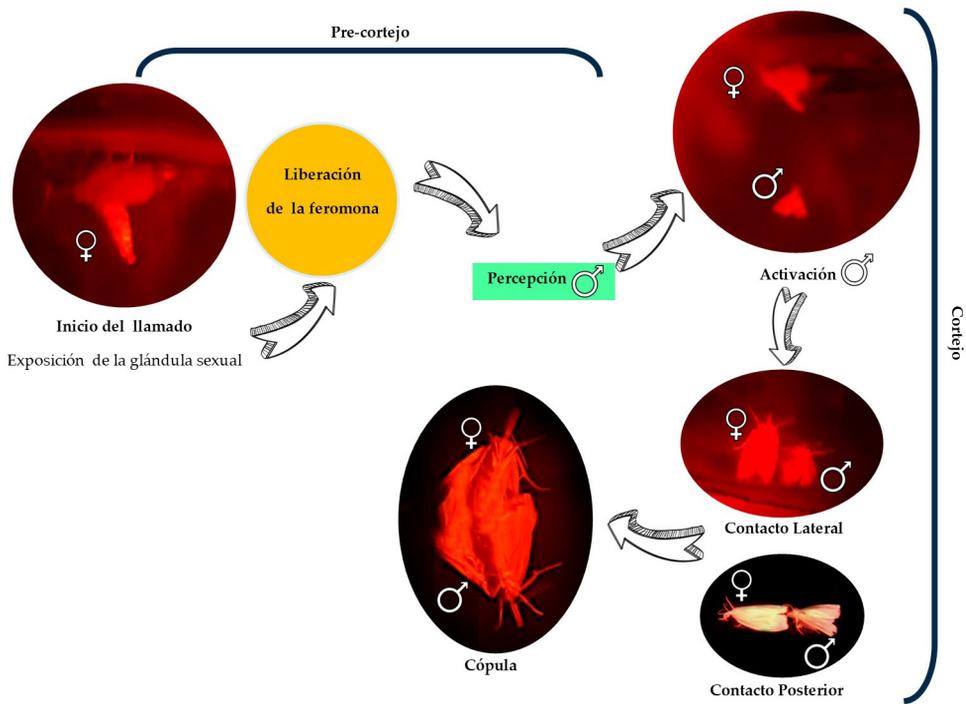


Figura 5. Pasos del comportamiento de, pre-cortejo, cortejo y cópula de *Diatraea saccharalis* en laboratorio. / *Diatraea saccharalis* pre-courtship, courtship and copulation behavior steps in laboratory.

Phelan y Baker (1990) señalan que los actos de activación y desplazamiento han sido reportados para otros piraloideos y los describen como una interacción donde el objetivo principal es generar un comportamiento en la hembra que permita aceptar el cortejo y alcanzar la cópula.

Los comportamientos descritos anteriormente han sido explicados por varios autores para otras especies de la familia Pyralidae con diferencias en las probabilidades de ocurrencia de los eventos. Barroso-Aké *et al.* (2016) y Osorio-Osorio y Cibrián-Tovar (2000b) identificaron, para adultos de *D. magnifactella* y *D. considerata* respectivamente, la activación del macho luego de la exposición de la glándula por parte de la hembra y la flexión del abdomen como pasos realizados por adultos en la fase de pre-cortejo.

Phelan y Baker (1990) clasifican este tipo de cortejo como pasivo, puesto que la hembra permanece inmóvil a la espera de la llegada del macho. Estos autores reportan 82% y 100% de cópulas exitosas para las especies de cortejo simple *Ectomyeloides ceratoniae* (Zeller, 1839) y *Anagasta kuehniella* Zeller, 1879, respectivamente, mientras que Osorio-Osorio y Cibrián-Tovar (2000b) observaron un 76% para *D. considerata*.

Los actos de pre-cortejo, cortejo y cópula se describen por primera vez para poblaciones colombianas del barrenador de la caña *D. saccharalis*. El estudio de estos comportamientos es de gran importancia para el diseño y aplicación de estrategias de manejo que incluyan el uso de feromonas sexuales para monitoreo o control.

Conclusiones

La mayor actividad de cópula de *D. saccharalis* fue observada en parejas de un día de edad, entre la sexta y séptima hora de escotofase. A partir de la exposición de la glándula y liberación de la feromona, se desencadenan las demás conductas para que ocurra la cópula.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Jesús Gómez, Xiomara Sarmiento y Pablo Osorio por su apoyo en el laboratorio. A los revisores anónimos del manuscrito. A la Corporación colombiana de investigación agropecuaria - Agrosavia y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR por la financiación del proyecto “Recomendaciones de manejo de *Diatraea* spp. por métodos biológicos y etológicos”.

Literatura Citada

- Babilis, N.A. y Mazomenos, B.E. (1992)** Pheromone production in *Sesamia nonagrioides*: diel periodicity and effect of age and mating. *Journal of Insect Physiology*, 38(8): 561-564.
- Barrer, P.M. y Hill, R.J. (1977)** Some relationships between the ‘calling’ posture and sexual receptivity in unmated females of the moth, *Ephestia cautella*. *Physiological Entomology*, 2(4): 255-260.
- Barreto-Triana, N., Insuasty, O., Sandoval-Cáceres, Y. y Romero, Y. (2018)** Evaluation of two commercial pheromones for male capture of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crops in Colombia. Resúmenes 5th Congress of the Latin American Association of Chemical Ecology (ALAEQ).
- Barroso-Aké, H.J., Cibrián-Tovar, J., Segura-León, O.L. y Azuara-Domínguez, A. (2016)** Pre-courtship behavior and the effect of age on its duration in *Diatraea magnifactella* (Lepidoptera: Crambidae). *Florida Entomologist*, 99(3): 352-354. <https://doi.org/10.1653/024.099.0302>
- Barrozo, R.B., Gadenne, C. y Anton, S. (2010)** Switching attraction to inhibition: mating-induced reversed role of sex pheromone in an insect. *Journal of Experimental Biology*, 213(17): 2933-2939.
- Campos, L. (1980)** Frequência de cópula de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1974) (Lepidoptera: Crambidae) em condições de campo e laboratório. *Agropecuaria Técnica*, 1: 8.
- Capinera, J.L. (2001)** Sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). Citeseer. IFAS Extension, University of Florida. 5 pp.
- Curkovic-S, T. y Munoz-M, J. (2011)** Caracterización del cortejo y cópula en *Callisphyris apicicornis*: herramienta para definir la viabilidad para desarrollar estrategias de manejo. *Agrociencia*, 45(4): 453-464.
- Fagen, R.M., Young, D.Y. y Colgan, P.W. (1978)** Quantitative ethology. Wiley, New York. 364 pp.
- Farrell, S.L. y Andow, D.A. (2017)** Highly variable male courtship behavioral sequences in a crambid moth. *Journal of Ethology*, 35(2): 221-236.
- Fatzinger, C.W. y Asher, W.C. (1971)** Mating behavior and evidence for a sex pheromone of *Dioryctria abietella* (Lepidoptera: Pyralidae (Phycitinae)). *Annals of the Entomological Society of America*, 64(3): 612-620.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Baptista, G.C. de, Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramim, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S. y Omoto, C. (2002)** *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ. 920 pp.
- Gómez Laverde, L.A. y Vargas Orozco, G.A. (2014)** Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. en el Valle del Cauca. En: *Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia*. Pp. 133.
- Groot, A.T. (2014)** Circadian rhythms of sexual activities in moths: a review. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2: 43.
- Kirkendall, L.R. (1983)** The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 77(4): 293-352.

- Oliveira, A., Ferreira, M., Fonseca, H. y Goulart, E. (2018) Synthesis of two components of the sex pheromone of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Resúmenes 5th Congress of the Latin American Association of Chemical Ecology (ALAEQ)*, 71.
- Osorio-Osorio, R. y Cibrián-Tovar, J. (2000a) Comportamiento reproductivo del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea considerata* Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae). *Agrociencia*, 34(5): 595-602.
- Osorio-Osorio, R. y Cibrián-Tovar, J. (2000b) Conducta de cortejo del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea considerata* Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae). *Agrociencia*, 34(5): 619-626.
- Palacio-Cortés, A.M., Fonseca, M.G. y Zarbin, P.H.G. (2014) Toward the identification of the sex pheromone of *Diatraea indigenella* Dyar & Heinrich (Lepidoptera: Crambidae): Calling behavior and chemical structure of a major component. *Neotropical Entomology*, 43(6): 526-531. <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0246-5>
- Palacio, A.M., Zarbin, P.H.G., Takiya, D.M., Bento, J.M.S., Guidolin, A.S. y Consoli, F.L. (2010) Geographic variation of sex pheromone and mitochondrial DNA in *Diatraea saccharalis* (Fab., 1794) (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Insect Physiology*, 56(11): 1624-1630. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.06.005>
- Phelan, P.L. y Baker, T.C. (1990) Comparative study of courtship in twelve phycitine moths (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Insect Behavior*, 3(3): 303-326.
- Pinto, A.D.S., Rodrigues, L.R. y Oliva, M.B. (2018) Uso de armadilhas de feromônio para a broca-da-cana, *Diatraea* spp., em canaviais. Piracicaba, Occasio, 24 pp.
- R Core Team (2017) R: a language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*. <https://www.R-project.org/>.
- Reyes, H., Arzuffi, R. y Robledo, N. (2015) Effects of male age and mating status on response to the female sex pheromone of *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 98(1): 47-51.
- Rincón, D.F. y García, J. (2007) Frecuencia de cópula de la polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 33(2): 133-140.
- Silva, M.R. da, Cortes, A.M.P., Svensson, G.P., Löfstedt, C., Lima, E.R. y Zarbin, P.H.G. (2021) Identification of two additional behaviorally active gland constituents of female *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 32: 225-230. <https://doi.org/https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200171>
- Soques, S., Vásquez, G.M., Grozinger, C.M. y Gould, F. (2010) Age and mating status do not affect transcript levels of odorant receptor genes in male antennae of *Heliothis virescens* and *Heliothis subflexa*. *Journal of Chemical Ecology*, 36(11): 1226-1233.
- Torres-Vila, L.M. y Jennions, M.D. (2005) Male mating history and female fecundity in the Lepidoptera: do male virgins make better partners? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 57(4): 318-326.
- Torres-Vila, L.M., Rodríguez-Molina, M.C. y Jennions, M.D. (2004) Polyandry and fecundity in the Lepidoptera: can methodological and conceptual approaches bias outcomes? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 55(4): 315-324.
- Unnithan, G.C. y Paye, S.O. (1991) Mating, longevity, fecundity, and egg fertility of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae): Effects of delayed or successive matings and their relevance to pheromonal control methods. *Environment Entomology*, 20(1): 150-155.
- Vargas, G., Echeverri-Rubiano, C. y Aya, V.M. (2021) Manejo integrado de las plagas de la caña de azúcar con énfasis en el control biológico. 1-54 pp.
- Zhang, Z.-C., Wang, M.-Q. y Zhang, G. (2009) Molecular cloning and expression of pheromone-binding protein1 from the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 133(2): 136145.