

Desarrollo del ciclo de vida y comparación de la fertilidad de *Estigmene albida* aislada del cultivo del higo (*Ficus carica*), bajo condiciones controladas de laboratorio

Life cycle development and comparison of the fertility of *Estigmene albida* isolated from fig crop (*Ficus carica*), under controlled laboratory conditions

Alexander Schmidt-Durán¹, Randall Chacón-Cerdas²

Fecha de recepción: 27 de setiembre, 2021

Fecha de aprobación: 16 de marzo, 2022

Schmidt-Durán, A., Chacón-Cerdas, R. Desarrollo del ciclo de vida y comparación de la fertilidad de *Estigmene albida* aislada del cultivo del higo (*Ficus carica*), bajo condiciones controladas de laboratorio. *Tecnología en Marcha*. Vol. 36, N° 1. Enero-Marzo, 2023. Pág. 117-129.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5884>

- 1 Centro de Investigación en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: aschmidt@itcr.ac.cr
 <https://orcid.org/0000-0002-1061-6840>
- 2 Centro de Investigación en Biotecnología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: rchacon@itcr.ac.cr
 <https://orcid.org/0000-0002-5364-4649>

Palabras clave

Estigmene albida; higo; ciclo de vida; fertilidad; *Carcelia* sp.

Resumen

Los lepidópteros son uno de los grupos de organismos más grandes que existen, conocidos comúnmente como mariposas o polillas, los cuales en su estado larval son considerados como las plagas más dañinas en la agricultura. Larvas de lepidópteros fueron colectados del cultivo del higo y trasladadas bajo condiciones ambientales controladas y alimentadas bajo una dieta artificial. Se realizó una identificación de las larvas colectadas, así como la determinación de su ciclo de vida. Además, se determinó la fertilidad y eclosión de los huevos que ovipositaban los adultos en parejas. Se identificó al lepidóptero como *Estigmene albida*, insecto perteneciente a la superfamilia Noctuidae, familia Erebidae, el cual cuenta con poca información reportada en la literatura. El ciclo de vida consistió en 57 días, desarrollando cinco estadios larvales con características similares a las reportadas para *E. acrea*, especie del mismo género y de mayor importancia como plaga agrícola. En promedio, las hembras que copularon y produjeron huevos viables pusieron 377,4 huevos por hembra, de los cuales se desarrollaron 222,4 larvas por hembra, siendo estos resultados menores a los reportados para *E. acrea*, pudiendo estas variables ser afectadas por la alimentación, la temperatura y la especie con la que se trabaja. Además, se logró colectar larvas de *E. albida* parasitadas por un taquínido identificado como *Carcelia* sp. En conclusión, este artículo brinda uno de los primeros reportes de *E. albida* atacando cultivos agrícolas y brinda información sobre su ciclo de vida y fertilidad. Además, es el primer reporte de este insecto atacando el cultivo del higo y de *Carcelia* sp. parasitando larvas de este lepidóptero.

Keywords

Estigmene albida; fig; life cycle; fertility; *Carcelia* sp.

Abstract

Lepidoptera is one of the largest groups of organisms, known commonly as butterflies or moths, which in their larval state, are considered the most harmful agricultural plagues. Lepidoptera larvae were collected from a fig crop, transferred under controlled environmental conditions, and fed an artificial diet. An identification of the larvae collected was performed, as well as the determination of their life cycle. Additionally, the fertility and egg hatching rate were determined from the eggs laid by the adults placed in couples. The lepidopteran species was identified as *Estigmene albida*, an insect from the Noctuidae superfamily, Erebidae family, and with very few information reported in the literature to date. The life cycle consisted of 57 days, developing 5 larval stages, with similar characteristics to those reported for *E. acrea*, a species from the same genus with more known importance as a crop plague. On average, the females that mated and laid viable eggs, placed 377.4 eggs, from which 222.4 per female developed larvae. These results were less than those reported for *E. acrea*; however, these variables could have been affected by the diet, the temperature and the species worked with. Also, it was possible to collect larvae from *E. albida* parasited with the tachinidae *Carcelia* sp. In conclusion, this study provides one of the first reports of *E. albida* affecting crops and provides information of their life cycle and fertility. It is also the first report of this insect affecting specifically a fig crop and of *Carcelia* sp. parasiting larvae of this lepidoptera.

Introducción

Los lepidópteros son uno de los grupos de organismos más grandes que existen, conocidos comúnmente como mariposas y polillas. Son importantes objeto de estudio debido a que muchas especies son plagas de importancia económica en la agricultura. Se estima que este orden posee aproximadamente 157 424 especies incluyendo 22 especies fósiles clasificadas en 45 superfamilias, 134 familias y 15 562 géneros, siendo el segundo grupo más diverso de animales que existen, después del Coleóptera [1] por lo que muchas de éstas todavía no han sido estudiadas. En Costa Rica habitan más de 12 000 especies diferentes de lepidópteros [2].

Los lepidópteros presentan una metamorfosis completa, con alas membranosas cubiertas de escamas [2]. La mayoría de los lepidópteros en su estado larval se alimentan de las plantas, mientras que en su estado adulto se alimentan del néctar de las flores, siendo muy importantes en los ecosistemas debido a su función como herbívoros, al ser uno de los grupos de plagas más dañinos en la agricultura; así también como polinizadores, debido a sus hábitos de alimentación en su estado adulto y como presa de otros insectos [3].

Noctuidae contiene alrededor de 42 400 especies y es la superfamilia más grande dentro de lepidóptera [4]. Se caracteriza porque sus ejemplares poseen hábitos nocturnos y son atraídos por la luz, la mayoría son polívoros y se alimentan de hojas, no obstante, algunas otras especies atacan órganos como los frutos o los tallos [5]. [6] determinó que más de 6000 especies de lepidóptera son de importancia económica como plagas de cultivos agrícolas, muchas de las cuales se ubican dentro de la superfamilia Noctuidae.

La familia Erebidae (anteriormente denominada Arctiidae) está dentro de la superfamilia Noctuidae, el cual incluye pocas especies plagas de cultivos, los cuales producen daños localizados y con una periodicidad baja. Las larvas de Erebidae son muy peludas, cilíndricas y gruesas; mientras que los adultos tienen un tamaño mediano a grande, con colores mayoritariamente negros o blancos con franjas de color o manchas, los cuales presentan un cuerpo de delgado a robusto y alas enteras donde las posteriores son notablemente más pequeñas que las anteriores [2].

Estigmene albida es un lepidóptero perteneciente a la familia Erebidae, el cual se encuentra distribuido en América. Posee un hábitat que se ubica principalmente en Estados Unidos, donde se encuentra en lugares como Idaho, Montana, Arizona, Nuevo México, el oeste de Dakota del Sur y el sureste de California, así como gran parte de México [7]. El Servicio de Información sobre Biodiversidad Global (GBIF, por sus siglas en inglés), localiza a este insecto principalmente en Estados Unidos, sin embargo, menciona a Costa Rica como el segundo país con más reportes de aparición [8]. Sin embargo, la información disponible para *E. albida* es escasa a nivel mundial.

Es por esta razón, que este estudio realizó una comparación de los resultados obtenidos de *E. albida* con la especie *Estigmene acrea*, uno de los ejemplares más importantes de esta familia y que pertenece al mismo género que el lepidóptero en estudio. Se han realizado varios reportes de *E. acrea* como insecto plaga de importancia económica atacando más de 60 especies de plantas diferentes [9], siendo los arvenses de hoja ancha los hospederos más comunes [10] como *Amaranthus* sp. y *Malva* sp. [11], sin embargo, esta plaga puede expandir su rango de acción y atacar a cultivos como el maíz, el algodón, la soya, la remolacha azucarera [10], el frijol, el tabaco y diferentes hortalizas [11].

El higo (*Ficus carica*) es un cultivo mediterráneo de importancia económica debido a su fruto y calidad nutricional. En Costa Rica el higo se cultiva principalmente en la zona Norte de Cartago [12], en donde hay reportes del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) atacando este cultivo [13], sin embargo, la mayoría de plagas de importancia en este cultivo no están

presentes en Costa Rica, e incluso, algunas de ellas, a nivel fitosanitario son catalogadas como plagas cuarentenarias para este cultivo, como la cochinilla rosada (*Maconellicoccus hirsutus*) y la cochinilla de la higuera (*Ceroplastes rusci*) [14], lo que demuestra que existe poca información referente a las plagas que pueden atacar a este cultivo en el trópico y en Costa Rica.

Este artículo brinda uno de los primeros reportes de *Estigmene albida* como insecto atacando cultivos agrícolas de interés comercial y el primer reporte de este insecto atacando el cultivo del higo (*Ficus carica*) en Costa Rica. Es por esta razón, que el objetivo de este estudio fue determinar el ciclo de vida y comparar la fertilidad de *Estigmene albida* bajo condiciones controladas de laboratorio aisladas en el cultivo del higo (*Ficus carica*), así como la identificación de un parasitoide asociado a éste, como potencial agente biocontrolador.

Materiales y Métodos

Colecta del material

Hojas con larvas de insectos fueron colectadas de una plantación de higo (*Ficus carica*) ubicada en el Campo Frutícola del Centro de Investigación en Biotecnología (CIB) ubicado en Cartago, en las coordenadas 09° 51' 09.1" (± 5) latitud norte y 083° 54' 25.4" (± 5) longitud oeste el cual se encuentra a 1405 msnm. Las hojas fueron transportadas al Laboratorio de Biocontrol del CIB perteneciente al Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cada larva presente en las hojas fue individualizada en contenedores de plástico con un volumen de 60 ml bajo condiciones ambientales controladas por medio de una cámara climática, con una temperatura de $24 \pm 0,1$ °C, una humedad relativa del $70 \pm 0,5$ % y un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad.

Descripción del ciclo de vida e identificación del lepidóptero

Cada larva individualizada fue alimentada mediante un segmento aproximado de 1 cm² con la dieta artificial BIO-MIX H-89 modificada [15] y bajo las condiciones ambientales controladas descritas anteriormente. Cada dos días el alimento fue reemplazado y los envases con las larvas fueron cambiados por envases nuevos con el fin de limpiar los excrementos generados, hasta completar su desarrollo larval.

Posteriormente, cuando las larvas se transformaron en pupas, éstas fueron trasladadas a envases nuevos bajo las mismas condiciones ambientales controladas, en ausencia de alimento hasta que el adulto emergiera. Diez individuos adultos fueron colocados en bolsas de papel de 4000 cm³ con el fin de favorecer la copulación de los mismos. A cada bolsa se le colocó una mota de algodón de aproximadamente 40 ml de volumen impregnado con una solución de agua y miel en una proporción 1:1, como reemplazo del néctar de las flores. El algodón fue reemplazado cada 4 días de las bolsas de papel.

A partir de las 48 h, las masas de huevos obtenidas en las bolsas de pared fueron recuperadas e individualizadas en recipientes de plástico de 60 ml, repitiendo esta actividad hasta la muerte de los adultos. Las masas de huevos se mantuvieron en los recipientes hasta su eclosión, momento en el cual se volvieron a individualizar, repitiendo el proceso de crianza de las larvas nuevamente.

Se determinó la duración de cada etapa de desarrollo para cada individuo, desde su fase de huevo hasta la adultez con el fin de establecer su ciclo de vida, detallando en los diferentes estadios larvales. Por último, cuando el ciclo de vida estaba establecido, los insectos adultos fueron identificados por el taxónomo especialista en lepidópteros Ing. José Joaquín Montero Ramírez. Todos los resultados obtenidos fueron comparados con datos reportados para *E. acraea*.

Determinación de la fertilidad y eclosión

Luego de completar el ciclo de vida, un adulto macho y una hembra fueron colocados en una bolsa de papel (4000 cm³) bajo las mismas condiciones ambientales controladas, repitiendo el procedimiento hasta obtener 44 parejas individualizadas. Se registraron las siguientes variables para cada pareja:

1. N inicial
2. Porcentaje de hembras que ovipositan
3. Promedio de días para primera oviposición/hembra
4. Promedio de huevos/hembra
5. Promedio de larvas/hembra
6. Porcentaje de Hembras con Posturas Viabiles (HPV):
 - Promedio de días para primera oviposición/HPV
 - Promedio de huevos/HPV
 - Promedio de larvas/HPV
 - Porcentaje promedio de viabilidad de huevos
 - Promedio de días para eclosión/HPV

Estas mismas variables se evaluaron en seis hembras individualizadas para estudiar la incidencia de partenogénesis en la especie. Además, se compararon algunas de las variables anteriores según tipo de reproducción (sexual y partenogénesis) mediante pruebas inferenciales, según los datos cumplieran con los supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad. La normalidad de los datos se evaluó mediante las pruebas de Anderson-Darling, Ryan-Joiner o Kolmogorov-Smirnov; mientras que la homocedasticidad se evaluó con la prueba de Levene. Todos los análisis se realizaron asumiendo un valor $\alpha = 0,050$ mediante el programa Minitab® [16].

Además, se aplicó la correlación lineal de Spearman para evaluar la relación de dependencia entre la cantidad de huevos por pareja, los días para la primera oviposición y la cantidad de larvas eclosionadas para las hembras en apareamiento que produjeron huevos. Posteriormente, se analizó la dependencia entre la cantidad de larvas y el tiempo de eclosión para los casos en que se registró eclosión producto de HPV. Todos los análisis se realizaron asumiendo un valor de $\alpha = 0,050$ mediante el programa Minitab® [16]. Todos los resultados obtenidos fueron comparados con datos reportados para *E. acrea*.

Aislamiento e identificación de parasitoide

De la colecta de insectos que se realizó desde el Campo Frutícola, tres larvas presentaron síntomas de parasitismo por otro insecto, debido a su baja movilidad, falta de alimentación e hinchazón. Las larvas fueron manipuladas de la misma forma que las demás, sin embargo, fueron colocadas en envases plásticos de 500 ml y monitoreadas diariamente. Al día siguiente de la muerte de las larvas, se observó la generación de un capullo alrededor de la misma el cual contenía de 3 a 4 pupas, esto ocurrió bajo las mismas condiciones ambientales controladas. Al emerger los adultos, estos fueron llevados para su identificación por el taxónomo especialista en dípteros Dr. Manuel Zumbado Arrieta.

Resultados y discusión

Descripción del ciclo de vida e identificación del lepidóptero

El lepidóptero fue identificado como *Estigmene albida*, una polilla de la superfamilia Noctuidae, familia Erebidae. El ciclo de vida de *E. albida* se estableció en 57 días totales bajo condiciones controladas de laboratorio (Figura 1). Para *E. acrea* se ha establecido que el ciclo de vida dura, en promedio, entre 35 a 42 días en condiciones ambientales [17], por lo que *E. albida* presenta un ciclo de vida 15 días mayor en condiciones controladas de laboratorio que el reportado para *E. acrea*, sin embargo, el mismo autor también reporta que en estado larval puede llegar a durar hasta 45 días, razón por la cual, se estima que el rango del ciclo de vida puede ser ampliado, dependiendo de las condiciones ambientales y del régimen de alimentación en el que se encuentren los insectos.

E. albida presentó huevos esféricos ovipositados en grupos que, en promedio, eran de 376 huevos por hembra, los cuales recién puestos eran de color amarillo, pero luego cambiaban a un color blanco-grisáceo, los cuales eclosionaban luego de 5 días. *E. acrea* presenta huevos esféricos que miden aproximadamente 0,6 mm, los cuales inicialmente son amarillos, pero luego cambian a un color grisáceo. Las hembras producen aproximadamente entre 400 a 1000 huevos, los cuales eclosionan después de 4 a 5 días [17]. En general, el tiempo de eclosión de los huevos en ambas especies es similar, sin embargo, bajo condiciones de laboratorio, el promedio de huevos puesto por cada hembra en *E. albida* es inferior al reportado para *E. acrea*, el cual puede deberse a las condiciones limitadas de espacio en las que se encuentran los adultos en las bolsas de papel o a diferencias propias de cada especie.

E. albida presentó 5 estadios larvales (figura 2). El primer estadio se caracterizó por larvas de color amarillo pálido, con pelos corporales finos de color negro. Al iniciar el segundo estadio larval, las larvas aumentaron la cantidad de pelos corporales y estos variaban de color marrón, café y negro, además presentaron una franja longitudinal de color amarillo o blanco. El tercer instar se caracterizó por un oscurecimiento de la larva y de los pelos corporales, evidenciándose todavía la franja longitudinal. Para el cuarto estadio larval, los pelos corporales son de color negro en la parte superior y marrón en la parte inferior, manteniendo este mismo patrón en el quinto estadio, solo que la larva es predominantemente negra y de mayor tamaño, durando 26 días en total en la fase larval. En general, en todos los estadios, la larva se alimentaba vorazmente del alimento artificial, aumentando su consumo conforme incrementaba de tamaño.

Las larvas de *E. acrea* presentan de 5 a 7 instares. Al emerger, las larvas miden aproximadamente 2 mm, son de color amarillo pálido hasta carmelita oscuro o marrón y son gregarias hasta alcanzar una longitud de 10 mm, además presentan largos pelos o setas. Al empezar el segundo instar, se observan franjas longitudinales generalmente de color marrón, castaño, amarillo y blanco; los pelos corporales se vuelven más negros, alcanzando una longitud de 15 mm, incrementan su movilidad y desarrollan mandíbulas fuertes. En el tercer instar, las larvas se oscurecen y alcanzan tamaños de hasta 30 mm. Esta apariencia se mantiene en el cuarto y quinto instar, alcanzando tamaños de hasta 45 y 55 mm respectivamente, aumentando su movilidad y voracidad. Se han dado reportes que el estado larval de *E. acrea* puede durar entre 20 hasta los 45 días [17] [18]. En general, los estadios larvales de *E. acrea* y *E. albida* son similares entre sí, tanto en su descripción como en la duración de la fase.

Al empezar la fase de pupa, *E. albida* formó un capullo de seda fino, los cuales se podían ubicar en la tapa o en la base de los envases plásticos, sin embargo, después de 8 días, el capullo se iba abriendo y quedaba únicamente la pupa desnuda, la cual es una pupa obtecta de color café oscuro, durando en total 16 días en esta fase. En cuanto a *E. acrea*, la pupa es de color marrón oscuro y se encuentran generalmente en el suelo en un capullo formado por pelos sedosos y los

pelos corporales de la larva. Esta etapa dura entre 12 a 14 días [17], alcanzando una longitud de 32 mm [18], por lo que se evidencia un aumento del tiempo que *E. albida* requiere en la fase pupal, la cual puede deberse a las condiciones ambientales controladas a las que estaba o por las características propias de esta especie. Además, el capullo formado por *E. albida*, al encontrarse en condiciones controladas tiende a desaparecer conforme avance la fase pupal, característica que no pasa en el ambiente para *E. acrea*.

Por último, los adultos de *E. albida* presentaron una coloración mayoritariamente blanca, con pocas manchas irregulares en las alas o en los bordes de ésta, presentando algunas una ausencia total de las mismas. Los machos eran más pequeños que las hembras y sus alas traseras eran de color ligeramente crema, característica no observada en las hembras. Los segmentos abdominales son de un color amarillo con manchas negras dorsalmente. Los adultos produjeron masas de huevos después de, en promedio, 48 h desde que se colocaban juntos, duración similar a lo reportado para *E. acrea*.

Los adultos de *E. acrea* son polillas que miden entre 3,5 a 4,5 cm de envergadura. Son predominantemente blancas con alas con pequeñas e irregulares manchas negras. Las alas traseras son amarillas en los machos y blancas en las hembras, presentando un dimorfismo sexual. Los segmentos abdominales son mayoritariamente amarillos y llevan una serie de manchas negras dorsalmente en los pleuritos y en los esternitos. Un día después de la emergencia del adulto ocurre la copulación, y luego de esta, 24 h después ocurre la deposición de huevos. Las hembras pueden vivir de 4 a 5 días y pueden poner más de un grupo de huevos [17] [18].

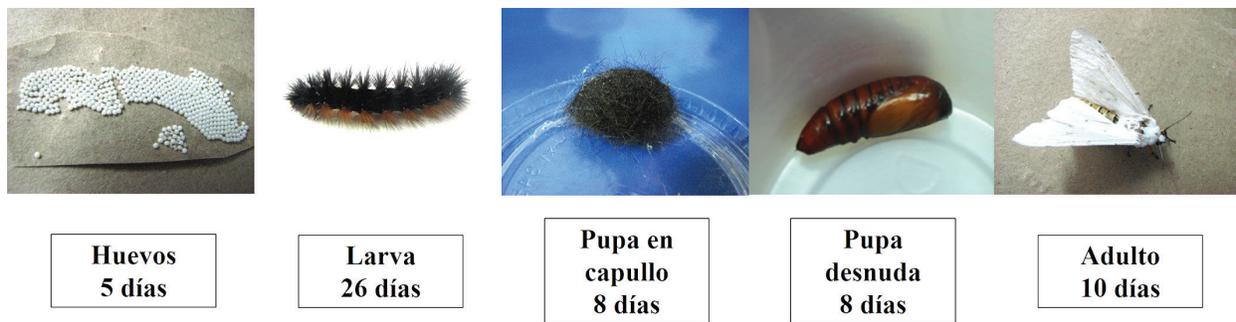


Figura 1. Ciclo de vida de *Estigmene albida* bajo condiciones ambientales controladas.

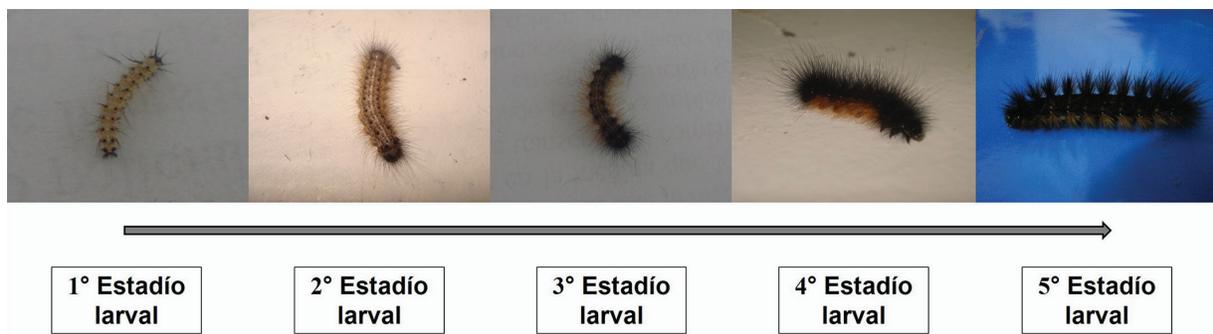


Figura 2. Estadios larvales de *Estigmene albida* bajo condiciones ambientales controladas.

Determinación de la fertilidad y eclosión

En el cuadro 1 se presenta el resumen de las variables en estudio relacionadas con la fertilidad y la eclosión en la especie *E. albida*.

Cuadro 1. Resumen de las variables asociadas con fertilidad y eclosión en *E. albida*.

Variable	Tipo de reproducción		Valor p
	Sexual	Partenogénesis	
1. n inicial = hembras en evaluación	44	6	---
2. % de hembras que ovipositaron	65,9 (29 de 44)	83,3 (5 de 6)	---
3. Promedio de días para primera oviposición/hembra	3,2 ± 2,1 2,0 (mediana)	4,6 ± 3,8 (5 mediana)	p>0,0501
4. Promedio de huevos/hembra	375,4 ± 129,4	324,2 ± 103,8	p>0,0502
5. Promedio de larvas/hembra	38,3 ± 109,0 0,0 (mediana)	0,0 0,0 (mediana)	p>0,0503
6. % de Hembras con Posturas Viables (HPV)	17,2 (5 de 29)	0,0 (0 de 6)	---
6.1 Promedio de días para primera oviposición/HPV	2,0 ± 0,0	---	---
6.2 Promedio de huevos/HPV	377,4 ± 100,2	---	---
6.3 Promedio de larvas/HPV	222,4 ± 179,0	---	---
6.4 % promedio de viabilidad de huevos	59,0	---	---
6.5 Promedio de días para eclosión/HPV	6,0 ± 2,2	---	---

¹ Prueba *t-student* para 2 muestras independientes (medias) y Prueba Mann Whitney U (medianas).

² Prueba *t-student* para 2 muestras independientes (medias).

³ Prueba *t-student* para una muestra (media) y Prueba de Wilcoxon de una muestra (mediana).

Las medianas se calcularon y analizaron para aquellas variables que no cumplieron algún supuesto estadístico.

A partir de los resultados del cuadro 1 se puede observar que las hembras partenogénicas ovipositaron en mayor proporción (83,5%) que las hembras del grupo de apareamiento (65,9%). Sin embargo, para el caso de las variables analizadas estadísticamente entre los dos tipos de reproducción: el promedio de días para la primera oviposición/hembra (variable 2), el promedio de huevos/hembra (variable 3) y el promedio de larvas/hembra (variable 4); no se encontraron diferencias significativas entre sus valores promedio ni entre las medianas, según la prueba correspondiente. Lo anterior muestra evidencia de que la cantidad de huevos y el tiempo promedio en que una hembra adulta de *E. albida* oviposita por primera vez, no dependen de la cópula previa en esta especie. Diferencias entre los dos tipos de reproducción analizadas en diversos invertebrados han señalado que la reproducción sexual predomina ante la escasez de recursos o cuando se requieren múltiples genotipos para la explotación más eficiente de los recursos; mientras que la reproducción sin fecundación se favorece cuando los recursos están más disponibles según las estaciones del año, generalmente cuando se requiere más cantidad de individuos de un solo genotipo para explotar recursos específicos [19].

Investigaciones realizadas en *Estigmene acrea* sobre los factores que influyen en la reproducción han determinado que el tipo de dieta tiene influencia directa sobre la cantidad de oviposición y el tiempo de postura, así como sobre la sobrevivencia de las hembras [20], las cuales ovipositan mayor cantidad de huevos de forma temprana cuando se alimentan de material vegetal en comparación con una dieta sin material fresco, y viven en promedio dos días

más (9 días). En esa investigación encontraron que la cantidad de huevos promedio por hembra se encontraba entre 548 para la reproducción sexual y 429 para la partenogénica, siendo estadísticamente mayor cuando se alimenta de material vegetal fresco, así como un tiempo para la primera oviposición que varía entre 3,30 y 4,66 días siguiendo esa misma relación. En nuestro caso, el pie de cría se alimentó con dieta formulada y el promedio registrado de 376 (sexual) - 325 (partenogénica) huevos por hembra y 3,2 (sexual) - 4,6 (partenogénica) días para la primera oviposición, resultados que se asemejan al reportado para *E. acrea*, a pesar de que en este estudio se utilizó una dieta modificada y no material fresco.

Por otro lado, el apareamiento demostró ser el tipo de reproducción efectiva para producir huevos viables que eclosionen en larvas, representado por un 17,2 % de hembras que lograron descendencia; mientras que ninguna hembra partenogénica produjo larvas. Según el modelo propuesto por [19], la reproducción sexual predomina en invertebrados cuando responde a estrategias de supervivencia que requieren múltiples genotipos para la explotación de recursos. Dentro de las primeras evidencias sobre la fertilidad de especies relacionadas, [21] demostraron que el porcentaje de huevos viables en la especie *E. acrea* es variable entre las diferentes generaciones, siendo un $48,0 \pm 14,0$ % para la F1, donde los factores como la dieta, la transferencia de adultos a nuevos criaderos y los pequeños periodos sin alimento pueden afectar la producción de huevos viables.

En otra investigación, también se asoció el éxito en la reproducción con la alimentación de los machos, los cuales mejoran la fertilidad cuando se alimentan de material vegetal fresco por la influencia de alcaloides pirrolizidínicos de las hojas sobre el desarrollo de la coremata [22]. La variación de la temperatura también tiene una influencia importante en la fertilidad de *E. acrea*, según la investigación realizada por [23], temperaturas de 25°C alcanzan un 66% de eclosión, sin embargo, al incrementarse la temperatura a 35-40°C y las horas de exposición, la variación de dicho porcentaje es considerable (74-0% de eclosión). También, la variación de la temperatura combinada con diferentes regímenes de humedad relativa (10-60%) provocan alteraciones en el porcentaje de eclosión de los huevos en *E. acrea*, ya que conforme las condiciones se vuelven estresantes se disminuye la eclosión exitosa [24]. Además, [25] describieron también la sensibilidad de *E. acrea* al incremento de la temperatura y cómo este factor afecta la cantidad y duración de los estadios. Sin embargo, nuestro experimento controló estos factores para evitar presión adicional sobre la eclosión de las larvas y encontramos que el porcentaje de eclosión de huevos viables es menor en *E. albida* comparado con lo reportado para *E. acrea*.

En cuanto al promedio de larvas por hembra (variable 5) registrado solo para la reproducción sexual, su valor alcanzó 38,3 individuos pero presentó una variación importante de $\pm 109,0$ individuos, lo cual provocó que no existiera diferencia significativa ($p > 0,050$) al comparar esta serie de datos con 0,0 de eclosión de larvas provenientes de hembras partenogénicas; sin embargo, esta condición de 0,0 % de huevos viables en las hembras partenogénicas se debe verificar con un estudio posterior utilizando mayor cantidad de individuos para definir la incidencia del fenómeno de partenogénesis en *E. albida*, ya que este dato no está actualmente disponible en investigaciones previas.

Las variables analizadas sobre las HPV sugieren un tiempo promedio de eclosión de $6,0 \pm 2,2$ días posterior a la postura. El 59 % de sus huevos fueron viables y produjeron 223 larvas en promedio por hembra en su primer ciclo de reproducción. No obstante, la desviación estándar calculada fue también alta para estas variables asociadas con la fertilidad.

Por otro lado, el análisis de Anderson Darling encontró que algunas series de datos para la matriz de correlaciones no presentaban distribución normal ($p < 0,050$) y se seleccionó entonces la prueba de Spearman para determinar la relación lineal entre las variables en estudio.

De las 44 parejas de insectos que se monitorearon se obtuvo postura de huevos en solo 29 de los casos (representa el 65,9 %). A partir del análisis de estas 29 parejas se encontró que existe correlación lineal significativa ($p < 0,050$) solo para las variables Larvas y Primera oviposición, donde eclosionan menor número de larvas conforme la oviposición de los huevos ocurra luego de los primeros dos días de la reunión de la pareja. El coeficiente ρ obtenido $-0,411$ indica la magnitud y la dirección de esta relación (figura 3a). Para las variables de Huevos y Primera oviposición los coeficientes obtenidos fueron positivos, sin embargo, no representaron una relación lineal significativa entre ellas (figura 3b y 3c). Se obtuvo también relación no significativa para Huevos y Larvas, en contraste con otras investigaciones en lepidópteros donde generalmente estas variables se han encontrado relacionadas [13].

De las 29 parejas que ovipositaron, solo en 5 de los casos se obtuvo eclosión de larvas (representa el 17,2 %). Estos datos se analizaron también para la correlación lineal de Spearman encontrando un coeficiente negativo, pero no significativo (figura 3d).

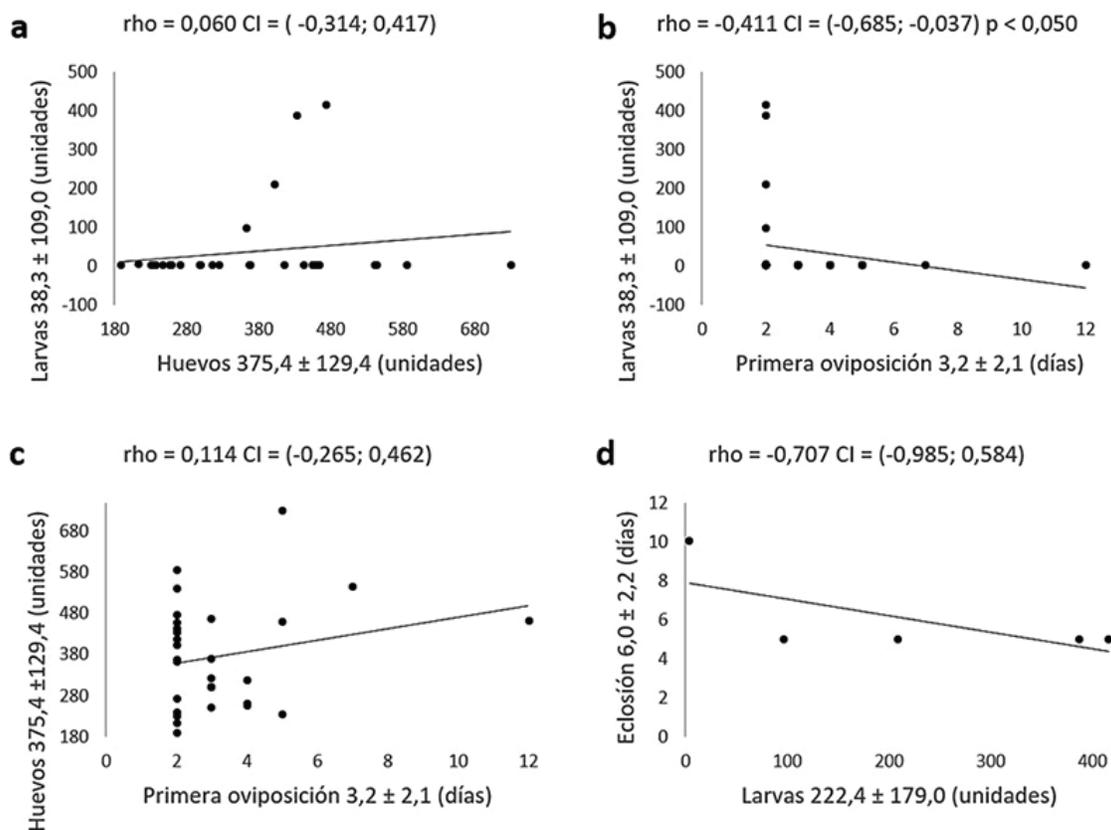


Figura 3. Matriz de correlación lineal de Spearman, Intervalo del 95 % de confianza para el coeficiente ρ y significancia de la prueba ($\alpha = 0,050$). Hembras en reproducción sexual. a, b, c. Relación para parejas que presentaron oviposición ($n=29$). d. Relación para larvas eclosionadas ($n=5$).

Aislamiento e identificación del parasitoide.

El control biológico viene a ser una alternativa para la reducción en el uso de productos químicos en los cultivos, la reducción de costos y el desarrollo de una agricultura más sostenible. Dentro del control biológico el uso de depredadores y parasitoides juega un papel importante, ya

que estos mantienen su acción reguladora en el tiempo, contrario a los productos químicos, evidenciando el gran potencial que tienen para controlar las principales plagas, enfermedades y arvenses que existen [26]. Los parasitoides son los organismos más utilizados en el control biológico [26], lo que evidencia que la búsqueda e identificación de nuevos microorganismos biocontroladores autóctonos o de ya existentes con nuevos hospederos es beneficioso y puede ser usado, en el futuro, como una fuente de control de una potencial plaga en los cultivos.

De las larvas colectadas inicialmente, tres presentaron indicios de parasitismo. Al dar el seguimiento de las mismas, en cada larva salieron de 3 a 4 pupas coarctadas de las cuales emergió un díptera (figura 4a). El adulto fue identificado como *Carcelia* sp. una mosca de la familia Tachinidae (figura 4b) [27]. Esta familia es de las más grandes de este orden, con aproximadamente 8 200 especies [27], los cuales son enemigos naturales importantes de plagas de insectos, especialmente de larvas de lepidópteros, por lo que son usados frecuentemente en el control biológico [28]. Se ha reportado que el taquínido *Carcelia reclinata* es un parasitoide polífago de *E. acraea* y otros lepidópteros defoliadores [28] [29]. Asimismo, [30] reportaron que el taquínido *Gymnocarcelia ricinorum* presenta un 35% de parasitismo natural contra *E. acraea* en el cultivo de la fresa.

Por otro lado, [31] reporta que todos los taquínidos son endoparasíticos, mayoritariamente de larvas de lepidópteros, los cuales poseen tres estadios larvales, atacan larvas o pupas, pueden ser solitarios o gregarios, dependiendo de la especie y que la fase pupal puede ocurrir tanto dentro como fuera del hospedador. Además, clasifica a los taquínidos, como koinobiontes conformadores, ya que, al parasitar al hospedero, este no muere, y más bien se beneficia que el hospedero se mantenga con vida, mostrando una integración fisiológica hospedante-parasitoide el cual requiere de las hormonas del hospedero para sincronizar su desarrollo. En este caso, *Carcelia* sp se comportó como un endoparasitoide, gregario, koinobionte, el cual forma su pupa dentro de un capullo afuera de la larva de *E. albida*.

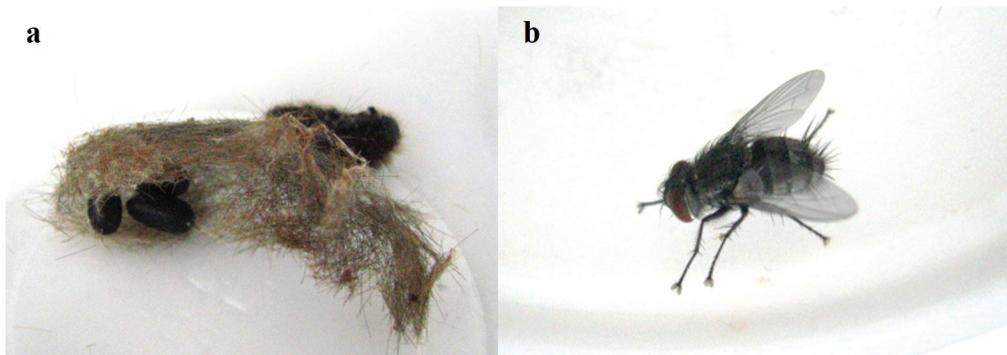


Figura 4. *Carcelia* sp. como parasitoide de *E. albida*. a- Pupas obtenidas de larvas parasitadas. b- Adulto

Conclusiones

Estigmene albida es un lepidóptero que pertenece a la familia Erebidae, superfamilia Noctuidae, el cual presenta muy poca información reportada en literatura. Se determinó que su ciclo de vida bajo condiciones ambientales controladas en laboratorio y bajo una dieta artificial fue de 57 días, reportando cinco estadios larvales muy similares a los que se reportan para *E. acraea*, pero presentando una fase pupal y de adultez con una duración mayor. Además, se logró determinar que, aunque las hembras partenogénicas ovipositaron en mayor proporción que las hembras

que copularon, ninguno de los huevos que produjeron fueron viables, caso contrario a las hembras sexuales, de las cuales el 17.2 % produjeron descendencia ovipositando en promedio 376 huevos por hembra, de los cuales el 59 % eclosionó en larvas viables. Además, se logró identificar a *Carcelia* sp. como un taquírido parasitoide para *E. albida*, el cual tiene potencial como posible agente biocontrolador para este lepidóptero.

Bibliografía

- [1] C. Pozo, B. Prado, y A. N. Castañeda-Sortibrán, "Updating Genomic Data of Lepidoptera en Short Views" en *Insect Genomics and Proteomics*, C. Raman, M. R. Goldsmith, y T. A. Agunbiade, eds, Springer International Publishing Switzerland, pp. 41-73, 2015.
- [2] M. A. Zumbado, y D. Azofeifa, "Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología," Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO), Heredia, Costa Rica, 204 pp, 2018.
- [3] R. Zahiri, J. D. Holloway, I. J. Kitching, J. D. Lafontaine, M. Mutanen, y N. Wahlberg, "Molecular phylogenetics of Erebiidae (Lepidoptera, Noctuoidea)," *Systematic Entomology*, vol. 37, pp. 102-124, 2012.
- [4] J. C. Regier, C. Mitter, K. Mitter, M. P. Cummings, A. L. Bazinet, W. Hallwachs, D. H. Janzen, y A. Zwick, "Further progress on the phylogeny of Noctuoidea (Insecta: Lepidoptera) using an expanded gene sample," *Systematic Entomology*, pp. 1-12, 2017.
- [5] D. Hill, "Economic Importance of Insects: Harmful Insects," Springer, Dordrecht, Holanda, pp. 77-244, 1997.
- [6] B. C. Zhang, "Index of Economically Important Lepidoptera," CAB International, Wallingford, Connecticut, 599 pp, 1994.
- [7] J. A. Powell, y P. A. Opler, "Moths of Western North America". ProQuest Ebook Central, 2009.
- [8] GBIF, "Global Biodiversity Information Facility: *Estigmene albida* Stretch, 1874," 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.gbif.org/species/1813413>. [Último acceso: 20 Setiembre 2021].
- [9] G.S. Robinson, P. R. Ackery, I. J. Kitching, G. W. Beccaloni, y L. M. Hernandez, "Host – a database of the hostplants of the World's Lepidoptera Hostplants," Natural History Museum, 2002. [En línea]. Disponible en: <https://www.nhm.ac.uk/our-science/data/hostplants/>. [Último acceso: 13 Setiembre 2021]
- [10] A. Del Mazo-Cancino, E. A. Malo, L. Cruz-Lopez, y J. C. Rojas, "Diel periodicity and influence of age and mating on female sex pheromone titre in *Estigmene acrea* (Lep., Arctiidae)," *Journal of Applied Entomology*, vol. 128, no. 6, pp. 459-463, 2004.
- [11] M. A. Martínez, y S. Ramírez, "Insectos presentes en *Morus alba* L. y *Moringa oleifera* Lamark," *Revista de Protección Vegetal*, vol. 29, no. 1, pp. 52-56, 2014.
- [12] D. Flores, R. Chacón, L. Moreira, F. Argüello, S. Barboza, R. Orozco, H. Villalobos, F. Albertazzi, M. Montero, A. M. Pérez, J. Rosales, A. C. Segreda, V. Jiménez, R. Buro, y W. Villalobos, "El cultivo del higo (*Ficus carica*) en Costa Rica," Editorial Universidad Estatal a Distancia, 138 pp, 2011.
- [13] A. Schmidt-Durán, V. Villalba-Velásquez, R. Chacón-Cerdas, K. Martínez, D. Flores-Mora, "Larval stage prediction model of *Spodoptera frugiperda* collected in fig (*Ficus carica*) and discovery of *Apanteles* sp. as its parasitoid," *Tecnología en Marcha*, vol. 28, no. 1, pp. 47-58, 2014.
- [14] F. Mora, y M. Valerín, "Catálogo de plagas Cuarentenarias de Costa Rica," Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2013 [En línea]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-7919.pdf> [Último acceso 20 Setiembre 2021].
- [15] Navarro R, Doreste E (1982) Desarrollo de *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) sobre dietas natural y artificial. *Agronomía Tropical* 32 (1-6): 69-79.
- [16] Minitab Inc, Versión 19, Estados Unidos, 2019.
- [17] J. Capinera, "*Estigmene acrea* (Drury) (Insecta: Lepidoptera: Erebiidae: Arctiinae)," Universidad de Florida, 2016 [En línea]. Disponible en: https://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/saltmarsh_caterpillar.htm. [Último acceso: 27 Setiembre 2021]
- [18] A. Borges, y L. Marrero, "Clave ilustrada de *Estigmene acrea* (Lepidoptera: Arctiidae): notas de su etología en el cultivo de la soya (*Glycine max*)," *Fitosanidad*, vol. 16, no. 3, pp. 125-127, 2012.
- [19] S. Scheu, y B. Drossel, "Sexual reproduction prevails in a world of structured resources in short supply," *Proc. R. Soc. B*, vol. 274, pp. 1225-1231, 2007.

- [20] F. Castrejón, A. Virgen, y J. C. Rojas, "Oviposition of the Saltmarsh Caterpillar Moth (Lepidoptera: Arctiidae) is Influenced by the Presence of Host Plant and Time of Day," *Southwestern Entomologist*, vol. 37, no. 2, pp.103-113, 2012.
- [21] P. V. Vail, T. J. Henneberry, y R. Pengalden, "An Artificial Diet for Rearing the Salt Marsh Caterpillar, *Estigmene acrea* (Lepidoptera: Arctiidae), with Notes on the Biology of the Species," *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 60, no. 1, pp. 134-138, 1967.
- [22] A. T. Jordan, T. H. Jones, y W.E. Conner, "Morphogenetic Effects of Alkaloidal Metabolites on the Development of the Coremata in the Salt Marsh Moth, *Estigmene acrea* (Dru.) (Lepidoptera: Arctiidae)," *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, vol. 66, pp.183-189, 2007.
- [23] R. E. Fye, y H. K. Poole, "Effect of High Temperatures on Fecundity and Fertility of Six Lepidopterous Pests of Cotton in Arizona," *Production Research Report*, no. 131, pp. 1-8, 1971.
- [24] R. E. Fye, R. E y R. E. Surber, "Effects of Several Temperature and Humidity Regimens on Eggs of Six Species of Lepidopterous Pests of Cotton in Arizona," *Journal of Economic Entomology*, vol. 64, no. 5, pp. 1138-1142, 1971.
- [25] R. E. Fye y W. C. McAda, "Laboratory Studies on the Development, Longevity, and Fecundity of Six Lepidopterous Pests of Cotton in Arizona," *Technical Bulletin*, no. 1454, pp. 48-57, 1972.
- [26] C. R. Ballal, y A. Verghese, "Role of Parasitoids and Predators in the Management of Insect Pests" en *New Horizons in Insect Science: Towards Sustainable Pest Management*, A. K. Chakravarthy, ed, Springer India, pp. 307-326, 2015.
- [27] C. C. Trejo, "Biología de *Carcelia reclinata* Robineau Desvoidy (Diptera: Tachinidae) en condiciones de laboratorio," *Agro Productividad*, vol. 3, no. 2, 2010.
- [28] H. P. Tschorsnig, E. Seris, A. Cobo, G. Cobos, S. Pascual, J. Amador, y M. G. Núñez, "Tachinidae (Diptera) collected in traps used for mass-trapping of *Bactrocera oleae* (Rossi)(Diptera: Tephritidae) in olive groves in Central Spain," *Spanish Journal of Agricultural Research*, no. 4, pp. 1298-1306, 2011.
- [29] Fuentes, R. Dípteros parásitos de larvas de lepidópteros en algunos municipios del Valle del Cauca. *Acta agronómica*, vol. 23, no 1-2, pp. 7-50, 1973.
- [30] A. D. Sánchez-Arias, B. F. Monroy-Alcántara, S. Ordaz-Silva, I. V. López-Sánchez, J. L. Delgadillo-Ángeles, y J. G. Pedro-Méndez J. G. "Parasitismo natural de *Estigmene acrea* (Drury) (Lepidóptera: Arctiidae) por *Gymnocarcelia ricinorum* Townsend, (Diptera: Tachinidae) en el cultivo de la fresa," *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología*, Número especial 4, pp. 33-36, 2017.
- [31] M. L. Dindo, "Tachinid parasitoids: are they to be considered as koinobionts?," *BioControl*, vol. 56, 249-255, 2011.