



# UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y  
TECNOLÓGICAS

POSGRADO EN BIOCENCIAS

---

**BIOLOGÍA DE *Diceroprocta semicineta*  
(HEMIPTERA: CICADIDAE) EN CULTIVO  
DE ESPÁRRAGO.**

**TESIS**

que para obtener el grado de:

**MAESTRO EN BIOCENCIAS**

presenta:

**JESÚS ARMANDO DOJAQUE GUILLÉN**

Hermosillo, Sonora, México

Diciembre de 2021

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

BIOLOGÍA DE *Diceroprocta semicineta* (HEMIPTERA: CICADIDAE)  
EN CULTIVO DE ESPÁRRAGO

TESIS

que para obtener el grado de:

MAESTRO EN BIOCENCIAS

presenta:

JESÚS ARMANDO DOJAQUE GUILLÉN

Hermosillo, Sonora, México

Diciembre del 2021

## APROBACIÓN

Los miembros del Comité designado para revisar la tesis intitulada Biología de *Diceroprocta semicincta* (Hemiptera:Cicadidae) en cultivo de espárrago presentada por Jesús Armando Dojaque Guillén, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Biociencias.



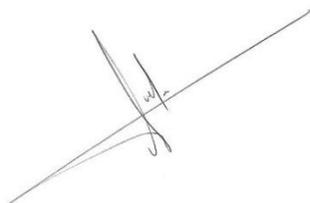
---

Dr. Alf Enrique Meling López  
Director



---

Dr. Julio César Rodríguez  
Co-director



---

Dr. Luis Enrique Gutiérrez Millán  
Secretario



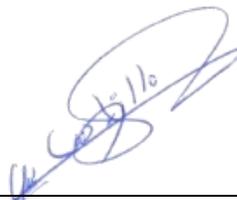
---

Dra. María Cristina Peñalba Garmendia  
Sinodal interno



---

Dra. María Eugenia Rentería Martínez  
Sinodal interno



---

M.C. Agustín Fu Castillo  
Sinodal externo

## **DEDICATORIA**

A mi papá y mamá, hermanos, y a Lucy y Frank.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID) por el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto.

Agradezco a mi *alma mater* la Universidad de Sonora por la facilitación de las instalaciones y por ofrecer educación de calidad por medio de los grandes profesores que en ella radican.

Al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas y al Posgrado en Biociencias por ofrecer este programa.

A las personas encargadas del campo de cultivo El Cachanilla por su apoyo y amabilidad al momento de realizar el proyecto, en especial al Ing. Raymundo Miranda.

A mi Director Julio César Rodríguez por haberme apoyado en todo momento, sobre todo en las salidas de campo, por ser paciente, buen profesor y siempre buscar lo mejor para los alumnos.

A mi Director Alf Meling, que aunque me sacó canas verdes, siempre hizo lo posible por que el proyecto se dirigiera por buen camino y que todo saliera bien, dando siempre sus mejores consejos.

A mi sinodal y profesora María Eugenia Rentería por haberme apoyado en los laboratorios y haber cargado conmigo al DAG en muchas ocasiones, por ser una maestra muy amable y con muchas ganas de que aprendiera lo mejor posible.

A mis sinodales Cristina Peñalba, Enrique Gutiérrez Millán, Agustín Fu por las recomendaciones y apoyo para el mejoramiento de este trabajo.

A mi amigo el Ing. Martín Chávez Valenzuela por haberme acompañado a Caborca todas las salidas de campo y por haber hecho ameno y divertido cada muestreo que realizamos.

A mis amigos Laura, Héctor, Lupita, Michel por apoyarme y sacar lo mejor de mí durante este proceso.

## RESUMEN

Los Cicadidae, conocidos comúnmente como chicharras, se caracterizan porque sus etapas ninfales se encuentran enterradas en el suelo y se alimentan de xilema de las raíces de sus hospederos. En Caborca, Sonora, la especie *Diceroprocta semicincta* es la plaga potencial del cultivo de espárrago. Actualmente existe muy poca información sobre esta especie, motivo por el cual se estudiaron sus características en las plantas de espárrago: sobrevivencia de huevos y ninfas en condiciones de vivero, distribución vertical, densidad poblacional y número de etapas ninfales, y la fenología de emergencia de los adultos en el campo de cultivo. Los resultados muestran que la eclosión de los huevos comenzó alrededor de los 28 días posteriores a la oviposición y se prolongó durante 28 días, con un porcentaje de eclosión del 35.32% y con un promedio de ninfas nacidas al día de 16.6 ninfas día<sup>-1</sup>. Además, la sobrevivencia de las ninfas después de nueve meses fue del 1%, siguiendo el patrón esperado para Cicadidae. La emergencia de los adultos duró alrededor de 60 días con una proporción sexual 50:50, con la presencia de un patrón protándrico. Se observó una densidad poblacional de 3.11 ninfas m<sup>-2</sup>. Los organismos pueden encontrarse de los 21 a los 50 cm de profundidad, pero la mayoría se encuentran entre los 31 y 40 cm, lo cual puede estar determinado por el mayor número de raíces encontradas en esta zona. Aunque se encontraron cuatro etapas ninfales, la aplicación de la regla de Dyar confirmó la presencia de una etapa la cual fue pasada por alto, dando por hecho que la especie cuenta con cinco etapas de desarrollo ninfal. Determinar estas características establecen las bases para poder aplicar medidas de manejo integrado más efectivas en el campo de espárrago.

## **ABSTRACT**

Cicadidae, commonly known as cicadas, are characterized by nymphal stages that are buried in the ground and feed on the xylem of the roots of their hosts. In Caborca, Sonora, *Diceroprocta semicincta* is the potential pest of the asparagus crop.. Currently there is very little information on this species, reason for which its characteristics were studied in asparagus plants: survival of eggs and nymphs under nursery conditions, vertical distribution, population density and number of nymphal stages, and the emergence phenology of adults in the crop field. The results show that the hatching of the eggs began around 28 days after oviposition and lasted for 28 days, with a hatching percentage of 35.32% and an average number of nymphs hatched per day of 16.6 nymphs day<sup>-1</sup>. Furthermore, nymph survival after nine months was 1%, following the expected pattern for Cicadidae. The emergence of adults lasted about 60 days with a 50:50 sex ratio, with the presence of a protandric pattern. A population density of 3.11 nymphs m<sup>-2</sup> was observed. The organisms can be found from 21 to 50 cm deep, but most lay between 31 and 40 cm, which can be determined by the greater number of roots found in this area. Although four nymphal stages were found, the application of Dyar's rule confirmed the presence of a stage which was overlooked, assuming that the species has five stages of nymphal development. Determining these characteristics sets forth the basis to apply more effective integrated management measures in the asparagus field.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
APROBACIÓN .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
I. ANTECEDENTES.....	3
1.1 Familia Cicadidae .....	3
1.2 <i>Diceroprocta semicincta</i> (Davis, 1925).....	3
1.3 <i>Asparagus officinalis</i> Linneo .....	5
1.4 Importancia económica del espárrago .....	6
1.5 Daños causados por <i>D. semicincta</i> en el cultivo de espárrago .....	7
1.7 Desarrollo ninfal y crianza de chicharras.....	8
1.8 Fenología de emergencia de adultos .....	9
1.9 Distribución vertical y densidad poblacional de distintas especies de chicharras .....	10
1.10 Etapas ninfales de las chicharras.....	10
1.11 Identificación molecular de insectos.....	12
II. HIPÓTESIS CIENTÍFICA .....	13
III. OBJETIVOS .....	14
3.1 Objetivo general.....	14
3.2 Objetivos específicos .....	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	15
4.1 Descripción del área de estudio .....	15
4.2 Identificación molecular de <i>D. semicincta</i> .....	16
4.2.1 Muestreo.....	16
4.2.2 Extracción de ADN .....	16

4.2.3 Amplificación de ADN por reacción en cadena de la polimerasa (PCR) .....	17
4.2.4 Secuenciación.....	17
4.2.5 Análisis filogenético.....	18
4.3 Determinación de la sobrevivencia de huevecillos y ninfas de <i>D. semicineta</i> .....	18
4.4 Determinación de la fenología de emergencia de adultos de <i>D. semicineta</i> en el campo de cultivo de espárrago .....	19
4.5 Determinación de la distribución vertical y densidad poblacional de <i>D. semicineta</i> en el suelo de cultivo del espárrago.....	20
4.6 Identificación de las etapas de crecimiento de las ninfas de <i>D. semicineta</i> en el suelo del cultivo de espárrago y en condiciones de vivero .....	22
4.7 Análisis estadístico .....	23
V. RESULTADOS .....	24
5.1 Identificación molecular de <i>D. semicineta</i> .....	24
5.2 Sobrevivencia de huevecillos y ninfas de <i>D. semicineta</i> .....	24
5.3 Fenología de emergencia de adultos y proporción sexual .....	29
5.4 Distribución vertical y densidad poblacional.....	31
5.5 Etapas de crecimiento de <i>D. semicineta</i> .....	33
VI. DISCUSIÓN.....	37
6.1 Sobrevivencia de huevecillos y ninfas de <i>D. semicineta</i> .....	37
6.2 Fenología de emergencia y proporción sexual .....	39
6.3 Distribución vertical y densidad poblacional.....	41
6.4 Etapas de crecimiento de <i>D. semicineta</i> .....	43
VII. CONCLUSIÓN.....	44
VIII. RECOMENDACIONES .....	45
IX. LITERATURA CITADA.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Plano longitudinal de <i>Diceroprocta semicineta</i> (Vitanza, 2016). .....	5
<b>Figura 2.</b> Estructuras morfológicas de <i>Asparagus officinalis</i> . .....	6
<b>Figura 3.</b> Exuvia de individuo femenino de <i>Diceroprocta semicineta</i> . .....	19
<b>Figura 4.</b> Exuvia de individuo macho de <i>Diceroprocta semicineta</i> . .....	20
<b>Figura 5.</b> Perfil del suelo en el cultivo de espárrago. ....	21
<b>Figura 6.</b> Medición del ancho de la cápsula cefálica de ninfa de <i>Diceroprocta semicineta</i> . ..	22
<b>Figura 7.</b> Eclosión de huevecillos de <i>Diceroprocta semicineta</i> colectados en el municipio de Caborca, Sonora, México. ....	25
<b>Figura 8.</b> Eclosión de huevecillo de <i>Diceroprocta semicineta</i> y relación con la temperatura. ....	26
<b>Figura 9.</b> Eclosión de huevecillos de <i>Diceroprocta semicineta</i> según la fecha de colecta en el municipio de Caborca, Sonora, México. ....	27
<b>Figura 10.</b> Variaciones de la temperatura y la humedad en el suelo del vivero a diferentes profundidades (15 y 40 cm). .....	28
<b>Figura 11.</b> Fenología de emergencia de <i>Diceroprocta semicineta</i> en espárrago en el municipio de Caborca, Sonora, México. ....	30
<b>Figura 12.</b> Relación de la fenología de emergencia de adultos de <i>Diceroprocta semicineta</i> con la temperatura y humedad del suelo a distintas profundidades y el índice de área foliar (LAI). ....	31
<b>Figura 13.</b> Variaciones en la temperatura y la humedad del suelo a diferentes profundidades (30 y 60 cm). .....	33
<b>Figura 14.</b> Relación entre la media del ancho de la cápsula cefálica y las etapas ninfales. ....	34
<b>Figura 15.</b> Regresión entre el logaritmo natural de la media del ancho de la cápsula cefálica y la etapa ninfal. ....	35
<b>Figura 16.</b> Ciclo de <i>Diceroprocta semicineta</i> en espárrago. ....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Capa del suelo preferida por las ninfas de <i>Diceroprocta semicineta</i> . ....	32
<b>Tabla 2.</b>	Medias y rangos de tamaño de la cápsula cefálica de las etapas ninfales de <i>Diceroprocta semicineta</i> . ....	34
<b>Tabla 3.</b>	Tiempo requerido para el comienzo del periodo de eclosión de huevecillos de algunas especies de la familia Cicadidae. ....	38

## INTRODUCCIÓN

Las chicharras tienen un papel muy importante en el ecosistema debido a que se alimentan de un elevado número de especies de plantas y porque sirven como alimento para una gran variedad de consumidores secundarios (Karban, 1980; Patterson *et al.*, 1997; Whiles *et al.*, 2001). Este grupo se caracteriza por presentar etapas inmaduras que viven enterradas en el suelo donde pasan la mayor parte de su vida y se alimentan del xilema de la raíz (White y Strehl, 1978; Lloyd y White, 1987) y por presentar una etapa de adulto que se distingue por ser de vida aérea y sobrevivir alrededor de 3 a 6 semanas alimentándose del xilema de los tallos (Logan, 2006; Clay *et al.*, 2009; Maccagnan y Martinelli, 2011; Logan *et al.*, 2014). Asimismo, la estancia y alimentación prolongada de las ninfas en el suelo disminuyen la calidad y cantidad de nutrientes que son producidos por las plantas, tanto en vegetación nativa como en cultivos agrícolas (Clay *et al.*, 2009).

Es de suma importancia investigar a las especies de la familia Cicadidae debido a que algunos organismos de este grupo han sido catalogados como plaga de diferentes cultivos agrícolas alrededor del mundo (por ejemplo: manzana, caña de azúcar, kiwi y café) (Hayashi, 1976; Ito y Nagamine, 1981; Maccagnan y Martinelli, 2011; Dardar *et al.*, 2012; Logan *et al.*, 2014). A pesar del interés que han tomado estos organismos en los cultivos agrícolas, se han hecho pocos estudios para reconocer su morfología, ecología y biología, esto debido a la prolongada etapa de vida subterránea (Patterson *et al.* 1997; Hou *et al.*, 2015).

La chicharra *Diceroprocta semicineta* es una especie de la familia Cicadidae nativa del Desierto de Sonora, la cual se encuentra asociada a las plantas de esta región (Sanborn y Phillips, 2013). Este organismo ha tomado importancia en los últimos años en la región de Caborca, Sonora, debido a que disminuye la producción y reduce el tiempo de vida útil de los cultivos de espárrago (Navarro y López, 2002).

La razón por la cual se puede encontrar a esta especie alimentándose del espárrago es la abundancia de alimento que este cultivo representa para el organismo (Porter, 1938). Por lo tanto, debido a que se clasifica a *D. semicineta* como plaga del cultivo de espárrago, es importante reconocer su biología y comportamiento dentro del mismo, con la finalidad de implementar métodos de manejo dentro de las fechas más adecuadas.

Ya que se conoce muy poco sobre la biología de *D. semicineta* en los campos de cultivo de espárrago, en este trabajo se pretende investigar cómo se comporta esta especie a lo largo de un año en un campo de cultivo en el Municipio de Caborca, Sonora, y bajo condiciones de vivero en Hermosillo, Sonora. Para llevar a cabo lo anterior, se determinaron la sobrevivencia de huevecillos y ninfas, la distribución vertical, densidad poblacional y número etapas de las ninfas, y la fenología de emergencia de los adultos.

## **I. ANTECEDENTES**

### **1.1 Familia Cicadidae**

Los insectos de la familia Cicadidae (Orden Hemiptera) son reconocidos por poseer alas transparentes de tipo membranoso, las cuales se repliegan sobre el cuerpo cuando se encuentran en reposo. La cabeza presenta una forma alargada transversal al cuerpo y el aparato bucal es del tipo suctopizador en posición opistognata (Maes *et al.*, 2012).

Estos organismos son hemimetábolos presentando un cambio gradual y no tan marcado en la morfología corporal con cada muda, además de caracterizarse por la ausencia de una fase pupal. A esta serie de cambios paulatinos se le conoce como metamorfosis incompleta. A cada estadio corporal se le conoce como ninfa y se caracterizan por presentar ojos compuestos y patas homólogas a las de la etapa adulta (Gullan y Cranston, 2010).

Una de las características principales de las chicharras es la presencia de una etapa ninfal subterránea. Durante esta etapa, los organismos viven en unas estructuras creadas por ellos mismos llamadas celdas de alimentación (Lloyd y White, 1987). Dicho estadio inmaduro puede durar de 2 a 17 años según la especie, saliendo a la superficie para la última muda después de la cual se convierte en adulto (Karban, 1984; Maccagnan y Martinelli, 2011; Karban *et al.*, 2000). Las ninfas se alimentan exclusivamente de los fluidos que transporta el xilema de las raíces de sus hospederos (White y Strehl, 1978). Pueden llegar a causar la muerte de los brotes e incluso abren paso a la colonización de hongos patógenos a las plantas de las cuales se alimentan. Por otro lado, los adultos se alimentan del xilema de las ramas y suelen ovipositar en los tallos de las plantas a las que se encuentran asociados (Williams y Simon, 1995; Maccagnan y Martinelli, 2011; Hou *et al.*, 2015).

### **1.2 *Diceroprocta semicincta* (Davis, 1925)**

La especie *D. semicincta* se encuentra restringida a la zona del Desierto Sonorense. Normalmente se asocia a las siguientes especies vegetales: *Prosopis* spp., *Acacia greggii*, *Larrea tridentata* y *Fouquieria splendens*. Además de esta especie, se ha reportado la presencia en el estado de Sonora de otras chicharras, como: *Cacama moorei*, *D. apache*, *D. knighti*, *Tibicens cultriformis* y *Okanagodes gracilis gracilis* (Sanborn y Phillips, 2013).

*D. semicineta* oviposita sobre el tercio superior de las ramas. El número de huevos por ovipostura es variable, llegando hasta los 50 huevos en algunas ocasiones. Los huevos eclosionan a los 45 días, a finales de primavera o principios del verano. Estos se caracterizan por medir alrededor de 1 milímetro de longitud y ser de forma alargada; el color varía con el tiempo siendo blanco brillante, pasando por el rosa y al final tornándose amarillo transparente (Junta Local de Sanidad Vegetal, 2017).

La ninfa de primer estadio cae al suelo, y se va abajo del nivel del suelo, buscando raíces de la planta. Estas ninfas miden 1 milímetro de longitud y tienen un característico color blanco cremoso. El primer par de patas se distingue por ser robusto y fuerte, dichas patas sirven para excavar y enterrarse rápidamente en el suelo. Aquí, las ninfas se alimentan continuamente y se mueven aproximadamente hasta los 90 centímetros de profundidad. En el transcurso de 4 años, se presentan 4 mudas, todas ellas con el color cremoso característico, hasta que llega el momento de convertirse en un adulto reproductor (Junta Local de Sanidad Vegetal, 2017).

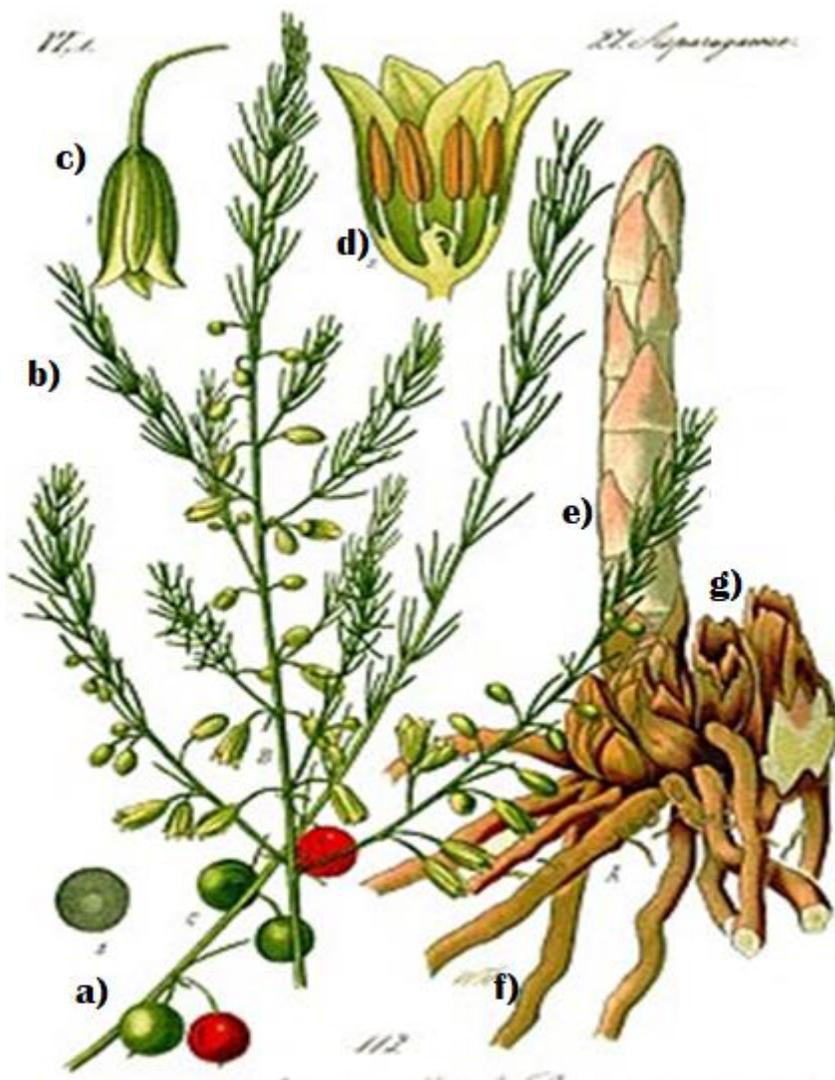
El adulto se caracteriza por tener un cuerpo alargado y subcónico, un par de ojos prominentes y tres ocelos en la parte superior de la cabeza. Las antenas son pequeñas y setiformes; posee unas patas cortas con tibias alargadas de color pajizo y con cerdas. Poseen dos pares de alas, las anteriores más grandes que las posteriores, cristalinas con una venación marcada y distintiva con una línea oscura y estrecha a lo largo del margen frontal. En el collar presentan un margen posterior pálido (Figura 1) (Davis, 1942; Junta Local de Sanidad Vegetal, 2017).



**Figura 1.** Plano longitudinal de *Diceroprocta semicincta* (Vitanza, 2016).

### **1.3 *Asparagus officinalis* Linneo**

*Asparagus officinalis* es una planta perteneciente a la familia de las asparagáceas, esta especie se caracteriza por ser un organismo dioico perenne. Esta presenta dos tipos de raíces: 1) las carnosas que sirven como medio de almacenamiento de las reservas de nutrientes de la planta y pueden encontrarse entre 1 y 2 metros de profundidad; 2) las fibrosas que sirven como órganos para extraer agua y nutrientes del suelo, de las cuales entre un 60 y 90% se encuentran en los primeros 30 centímetros de profundidad (Drost, 1997). Asimismo, se pueden encontrar dos tipos de tallos: 1) los tallos de tipo subterráneo conocidos como la corona, que se caracterizan por ser gruesos y leñosos, los cuales sientan la base para el crecimiento de la planta; 2) los tallos aéreos que se caracterizan por ser gruesos al principio y vienen a formar la parte comestible del espárrago o turión. Una vez que estos tallos aéreos maduran pasan a formar la estructura de helecho característica del espárrago, la cual se encuentra muy ramificada y puede alcanzar entre 100 a 200 centímetros de altura. En esta etapa, las hojas son filocladios en forma de aguja. Estos miden entre 6 a 32 milímetros de largo y 1 milímetro de ancho, los cuales se agrupan en espirales de 2 a 15 filocladios. Los frutos son de color rojo, textura carnosa y forma redondeada, con una medida de entre 5 y 8 milímetros de diámetro. Dentro se encuentran las semillas de color negro y con forma aplanada (Figura 2) (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1962; Drost, 1997; Feller *et al.*, 2012).



**Figura 2.** Estructuras morfológicas de *Asparagus officinalis*. a) tallo con frutos maduros e inmaduros; b) tallo con filoclados y flores; c) flor de espárrago; d) corte longitudinal de una flor macho de espárrago; e) turión de espárrago; f) raíces de almacenamiento; g) corona del espárrago (modificado de Masclef, 1893).

#### 1.4 Importancia económica del espárrago

El cultivo de espárrago en México se caracteriza por tener un gran rendimiento. En el año 2017 la producción nacional fue de alrededor de 245,444 toneladas. Esta producción se distribuye principalmente en los estados de Sonora (59.8%), Guanajuato (13.5%) y Baja California (12.8%), generando entre estos tres Estados el 86.1% del rendimiento nacional (SAGARHPA, 2018).

En el Estado de Sonora, el cultivo del espárrago se distingue por ser un generador de mano de obra importante, además de generar millones de pesos anuales. Para el año 2017 este cultivo generó 5,986.6 millones de pesos en el Estado. La mayor parte de esta producción es para exportación, cuya distribución se da en 4 municipios principales: Caborca (59.9%), San Luis Río Colorado (13.5%), General Plutarco Elías Calles (6.2%) y Altar (5.4%). Asimismo, se ha observado un incremento del 74.6% en este cultivo en los últimos 5 años para el Estado (SAGARHPA, 2016, 2018, 2018a.).

En el municipio de Caborca se encuentran sembradas 10,171 hectáreas de espárrago, las cuales se traducen en una producción de 105,915 toneladas, con un valor de producción de 3,993 millones de pesos (SAGARHPA, 2018b). Esta producción se puede ver afectada por la aparición de organismos plaga que se alimentan de los productos sintetizados por estas plantas. Algunos de estos organismos son la chicharra cantadora (*D. semicincta*), el pulgón europeo del espárrago (*Brachycorynella asparagi*), el gusano soldado (*Spodoptera exigua* y *S. ornithogalii*) y la mosquita blanca (Aleyrodidae) (Navarro y López, 2002; INIFAP, 2017).

### **1.5 Daños causados por *D. semicincta* en el cultivo de espárrago**

Se conoce que *D. semicincta* daña a las plantas del espárrago de dos formas: 1) la ninfa al emerger de los huevecillos migra hacia la raíz del espárrago y se alimenta del xilema por varios años, hasta alcanzar el tamaño adecuado para emerger y llevar a cabo la última muda y convertirse en adulto. El problema aquí radica en que el daño causado a la raíz facilita la invasión por hongos patógenos como los del género *Fusarium*, además de acabar con las reservas alimenticias de la planta; 2) la hembra oviposita sobre las ramas terminales, ocasionando daño mecánico al quebrarlas, y alimentándose del xilema de los tallos (Navarro y López, 2002). Por lo tanto, se sabe que la presencia de este organismo puede afectar el promedio de vida del cultivo del espárrago de 14 a 9 años de vida útil y, asimismo, el rendimiento que disminuye hasta 2.5 t ha<sup>-1</sup>, lo que significa una pérdida económica de 60.3 millones de pesos anuales (CESAVE, 2017).

## **1.6 Biología de *Diceroprocta semicincta***

La biología de los organismos se refiere a todo atributo relacionado con los procesos que involucren a los seres vivos, desde su desarrollo y características morfológicas, hasta su evolución y fisiología (Curtis *et al.*, 2008). En el caso de las chicharras, distintas investigaciones se han llevado a cabo para determinar sus características biológicas, como son: desarrollo ninfal, fenología de emergencia, número de etapas ninfales, proporción sexual, densidad poblacional, y distribución vertical (Ito y Nagamine, 1981; Logan, 2006; Moriyama y Numata, 2009; Maccagnan y Martinelli, 2011; Hou *et al.*, 2015). Para la especie *D. semicincta* no se ha llevado a cabo ningún trabajo de este tipo en condiciones naturales ni en campos de cultivo.

## **1.7 Desarrollo ninfal y crianza de chicharras**

El ciclo de vida de las chicharras depende fuertemente del número de estadios ninfales subterráneos y de la duración de estos (Logan, 2006). Para poder alcanzar este conocimiento es de suma importancia observar el desarrollo de estos organismos desde la primera etapa ninfal hasta la etapa de adulto. Moriyama y Numata (2009) colectaron huevecillos de las especies *Cryptotympana facialis* y *Graptopsaltria nigrofusca* y los mantuvieron dentro de placas de Petri, las cuales fueron saturadas con vapor de agua, lo que conllevó a un mejor desarrollo embrionario e inducción de la eclosión. Hou *et al.* (2015) colectaron huevecillos ovipositados sobre ramas muertas, procediendo a colocarlos en placas de Petri con el aire saturado con vapor de agua. Estos fueron mantenidos a 8°C con un fotoperiodo de 16:8 horas (L:O) durante dos meses. Posteriormente los huevos fueron puestos bajo condiciones de temperatura ambiente, y ocho meses después de la colecta se dio la eclosión y la obtención de los organismos de primer estadio.

En el trabajo realizado por Logan (2006) en la zona norte de Nueva Zelanda, se llevó a cabo la colecta de huevecillos de la especie *Kikihia ochrina* y la posterior crianza de estos, con la finalidad de conocer la duración del ciclo de vida de la especie. Para esto se colectaron ramas de mahoe (*Melicytus ramiflorus*) y fueron colocadas dentro de viales de vidrio con el aire saturado de humedad. Estos fueron puestos bajo condiciones de sombra a temperatura ambiente. A partir de diciembre (verano en el hemisferio sur) se comenzó a dar la eclosión de los

organismos. Las ninfas de primer estadio fueron colocadas en macetas de distintas especies y 11 meses después se comenzaron a observar los estadios ninfale subsecuentes. Cabe destacar que la sobrevivencia reportada en este trabajo es del 7.5% para esta especie.

### **1.8 Fenología de emergencia de adultos**

La emergencia de los adultos de cualquier especie de insecto debe llevarse a cabo cuando existe una elevada disponibilidad de recursos, asimismo, debe haber disponibilidad de parejas, condiciones ambientales que permitan la sobrevivencia de los adultos y suficiente alimento para la descendencia. De esta manera, la siguiente cohorte tendrá una mayor posibilidad de sobrevivir y alcanzar el éxito reproductivo (Harris, 1976; Weiss *et al.*, 1993; Thiéry *et al.*, 2014).

Los periodos de emergencia de los insectos adultos de una especie pueden variar dependiendo de la población o bien entre años dentro de la misma población (Weiss *et al.*, 1993). Hou *et al.* (2015) definieron que la emergencia de los adultos de la especie de cícada *M. mongolica* dura alrededor de 45 días. Algo parecido a lo encontrado por Williams y Simon (1995) con organismos del género *Magicicada* y por Dardar *et al.* (2012) con *Cicadatra persica*, cuyas emergencias tuvieron una duración de 2 meses y 5 semanas respectivamente. Asimismo, Ito y Nagamine (1981) determinaron que la emergencia de adultos en la población de *Mogannia minuta* fue variable dependiendo del año. Por otro lado, Thiéry *et al.* (2014) observaron que la emergencia del lepidóptero *Lobesia botrana* se prolongaba entre 39 y 45 días, dependiendo de la variedad de uva de la que la larva se alimentara. De esta manera, si bien se ha documentado que los factores ambientales dictan las características fenológicas de los insectos (Graf *et al.*, 1999; Visser y Holleman, 2001), así como, que la emergencia de los adultos en los cultivos se encuentra determinada por las condiciones climáticas y de temperatura (Weiss, 1993), las especies también reaccionan a factores propios del hospedero en el que se desarrollan (Thiéry *et al.*, 2014; Hou *et al.*, 2015).

Algo observado comúnmente durante los periodos de emergencia de los adultos de algunos insectos es la salida temprana de los machos. A pesar de esto, se ha advertido que las proporciones sexuales en las poblaciones de chicharras (Whiles *et al.*, 2001; Logan *et al.*, 2014; Hou *et al.*, 2015) y de algunos lepidópteros (Graf *et al.*, 1999; Thiéry *et al.*, 2014), tienden a

equilibrarse al pasar los días y la relación al final del periodo se encuentra muy cercana al 50:50 (hembras:machos).

### **1.9 Distribución vertical y densidad poblacional de distintas especies de chicharras**

La distribución vertical de los organismos que viven en el suelo se debe a distintos factores ecológicos bajo los que se encuentran estas especies. También se han sugerido otros factores como los ecofisiológicos, nutricionales o de comportamiento para explicar la distribución de las especies debajo del suelo (Ponge, 2000).

Uematsu y Onogi (1980) demostraron que la especie *Platypleura kaempferi* se encontraba distribuida en su mayoría entre los 10 y 30 centímetros de profundidad bajo huertos de níspero, presentando una densidad poblacional de 32.2 ninfas m<sup>-2</sup>. Maier (1980) determinó que la especie *Magicicada septendecim* se encuentra generalmente entre los 7.6 y los 37.5 cm de profundidad en huertos de manzana. Además, la densidad poblacional de esta especie resultó estar entre 1-57 ninfas m<sup>-2</sup> en el cultivo de manzana y entre 13-22 ninfas m<sup>-2</sup> en bosques cercanos a tierras altas. Por otro lado, se ha demostrado que la especie *Meimuna mongolica* se distribuye entre los 21-30 cm de profundidad bajo la corona de tres especies de árboles distintas: *Pinus tabuliformis*, *Populus tormentosa* y *Pyrus xerophila*. Por el contrario, las densidades poblacionales de esta especie varían dependiendo del hospedero: 3.5 ninfas m<sup>-2</sup> bajo *P. tabuliformis*, 12.67 ninfas m<sup>-2</sup> bajo *Po. tormentosa* y 26.5 ninfas m<sup>-2</sup> bajo *Py. xerophila* (Hou et al., 2015).

Asimismo, Pons (2015) encontró que después de un disturbio causado por fuego, la abundancia relativa de exuvias de la especie *Cicada orni* disminuyó de 18.0 a 3.6 exuvias (100 m)<sup>-2</sup> del año 2011 al 2012 en zonas las cuales fueron quemadas. Asumió que esto puede deberse a la continua degradación de las raíces, o bien, a que los huevecillos ovipositados en el año del incendio fueron destruidos por el fuego. Asimismo, zonas las cuales no fueron quemadas presentaron un aumento de 12.6 a 23.3 exuvias (100 m)<sup>-2</sup> en el mismo lapso.

### **1.10 Etapas ninfales de las chicharras**

El estado de desarrollo de los insectos hemimetábolos es conocido como ninfa. Este estado se lleva a cabo entre la eclosión del huevo y la etapa de adulto y se caracteriza por presentar una

morfología muy similar a la del organismo adulto, la cual cambia ligeramente entre cada una de las mudas (Gullan y Craston, 2010). En el caso de la familia Cicadidae, las ninfas viven en el subsuelo alimentándose del xilema de las plantas y tienen un tiempo de desarrollo mucho más largo que el tiempo de vida del adulto (Dybas y Davis, 1962; Karban, 1984; Williams y Simon, 1995; Clay *et al.*, 2009; Maccagnan y Martinelli, 2011; Dardar *et al.*, 2012; Logan *et al.*, 2014; Hou *et al.*, 2015; Pons, 2015). Se ha documentado que algunas especies de chicharras tienen 4 etapas ninfales (Hu *et al.*, 1990), por otro lado, otras especies pasan por 5 etapas de desarrollo ninfal (Cumber, 1952; Ellingson *et al.*, 2002; Maccagnan y Martinelli, 2011). En los insectos, el número total de etapas ninfales está determinado por condiciones ambientales, dieta y factores genéticos de la especie (Gullan y Craston, 2010). Se ha observado que ninfas de la misma cohorte pueden presentar etapas ninfales diferentes, lo que indica que el desarrollo de cada organismo se lleva a cabo de manera independiente (Logan *et al.*, 2000; Ellingson *et al.*, 2002). Esta diferencia en los periodos entre mudas puede deberse a la cantidad de suministros disponibles para el organismo, la temperatura en el sitio, la densidad de ninfas y al daño físico en el organismo, además, estos pueden ser distintos entre sexos (Gullan y Cranston, 2010).

Para calcular el número de etapas ninfales exacto en chicharras, es de suma importancia obtener ninfas de primera etapa por crianza, debido a que esta etapa es muy difícil de encontrar una vez que caen al suelo para enterrarse. Además, es importante la aplicación de un método que ayude a determinar las etapas con exactitud (Hou *et al.*, 2015). Uno de los métodos más utilizados es la medición de la cápsula cefálica de los juveniles de los insectos y compararlas entre ellas aplicando la regla de Dyar (Gaines y Campbell, 1935; Panzavolta, 2007; Cazado *et al.*, 2014; Payán-Arzapalo *et al.*, 2015). Dicha regla argumenta que el crecimiento de las zonas esclerotizadas de los insectos (como la cápsula cefálica) se lleva a cabo siguiendo una progresión geométrica regular entre mudas con un porcentaje de crecimiento constante, y que el tamaño no varía dentro de una misma etapa (Dyar, 1980). Asimismo, con estas mediciones se traza una línea de regresión utilizando las etapas ninfales (indicado como la media de la anchura de la cápsula cefálica) y el logaritmo natural de las medidas del ancho de la cápsula cefálica. Cabe destacar que el uso del logaritmo natural sirve para darle un mejor ajuste a la línea de regresión, lo cual indica un crecimiento que sigue una progresión geométrica (Gaines y Campbell, 1935).

### 1.11 Identificación molecular de insectos

La identificación molecular de especies se lleva a cabo utilizando una secuencia de ADN estandarizada con la finalidad de reconocer a un organismo, incluidos insectos. Esta herramienta es ampliamente aceptada y utilizada alrededor del mundo para catalogar especies de todos los grupos debido a que se lleva a cabo de manera rápida, precisa y fácil (Jalali *et al.*, 2015).

Llevar a cabo una identificación molecular se puede aplicar no solo a una especie, sino a un grupo de organismos. Sitompul *et al.* (2018) demostraron que se pueden utilizar códigos de barras de ADN, basados en la subunidad I de la citocromo oxidasa (COI) como un método de identificación taxonómica de las especies polinizadoras de la planta de café. Aquí se llevó a cabo el uso de la Herramienta básica de búsqueda de alineación local (BLAST por sus siglas en inglés) (comparación con secuencias existentes en bases de datos) para confirmar la autenticidad de las especies. Asimismo, Campbell *et al.* (2014) argumentaron que se puede llevar a cabo una correcta identificación taxonómica de especies de la familia Diaspididae utilizando herramientas moleculares, esto a pesar de que no exista un conocimiento previo o exacto de las características del grupo. Por otro lado, se ha demostrado que utilizar herramientas moleculares para la identificación de especies de la superfamilia Coccoidea es factible, barato y rápido comparado con la identificación morfológica (Sethusa *et al.*, 2014).

En lo que respecta a la identificación molecular de una sola especie de insecto, Changbunjong *et al.* (2020) confirmaron la presencia de *Haematobosca aberrans* en Tailandia utilizando el gen mitocondrial COI. Por otra parte, se ha realizado la identificación de especies de la familia Cicadidae mediante herramientas moleculares utilizando organismos adultos (Yang y Wei, 2014), ninfas (Hou *et al.*, 2015) y exuvias (Bouwer *et al.*, 2014). Lo que ha demostrado que es altamente recomendable identificar especies de insectos mediante el uso del ADN y no solo utilizando características morfológicas.

## **II. HIPÓTESIS CIENTÍFICA**

El ciclo de las chicharras comprende varias etapas ninfales, las cuales se encuentran enterradas en el suelo y se alimentan del xilema de las plantas que sirven como hospederas hasta alcanzar la etapa adulta y emerger para su reproducción. La especie *D. semicineta* lleva a cabo su ciclo de vida en la raíz de las plantas de espárrago debido a que aquí encuentra los nutrientes suficientes para desarrollarse hasta alcanzar la etapa de adulto.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar las características del ciclo biológico de *D. semicincta* en el campo de cultivo de espárrago.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Determinar la sobrevivencia de huevecillos y ninfas de *D. semicincta*.

Determinar la fenología de emergencia de adultos de *D. semicincta* en el campo de cultivo de espárrago.

Determinar la distribución vertical y la densidad poblacional de *D. semicincta* en el suelo de cultivo del espárrago.

Identificar las etapas de crecimiento de las ninfas de *D. semicincta* en el suelo del cultivo de espárrago y en condiciones de vivero.

Identificar molecularmente a la especie *D. semicincta*.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Descripción del área de estudio

El sitio de estudio fue el campo El Cachanilla, Hortícola del Desierto el cual se encuentra en el municipio de Caborca en el estado de Sonora, México (30° 38' 33'' N y 112° 11' 56'' O). Presenta una temperatura media anual de 22.2°C, con temperaturas medias máxima y mínima de 31.5 y 12.9°C respectivamente; la temperatura media extrema en verano se presenta en el mes de julio llegando a alcanzar los 40.6°C y la temperatura media extrema en invierno se da en el mes de enero disminuyendo hasta los 4.6°C; la precipitación media anual es de 252.8 mm con picos máximos en julio y agosto; y una evaporación anual de 2,605.8 mm (datos tomados de la estación 26093) (CONAGUA, 2020).

El suelo que se puede encontrar en esta área es del tipo phaeozem (INEGI, 2020). La textura de este es franca, cambiando a una textura franco-arenosa conforme aumenta la profundidad. Aquí el contenido de humedad a capacidad de campo es mayor en la parte franca (40.5%) que en la parte arenosa (27.5%) (Flores-Padilla, 2020).

La vegetación de la zona se caracteriza por ser del tipo matorral xerófilo, especialmente del tipo subinermes, siendo las especies *Prosopis velutina*, *Larrea tridentata*, *Opuntia fulgida*, *Acacia greggii* y *Ambrosia dumosa* las más características. Asimismo, se pueden encontrar manchones de matorral sarcocaula, con la presencia de las especies *Pachycereus pringlei*, *Bursera microphylla* y *Encelia farinosa* (Turner *et al.*, 1995).

En el distrito de desarrollo rural 139-Caborca se encuentra un área sembrada de 22,666 ha de cultivos agrícolas. Casi el 50% de esta área pertenece a cultivos de espárrago con un total de 10,171 ha cultivadas (SAGARHPA, 2017, 2018b). Esto representa menos del 1% del área del municipio de Caborca, Sonora. El campo El Cachanilla tiene una superficie sembrada de espárrago con 7 años de edad de 75 ha.

## **4.2 Identificación molecular de *D. semicineta***

### **4.2.1 Muestreo**

Se obtuvieron 10 organismos de la primera etapa ninfal eclosionados de huevecillos que estuvieron expuesto bajo condiciones controladas.

### **4.2.2 Extracción de ADN**

Se llevaron a cabo extracciones de ADN de 10 organismos completos (modificado de Hunt, 1997 y Ashgar *et al.*, 2015). Primeramente, se agregó 1 ml de buffer de digestión (1% CTAB, 50 mM de Tris pH 8, 10 mM de EDTA y 0.75 M de NaCl) y 5 µl de proteinasa K a cada una de las muestras. Posteriormente, estos se colocaron en un homogeneizador a 5,000 rpm (Bertin Precellys Evolution) por dos minutos y se dejaron reposando toda la noche. Al día siguiente las muestras fueron llevadas a un vórtex (Super Mixer II, Labcraft) y se mezclaron por unos segundos seguido de centrifugación a 5,000 rpm durante 2 minutos a 4°C en una microcentrífuga refrigerada (Sigma 1-14 K). La capa superior de cada muestra fue colectada en un tubo nuevo y se agregaron 80 µl de acetato de sodio (3 M, pH 5.2), se mezclaron manualmente y se incubaron por 15 minutos a -20°C. Después se centrifugaron los tubos a 5,000 rpm por 20 minutos a 4°C y se desechó la capa superior. Posteriormente, se agregó 1 ml de etanol absoluto congelado, se mezcló e incubó de nuevo por 15 minutos a -20°C. Se procedió a llevar a cabo una segunda incubación por 20 minutos a 4°C, después se centrifugó por 1 minuto a 5,000 rpm y se eliminó el sobrenadante de los tubos. A continuación, se agregó 1 ml de etanol absoluto a cada tubo, se mezclaron en el vórtex por unos segundos y se centrifugaron a 4°C por 5 minutos a 5,000 rpm. Posteriormente, se descartó el sobrenadante, se agregó 1 ml de etanol frío al 70% en cada tubo y se mezclaron en el vórtex por unos segundos para después ser centrifugados a 4°C por 5 minutos a 5,000 rpm. Por último, se secó el ADN por 10 minutos a 55°C en una placa de calentamiento (Echotherm) y se agregaron 10 µl de agua grado biología molecular a los tubos.

### **4.2.3 Amplificación de ADN por reacción en cadena de la polimerasa (PCR)**

Se utilizaron los primers TL2-J-3032 (AATATGGCAGATTAGTGC) y TK-N-3786cic (GTTTAAGAGACCATTACTT) para amplificar una porción de 673 pb del gen mitocondrial citocromo oxidasa II (COII) (Sueur *et al.*, 2007). La reacción PCR fue llevada a cabo en un termociclador BIO-RAD 1000 series utilizando la enzima High yield PCR Ecodry Premix, la cual consta de una mezcla liofilizada de Taq polimerasa, dNTP's, MgCl<sub>2</sub> y buffer suficiente para un volumen final de 25 µl. Se agregó a la mezcla 1 µl de ADN de cada muestra (con concentraciones que oscilan 1.64 y 13.76 ng/µl; y con relaciones 260/280 y 260/230 de entre 1.25-1.56 y 0.05-2.68 respectivamente), 1.25 µl de cada primer (10 µM) y agua grado biología molecular hasta completar el volumen. La reacción PCR fue llevada de la siguiente manera: 94°C por 2 minutos; 30 ciclos a 94°C por 45 segundos, 45°C por 45 segundos, y 72°C por 2 minutos; y, por último, 72°C por 5 minutos (Marshall *et al.*, 2018).

Los productos de la reacción PCR se corrieron en un gel de agarosa al 3% en buffer TBE a 90 V, utilizando el marcador de peso molecular 100 bp DNA Ladder (Invitrogen) para observar el tamaño de los amplicones.

### **4.2.4 Secuenciación**

El ADN extraído de 3 individuos se purificó previo a la secuenciación, mediante una digestión enzimática para remover el exceso de dNTP's y oligonucleótidos con ExoSAP-IT™ PCR Product Cleanup Reagent (Applied Biosystems). Los fragmentos de ADN purificados fueron sometidos a secuenciación Sanger en ambas direcciones en un equipo ABI Prism 3730xl (Applied Biosystems). Las secuencias obtenidas se ensamblaron, analizaron y editaron con el software ChromasPro 2.1.9 y fueron comparadas con secuencias conocidas incluidas en el GenBank de la NCBI mediante un BLAST. Una vez identificada la especie a la cual pertenecía el ADN, se subió al GenBank.

#### **4.2.5 Análisis filogenético**

Se obtuvieron secuencias pertenecientes a organismos de la misma especie, así como de varias especies pertenecientes al género *Diceroprocta* y varios géneros de la familia Cicadidae. Se realizaron múltiples alineamientos con Custal Omega. El conjunto se comparó con secuencias de *D. semicincta* provenientes del NCBI para verificar que, efectivamente, se trabajó con la especie acordada.

#### **4.3 Determinación de la sobrevivencia de huevecillos y ninfas de *D. semicincta***

Se colectaron huevecillos de *D. semicincta* en el campo El Cachanilla durante la segunda mitad del mes de julio e inicios del mes de agosto del 2020. Los huevecillos se buscaron en la parte superior de los tallos del espárrago con señales de oviposición. Las ramas colectadas con huevecillos se colocaron en placas de Petri con un algodón humedecido con la finalidad de saturar de humedad el microambiente (Moriyama y Numata, 2009). Los huevos se llevaron a una cámara de condiciones controladas con una temperatura de 20°C bajo un fotoperiodo de 12:12 (L:O) durante 1 mes (modificado de Hou *et al.*, 2015). Después de este periodo, los huevecillos se pusieron a temperatura ambiente con un fotoperiodo 14:10 (L:O) hasta la eclosión. Las condiciones de temperatura y humedad fueron monitoreadas con un sensor HOBO.

Posteriormente a la eclosión de los huevecillos, las ninfas se llevaron al vivero DICTUS-UNISON (Hermosillo, Sonora), donde previamente se colocaron 75 plantas de espárrago en macetas de 50 cm de altura x 40 cm de diámetro dispuestas en 4 hileras con una separación de 50 cm una de otra, bajo riego por goteo con mangueras ubicadas a 10 cm sobre las macetas. Las ninfas emergidas se colocaron en 19 macetas distintas, con diferente número de chicharras juveniles. El total de macetas infestadas se disectaron durante un periodo de 5 meses, de enero a mayo del 2021. Las disecciones se llevaron cada 10 cm de profundidad. Del día 26 al 29 de enero, 23 al 26 de febrero, 25 al 30 de marzo, 28 al 30 de abril, 24 al 27 de mayo se disectaron 4, 4, 4, 3 y 4 macetas respectivamente. Las ninfas encontradas se colectaron en alcohol al 96%.

Las condiciones de temperatura y humedad volumétrica ( $\theta$ ) del suelo del vivero se monitorearon con sensores TDR dispuestos a los 15 y 45 cm de profundidad.

#### 4.4 Determinación de la fenología de emergencia de adultos de *D. semicineta* en el campo de cultivo de espárrago

Para la determinación de la fenología de emergencia de los adultos y la proporción de sexos de la especie *D. semicineta*, se colectaron las exuvias encontradas en el campo de cultivo del espárrago durante el periodo de emergencia de la plaga en el año 2020, a partir del 19 de junio. Esto se llevó a cabo en 4 salidas quincenales, usando tres transectos de 100 m de longitud por salida, colectando todas las exuvias observadas en ambos lados del surco.

Posteriormente las exuvias fueron sexadas. Para llevar a cabo esto, se observó la parte terminal del abdomen en busca del ovipositor. Cuando había presencia de este, se determinó que la exuvia perteneció a una hembra (Figura 3), y en la ausencia, la exuvia perteneció a un macho (Figura 4).



**Figura 3.** Exuvia de individuo femenino de *Diceroprocta semicineta*.



**Figura 4.** Exuvia de individuo macho de *Diceroprocta semicineta*.

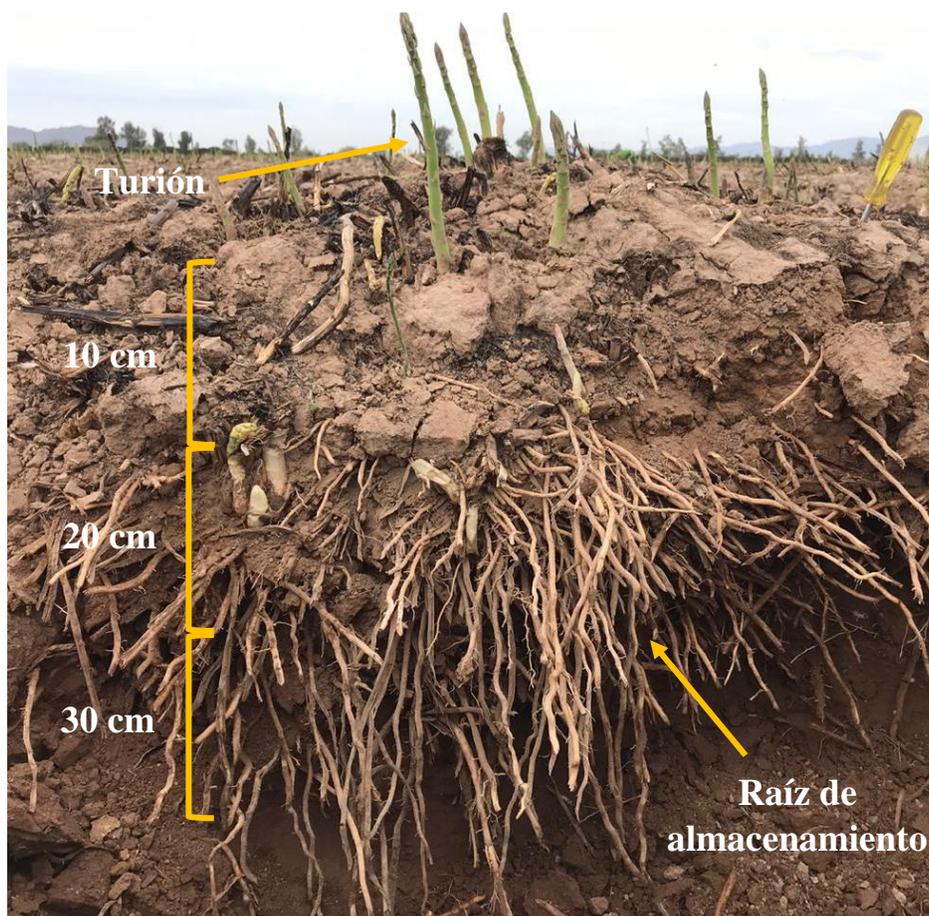
#### **4.5 Determinación de la distribución vertical y densidad poblacional de *D. semicineta* en el suelo de cultivo del espárrago**

El estudio observacional se desarrolló en el Campo El Cachanilla. Aquí, el espárrago tiene un marco de plantación de tres metros entre líneas, con dos hileras de plantas sobre cada cama de 1.5 m de ancho. Cada cama tiene dos líneas de riego a 25-30 cm de profundidad. Se cavaron 3 pozos elegidos al azar bajo las coronas de los espárragos. Estos se llevaron a cabo durante 3 salidas: 6 de noviembre del 2020, 10 de mayo y 1 de junio del 2021. Las dimensiones de los pozos fueron de 1 x 1 x 0.6 m. Para la determinación de la distribución vertical de los organismos, se contaron las ninfas encontradas cada 10 cm de profundidad (Figura 5). Todas las ninfas encontradas se colectaron y almacenaron en alcohol al 96%.

La temperatura del suelo a 30 y 60 cm y la humedad volumétrica ( $\theta$ ) a 30 y 60 cm de profundidad del sitio se monitorearon con una torre micrometeorológica ubicada dentro de la

plantación. Además, el índice de área foliar (LAI) se midió en el año 2020 dividiendo la superficie foliar entre el área de suelo que abarca la planta (Chen *et al.*, 1997).

La densidad poblacional de *D. semicineta* se obtuvo dividiendo el promedio de la cantidad de organismos encontrados en los pozos entre el área de estos.



**Figura 5.** Perfil del suelo en el cultivo de espárrago.

#### 4.6 Identificación de las etapas de crecimiento de las ninfas de *D. semicineta* en el suelo del cultivo de espárrago y en condiciones de vivero

Para la identificación de las etapas de crecimiento de las ninfas en el campo de cultivo y en el vivero, todas las ninfas que se colectaron para la determinación de la distribución vertical y en la sobrevivencia de ninfas se observaron en un estereoscopio con cámara Leica. Aquí se tomaron mediciones del ancho de la cápsula cefálica (Figura 6) y se crearon rangos de distribución de los tamaños. Después se aplicó la regla de Dyar para observar el crecimiento geométrico y la determinación del número de etapas ninfales (Hou *et al.*, 2015).



**Figura 6.** Medición del ancho de la cápsula cefálica de ninfa de *Diceroprocta semicineta*.

#### 4.7 Análisis estadístico

Para probar normalidad de los datos se llevó a cabo la prueba de Shapiro-Wilk, y para probar homocedasticidad de los datos se llevó a cabo la prueba de Barlett.

Debido a que los datos de eclosión de huevecillos no resultaron ser normales, se llevó a cabo una prueba de Spearman para observar si existía una correlación entre la temperatura y la cantidad de huevecillos eclosionados.

La sobrevivencia de ninfas se obtuvo dividiendo la cantidad de ninfas encontradas en  $x$  periodo de tiempo entre la cantidad de huevecillos eclosionados.

Para comparar la proporción de sexos (macho/hembra) en la emergencia de los adultos, se hizo una prueba de  $\chi^2$  esperando que la proporción sea 50:50. El número de exuvias se sumó cada 15 días y se trazó una línea de descripción del periodo de emergencia de la plaga (Hou *et al.*, 2015).

Para comprobar si existe una estratificación preferida por los individuos de la especie *D. semicineta* en el campo de cultivo, se llevó a cabo una prueba de Kruskal-Wallis, esto debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad (en caso de existir diferencias estadísticas significativas se llevó a cabo una prueba de Mann-Whitney entre los grupos, con un 95% de confianza). Además, se obtuvo la densidad poblacional dividiendo el promedio de organismos encontrados en el suelo entre cada  $m^2$ .

Por último, para la determinación del número de etapas de crecimiento de ninfas de *D. semicineta* se llevó a cabo una regresión lineal basada en la regla de Dyar (Dyar, 1890), en la cual se analizó el número del estadio ninfal (indicado como la media de la anchura de la cabeza) y el logaritmo natural de las mediciones de la cápsula cefálica (mayor ajuste en la línea de regresión) (Gaines y Campbell, 1935).

Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico Minitab 19 y las gráficas fueron realizadas utilizando el programa Origin Pro 2019.

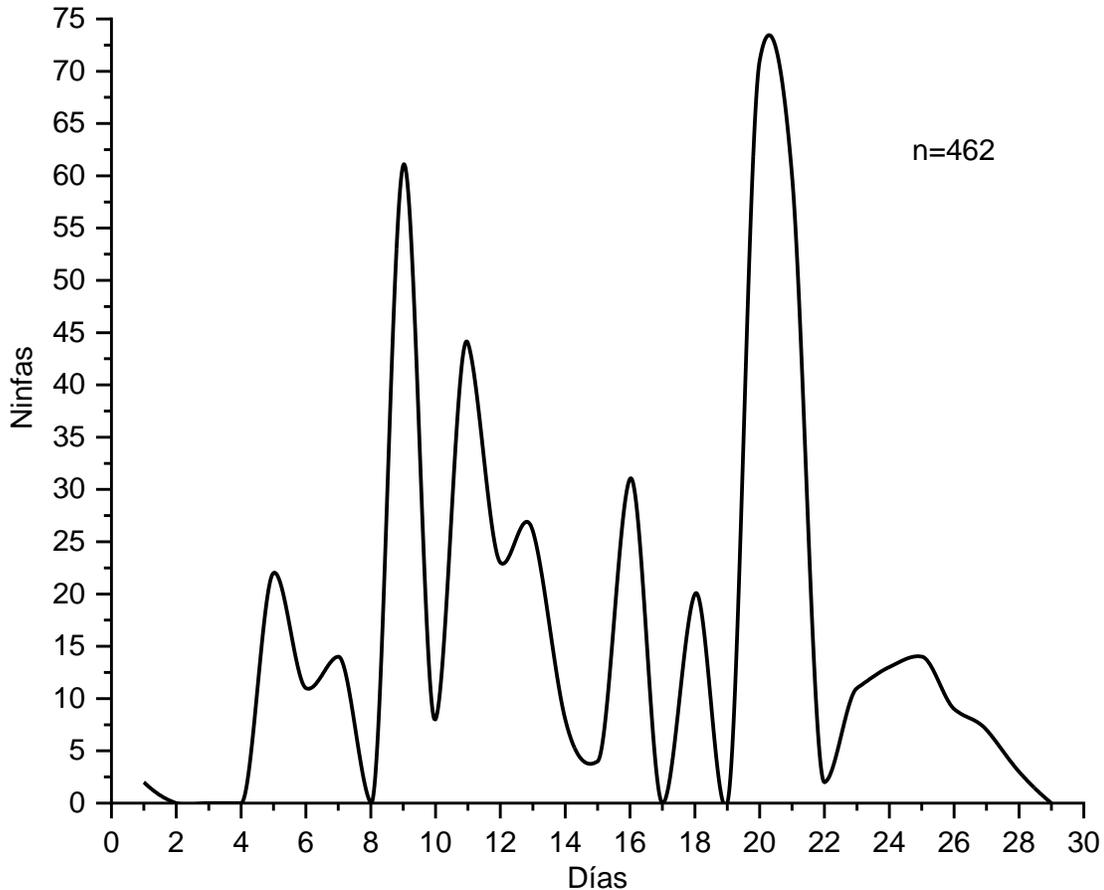
## **V. RESULTADOS**

### **5.1 Identificación molecular de *D. semicincta***

De las 3 muestras que se enviaron a secuenciar, solamente 2 sirvieron para hacer la comparativa de la especie. Estas dos secuencias constaron de 673 pb. Al compararse con secuencias de *D. semicincta* provenientes del NCBI mediante el uso de BLAST, resultaron en un porcentaje de identidad del 95 y 94.5%. Esto indica que las ninfas encontradas en el campo el Cachanilla pertenecen a la especie *D. semicincta*.

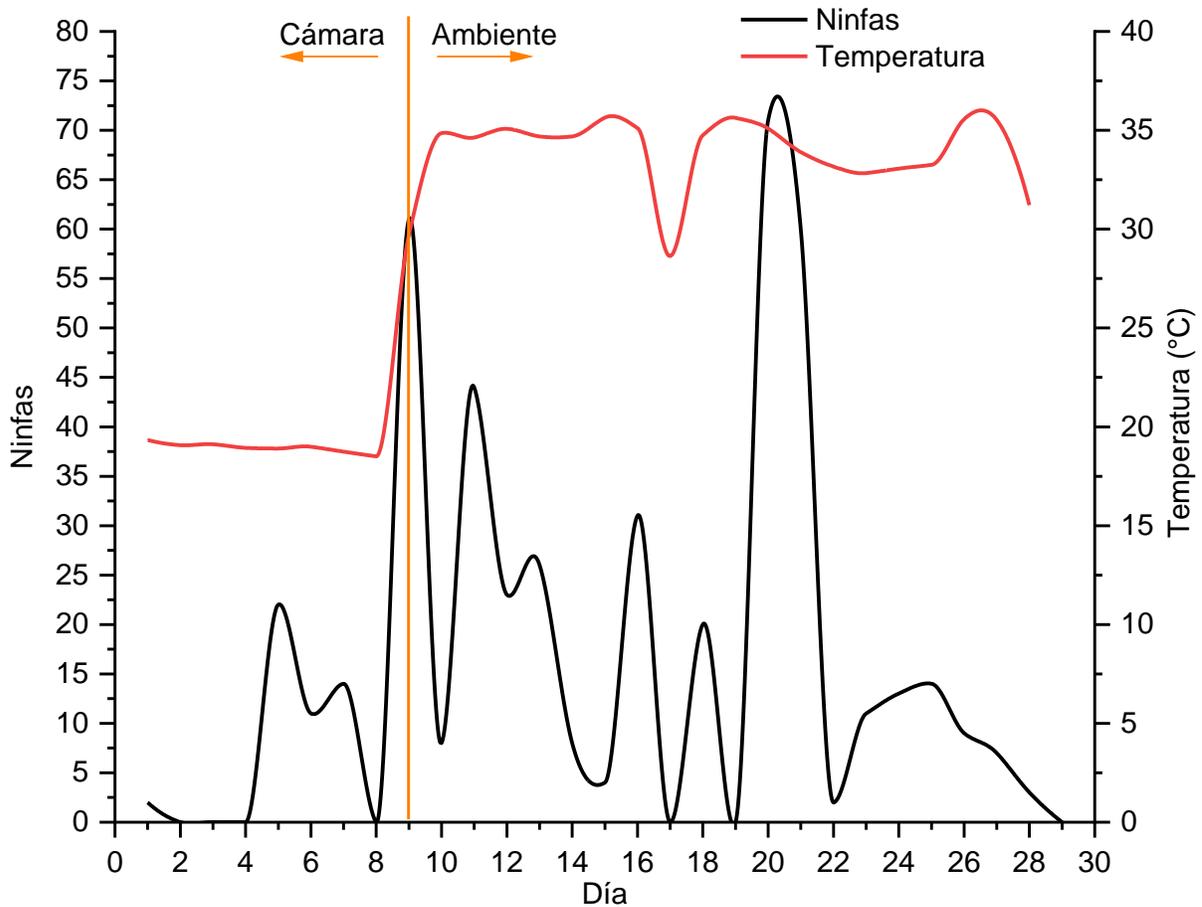
### **5.2 Sobrevivencia de huevecillos y ninfas de *D. semicincta***

En total se colectaron 1,308 huevecillos de *D. semicincta* que se encontraron en las ramas terminales de plantas de espárrago, muestreadas los días 1 de julio, 15 de julio, 31 de julio y 14 de agosto. La eclosión de los huevecillos fue irregular, iniciando 28 días después de la primera colecta. El periodo de eclosión de los huevecillos se prolongó durante 28 días, observándose los picos máximos a los 9, 20 y 21 días, fechas en las que emergieron más de 50 ninfas, con 61, 71 y 60, respectivamente. Durante este periodo, se presentaron 4 días en los cuales no se efectuó la emergencia de ninfas (Figura 7).



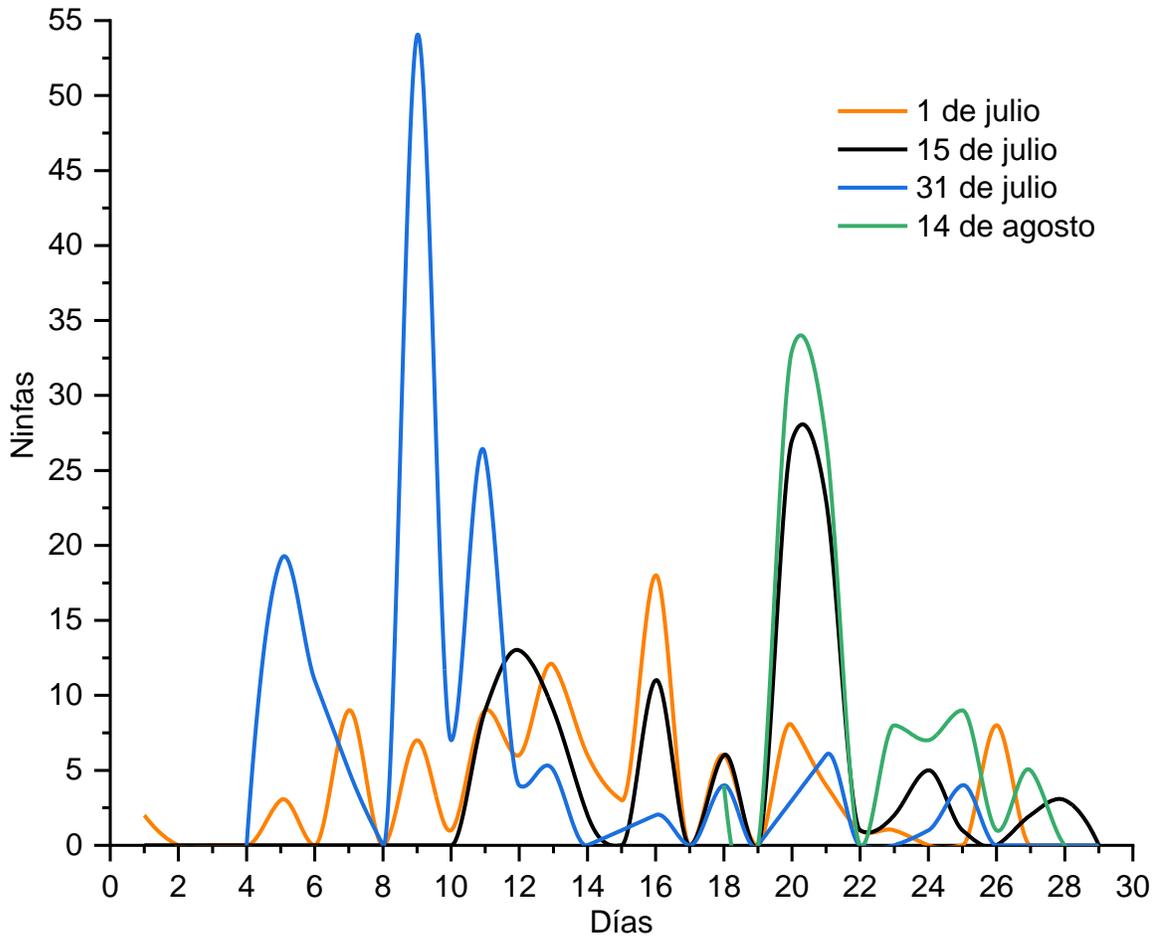
**Figura 7.** Eclosión de huevecillos de *Diceroprocta semicineta* colectados en el municipio de Caborca, Sonora, México.

Cabe destacar que, desde la primera colecta hasta el noveno día de eclosión, las condiciones en las que se encontraban los huevecillos fueron condiciones controladas ( $T = 18.9^{\circ}\text{C}$  y  $\text{HR} = 74.7\%$ ); a partir del décimo día de eclosión hasta el día 28, los huevecillos estuvieron expuestos a condiciones ambientales de la ciudad de Hermosillo ( $T = 34.2^{\circ}\text{C}$  y  $\text{HR} = 45.4\%$ ). Es importante enfatizar que la humedad de las placas de Petri siempre se encontró a nivel de saturación. Una vez que las condiciones de temperatura cambiaron, la cantidad de organismos que emergieron aumentó, aunque la salida continuó siendo irregular. Es preciso señalar que no hubo correlación significativa entre la eclosión y la temperatura ( $r = -0.087$ ,  $p = 0.717$ ) (Figura 8). Finalmente, el número total de ninfas nacidas fue de 462 ninfas, lo cual representa un porcentaje de eclosión de 35.32%. El promedio de ninfas nacidas por día fue de  $16.6 \text{ ninfas día}^{-1}$ .



**Figura 8.** Eclosión de huevecillo de *Diceroprocta semicineta* y relación con la temperatura.

Al igual que la eclosión general, la eclosión por colecta se dio de manera irregular. La mayor cantidad de organismos nacidos sucedió en la colecta del día 31 de julio ( $n= 152$  ninfas), seguida por las colectas del 15 de julio ( $n= 114$  ninfas), 1 de julio ( $n= 104$  ninfas) y, por último, del día 14 de agosto ( $n= 94$  ninfas). Se puede observar que el nacimiento de ninfas de la colecta del 31 de julio y del 14 de agosto tienen los máximos picos de eclosión con 54 y 33 ninfas, respectivamente. Aunque el surgimiento de ninfas de la colecta del 1 de julio y la del 15 de julio también tienen picos máximos de eclosión, estos son menores (18 y 27 ninfas respectivamente) (Figura 9).

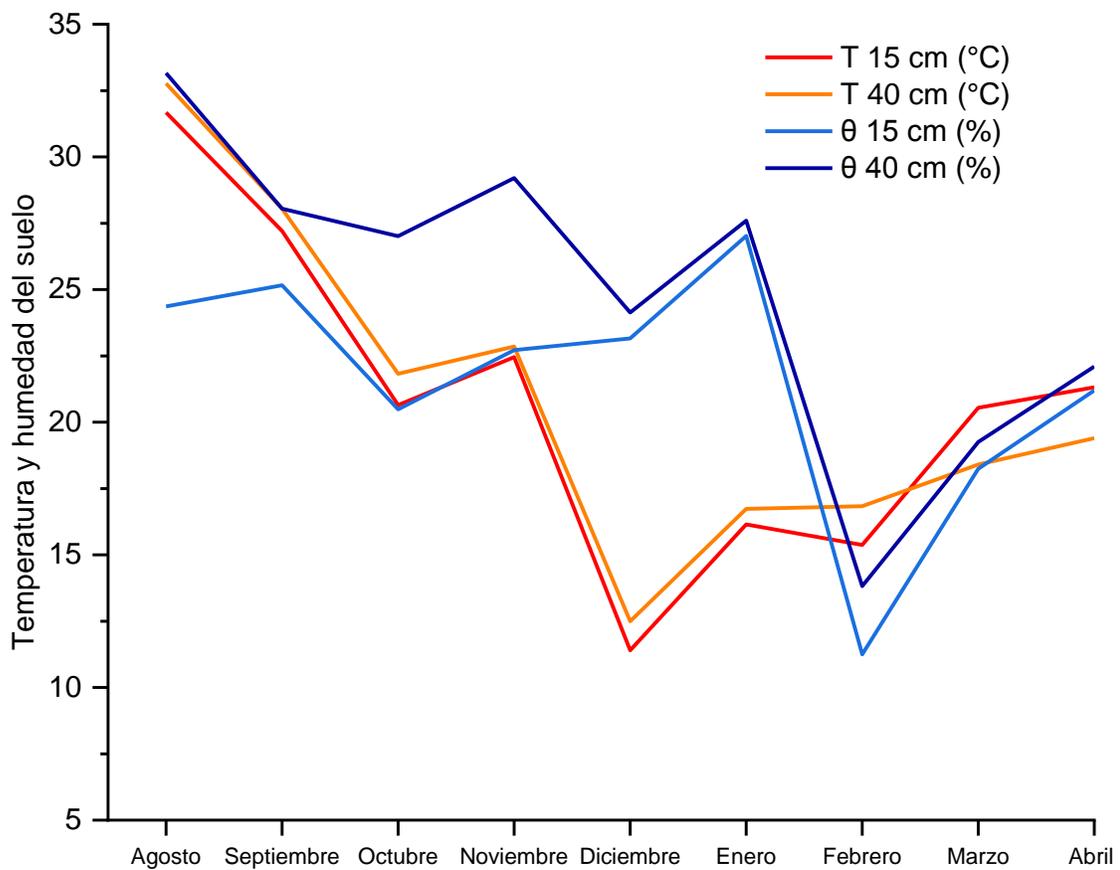


**Figura 9.** Eclosión de huevecillos de *Diceroprocta semicineta* según la fecha de colecta en el municipio de Caborca, Sonora, México.

De las 462 ninfas nacidas, solo 293 sobrevivieron a las primeras 3 horas después de la eclosión, la cual se llevaba a cabo antes del amanecer, y estas fueron trasladadas a condiciones de vivero. Los juveniles fueron dispuestos en espárragos de 6 meses de vida, estas plantas tenían una altura promedio de 60 cm. Después de 280 días, solamente se encontraron 3 ninfas establecidas y desarrolladas de las 293 ninfas distribuidas en las 19 macetas con espárrago. Esto se traduce en un porcentaje de sobrevivencia después de ser colocadas en las macetas del 1%. Esto indica que la mortalidad de las ninfas desde que nacen hasta que llegan al suelo es del 99%.

Las condiciones de temperatura a 15 y 40 cm de profundidad en el vivero no variaron entre sí. La temperatura máxima alcanzada por ambos estratos se encontró en el mes de agosto

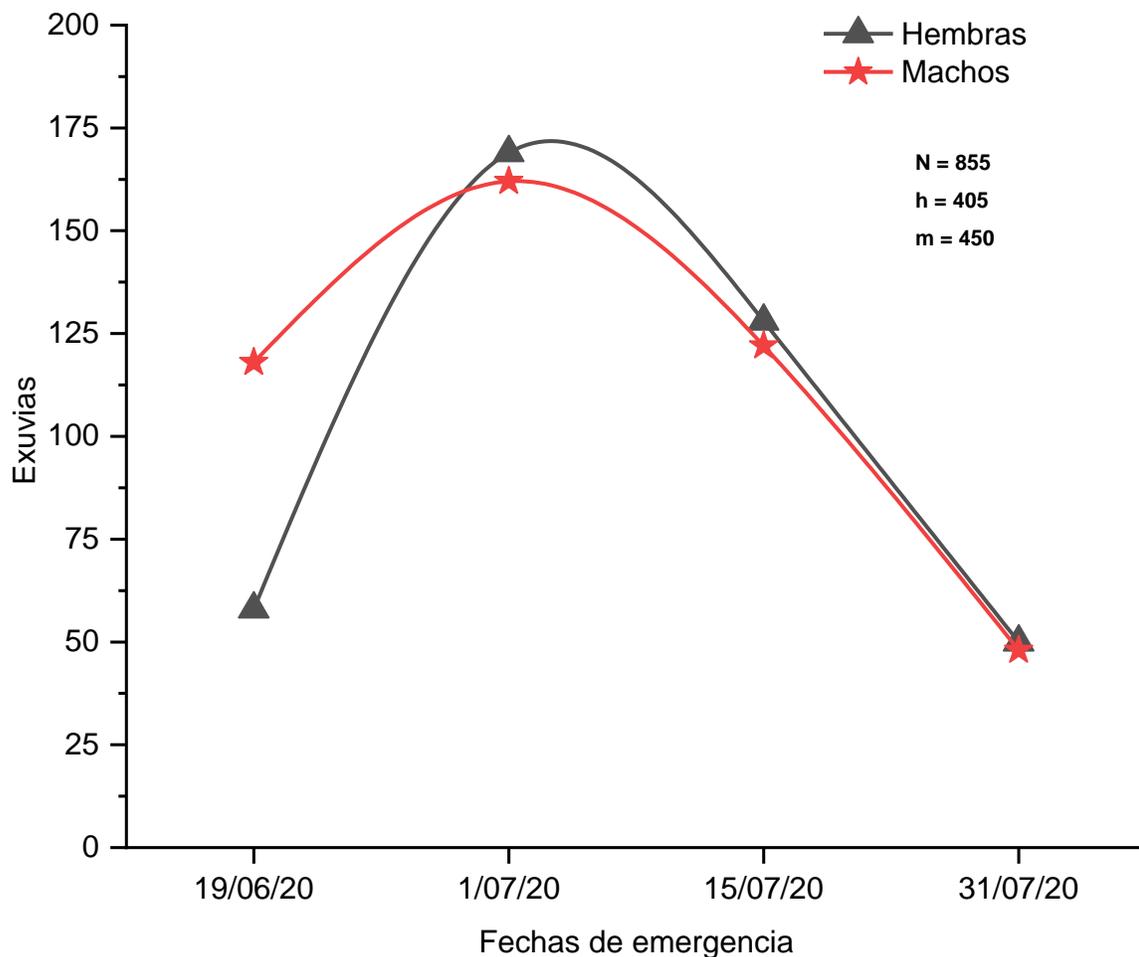
(31.7 y 32.8 °C, respectivamente). La temperatura mínima se encontró en el mes de diciembre (11.4 y 12.5°C, respectivamente). A partir de este punto, la temperatura comenzó a subir de nuevo, hasta alcanzar los 20°C en el mes de abril, justo antes del comienzo de las disecciones de las macetas. Por otro lado, la humedad volumétrica a los 15 y 40 cm de profundidad varió entre sí desde el mes de abril hasta el mes de diciembre. Después de este punto, ambos estratos se nivelaron, teniendo el valor mínimo el mes de febrero (11.3 y 13.8%, respectivamente). Cabe destacar que el valor máximo para la humedad a 15 cm se dio el mes de enero (27%), mientras que para los 40 cm se dio el mes de agosto (33.2%) (Figura 10).



**Figura 10.** Variaciones de la temperatura y la humedad en el suelo del vivero a diferentes profundidades (15 y 40 cm).

### 5.3 Fenología de emergencia de adultos y proporción sexual

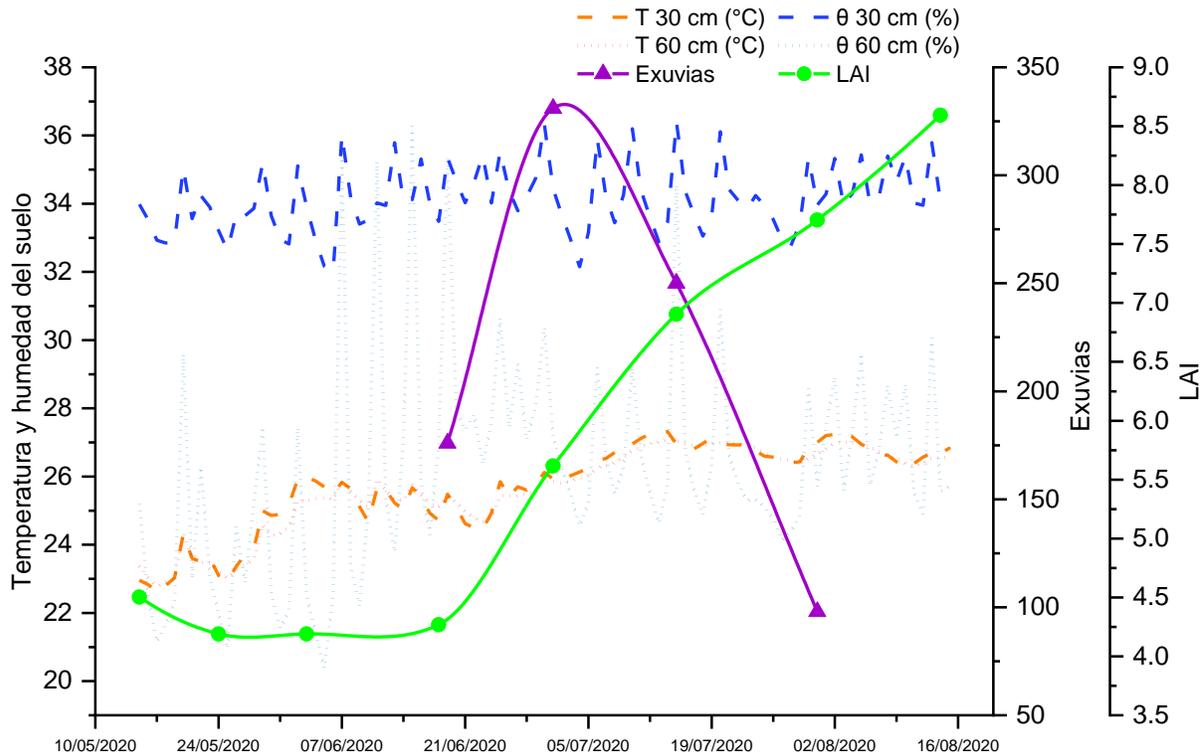
La emergencia de los adultos de *D. semicineta* comenzó con un número mayor de organismos machos con respecto a las hembras (n = 176, h = 58, m = 118;  $\chi^2 = 20.45$ ,  $p = 0.000$ ). Este patrón protándrico solo se observó en los primeros 15 días del periodo de emergencia. El punto máximo de emergencia se dio a los 30 días. Asimismo, se observó que la proporción sexual se equilibró a partir de este instante (n = 331, h = 169, m = 162;  $\chi^2 = 0.148$ ,  $p = 0.7$ ). Posteriormente, a los 45 días la cantidad de adultos que emergieron fue disminuyendo paulatinamente y, a su vez, la proporción sexual se mantuvo estable (n = 250, h = 128, m = 122;  $\chi^2 = 0.144$ ,  $p = 0.704$ ). A los 60 días de comenzada la emergencia, la cantidad de adultos disminuyó a su punto mínimo, y la proporción sexual se mantuvo equilibrada (n = 98, h = 50, m = 48;  $\chi^2 = 0.04$ ,  $p = 0.84$ ) (Figura 11). Al final, el periodo de emergencia de los adultos se prolongó durante dos meses. En total, se colectaron 855 exuvias, de las cuales 405 fueron hembras y 450 fueron machos. Cabe destacar que la proporción sexual total fue la esperada, 50:50 ( $\chi^2 = 2.368$ ,  $p = 0.124$ ).



**Figura 11.** Fenología de emergencia de *Diceroprocta semicineta* en espárrago en el municipio de Caborca, Sonora, México. N = total de exuvias colectadas, h = total de exuvias hembra, m = total de exuvias macho.

La temperatura del suelo a 30 cm de profundidad no difirió de la temperatura a 60 cm. El periodo de emergencia de los adultos comenzó cuando la temperatura en ambos estratos llegó a ~25°C. Además, las dos temperaturas aumentaron 2°C desde el primer mes de emergencia hasta que esta culminó. Por otro lado, la humedad a 30 cm de profundidad se mantuvo constante desde un mes previo al inicio del periodo de emergencia hasta 15 días después de que este terminó (33-36%). En este mismo periodo, la humedad a 60 cm varió de 24% hasta 34%.

Antes del periodo de emergencia, el LAI presentó un valor de 4.2. Cuando los adultos empezaron a salir, el LAI comenzó a crecer y este crecimiento continuó hasta alcanzar un valor de 8.6 dos semanas después de la culminación del periodo de emergencia (Figura 12).



**Figura 12.** Relación de la fenología de emergencia de adultos de *Diceroprocta semicineta* con la temperatura y humedad del suelo a distintas profundidades y el índice de área foliar (LAI).

#### 5.4 Distribución vertical y densidad poblacional

En total se cavaron 9 pozos en los cuales se encontraron 28 ninfas de *D. semicineta*. La densidad poblacional de esta especie en el campo de cultivo de espárrago es de 3.11 ninfas m<sup>-2</sup>.

Las ninfas de *D. semicineta* pueden encontrarse desde los 21 cm hasta los 50 cm de profundidad. Se encontró la mayor cantidad de ninfas en la capa que va de los 31-40 cm de profundidad, y la menor cantidad fue encontrada en la capa que va de los 21-30 cm (Tabla 1).

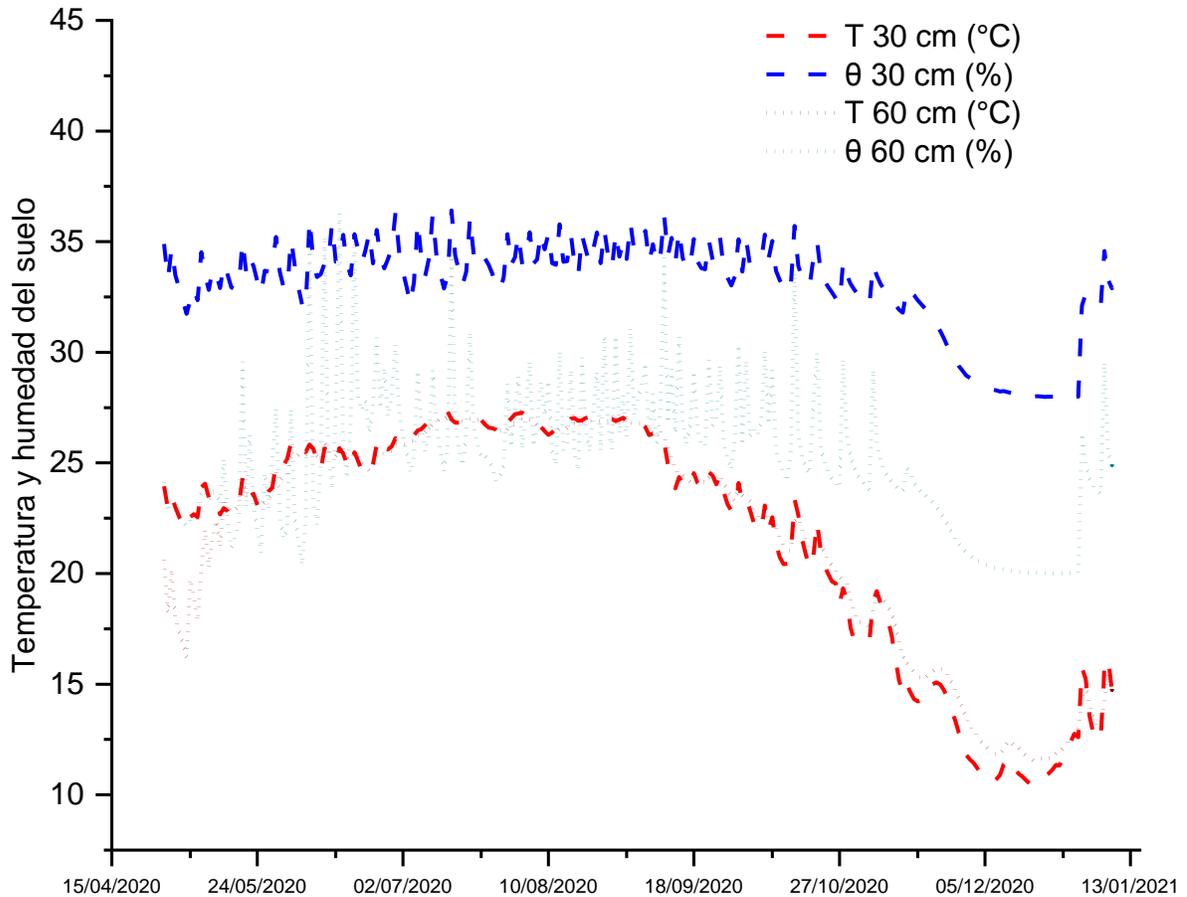
No se encontró ninguna ninfa en las capas superficiales (1-10 cm y 11-20 cm). Asimismo, tampoco se encontraron ninfas después de los 51 cm de profundidad.

**Tabla 1.** Capa del suelo preferida por las ninfas de *Diceroprocta semicineta*.

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Ninfas</b>	<b>Total de ninfas</b>
21-30	0 <sup>B</sup>	4
31-40	2 <sup>A</sup>	15
41-50	1 <sup>AB</sup>	9
<i>P&gt;H</i>	0.039	

Los valores son medianas de 9 réplicas. Las medianas con diferente superíndice son significativamente diferentes (U de Mann-Whitney = 0.05).

Durante el periodo de muestreo en el cultivo de espárrago la temperatura del suelo a 30 cm solo difirió de la temperatura a 60 cm a mediados del mes de mayo (22 y 16°C, respectivamente). A finales de este mismo mes, las dos temperaturas se encontraron alrededor de los 23°C. Estas alcanzaron sus máximos valores en el mes de julio (27°C) y comenzaron a disminuir a partir del mes de septiembre, presentando valores mínimos el mes de diciembre (11°C). Por otro lado, la humedad del suelo a 30 cm mostró valores poco variables (32-36%), excepto a mediados del mes de diciembre donde llegó a su punto mínimo (28%). Asimismo, la humedad a 60 cm de profundidad fue menos constante a través de todo el periodo (20-36%) (Figura 13).



**Figura 13.** Variaciones en la temperatura y la humedad del suelo a diferentes profundidades (30 y 60 cm).

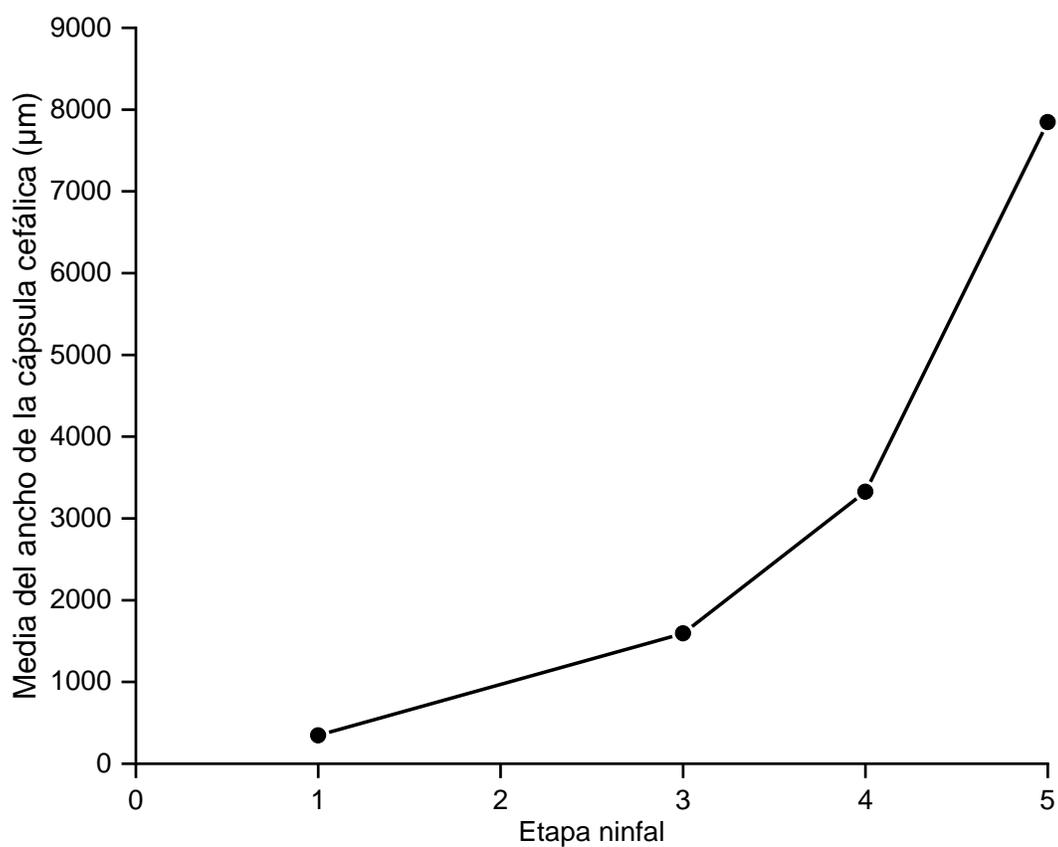
**5.5 Etapas de crecimiento de *D. semicineta***

En total se midió la cápsula cefálica de 83 ninfas, de las cuales 52 fueron obtenidas de la eclosión de huevecillos, 28 de los pozos excavados en el campo de espárrago y 3 encontradas en el suelo de plantas de espárrago en condiciones de vivero. Se identificaron organismos pertenecientes a 4 etapas distintas, cuyos rangos de medición no se superpusieron. La constante de Dyar obtenida entre la primera etapa y la siguiente fue de 4.61, mientras que las constantes siguientes fueron de 2.08 y 2.36 (Tabla 2).

**Tabla 2.** Medias y rangos de tamaño de la cápsula cefálica de las etapas ninfales de *Diceroprocta semicineta*.

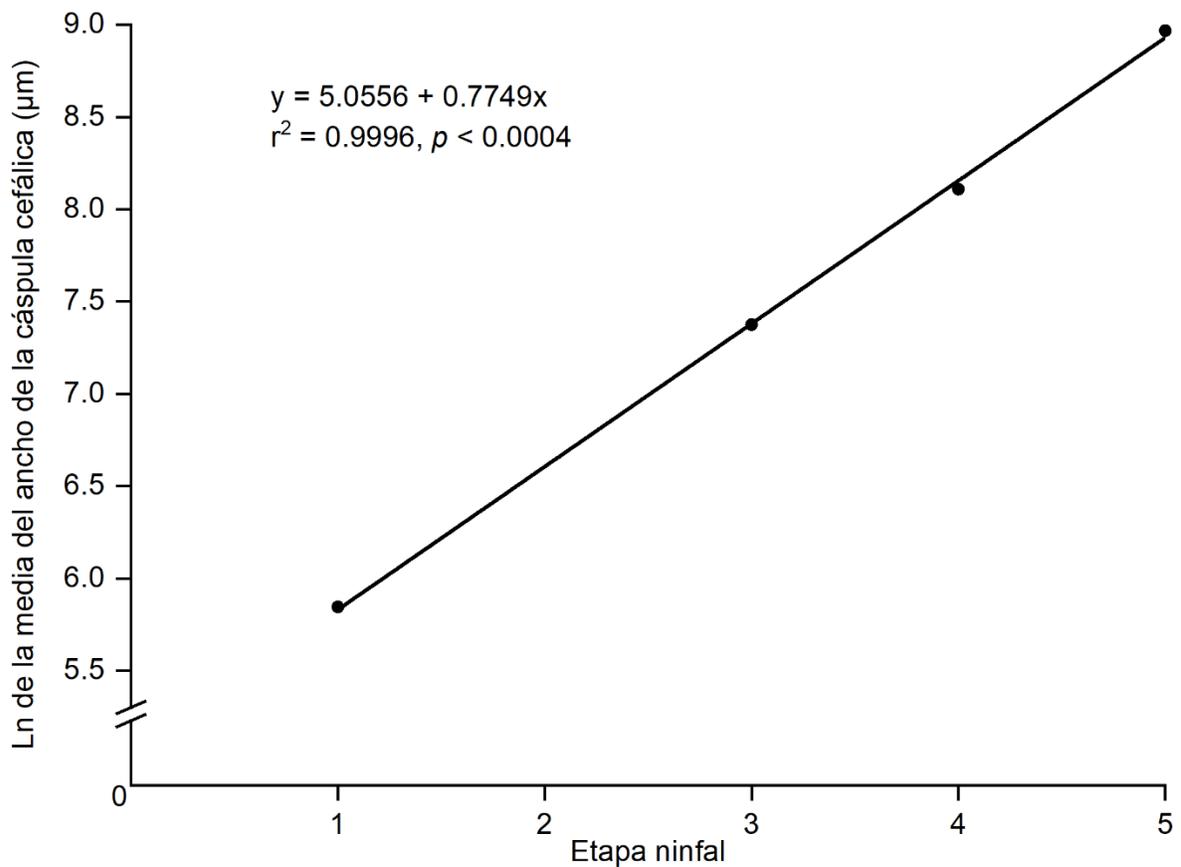
Etapa ninfal	Tamaño de muestra	Media $\pm$ DE (mm)	Rango de tamaño (mm)	Constante de Dyar
1	52	0.34 $\pm$ 0.03	0.26 – 0.35	
2	x	x	x	x
3	3	1.59 $\pm$ 0.05	1.54 – 1.60	4.61
4	10	3.32 $\pm$ 0.14	3.13 – 3.32	2.08
5	18	7.84 $\pm$ 0.31	7.32 – 7.93	2.36

Se puede observar que la progresión no es geométrica en las primeras dos etapas encontradas (indicativo de que una etapa se pasó por alto), mientras que las etapas siguientes presentan un crecimiento geométrico (Figura 14).

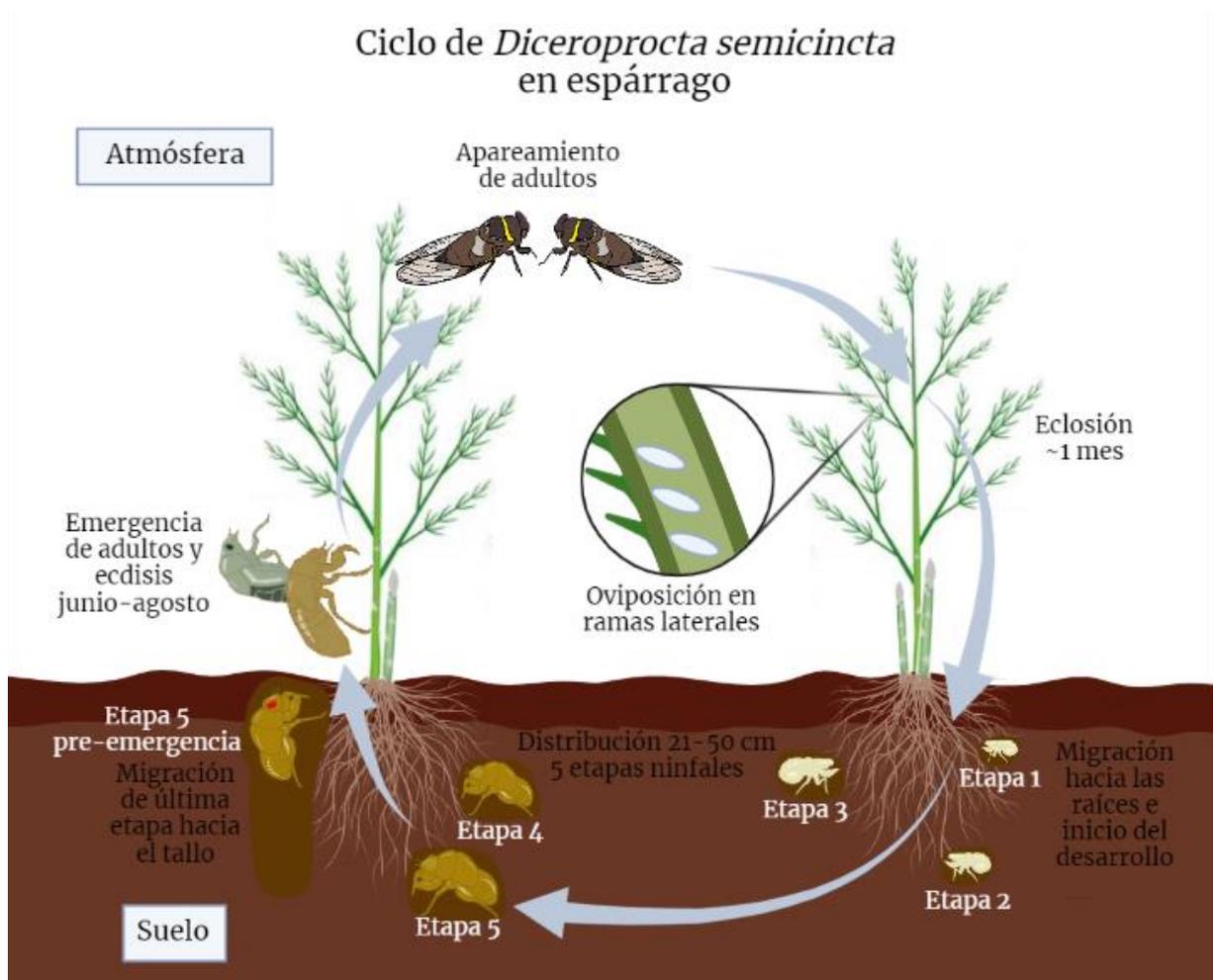


**Figura 14.** Relación entre la media del ancho de la cápsula cefálica y las etapas ninfales.

Al ajustar los datos de la media de la cápsula cefálica mediante logaritmo natural, la regresión lineal entre esta y las etapas ninfales, tomando en cuenta que existe una etapa la cual no fue encontrada, es significativa ( $p < 0.0004$ ,  $r^2 = 0.9996$ ) (Figura 15).



**Figura 15.** Regresión entre el logaritmo natural de la media del ancho de la cápsula cefálica y la etapa ninfal.



**Figura 16.** Ciclo de *Diceroprocta semicincta* en espárrago.

## VI. DISCUSIÓN

### 6.1 Sobrevivencia de huevecillos y ninfas de *D. semicincta*

Los insectos herbívoros seleccionan el hospedero para colocar sus huevecillos, principalmente por la calidad nutricional del alimento que este pueda ofrecer a la descendencia. La selección del sitio de oviposición determina la sobrevivencia de los insectos juveniles, lo que a su vez tiene gran importancia en la dinámica de la población (Bovill *et al.*, 2013). En este trabajo se obtuvo un porcentaje de eclosión del 36.67% al haber expuesto los huevecillos a condiciones de temperatura controladas de 18.9°C y después de cambiarlos a las condiciones ambientales de la zona ( $T = 34.2^{\circ}\text{C}$ ). Diferentes trabajos se han llevado a cabo con los huevos de diferentes especies de insectos, demostrando que la eclosión de estos se puede deber a condiciones ambientales (Bovill *et al.* 2013; Johnson *et al.* 2010), o bien, a la calidad del alimento ingerido por la progenitora (Geister *et al.*, 2008). Debido a que las ninfas de Cicadidae no se desplazan largas distancias para encontrar el sitio adecuado para su crecimiento, la zona de oviposición es de vital importancia para la sobrevivencia de los juveniles (Karban, 1984).

A pesar de que las condiciones de temperatura para lograr la eclosión de los huevecillos fueron variables, siendo una de estas dos condiciones muy diferente a la otra (18.9°C y 34.2°C), la eclosión se presentó relativamente temprano (28 días). Algo similar a lo presentado por Hou *et al.* (2015), en este trabajo los huevecillos se colocaron a una temperatura de 8°C por dos meses, para posteriormente ser cambiadas a temperatura ambiente. Además, la humedad se mantuvo constante desde la colecta hasta la eclosión debido a que las placas de Petri en las que se colocaron los huevecillos se encontraban saturadas de humedad. Lo contrastable aquí es que eclosión de *Meimuna mongolica* comenzó 8 meses después. Asimismo, se ha demostrado que dependiendo de la especie de cícada, el desarrollo del huevecillo hasta la eclosión, a temperatura ambiente, puede variar significativamente (Tabla 3). Estas diferencias en el tiempo de desarrollo podrían deberse a una combinación de las condiciones a las que se encuentran sujetos los huevecillos y a las características intrínsecas de cada una de las especies.

**Tabla 3.** Tiempo requerido para el comienzo del periodo de eclosión de huevecillos de algunas especies de la familia Cicadidae.

<b>Especie</b>	<b>Hospedero</b>	<b>Tiempo requerido para la eclosión de huevecillos</b>	<b>Clima</b>	<b>Referencia</b>
<i>Diceroprocta semicineta</i>	<i>Asparagus officinalis</i>	28 días	Muy árido cálido	Dojaque <i>et al.</i> (2021)
<i>Meimuna mongolica</i>	<i>Pinus tabuliformis</i> , <i>Populus tormentosa</i> , <i>Pyrus xerophila</i>	8 meses	Semiárido y propenso a la sequía	Hou <i>et al.</i> (2015)
<i>Cicadatra persica</i>	<i>Malus</i> sp.	40 días	Mediterráneo seco	Dardar <i>et al.</i> (2012)
<i>Mogannia minuta</i>	<i>Saccharum officinarum</i>	40 días	Subtropical	Azuma y Yamauchi (1971)
<i>Magiccada</i> spp.	Varios	6-10 semanas	Varios	Williams y Simon (1995)
<i>Kikihia muta</i>	Varios	5 meses	Templado	Cumber (1952)
<i>Amphipsalta cingulata</i>	Varios	4-7 meses	Templado	Harford (1958)
<i>Amphisalta zelandica</i>	<i>Actinidia deliciosa</i>	100-326 días	Templado	Logan <i>et al.</i> (2014)
<i>Cryptotympana atrata</i>	Varios	260-345 días	Templado	Hu <i>et al.</i> (1990)

La mortalidad de las ninfas de *D. semicincta* que se colocaron en macetas con espárragos fue muy alta (99%). Porcentajes tan elevados en la mortalidad de chicharras se observaron en otros trabajos (Ito y Nagamine, 1981; Karban, 1984). Se observó que después de colocar a las ninfas de *D. semicincta* en la parte superior de las macetas, las ninfas eran depredadas por hormigas. Esto fue similar a lo observado por Ito y Nagamine (1981), en la investigación realizada en la especie *Mogannia minuta* un factor de mortalidad importante para las ninfas de primera etapa fue la depredación por hormigas y arañas. Asimismo, otro factor de mortalidad importante pudo ser la falta de capacidad de las ninfas para construir celdas y comenzar a alimentarse de la raíz de la planta (Logan *et al.*, 2014). Se ha observado que la mortalidad de las chicharras disminuye considerablemente después de que estas se establecen en el suelo y comienzan el desarrollo ninfal (Ito y Nagamine, 1981; Karban, 1984).

Aunque se observó que la humedad del suelo en las macetas disminuyó el mes de febrero, es poco probable que este haya sido un factor determinante en la mortalidad de las ninfas, debido a que las chicharras juveniles utilizan el exceso de agua que les proporciona el xilema como medio para mantener la humedad en las celdas de alimentación (White and Strehl, 1978).

## **6.2 Fenología de emergencia y proporción sexual**

La fenología de crecimiento y emergencia de un insecto es de suma importancia para determinar la sobrevivencia y el éxito reproductivo de la especie. Asimismo, la sincronización en la emergencia de los adultos hembras y machos es decisiva a la hora de encontrar una pareja sexual (Thiéry *et al.*, 2014). Por otra parte, conocer la prolongación del periodo de emergencia de una especie es de suma importancia para desarrollar un sistema de técnicas para el control de la población de este organismo (Dardar *et al.*, 2012).

La duración del periodo de emergencia de *D. semicincta* se prolongó alrededor de 8 semanas en el campo de espárrago. Este periodo puede ser variable en las especies de la familia Cicadidae. Williams y Simon (1995) señalaron una duración similar en el periodo de emergencia de las especies del género *Magicicada*, la cual se prolongó por 2 meses. Por otro lado, Dardar *et al.* (2012) determinaron que el periodo de emergencia de los adultos de la especie *Cicadatra persica* tenía una duración de 5 semanas. Igualmente, Hou *et al.* (2015) observaron que la

especie *Meimuna mongolica*, tenía un periodo de emergencia de 6 semanas. El periodo de emergencia de otras especies de chicharras se puede prolongar por más tiempo. En el caso de la especie *Amphipsalta cingulata* el periodo tuvo una prolongación de 3 meses (Harford, 1958), y el periodo para la especie *Kikihia muta* tuvo una extensión de 5 meses (Cumber, 1952). En el caso de la cícada *D. apache*, el periodo de emergencia comienza a principios de junio y se prolonga hasta finales de agosto, durando alrededor de 2 meses. En este caso, un solo pico de emergencia de los adultos se da a finales de julio (Glinski y Ohmart, 1984).

El patrón protándrico puede aumentar la posibilidad de copular por parte de los machos, lo que se traduce en un mayor éxito reproductivo y la posibilidad de dejar descendencia (Thiéry *et al.*, 2014; Hou *et al.*, 2015). Se puede observar que *D. semicincta* presenta un patrón protándrico, el cual ha sido reportado para otras especies de chicharras (Logan *et al.*, 2014; Hou *et al.*, 2015).

En el campo de espárrago se pudo observar un solo pico de emergencia de las chicharras adultas. Similar a lo obtenido para esta especie, Dardar *et al.* (2012) observaron un solo pico de emergencia de la especie *Cicadatra persica* en huertos de manzana. Asimismo, Hou *et al.* (2015) determinaron que dependiendo de la especie a la que perteneciera el hospedero y del año, el patrón de emergencia de la chicharra *Meimuna mongolica* podía variar, teniendo entre uno y dos picos de emergencia (un pico para *Pinus tabuliformis* en 2013 y 2014 y para *Populus tormentosa* en 2014; dos picos para *Populus tormentosa* en 2013).

Debido a que *D. semicincta* se encuentra asociada a la vegetación nativa de la zona, sería interesante observar si existen diferencias entre la emergencia reportada para el cultivo de espárrago con respecto a lo que podría observarse en la vegetación adyacente, la cual es del tipo mezquital.

Se ha determinado que el inicio del periodo de emergencia de las chicharras se encuentra relacionado con una temperatura crítica alcanzada por el suelo, la cual, al salir el organismo hacia la parte aérea, es muy parecida a su temperatura corporal (Heat, 1968). El periodo de emergencia de *D. semicincta* comenzó cuando la temperatura del suelo alcanzó alrededor de los 25°C, por lo que se puede definir a esta como la temperatura crítica a la cual las ninfas de última etapa comienzan a surgir para convertirse en adultos. Esta temperatura se alcanzó en el mes de

junio, días antes del inicio del verano. De igual manera, se ha observado que la emergencia en verano de *Cryptotympana facialis* y *Graptopsaltria nigrofuscata* se encuentra relacionada con la temperatura a finales de primavera (Sato y Sato, 2015). Por otro lado, se observó que la humedad a los 30 y 60 cm de profundidad no varió considerablemente antes y durante el periodo de emergencia, por lo tanto, esta no es determinante para la salida de los adultos.

Karban *et al.* (2000) argumentaron que algunos insectos reaccionan al menos de tres maneras a los termofotoperiodos de las plantas con las que se encuentran relacionados. Estas son: a) advirtiendo cada ciclo con un reloj biológico; b) registrando cada ciclo; c) conectando el registro de ciclos a las rutas neuroendócrinas para que exista una respuesta. En este trabajo se puede observar que el LAI se encontraba bajo al inicio del periodo de emergencia de los adultos de *D. semicineta*, y que con el paso del tiempo comenzó a crecer. Por lo tanto, es factible pensar que este aumento en la productividad del espárrago influyó en el mecanismo mediante el cual las ninfas de última etapa reconocieron que era tiempo de emerger y convertirse en adultos. Aunque esta idea es posible, es recomendable realizar más investigaciones que involucren el ciclo de *D. semicineta* y al ciclo del espárrago.

### **6.3 Distribución vertical y densidad poblacional**

La mayor cantidad de ninfas de *D. semicineta* se encontraron en la capa de suelo de 31 a 40 cm, aunque se pueden encontrar de los 21 hasta los 50 cm. Se observó que la temperatura a 30 y 60 cm de profundidad no fue muy diferente una de la otra, por lo tanto, no encontrar especímenes más allá de los 50 cm puede estar relacionado con el gasto energético que involucraría migrar más profundamente y el poco beneficio que este les traería a los juveniles. Además, la humedad fue menos variable a los 30 cm de profundidad punto en el cual se encuentra la mayor cantidad de raíces del espárrago (Drost, 1997), por lo tanto, se puede deducir que esta es la razón por la que *D. semicineta* se encuentra mayormente en la profundidad antes mencionada.

A diferencia de otras especies, más allá de los 50 cm no se advirtió la presencia de ningún organismo. Los rangos de profundidad en los cuales se pueden encontrar los organismos de la familia Cicadidae puede variar dependiendo de la especie, encontrándose algunas en zonas someras. Los juveniles de la especie *Platypleura kaempferi* suelen encontrarse entre los 10 cm

y 30 cm de profundidad bajo huertos de níspero (Uematsu y Onogi, 1980). Por otro lado, las ninfas de *Magicicada septendecim* se pueden encontrar desde los 7.6 cm hasta los 45 cm de profundidad, aunque la mayor parte se encuentran entre los 7.6 cm y los 22.5 cm en huertos de manzana (Maier, 1980). Asimismo, las especies *Meimuna mongolica* y *Cicadetta calliope* se pueden encontrar mayormente entre los 21-30 cm y 30-50 cm respectivamente, aunque la primera se puede distribuir hasta los 60 cm de profundidad (Smith y Hasiotis, 2008; Hou *et al.*, 2015). Por otro lado, las especies de los géneros *Okagana*, *Platypedia* y *Tibicen* se pueden encontrar en rangos de profundidad más grandes que van de los 15 cm hasta los 127 cm debajo del suelo, distribuyéndose mayormente entre los 30 cm y 100 cm de profundidad. Aquí, la observación de organismos a un nivel tan bajo en el suelo puede deberse a que las ninfas migran hacia lo profundo para evitar el frío del invierno (Hugie y Passey, 1963).

La densidad poblacional de las chicharras varía dependiendo de ciertos factores como son: etapa de crecimiento (Karban, 1984), hospedero del cual se encuentra alimentándose el insecto (Maier, 1980; Ito y Nagamine, 1981; Patterson *et al.*, 1997; Hou *et al.*, 2015) y de perturbaciones en el hábitat de la cícada (Pons, 2015). Una densidad poblacional de 3.11 ninfas m<sup>-2</sup> de la especie *D. semicincta* representa un valor muy bajo en el número de individuos por área si se compara con organismos de otras especies. Comúnmente, la especie *Magicicada septendecim* se caracteriza por presentar una densidad poblacional elevada en las zonas en las que se encuentra, y esta varía dependiendo del hospedero (0 – 57 ninfas m<sup>-2</sup> en huertos de manzana y 13 – 22 ninfas m<sup>-2</sup> en bosque) (Maier, 1980). Otra especie que ha presentado diferencias en la densidad poblacional siendo dependiente del hospedero es *Meimuna mongolica*, la cual presentó valores de 3.5 ninfas m<sup>-2</sup>, 12.67 ninfas m<sup>-2</sup> y 26.5 ninfas m<sup>-2</sup> en *Pinus tabuliformis*, *Populus tormentosa* y *Pyrus xerophila* respectivamente (Hou *et al.*, 2015). Por otro lado, especies como *Platypleura kaempferi* se caracteriza por presentar una densidad poblacional elevada, la cual es de 32.2 ninfas m<sup>-2</sup> en huertos de níspero. Asimismo, la perturbación por fuego puede disminuir la densidad poblacional de los adultos, esto se observó en *Cicada orni*, de la cual redujo su población de 18 a 3.6 adultos m<sup>-2</sup>. Además, se ha documentado que la densidad poblacional de estos insectos fluctúa de año en año (Cumber, 1952; Ito y Nagamine, 1981).

Cabe destacar que una densidad poblacional tan baja para la especie *D. semicincta* puede deberse a las distintas sustancias que se usan como método de control para la población en el

campo de espárrago El Cachanilla, como son: mezcla de detergente con aceite de soya para eliminar a los organismos adultos (Ing. Raymundo Miranda, comunicación especial).

#### **6.4 Etapas de crecimiento de *D. semicincta***

Las etapas de crecimiento de las especies de chicharras han sido investigadas por distintos autores. Comúnmente se ha encontrado que estos organismos pasan por 5 etapas ninfales, aunque también se han encontrado especies con 4 etapas. Hu *et al.* (1990) determinaron que la especie *Cryptotympana atrata* tiene 4 etapas en el periodo juvenil. Por otro lado, *Meimuna mongolica*, *Mogannia minuta*, *Kikihia muta*, *Diceroprocta apache*, *Dorisiana drewseni*, *Dorisiana viridis*, *Fidicina mannifera*, *Fidicinoides pronoe* y *Carineta fasciculata* se caracterizan por tener 5 etapas ninfales (Cumber, 1952; Hayashi, 1976; Ellingson *et al.*, 2002; Maccagnan y Martinelli, 2011; Hou *et al.*, 2015).

Debido a que la proporción observada entre la primera etapa de crecimiento y la siguiente es considerablemente más grande, esta rompe con el patrón observado para la proporción de las etapas siguientes y, por lo tanto, se debe considerar que se pasó por alto la segunda etapa de crecimiento ninfal de la especie (Gaines y Campbell, 1935). Por lo tanto, las 4 etapas de crecimiento observadas en este trabajo no determinan el número de etapas ninfales por las que pasa la *D. semicincta*.

El factor por el cual no se encontraron ninfas de segunda etapa puede ser el tamaño diminuto de estas. Asimismo, ya se ha demostrado que el tamaño pequeño de las primeras etapas de crecimiento puede ser un causante de que estas no sean encontradas en los muestreos. Hou *et al.* (2015) refutó la idea de Li y Wei (2013) de que la especie *Meimuna mongolica* tiene 4 etapas ninfales, y se determinó que realmente esta especie pasa por 5 etapas ninfales. Aquí se argumentó que el tamaño de las ninfas de primera y segunda etapa causó que la primera haya sido pasada por alto y no haya sido observada en los muestreos. Por lo tanto, se puede determinar que la especie *D. semicincta* pasa por 5 etapas ninfales antes de convertirse en adulto. Es plausible hacer esta aseveración si se toma en cuenta que la especie del mismo género *D. apache* tiene 5 etapas ninfales durante su desarrollo, los cuales presentan tamaños análogos en el ancho de la cápsula cefálica (Ellingson *et al.*, 2002).

## VII. CONCLUSIÓN

- Los análisis moleculares confirmaron la asignación taxonómica de la especie de estudio.
- La eclosión de huevos de *D. semicincta* se produce relativamente temprano comparado con lo que sucede en otras especies de Cicadidae.
- Confirmando lo observado en organismos de la familia Cicadidae, la mortalidad de ninfas de *D. semicincta* es muy elevada.
- La emergencia de adultos de *D. semicincta* comenzó el mes de junio cuando la temperatura del suelo alcanzó un nivel crítico. La proporción sexual se encuentra equilibrada, aunque tienden a emerger primero los machos.
- Existe un patrón específico en la fenología de emergencia de los adultos en el campo de espárrago, el cual puede estar relacionado con el hospedero.
- La temperatura a distintas profundidades en el suelo no varió mucho, por lo tanto, se puede argumentar que este no es un factor determinante para la distribución de los organismos en el campo de espárrago. Por otra parte, las ninfas se encontraron principalmente en la capa del suelo que presenta la mayor cantidad de raíces, lo que puede indicar que la distribución vertical de *D. semicincta* en el campo de espárrago está relacionada con el sistema radicular del hospedero.
- Después de aplicar la regla de Dyar, se determinó que la especie *D. semicincta* tiene cinco etapas de desarrollo ninfal.
- Finalmente, determinar las características de *D. semicincta* en los campos de espárrago sienta las bases para el mejoramiento de métodos efectivos para el control de la plaga.

## VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a futuros investigadores:

Realizar observaciones directamente en campo para dar seguimiento a los huevecillos a partir de la oviposición hasta la eclosión, con la finalidad de determinar el tiempo requerido para el inicio de la eclosión en estado natural. Además, de esta manera se podría obtener un porcentaje de eclosión bajo las condiciones reales en las que se encuentra la especie *Diceroprocta semicincta*.

Observar cómo se comporta la fenología de emergencia y la distribución vertical del organismo en la vegetación natural de la zona. Esto con la finalidad de determinar posibles comportamientos diferentes y sus posibles causas. Asimismo, sería oportuno realizar futuros monitoreos para determinar si la densidad poblacional es constante o algo puntual para el hospedero.

## IX. LITERATURA CITADA

- Ashgar, U., M. F. Malik, F. Anwar, A. Javed, A. Raza. 2015. DNA extraction from insects by using different techniques. A review. *Advances in Entomology* 3: 132-138.
- Azuma, S. y S. Yamauchi. 1971. Ecological notes on the cicada, *Mogannia iwasaki* Matsumura. *Okinawa Nôgyô (Agriculture Okinawa)* 10: 16-20.
- Bouwer, N., J. M. Midgley, A. E. Timm, M. H. Villet. 2014. Successful identification of the final instar nymph of *Quintilia carinata* (Thunberg) (Hemiptera: Cicadidae) by DNA extraction from the exuvium. *Journal of Natural History* 48 (15-16): 937-943.
- Bovill, W. D., B. J. Downes, J. Lancaster. 2013. A test of the preference-performance hypothesis with stream insects: selective oviposition affects the hatching success of caddisfly eggs. *Freshwater Biology* 58: 2287-2298. <https://doi.org/10.1111/fwb.12209>.
- Campbell, A. M., Lawrence A. J., Hudspath C. B., Gruwell E. 2014. Molecular identification of Diaspididae and elucidation of non-native species using the genes 28s and 16s. *Insects* 5: 528-538.
- Cazado L. E., G. A. Van Nieuwenhove, C. W. O'Brien, G. A. Gastaminza, M. G. Murúa. 2014. Determination of number of instars of *Rhyssomatus subtilis* (Coleoptera: Curculionidae) based on head capsule widths. *Florida Entomologist* 97 (2): 639-643.
- CESAVE. 2017. Manejo fitosanitario de hortalizas. Primer informe mensual. Enero 2017.
- Changbunjong, T., J. Ruangsittichai, G. Duvallet, A. C. Pont. 2020. Molecular identification and geometric morphometric análisis of *Haematobosca aberrans* (Diptera: Muscidae). *Insects* 15 (451).
- Chen, J. M., P. M. Rich, S. T. Gower, J. M. Norman, S. Plummer. 1997. Leaf area index of boreal forests: Theory, techniques, and measurements. *Journal of Geophysical Research* 102 (D24): 29423-29443.
- Clay, K., A. L. Shelton, C. Winkle. 2009. Differential susceptibility of tree species to oviposition by periodical cicadas. *Ecological Entomology* 34: 277-286. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2008.01071.x>.
- CONAGUA. 2020. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>. Consultado el 12 de febrero de 2020.
- Cumber, R. A. 1952. Notes on the biology of *Melampsalta cruentata* Fabricius (Hemiptera-Homoptera: Cicadidae), with special reference to the nymphal stages. *Transactions of the Entomological Society of London* 103: 219-237. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1952.tb01065.x>.
- Curtis, H., S. Barnes, A. Schnek, A. Massarini. 2008. *Biología*. 7ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Dardar, M. A., H. M. R. Belal, A. M. Basheer. 2012. Observations on some biological aspects of *Cicadatra persica* (Cicadidae:Hemiptera) in apple fruit orchards in Erneh, Syria. *Journal of Entomological and Acarological Research* 4 (3): 56-59.

<https://doi.org/10.4081/jear.2012.e12>.

- Davis, W. T. 1942. Notes on Cicadas with descriptions of new species. *Journal of the New York Entomological Society* 50: 169-187.
- Drost, D. T. 1997. Irrigation effects on asparagus root distribution. In IX International Asparagus Symposium 479: 283-288.
- Dyar, H. G. 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche* 5: 420–422.
- Dybas, H. S., D. D. Davis. 1962. A population census of seventeen-year periodical cicadas (Homoptera: Cicadidae: Magicicada). *Ecology* 43 (3): 432-444.
- Ellingson, A. R., D. C. Andersen, B. C. Kondratieff. 2002. Observation of the larval stages of *Diceroprocta apache* Davis (Homoptera: Tibicinidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 75 (4): 283-289.
- Feller, C., E. Richter, T. Smolders, A. Wichura. 2012. Phenological growth stages of edible asparagus (*Asparagus officinalis*): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of applied biology* 160 (2): 174-180.
- Flores-Padilla, M. J. 2020. Tamaño de la partícula y la disponibilidad de agua de tres clases texturales de suelos en Sonora. Tesis Profesional. Licenciatura en Física, Universidad de Sonora. 113p.
- Gaines, J. C. y F. L. Campbell. 1935. Dyar's rule as related to the number of instars of the corn ear worm, *Heliothis obsoleta* (Fab.), collected in the field. *Annals Entomological Society of America* 28: 445-461. <https://doi.org/10.1093/aesa/28.4.445>.
- Geister, T. L., M. W. Lorenz, K. H. Hoffmann, K. Fischer. 2008. Adult nutrition and butterfly fitness: effects of diet quality on reproductive output, egg composition, and hatching success. *Frontiers in Zoology* 5 (10). <https://doi.org/10.1186/1742-9994-5-10>.
- Glinski, R. L., y R. D. Ohmart. 1984. Factors of reproduction and population densities in the apache cicada (*Diceroprocta apache*). *The Southwestern Naturalist* 29 (1); 73-79. <https://doi.org/10.2307/3670771>.
- Graf, B., H. U. Höpli, H. Höhn. 1999. The smaller fruit tortrix, *Grapholita lobarzewskii*: predicting the phenology of adult emergence. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 93: 299-304. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1999.00590.x>.
- Gullan, P. J. y P. S. Cranston. 2010. *The insects: an outline of entomology*. John Wiley & Sons. Cuarta edición. Reino Unido.
- Harford, B. 1958. Observation of some habits and early development of *Melampsalta cingulata* (Fabr.) order Hemiptera. Family Cicadidae. *New Zealand Entomologist* 2: 4-11. <https://doi.org/10.1080/00779962.1958.9722753>.
- Harris, M. K. 1976. Pecan Weevil adult emergence, onset of oviposition and larval emergence from nut as affected by the phenology of the pecan. *Journal of Economic Entomology* 6 (2): 167-170.
- Hayashi, M. 1976. Description of the nymphs of *Mogannia minuta* Matsumura (Homoptera, Cicadidae), a pest of sugarcane in the Ryukyus. *Kontyû* 44 (2): 142–149.

- Heat, J. E. 1968. Thermal synchronization of emergence in periodical “17-year” Cicadas (Homoptera, Cicadidae, Magicicada). *The American Midland Naturalist* 80 (2): 440-448. <https://doi.org/10.2307/2423537>.
- Hou, Z., Q. Li, M. Yang, Y. Liu, C. Wei. 2015. Ecology of *Meimuna mongolica* (Hemiptera: Cicadidae) nymphs: instars, morphological variation, vertical distribution and population density, host-plant selection, and emergence phenology. *Journal of Insect Science* 15 (1). <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev031>.
- Hu, Z. L., C. X. Han, D. X. Shi, Z. T. Dong, Y. M. Liu. 1990. A preliminary observation on the biological habitat of *Cryptotympana atrata*. *Shaanxi Forest Science and Technology* 3: 43-48.
- Hugie, V. K. y H. B. Passey. 1963. Cicadas and their effect upon soil genesis in certain soils in southern Idaho, northern Utah, and northeastern Nevada. *Soil Science Society of America Journal* 27 (1): 78-82. <https://doi.org/10.2136/sssaj1963.03615995002700010027x>.
- Hunt, G. J. 1997. Insect DNA extraction protocol. Págs: 21-24. En: Micheli, M. R. y R. Bova (eds). *Fingerprinting methods based on arbitrarily primed PCR*. Italia.
- INIFAP. 2017. *Agenda técnica agrícola de Sonora*. Ciudad de México.
- Ito, Y., M. Nagamine. 1981. Why a cicada, *Mogannia minuta* Matsumura, became a pest of sugarcane: an hypothesis based on the theory of ‘escape’. *Ecological Entomology* 6: 273-283. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1981.tb00614.x>.
- Jalali, S. K., R. Ojha, T. Venkatesan. 2015. DNA barcoding for identification of agriculturally important insects. In *New Horizons in Insect Science: Towards Sustainable Pest Management* (pp. 13-23). Springer. New Delhi.
- Johnson, S. N., P. J. Gregory, J. W. McNicol, Y. Oodally, X. Zhang, P. J. Murray. 2010. Effects of soil conditions and drought on egg hatching and larval survival of the clover root weevil (*Sitona Lepidus*). *Applied Soil Ecology* 44: 75-79. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.10.002>.
- Junta Local de Sanidad Vegetal de Caborca. 2017. *Manejo Fitosanitario de Hortalizas. Chicharra del Espárrago*. <http://jlsvcaborca.org.mx/index.php/chicharra-del-esparrago>. Actualizado en 2019. Sonora, México.
- Karban, R. 1980. Periodical cicada nymphs impose periodical oak tree wood accumulation. *Nature* 287: 326-327. <https://doi.org/10.1038/287326a0>.
- Karban, R. 1984. Opposite density effects of nymphal and adult mortality for periodical cicadas. *Ecology* 65 (5): 1656-1661. <https://doi.org/10.2307/1939144>.
- Karban, R., C. A. Black, S. A. Weinbaum. 2000. How 17-year cicadas keep track of time. *Ecology Letters* 3 (4), 253-256. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00164.x>.
- Li, Q. L., y C. Wei. 2013. Antennal morphology of the cicada *Meimuna mongolica* (Distant) (Hemiptera: Cicadidae), with a deduction of its nymphal instars and discussion of the antennal morphological variations in relation to niche changes. *Entomotaxonomia* 35: 81-94.

- Lloyd, M. y J. White. 1987. Xylem feeding by periodical cicada nymphs on pine and grass roots, with novel suggestions for pest control in conifer plantations and orchards. *Ohio Journal of Science* 87 (3): 50-54.
- Logan, D. 2006. Nymphal development and lifecycle length of *Kikihia ochrina* (Walker) (Homoptera: Cicadidae). *The Weta* 31: 19-22.
- Logan, D. P., C. A. Rowe, B. J. Maher. 2014. Life history of chorus cicada, an endemic pest of kiwifruit (Cicadidae: Homoptera). *New Zealand Entomologist* 37 (2): 96-106. <https://doi.org/10.1080/00779962.2014.897302>.
- Maccagnan, D. H. B., y N.M. Martinelli. 2011. Description and key to the fifth-instars of some Cicadas (Hemiptera: Cicadidae) associated with coffee plants in Brazil. *Neotropical Entomology* 40 (4), 445-451. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000400006>.
- Maes, J. M., M. Moulds, A. F. Sanborn. 2012. Cicadidae (Homoptera) de Nicaragua: catálogo ilustrado, incluyendo especies exóticas del Museo Entomológico de León. *Revista Nicaragüense Entomología* 72 (Suplemento 2): 1-138.
- Maier, C. T. 1980. A mole's-eye view of seventeen-year periodical cicada nymphs, *Magicicada septendecim* (Hemiptera: Homoptera: Cicadidae). *Annals of the Entomological Society of America* 73 (2): 147-152. <https://doi.org/10.1093/aesa/73.2.147>.
- Marshall, D. C., M. Moulds, K. B. R. Hill, B. W. Price, E. J. Wade, C. L. Owen, G. Geomans, K. Marathe, V. Sarkar, J. R. Cooley, A. F. Sanborn, K. Kunte, M. H. Villet, C. Simon. 2018. A molecular phylogeny of the cicadas (Hemiptera: Cicadidae) with a review of tribe and subfamily classification. *Zootaxa* 4424 (1): 1-64.
- Masclef, A. 1893. Atlas des plantes de France: Utiles, nuisibles et ornementales. Bookseller Inventory. 367 pp.
- Moriyama, M. y H. Numata. 2009. Comparison of cold tolerance in eggs of two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofusca*, in relation to climate warming. *Entomological Science* 12: 162-170. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8298.2009.00318.x>.
- Navarro, A. J. A. y C. A. López. 2002. Tecnología para el manejo del espárrago en el noroeste de Sonora. INIFAP. CIRNO. CECAB. Publicación Técnica (6) 1.
- Panzavolta, T. 2007. Instar determination for *Pissodes castaneus* (Coleoptera: Curculionidae) using head capsule widths and lengths. *Environmental Entomology* 36 (5): 1054-1058.
- Patterson, I. J., G. Massei, P. Genov. 1997. The density of cicadas *Cicada orni* in Mediterranean coastal habitats. *Italian Journal of Zoology* 64: 141-146. <https://doi.org/10.1080/11250009709356187>.
- Payán-Arzapalo, M. A., A. Castañeda-Vildózola, J. Valdéz-Carrasco, L. Emiliano-Cazado, L. E. Castillo-Márquez. 2015. Determinación de estadios larvarios de *Conotrachelus peseae* Barber (Coleoptera: Curculionidae). *Southwestern Entomologist* 40 (3): 581-588.
- Ponge, J. F. 2000. Vertical distribution of Collembola (Hexapoda) and their food resources in organic horizons of beech forests. *Biology and fertility of soils* 32 (6): 508-522.
- Pons, P. 2015. Delayed effects of fire and logging on cicada nymph abundance. *Journal of*

- Insect Conservation 19: 601-606. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9781-6>.
- Porter, E. F. 1938. Why do insects become pests?. The Scientific Monthly 46 (5): 437:440.
- SAGARHPA. 2016. Programa de mediano plazo agrícola 2016-2021. [http://sagarhpa.sonora.gob.mx/portal\\_sagarhpa/images/archivos/PMP/PMPAGRICOL A20162021.pdf](http://sagarhpa.sonora.gob.mx/portal_sagarhpa/images/archivos/PMP/PMPAGRICOL A20162021.pdf).
- SAGARHPA. 2018. Informe agrícola 19, 2018. [http://sagarhpa.sonora.gob.mx/portal\\_sagarhpa/images/archivos/2019/informe19/INFO RME2018.pdf](http://sagarhpa.sonora.gob.mx/portal_sagarhpa/images/archivos/2019/informe19/INFO RME2018.pdf).
- SAGARHPA. 2018a. Sonora es líder en la producción nacional de espárrago. <http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/notas/econo/esparrago10son.pdf>.
- SAGARHPA. 2018b. Caborca líder en producción estatal de espárrago. <http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/notas/econo/esparrago-son.pdf>
- Sanborn, A. F. y P. K. Phillips. 2013. Biogeography of the Cicadas (Hemiptera: Cicadidae) of North America, North of Mexico. Diversity 5: 166-239. <https://doi.org/10.3390/d5020166>.
- Sato, Y. y S. Sato. 2015. Spring temperatura predicts the long-term molting phenology of two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofuscata* (Hemiptera: Cicadidae). Annals of the Entomological Society of America 108 (4): 494-500. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav036>.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1962. El cultivo del espárrago. Boletín 316. México, Distrito Federal.
- Sethusa, M. T., I. M. Millar, K. Yessoufou, A. Jacobs, M. van der Bank, H. van der Bank. 2014. DNA barcode efficacy for the identification of economically important scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in South Africa. African Entomology 22 (2): 257-266.
- Sitompul, A. F., E. H. Siregar, D. I. Roesma, D. Dahelmi, E. Prasetya. 2018. Molecular identification of coffee (*Coffea arabica*) pollinator insects in North Sumatra, Indonesia based on designed COI primers. Biodiversitas 19 (5): 1877-1883.
- Smith, J. J. y S. T. Hasiotis. 2008. Trace and burrowing behaviors of the cicada nymph *Cicadetta calliope*: neoichnology and paleoecological significance of extant soil-dwelling insects. Palaios 23: 503-513. <https://doi.org/10.2110/palo.2007.p07-063r>.
- Sueur, J., D. Vanderpool, C. Simon, D. Ouvrard, T. Bourgoïn. 2007. Molecular phylogeny of the genus *Tibicina* (Hemiptera, Cicadidae): rapid radiation and acoustic behaviour. Biological Journal of the Linnean Society 91: 611-626.
- Thiéry, D., K. Monceau, J. Moreau. 2014. Different emergence phenology of European grapevine moth (*Lobesia botrana*, Lepidoptera: Tortricidae) on six varieties of grapes. Bulletin of Entomological Research 104: 277-287. <https://doi.org/10.1017/S000748531300031X>.
- Turner, R. M., J. E. Bowers, T. L. Burgess. 1995. Sonoran desert plants. An ecological Atlas. The University of Arizona press. EUA.

- Uematsu, S., S. Onogi. 1980. The distribution of *Platypleura kaempferi* (F.) (Homoptera: Cicadidae) nymphs in the soil of a loquat fruit tree orchard. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology 24 (2): 108-110.
- Visser, M. E. y L. J. M. Holleman. 2001. Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. The Royal Society 268: 289-294.
- Vitanzo, S. 2016. Hemiptera-Auchenorrhyncha-Cicadidae-*Diceroprocta semicincta*-Scrub Cicadas (B). Figura. Recuperado de <https://elp.tamu.edu/ipm/bugs/spittlebugs-leafhoppers-plant-hoppers-sharpshooters/hemiptera-auchenorrhyncha-cicadidae-diceroprocta-semicincta-scrub-cicadas-b/>.
- Weiss, S. B., D. D. Murphy, P. R. Ehrlich, C. F. Metzler. 1993. Adult emergence phenology in checkerspot butterflies: the effects of macroclimate, topoclimate, and population history. Oecologia 96: 261-270. <https://doi.org/10.1007/BF00317740>.
- Whiles, M. R., J. M. A. Callahan, C. K. Meyer, B. L. Brock, R. E. Charlton. 2001. Emergence of periodical cicadas (*Magicicada cassini*) from Kansas riparian forest; densities, biomass and nitrogen flux. The American Midland Naturalist 145 (1): 176-187. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2001\)145\[0176:EOPCMC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2001)145[0176:EOPCMC]2.0.CO;2).
- White, J. y C. E. Strehl. 1978. Xylem feeding by periodical cicada nymphs on tree roots. Ecological Entomology 3: 323-327. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1978.tb00933.x>.
- Williams, K. S., C. Simon. 1995. The ecology, behavior, and evolution of periodical Cicadas. Annual Review of Entomology 40: 269-295. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.40.010195.001413>.
- Yang, M., y C. Wei. 2014. New species of the cicada genus *Semia* Matsumura (Hemiptera: Cicadidae) from China and a phylogeny of *Semia* spp. And their relatives bases on molecular data. Journal of Natural History 48 (37-38): 2307-2323.