



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

ASPECTOS BIONÓMICOS DEL PSÍLIDO DEL EUCALIPTO

Glycaspis brimblecombei Moore (HOMÓPTERA:
PSYLLOIDEA; SPONDYLIASPIDIDAE)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:
SILVIA SÁNCHEZ BECERRIL

Junio de 2003
Chapingo, Texcoco, Edo. de México.



DIRECCIÓN ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



**ASPECTOS BIONÓMICOS DEL PSÍLIDO DEL EUCALIPTO,
Glycaspis brimblecombei MOORE. (HOMÓPTERA:
PSYLLOIDEA: SPONDYLIASPIDIDAE)**

Tesis realizada por **Silvia Sánchez Becerril** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

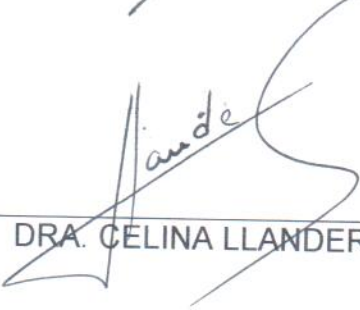
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR

ASESORA:



DRA. CELINA LLANDERAL CÁZARES

ASESOR:



Ph. D. CUAUHTÉMOC CERVANTES MARTÍNEZ

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Forestales, por todo lo que me ha brindado en mi formación profesional y personal.

A CONACyT, por el apoyo otorgado para mis estudios de posgrado.

Al Dr. David Cibrián Tovar, por la excelente dirección del presente trabajo, por su calidad como persona y como investigador.

A la Dra. Celina Llanderal Cázares, por sus acertadas sugerencias en la revisión de la presente tesis.

Al Dr. Cuauhtémoc Cervantes Martínez, por su gran disposición en la asesoría en la parte estadística del presente trabajo.

Al Dr. J. Tulio Méndez Montiel por su participación en la revisión de la tesis y por sus atinados comentarios.

A los ingenieros parasitólogos: Bonifacio Don Juan Macías y Guadalupe Carrillo Benítez y a la ilustradora Leticia Arango Caballero por sus asesorías y ayuda en la toma de datos e ilustraciones.

Al M. en C. Jorge Valdés Carrasco, por la toma de fotografías utilizadas en esta tesis.

A mis compañeros y amigos del proyecto de control biológico del psílido del eucalipto: Javier, Aminta, Ivón, Abel, Boni, Víctor, Guadalupe y Don Wences, por su amistad y apoyo incondicional brindado en el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros de la Maestría en Ciencias Forestales, por hacer tan agradable esta etapa de superación profesional.

Al Ing. Guillermo Cardosa Nevárez, gerente regional de la CONAFOR en Durango y a la Ing. Alma Guadalupe Benítez Castillo jefa del Departamento de Conservación y Restauración, por que gracias a su comprensión y apoyo fue posible concluir la última etapa del proceso de obtención del grado.

A todos los que dedican sus conocimientos y esfuerzo para que el manejo sustentable de los bosques de México no sea una utopía.

DEDICATORIA

Con todo mi amor a mis padres, por todo el cariño que me han dado y por ser siempre un ejemplo de lucha constante para toda mi familia.

A mis hermanos, por que ni la distancia ni todo lo que hemos pasado juntos, puede deshacer el vínculo tan fuerte que nos une.

A mis sobrinos, que son mi inspiración por su alegría y entusiasmo ante la vida.

A Rey: por ser una persona tan maravillosa como esposo, amigo y compañero.

A mis amigos de toda la vida, que a lo largo del tiempo se han convertido como en mis hermanos: Silvia, Lupita e Isaac.

Sinceramente:

Silvia

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora nació el 8 de junio de 1975 en la Ciudad de Querétaro, Querétaro. Realiza sus estudios básicos en el Municipio de Corregidora, Querétaro y en 1993 ingresa al propedeúico en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. En 1994 comienza sus estudios de licenciatura en la División de Ciencias Forestales de la UACh egresando en 1998 como Ingeniero Forestal con orientación en Silvicultura. En 1999 obtiene el título de licenciatura con la tesis denominada "Determinación de la zona de transición de madera juvenil a madera madura de *Picea chihuahuana* Martínez".

En 1999 comienza a laborar en la Delegación de SEMARNAT del estado de Querétaro, en el Programa Nacional de Reforestación como personal técnico. En ese mismo año y hasta enero de 2001 se integra al personal de la Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Puebla, como coordinadora forestal del Distrito 003 Teziutlán. En este Distrito realiza labores de promoción, supervisión y evaluación de proyectos financiados por el Pronare, Prodeplan, Prodefor y Protección Forestal.

En Enero de 2001, ingresa al Programa de Maestría de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. De Agosto de 2002 a Abril de 2003, participa en el programa de control biológico de la plaga del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* mediante el parasitoide *Psyllaephagus bliteus* en la Universidad Autónoma Chapingo. Actualmente labora como responsable del programa de Sanidad Forestal en la región III de la CONAFOR con sede en Durango.

**ASPECTOS BIONÓMICOS DEL PSÍLIDO DEL EUCALIPTO,
Glycaspis brimblecombei MOORE. (HOMÓPTERA:
PSYLLOIDEA: SPONDYLIASPIDIDAE)**

RESUMEN

En Chapingo, México en 2002, se realizaron estudios sobre la biología el psílido *Glycaspis brimblecombei*. Se corroboró la existencia de cinco instares ninfales, los cuales se reconocen por la estructura y número de artejos antenales. De cada instar se presentan las descripciones morfológicas y medidas de tamaño del cuerpo. También se describen adultos y huevos. Los datos de biología indican que los adultos viven de 10 a 25 días; siempre existen más machos que hembras, en la proporción de una hembra por 1.5 a 2.5 machos. Las hembras depositan 119 huevos en promedio, mínimo 46 y máximo 280. El ciclo biológico varía con las condiciones ambientales; en el invernadero en donde se desarrollo el estudio, se requirieron de 37 a 55 días. Por estado de desarrollo se tuvieron las siguientes duraciones: huevo, 15 a 29 días; ninfa, 22 a 55 días. Durante el año se reconoce fuerte variación en la duración del ciclo, rápido en verano y otoño y lento en invierno. En follaje de árboles naturales, la estructura de edad de las ninfas fue monitoreada durante cuatro meses registrándose cada semana. De estos datos, se determinó que las ninfas tienen la siguiente composición respectiva del I al V instar: 32.4, 20.8, 16.3, 15.1 y 15.4. Los datos anteriores resumen mediciones semanales logradas durante 4 meses consecutivas.

Palabras clave: *Eucalyptus camaldulensis*, *Glycaspis brimblecombei*, árboles urbanos, plaga forestal.

**BIONOMICS ASPECTS OF THE EUCALYPTUS PSYLLID,
Glycaspis brimblecombei MOORE (HOMÓPTERA:
PSYLLOIDEA: SPONDYLIASPIDIDAE)**

SUMMARY

In Chapingo, México, in 2002, biological studies on red gum psyllid *Glycaspis brimblecombei*, were made. Five nymphal instars are clearly identified by the structure and number of antennal segments. For each instar a description and measures are provided. Descriptions of adults and eggs are also presented. Adults remain alive for 10 to 25 days; sexual rate is 1 female per 1.5 to 2.5 males. Females lay as mean of 119 eggs, with a minimum of 46 and maximum of 280. The biological cycle varies with environmental conditions; in the greenhouse where studies were conducted, 37 to 55 days were required to complete cycles. Duration for each life stage was as follows: egg, 15 to 29 days; nymph, 22 to 55 days. As the season changes, the length of cycles also changes: short in summer and autumn, but long in winter. In foliage of natural tree, age structure of nymphs was monitored during four months. Each week estimations of age structure were recorded; from these data, it was determined that the respective percent composition of nymphs I to V was: 32.4, 20.8, 16.3, 15.1, and 15.4. The past data summarize weekly measurements taken during four consecutively months.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, *Glycaspis brimblecombei*, urban trees, forest pest.

INDICE

	Página
Indice de Cuadros	iii
Indice de Figuras	iv
1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2 REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Características de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3
2.2 Características de la familia Spondyliaspidae (Homóptera: Psylloidea)	4
2.3 Aspectos generales del género <i>Glycaspis</i>	5
3 MATERIALES Y METODOS	10
3.1 Descripción de los estados de desarrollo de <i>Glycaspis brimblecombei</i>	11
3.2 Ciclo de biológico	12
3.2.1 Obtención de planta	13
3.2.2 Elaboración de cajas de cría	13
3.2.3 Colecta de psíidos adultos	14
3.2.4 Observación del ciclo de vida	14
3.3 Duración de los instares ninfales de <i>Glycaspis brimblecombei</i> (ciclos entre el 25 de octubre y el 28 de diciembre de 2002 y entre el 13 de diciembre de 2002 y el 29 de enero de 2003)	15
3.4 Estructura de edades	17
3.5 Análisis estadístico	17
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 Descripción de los estados de desarrollo de <i>Glycaspis brimblecombei</i>	20
4.1.1 Estado de huevecillo	20
4.1.2 Estado ninfal	23
4.1.2 1 Descripción general	23
4.1.2 2 Primer instar	26
4.1.2 3 Segundo instar	27
4.1.2 4 Tercer instar	28
4.1.2 5 Cuarto instar	29
4.1.2 6. Quinto instar	30
4.1.2 7 Diferenciación gráfica de los valores obtenidos en los cinco instares.	32
4.1.3 Adultos	36
4.2 Ciclo biológico	41
4.2.1 Comportamiento. Apareamiento de adultos y oviposición	41
4.2.2 Establecimiento de ninfas de primer instar	43
4.2.3 Emergencia de adultos	45
4.2.4 Duración de instares	45
4.2.4.1 Primer ensayo (25 de octubre al 28 de diciembre de 2002).	45
4.2.4.2 Segundo ensayo (13 de diciembre de 2002 al 29 de	51

enero de 2003)	
4.3 Estructura de edades	55
4.3.1. Comportamiento entre estados de desarrollo	55
4.3.2 Variación poblacional de los estados ninfales con respecto a las condiciones ambientales y el tiempo, mediante la utilización de series de tiempo.	59
4.3.2.1 Primer ínstar	60
4.3.2.2 Segundo ínstar	61
4.3.2.3 Tercer ínstar	63
4.3.2.4 Cuarto ínstar	65
4.3.2.5 Quinto ínstar	68
5 CONCLUSIONES	70
6 RECOMENDACIONES	71
7 LITERATURA CITADA	72
8 ANEXOS	74

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Dimensiones de huevecillos de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	22
2	Dimensiones de los rudimentos alares de la ninfa de tercer ínstar en Chapingo, Estado de México.	29
3	Dimensiones de los rudimentos alares de la ninfa de cuarto ínstar en Chapingo, Estado de México.	30
4	Dimensiones de los rudimentos alares de la ninfa de quinto ínstar en Chapingo, Estado de México.	32
5	Mediciones de adultos de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	40
6	Resumen de tiempos minimos para la emergencia de las ninfas del primer ensayo	48
7	Resumen de tiempos minimos para la emergencia de las ninfas del segundo ensayo	53
8	Estadísticas de estructura de edades de ninfas en Chapingo, Estado de México	55
9	Población de <i>Glycaspis brimblecombei</i> por estado de desarrollo en Chapingo, Estado de México.	57
10	Análisis de varianza para el ínstar 1.	60
11	Análisis de varianza para el ínstar 2.	61
12	Análisis de varianza para el ínstar 3.	64
13	Análisis de varianza para el ínstar 4.	66
14	Análisis de varianza para el ínstar 5.	68

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Aspirador para capturar insectos pequeños	11
2	Caja de cría	14
3	Planta de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> con una bolsa de organdi con jareta para la observación del ciclo de vida.	15
4	Huevecillos de <i>Glycaspis brimblecombei</i> Moore	21
5	Ninfas de <i>Glycaspis brimblecombei</i>	24
6	Longitud de las ninfas de los cinco estadios de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	32
7	Ancho de abdomen de las ninfas de los cinco estadios de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	33
8	Longitud de antenas de las ninfas de los cinco estadios de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	34
9	Longitud de alas superiores de las ninfas del tercero al quinto ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	34
10	Ancho de alas superiores de las ninfas del tercero al quinto ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	35
11	Longitud de alas inferiores de las ninfas del tercero al quinto ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	35
12	Ancho de alas inferiores de las ninfas del tercero al quinto ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> en Chapingo, Estado de México.	36
13	Estructuras principales del adulto.	37
14	Adultos de <i>Glycaspis brimblecombei</i>	38
15	Estructuras sexuales de la hembra	38
16	Estructuras sexuales del macho	38
17	Emergencia de ninfas de primer ínstar bajo condiciones de invernadero.	44
18	Periodo de emergencia de huevecillos en el primer ensayo	47
19	Duración de los estados ninfales bajo condiciones de invernadero, primer ensayo.	50
20	Periodo de emergencia de huevecillos en el segundo ensayo	52
21	Duración de los estados ninfales bajo condiciones de invernadero, segundo ensayo.	54
22	Proporción de ninfas de <i>Glycaspis brimblecombei</i> por estadio en Chapingo, Estado de México	56
23	Población de <i>Glycaspis brimblecombei</i> por estado de desarrollo y porcentaje de ninfas de cada estado ninfal con respecto a huevecillos eclosionados en Chapingo, Estado de México	58
24	Variación poblacional de las ninfas de los cinco estados ninfales a través del tiempo.	59

25	Variación de la población de individuos de primer ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y la humedad relativa.	61
26	Variación de la población de individuos de segundo ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y la humedad relativa.	63
27	Variación de la población de individuos de tercer ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y la humedad relativa.	65
28	Variación de la población de individuos de cuarto ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y la humedad relativa.	67
29	Variación de la población de individuos de quinto ínstar de <i>Glycaspis brimblecombei</i> través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y la humedad relativa.	69

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Aún cuando por años se ha cuestionado el hecho de que se introduzcan especies vegetales extranjeras en México, el eucalipto se ha establecido en diferentes escenarios del país, sobresaliendo en los urbanos. Las ventajas que se atribuyen al árbol son que tiene rápido crecimiento, auto poda, fustes rectos, buena calidad para celulosa y papel, y hasta hace unos años el no tener plagas de gran importancia.

En 1998 fue registrado el primer ataque de *Glycaspis brimblecombei* Moore, en eucaliptos plantados en California E. U., pero fue hasta el año 2001 en el que se descubrió que el insecto había entrado en nuestro país y para 2002 ya se observaron ataques severos en la mayor parte de los estados de la República Mexicana, en casi todos los ambientes en donde se encuentra el eucalipto, (Cibrián, 2002).

Respecto al insecto en particular, se tiene poca información en cuanto a su comportamiento en el país, por lo que el presente trabajo de investigación pretende proporcionar información biológica básica que de pauta a un manejo integrado de esta plaga.

El principal objetivo fue:

Determinar la biología y comportamiento de *Glycaspis brimblecombei* en árboles de *Eucalyptus camaldulensis* Denh en Chapingo, Estado de México.

Las metas que se pretendieron alcanzar son:

- 1.- Determinar la duración de cada estado de desarrollo y del ciclo biológico total en condiciones de insectario.
- 2.- Describir los estados de desarrollo y comparar los tamaños que alcanzan los insectos en México y en Australia, su lugar de origen.
- 3.- Determinar la estructura de edades de los ínstaes ninfales en ambientes naturales y su relación con las condiciones climáticas prevalecientes.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE *Eucalyptus camaldulensis*, principal hospedante de *Glycaspis brimblecombei*.

Betancourt (1999), menciona que los árboles de *E. camaldulensis* alcanzan hasta 50 m de altura y de 1.6 a 2 m de diámetro, aunque raramente superan los 30 m de altura y menos bajo cultivo forestal. Su corteza se desprende por placas. Las hojas jóvenes y adultas son iguales (alternas, pecioladas, falciformes y acuminadas) y las ramillas jóvenes tienen color rojizo. Fruto pequeño y flor con opérculo en forma de "nariz". Raíz agresiva que ocupa hasta 2.5 veces el diámetro de la copa. Es intolerable a la sombra. Esta especie tiene un área de distribución natural muy amplia en el continente australiano y se puede localizar desde el nivel del mar hasta unos 600 m de altitud. Prefiere suelos aluviales húmedos o arenosos secos y subsuelo arcillo arenoso; resiste moderadamente tanto a la salinidad y al encharcamiento y posee mucha plasticidad al calor, la sequía y la aridez. Es muy utilizado en la jardinería, por su rápido crecimiento y abundante floración. En México es la principal especie de eucalipto, se utiliza en muchas ciudades del altiplano y también es principal hospedante de la conchuela *G. brimblecombei*.

2.2 Características de la familia Spondyliaspidae (Homóptera: Psylloidea)

Britton et al. (1973), ubican al género *Glycaspis* dentro de la familia Spondyliaspidae. Mencionan que esta familia contiene 113 especies descritas en 14 géneros y además consideran 150 especies no descritas. Las especies australianas ocurren en eucalipto, excepto algunas de los géneros *Eucalyptolyma* y *Ctenarytaina*. En muchas especies, las ninfas construyen conchuelas o lerps características sobre hojas o en brotes tiernos, bajo las cuales se protegen todos los instares ninfales. Las excepciones son *Ctenarytaina*, muchas especies de *Eucalyptolyma*, muchas especies de *Phellopsylla* y dos o tres especies de géneros no descritos. Las especies de vida libre, secretan copiosamente material ceroso de color blanco y generalmente son encontradas sobre brotes suculentos, aunque muchas *Phellopsylla* se alimentan de la corteza lisa del eucalipto. La formación de la conchuela o lerp es probablemente una forma de protección contra la desecación. Las conchuelas adoptan variadas formas que para proveerse protección adicional, algunas veces se asocian con enrollamiento de los lados o puntas de las hojas. Las estructuras más elaboradas ocurren en especies de *Cardiaspina*, entre las cuales hay encajes o tejidos intrincados en forma de canastas invertidas. Muchas especies de *Glycaspis* y *Lasyopsylla* construyen conchuelas, pero algunas forman grandes agallas en forma de burbujas, con un orificio en la base, tapado con el mismo material ceroso y azucarado usado, por otras especies formadoras de conchuelas. Las ninfas de todas las especies de

Cardiaspina causan muerte de tejido en las hojas cuando se están alimentando, por lo que los árboles infestados pueden ser defoliados. Algunas especies de *Glycaspis* causan la debilitación y algunas veces la muerte de los árboles

Dolling (1991), menciona que únicamente un miembro de esta familia australiana ha comenzado a establecerse en las Islas Británicas. *Ctenarytaina eucalypti* está confirmada en especies de eucalipto, incluyendo *E. gunnii* y *E. globulus*, pero no ha sido encontrada en todas las partes en donde son cultivados estos árboles. Los adultos son insectos delgados, de 2 mm de longitud de color café oscuros con patas y antenas pálidas.

2.3 Aspectos generales del género *Glycaspis* .

Taylor (1960), citado por Moore 1970, menciona que los insectos del género *Glycaspis* presentan conos genales que miden dos tercios o más el largo del vertex y que sus antenas son más largas que el ancho de la cabeza. Las alas posteriores, anguladas a redondeadas apicalmente, pterostigma presente, Rs larga, casi paralela con la costa que termina cerca del ápice del ala, tallo de M + Cu cortas o largas. Metatibia más corta o igual a la longitud del fémur, alargada distalmente y portando un número variable de espinas oscuras apicales. Los segmentos proximales del metatarso son acolchonados, redondeados, con una espina ventral distal fuerte.

Distribución de *Glycaspis brimblecombei*

G. brimblecombei es nativo del Sur de Australia, donde infesta a más de 15 especies de eucalipto, pero no ha llegado a causar daños de importancia económica. En 1998 se tuvo el primer reporte de la presencia de este insecto en árboles urbanos de California E. U. (Paine et al., 2000). En México se observó por primera vez en septiembre de 2000 en Tijuana, Baja California. En el 2002 el insecto se encontró distribuido en 24 estados, que fueron Aguascalientes, Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Cibrián, 2002).

Hospedantes de *Glycaspis brimblecombei*

En México se ha recolectado extensamente en follaje de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. tereticornis*, pero se han registrado algunos casos de infestaciones exitosas en *E. globulus*. Pero en la literatura se registran como hospedantes a: *E. blakelyi*, *E. botryoides*, *E. brassiana*, *E. bridgesiana*, *E. citridora*, *E. cladocalix*, *E. cornuta*, *E. delbeata*, *E. deglupta*, *E. diversicolor*, *E. grandis*, *E. lehmanii*, *E. mannifera*, *E. marginata*, *E. nicholii*, *E. nitens*, *E. punctata*, *E. rudis*, *E. robusta*, *E. sideroxylon*, *E. tereticornis* y *E. viminalis*. (Cibrián, 2002).

Descripción

Los adultos de *Glycaspis brimblecombei* presentan dimorfismo sexual, ya que las hembras son ligeramente más grandes que los machos. Su cuerpo es de color verde claro con manchas amarillas y naranja, las alas son transparentes y generalmente en posición de tejado de dos aguas sobre el abdomen. Los adultos de este género difieren de otras especies de psílidos que se han reportado para México, por que presentan dos proyecciones largas, llamadas conos genales, que se encuentran en la cabeza debajo de cada ojo. Los huevos son pequeños, de color amarillo intenso, ovoides por la hembra en forma individual o en grupos dispersos tanto en el haz como en el envés de las hojas. Las ninfas en sus primeras etapas de desarrollo son de color amarillo y con rudimentos alares pequeños. Las ninfas de los últimos instares presentan alas rudimentarias de color negro y su abdomen es de color amarillo con tonalidades verde-azuloso y morado, para alimentarse introducen su estilete en el tejido de las hojas para succionar la savia, generalmente no se mueven, pero pueden moverse si se les molesta (Cibrián, 2002).

Durante su estado de ninfa, forma una cubierta protectora, llamada lerp en inglés y conchuela en español, de color blanco, que se asemeja a una escama la cual está formada por azúcares y ceras y tiene una textura cristalina, con escasas proyecciones a manera de hilos de azúcar. En las ninfas viejas tiene la apariencia de una conchuela de color oscuro, debido a que se cubre de fumagina (Cibrián, 2002)

Ciclo de vida.

Las hembras depositan sus huevos en las hojas suculentas y en brotes jóvenes de eucaliptos, pero en infestaciones severas se pueden desarrollar en hojas jóvenes y maduras, de los huevos emergen las ninfas jóvenes, éstas buscan un sitio para alimentarse, en cuanto se establecen inician su alimentación y empiezan a excretar mielecilla por la parte posterior del abdomen y forman una conchuela. Cuando las ninfas han completado su desarrollo, los adultos alados dejan la conchuela protectora y vuelan a nuevas hojas para copular, alimentarse y comenzar a depositar huevecillos. En Australia se presentan de dos a cuatro generaciones por año. En México es posible que el número de generaciones sea mayor, especialmente durante los meses secos y cálidos del año. (Cibrián, 2002).

Daños

El principal daño que ocasionan los psílicos sobre los árboles de eucalipto es debido a su alimentación; ya que tanto los adultos como las ninfas succionan savia del follaje y brotes tiernos del eucalipto. Las ninfas en todos sus estadios secretan una mielecilla sobre la que se desarrolla un hongo oscuro llamado fumagina, el cual da a los árboles una coloración negruzca y un aspecto desagradable. Las consecuencias de la alimentación se traducen en pérdida de follaje, reducción del crecimiento y después de defoliaciones sucesivas, causa la muerte de puntas y ramas, con lo que acelera la susceptibilidad a otros

insectos y enfermedades que pueden causar la muerte del árbol, los que los se puede presentar después de varias defoliaciones completas (100% del follaje) y con la ayuda de organismos oportunistas, tanto insectos como patógenos (Cibrián, 2002).

Importancia

La importancia económica de este insecto para México es enorme, debido a que es una plaga introducida y no tiene enemigos que logran un control natural eficiente. En la mayoría de las ciudades del país, se tiene una gran cantidad de eucaliptos, principalmente de la especie *E. camaldulensis*, que se utilizan como árboles urbanos en parques, avenidas, jardines, fraccionamientos residenciales, etc. (Cibrián, 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Chapingo, que se ubica a los 19°29' Latitud Norte y 98°53' Longitud Oeste a una altura sobre el nivel del mar de 2,240 m. El clima corresponde a un Cb (wo) (i) g, es decir, templado subhúmedo con verano fresco y longitud, con una temperatura media anual entre 12 y 18 °C (15 °C en promedio), con lluvias en verano y una precipitación invernal menor a 5%, la temperatura promedio del mes más frío es de 11.8 °C en Enero y del mes más caliente de 17.9 °C en Mayo, por lo que hay poca oscilación térmica. La precipitación media anual es de 636.5 mm (García, 1981).

El estudio se realizó en un invernadero de 15 m de longitud, 5 m de altura y 7 m de anchura, el cual cuenta con facilidades de sombreado, con temperaturas que oscilan de 10 a 18 °C, humedad relativa menor a 60%. Se usaron ventiladores eléctricos para el movimiento de aire y para disminuir la temperatura. El piso es de concreto y tiene instalaciones eléctricas, de agua y drenaje. Está cubierto con malla antiáfidos y tiene puertas herméticas.

3.1 Descripción de los estados de desarrollo de *Glycaspis brimblecombei*.

Las observaciones hechas a los adultos y a las ninfas se realizaron tanto en campo como bajo microscopio, con individuos vivos y en alcohol al 70%.

Para las mediciones de los adultos se capturaron con un aspirador (Figura 1) 50 hembras y 50 machos, con los cuales se sacrificaron en agua hirviendo para matarlos y posteriormente se pasaron por un tamiz. Después de esto se adhirieron sobre un portaobjetos con aceite para motor y se procedió a medir las siguientes partes: longitud con alas y con conos genales, longitud sin alas y con conos genales, longitud con alas y sin conos genales, longitud sin alas y sin conos genales, anchura del abdomen, longitud y anchura de las alas, anchura de la cabeza, longitud de conos genales, longitud de antenas; en el macho se midió el longitud del edeago separado del cuerpo.

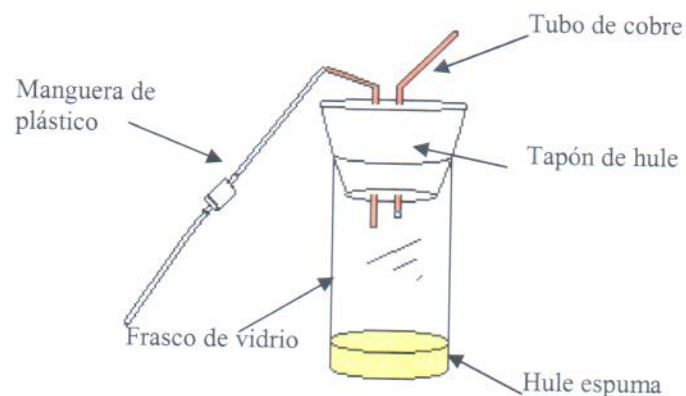


Figura 1. Aspirador para capturar insectos pequeños.

Para el primero y segundo ínstar, las ninfas se midieron directamente de la hoja, ya que por tener el mismo número de artejos antenales tenía que observarse la conchuela para detectar si había o no exuvia. Para el resto de los instares se siguió el mismo procedimiento que para los adultos, pero después de pasarlas por agua hirviendo, los ejemplares se colocaron en cajas de petri con alcohol al 70% para evitar su desecación y sólo al momento de la medición se colocaron sobre un portaobjetos. Para las mediciones se usaron 50 ninfas de cada ínstar y se utilizó un microscopio esteroscópico al que se le integró un micrómetro de ocular con regleta. Para la medición de las partes más grandes del insecto se usaron escalas en las que una división de la regleta del ocular equivale a 0.05 mm, mientras que para medir las partes pequeñas como los conos genales o el edeago, se utilizó la escala donde una división equivalía a 0.02 mm.

Los datos se trabajaron en el programa de cómputo Excel 97, en donde se realizaron las conversiones a medidas reales en mm y se calcularon los valores medios y la desviación estándar.

3.2 Ciclo biológico

En el periodo comprendido del 16 de Julio al 3 de Septiembre, se desarrolló el estudio del ciclo biológico, con el procedimiento que se describe a continuación.

3.2.1 Obtención de la planta de *Eucalyptus camaldulensis*

Se obtuvieron plantas en envase de 15 x 20 cm y se transplantaron a bolsas de 20 x 25 cm, con sustrato formado por composta de corteza de pino y adicionado con fertilizante de liberación lenta (Osmocote), a razón de 20 gramos por bolsa. Las plantas se podaron con la finalidad de promover la formación de brotes tiernos. Las plantas se regaron cada tercer día, excepto los días en donde la humedad relativa fue alta, en cuyo caso los riegos se espaciaron a dos veces por semana. La planta estuvo lista para usarse cuando alcanzó los 60 cm de altura y tuvo abundante follaje y brotes.

3.2.2 Elaboración de las cajas de cría

Se utilizaron diez cajas de madera como la que se muestra en la Figura 2, cada una de las cuales cuenta con dos orificios protegidos por mangas elaboradas con tela de algodón, que sirvieron para poder manipular a la planta y efectuar los riegos sin necesidad de abrir la puerta. En las partes delantera y superior se colocaron cristales con la finalidad de tener mejor visibilidad hacia el interior de las cajas; mientras que la parte trasera y los costados se forraron con tela de organza de algodón para tener una buena circulación de aire y así favorecer un buen desarrollo de la planta y del insecto, además de evitar la proliferación de patógenos.

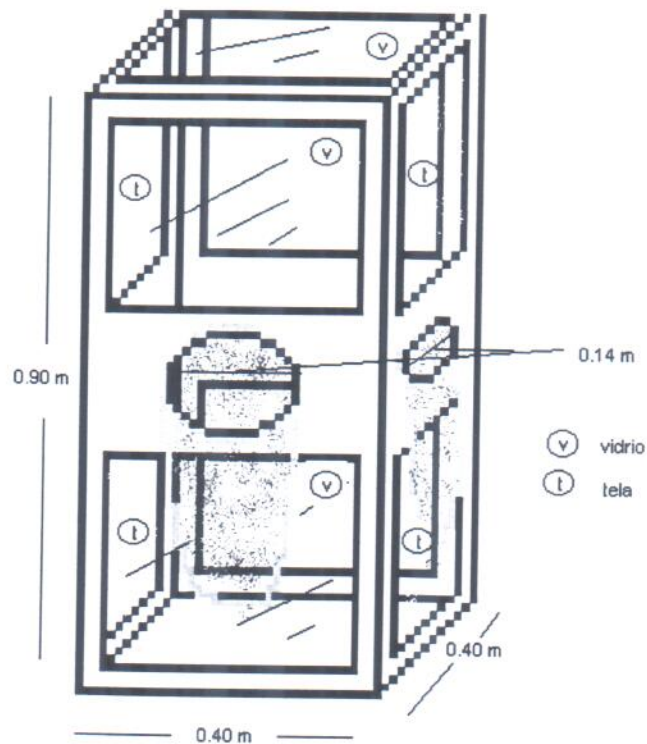


Figura 2. Caja de cría

3.2.3 Colecta de psílidos adultos

Se escogieron árboles que estuvieran muy infestados por *Glycaspis brimblecombei* y que tuvieran ramas accesible; estas ramas se sacudieron sobre una caja de cría en donde caían los adultos y con ayuda de un aspirador se colectaron y separaron por sexo en frascos de vidrio.

3.2.4 Observación del ciclo biológico. (Observado entre el 16 de Julio y el 3 de Septiembre de 2002).

En cada una de las cajas de cría se introdujo una planta, y de ella se escogió una ramilla que se cubrió con una bolsa de organza provista de una jareta

(Figura 3), en cuyo interior se colocaron una hembra y un macho para que copularan. En el momento en que murió la hembra se retiró la bolsa y se contaron los huevecillos; cuando estos eclosionaron se tomaron datos cada tercer día del número de ninfas emergidas, hasta que se convirtieron en adultos.



Figura 3. Planta de eucalipto, con una bolsa de organdí con jareta para la observación del ciclo de vida.

3.3 Duración de los instares ninfales de *Glycaspis brimblecombei* (ciclos entre el 25 de Octubre y el 28 de Diciembre de 2002 y entre el 13 de Diciembre de 2002 y el 29 de Enero de 2003)

Se establecieron dos periodos de observación, el primero de ellos se realizó entre el 25 de Octubre y el 28 Diciembre de 2002 y el segundo entre el 13 de Diciembre de 2002 y el 29 de Enero de 2003. El primer estudio se realizó dentro de un invernadero y se utilizaron cinco cajas con tres plantas cada una. En cada caja se liberaron 100 parejas, las cuales se colectaron como se describió en el

apartado anterior. Las parejas se retiraron al quinto día y después cada tercer día se colectó una hoja infestada con ninfas por cada caja; la hoja de eucalipto se introdujo en un frasco con alcohol 70%. De cada hoja se colectaron todos los individuos encontrados, ya fuera huevos o ninfas, y a estas se les determinó el instar al contar los artejos antenales; los datos se registraron utilizando el formato que se muestra en el Anexo 1. El registro de esta información se continuó hasta que empezaron a emerger los adultos. Para determinar el instar fue necesario matar a los insectos colectados cada tercer día, por lo que el muestreo fue destructivo.

El segundo ensayo se inició el 13 Diciembre del 2002 y la última lectura se efectuó el 29 de Enero del 2003. Debido a las bajas temperaturas, el ensayo se estableció dentro de una cámara situada dentro de un invernadero con temperatura semicontrolada, para este fin se colocaron tres calentadores eléctricos controlados por un mecanismo que los activaba cuando la temperatura bajaba a menos de 23 °C. Además, se ponían a funcionar dos ventiladores para disminuir la temperatura cuando ésta subía a más de 30°C.

Para este ensayo se utilizaron cinco cajas con tres plantas de eucalipto cada una y 50 parejas de adultos del psílido, mismas que se retiraron al quinto día. Después de esto, se siguió el mismo procedimiento para la recolección de hojas infestadas y para el conteo de ninfas, hasta que ya no se observaron ninfas de quinto instar.

3.4 Estructura de edades

Se escogieron 10 árboles que se encuentran en un costado del edificio de la División de Ciencias Forestales. De cada árbol se cortó una ramilla por semana desde el 1° de Octubre del 2002, hasta el 17 del Enero de 2003. De cada ramilla se tomaron al azar cinco hojas, las cuales se colocaron individualmente en frascos con alcohol 70%. En laboratorio y con ayuda de un microscopio estereoscópico se contó el número de ninfas por cada ínstar, así como el número de huevecillos eclosionados como se muestra en el formato del Anexo 2.

Para la estructura de edades, también se obtuvieron los datos de temperatura y humedad relativa promedio diaria, registrada durante la etapa de toma de datos de la Estación Meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.5 Análisis estadístico

Se calculó el promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de las medidas obtenidas de los adultos y las ninfas. Para todos estos datos, también se obtuvieron los límites de un intervalo de confianza de la media al 95 % de probabilidad.

Se hicieron los mismos cálculos para los datos tomados para el ciclo de vida y duración de los ínstaes.

Se ordenaron los promedios de individuos por cada ínsta y por cada fecha, con la temperatura y humedad promedio semanal correspondiente (Anexo 3). Los datos antes mencionados se calcularon con las lecturas obtenidas una semana antes del registro de información en los formatos diseñados para cada fin.

En el caso de los datos tomados para estimar describir la estructura de edades, se utilizó el programa estadístico SAS para Windows 1999 (SAS Institute, 1999). Para estimar el efecto de la temperatura, la humedad relativa y el tiempo consistente en modelos de regresión con errores autoregresivos, con el procedimiento AUTOREG de SAS (SAS Institute, 1999), que considera los eventos ocurridos con anterioridad, en donde el investigador define el periodo de tiempo en el modelo, que pueden ser días, semanas o meses (Box y Jenkins, 1976), para este caso en particular se consideraron las condiciones ambientales de hasta 4 semanas antes de la toma de datos. Se probaron varios modelos para escoger aquel que se ajustara mejor a los valores observados y que con los estimadores obtenidos se pudiera explicar con un sustento estadístico la relación entre las variables utilizadas.

El modelo general utilizado fue es el siguiente:

$$PIN_{j_i} = \beta_0 + \beta_1 S_i + \beta_2 HE_i + \beta_3 PIN_{1_i} + \dots + \beta_{3+(j-1)} PIN_{j-1_i} + \beta_{3+j} T_i + \beta_{4+j} HR_i - \phi_1 v_{i-1} - \dots - \phi_4 v_{i-4} + \varepsilon_i$$

Para: $j = 1, 2, 3, 4, 5;$ $i = 1, 2, 3, \dots, t.$

Donde:

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \phi_1, \phi_1$ = Parámetros del modelo.

PIN_{j_i} = Densidad de población del j-ésimo ínstar de la i-ésima semana.

S_i = Semana i-ésima.

HE_i = Cantidad de huevecillos eclosionados en la i-ésima semana.

T_i = Temperatura (C°) de la i-ésima semana.

HR_i = Humedad relativa de la i-ésima semana

$v_{i-1}, v_{i-2}, v_{i-3}, v_{i-4},$ = Error correspondiente a 1, 2, 3, y 4 retrocesos (semanas)

respectivamente

ε_i = Error aleatorio

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de los estados de desarrollo de *Glycaspis brimblecombei*

4.1.1 Estado de huevecillo.

El huevecillo de esta especie es ovoide, redondeado en la parte apical y agudo en la base (Figura 4), en la que presenta un pedicelo de aproximadamente 1/3 la longitud del huevecillo, con el cual se adhiere fuertemente en el tejido de la hoja y persiste aún después de la eclosión, por lo que es posible encontrar huevecillos vacíos en las hojas viejas hasta seis meses después de haber sido depositados. Este tipo de estructura se presenta también en los huevecillos del psílido *Calophya rubra* (Blanchard), característica observada por Alvarez (1999) y por Domínguez (2003), estas autoras mencionan que el pedicelo o tallo basal es insertado por la hembra sobre la parte interna de los crecimientos vegetales más tiernos y que tiene la función de proporcionarle humedad y protegerlo de condiciones ambientales adversos. Moore (1961), menciona que los huevecillos de *Glycaspis baileyi* se sujetan firmemente a la superficie de las hojas por un pedicelo estrecho y curvado, que mide 0.10 mm formando un ángulo de 35° con respecto a la superficie de la hoja.



1:100 μm

Figura 4. Huevecillo de *Glycaspis brimblecombei*.

Recién depositado, el huevecillo presenta una coloración crema y conforme madura va adquiriendo un color amarillo claro, que cambia a naranja pálido antes de eclosionar. Se puede observar que desde que son depositados, los huevecillos muestran los micetomas, los cuales se ven como una mancha anaranjada que se presenta en posición variable dentro del huevecillo durante el periodo de maduración, de igual forma, Alvarez (1999), menciona que desde el momento de su oviposición, en los huevecillos de *Calophya rubra* son visibles las estructuras internas así como la presencia de los micetocitos anaranjados que formarán parte del componente endosimbiótico de las ninfas dentro de los micetomas.

Al realizar la medición de 50 ejemplares de huevecillos, se obtuvieron los valores presentados en el Cuadro 1. Los valores medios, son ligeramente menores a los obtenidos por Moore (1961), en *Glycaspis baileyi*, cuyos huevecillos miden 0.41 mm de longitud y 0.15 mm de anchura.

Cuadro 1. Dimensiones de huevecillos de *Glycaspis brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

Variable	Huevecillos	
	Longitud (mm)	Anchura (mm)
Máximo	0.380	0.160
Mínimo	0.320	0.120
Media	0.343	0.140
Desviación estándar	0.020	0.011
Límite inferior+	0.309	0.116
Límite superior+	0.377	0.165

Nota: n=50 y $\alpha=0.05$. +Límites de confianza de la media al 95% de confiabilidad.

Por lo general, los huevecillos son depositados en masa y rara vez en forma individual. Una masa puede constar de tres hasta 54 individuos; en *G. baileyi* la hembra deposita sus huevecillos en grupos de 2 hasta 100 (Moore, 1961). La forma de las masas es variable y se pueden observar en forma circular, en hileras rectas y más comúnmente en la de hilera semicircular. Los huevecillos son depositados en ambas caras de la hoja, y al realizar un conteo de 3,544 huevecillos se determinó que el 46% se encuentra en el haz y el 54% en el envés.

4.1.2 Estado ninfal

4.1.2.1 Descripción general.

Al igual que *Glycaspis baileyi* (Moore, 1961), *Glycaspis brimblecombei* consta de cinco instares ninfales, los cuales se distinguen por la morfología de sus antenas, por lo que el número de artejos antenales en ambas especies es de 3, 3, 5, 7, y 9 para el primer, segundo, tercer, cuarto y quinto instar respectivamente (Figura 5).

Después de que las ninfas emergen de los huevecillos, se desplazan por toda la superficie de la hoja, e incluso en los peciolo o tallos suculentos más próximos. Durante su desplazamiento se detienen por instantes para alimentarse y algunas veces empiezan a formar su conchuela, pero la abandonan y vuelven a moverse hasta que se establecen definitivamente.

Al realizar un conteo de 375 ninfas, se observó que no hay una marcada preferencia sobre el lado de la hoja en que se establecen, ya que en el haz se encontró el 54% de las ninfas y en el envés el 46%.

Cuando la ninfa construye la conchuela, empieza a formar la estructura dirigiéndose hacia arriba y contrayendo su abdomen, a la vez que secreta una mezcla líquida formada por azúcares y cera. Finalmente, con movimientos semicirculares termina por cerrar su cubierta.

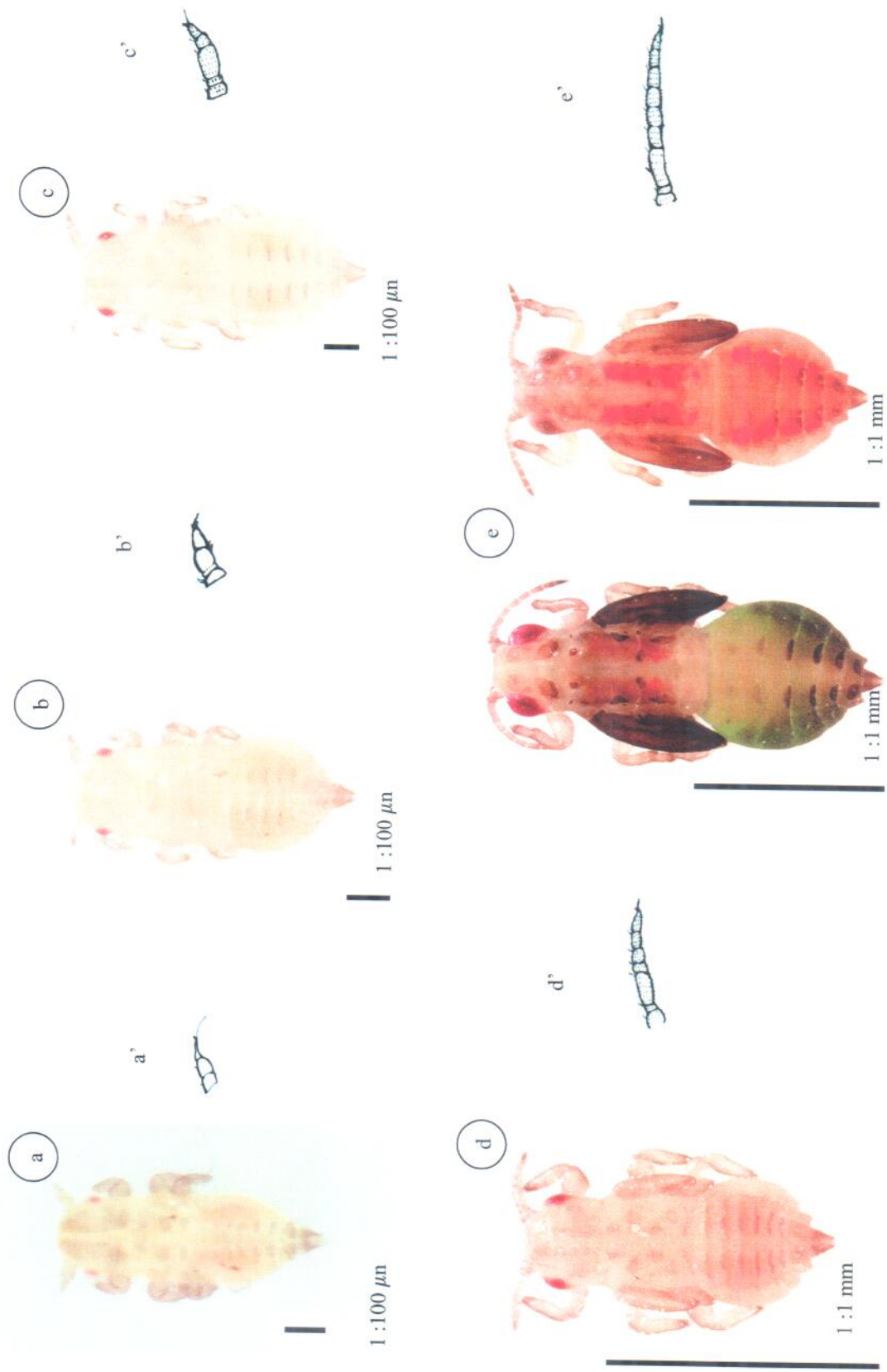


Figura 5. Ninfas de *Glycaspis brimblecombei*. a y a' ninfa y antena de N1, b y b' ninfa y antena de N2, c y c' ninfa y antena de N3, d y d' ninfa y antena de N4, e y e' ninfa y antena de N5.

Durante los cinco ínstares ninfales, el insecto se alimenta de la savia de la planta y es durante esta etapa cuando ocasiona daño al árbol en infestaciones severas, en estos casos las conchuelas pueden observarse en todo tipo de hojas, tanto nuevas como maduras.

Cuando cambian de un estado ninfal al otro, abandonan la exuvia o muda que queda adherida al interior de una nueva conchuela y la anterior es desplazada hacia arriba, ya que la ninfa vuelve a hacer otra conchuela de mayor tamaño, por lo que al final quedan sobrepuestas una serie de capas que corresponden a cada uno de los cambios. Es importante mencionar que durante toda la etapa como ninfa, el insecto no pierde movilidad en ninguno de los ínstares, ya que puede cambiar de lugar cuando sea necesario. Cuando la conchuela es removida por algún factor externo como puede ser la lluvia, el viento, la acción del hombre o de algún depredador, la ninfa empieza a formar una nueva la cual puede construir hasta en una hora, pero esto depende del tamaño de cubierta que requiera.

Para pasar al estado adulto, la ninfa de quinto ínstar sale de la conchuela, se queda quieta en un lado y se inicia la emergencia del adulto. El adulto empieza a asomar la cabeza y poco a poco va saliendo el resto del cuerpo, con el abdomen al final. La exuvia de quinto ínstar queda al exterior, tal como ocurre en *Glycaspis baileyi* (Moore, 1961)

4.1.2.2 Primer ínstar

La ninfa de primer ínstar tiene un cuerpo ovalado, de color crema, al cual se le pueden observar los micetomas bien definidos, lo que le da una coloración anaranjada en el abdomen; estos organelos se observan con diferente intensidad durante todos los ínstaes ninfales, lo mismo se observa en todos los estados de desarrollo incluyendo el adulto de *Calophya rubra* (Alvarez, 1999; Domínguez, 2003). En esta etapa no se observan rudimentos alares. La conchuela se observa transparente, por lo que se puede ver perfectamente a la ninfa en su interior.

Las antenas presentan tres artejos, el último de éstos tan delgado que en ocasiones asemeja una arista. La longitud total de la antena tiene un mínimo de 0.04 y un máximo de 0.06 mm con un promedio de 0.05 mm y una desviación estándar de 0.01.

Se registró que el cuerpo mide de 0.40 hasta 0.46 mm de longitud con un promedio de 0.43 mm, una desviación de 0.2. La anchura del abdomen presenta un rango de 0.18 a 0.24 con un promedio de 0.22 mm.

4.1.2.3 Segundo ínstar

En éste estado, la ninfa presenta una coloración más amarillenta que en el primero, con una ligera coloración naranja dada por los micetomas. La conchuela de cera se observa más gruesa, aunque al momento en que acaban de mudar del primero al segundo ínstar todavía se puede ver transparente, pero después es opaca y ya no se distingue con claridad a la ninfa.

Las antenas presentan tres artejos, de los cuales el segundo es el más grande y el último segmento más robusto que en las ninfas de primer ínstar. Otra forma de diferenciar este ínstar del primero consiste en observar la conchuela: si presenta una exuvia integrada, significa que es de segundo ínstar, de lo contrario es de primero. La longitud de las antenas en este ínstar tiene un rango de 0.08 a 0.12 mm, con un promedio de 0.10 mm y una desviación estándar de 0.01.

Las ninfas pueden medir desde 0.46 hasta 0.70 mm, con un promedio de 0.56 y una desviación estándar de 0.05. La anchura de su abdomen puede ser desde 0.26 a 0.38, con una media de 0.32 y una desviación estándar de 0.03

En este estado de desarrollo aún no se detecta la presencia de paquetes alares, pero en algunas se detectan unos muñones diminutos y transparentes, principalmente en las ninfas de mayor tamaño.

4.1.2.4 Tercer ínstar

Las ninfas del tercer ínstar son de una coloración amarillenta tendiendo a anaranjada. A partir de este ínstar, la conchuela se va tornando más cónica. Las antenas presentan cinco artejos, de los cuales el tercero es el más largo. Se pueden encontrar desde antenas que miden 0.10 mm de longitud, hasta aquellas que miden 0.24 mm, con un promedio de 0.15 y una desviación estándar de 0.03 mm.

La ninfa de tercer ínstar puede medir desde 0.88 hasta 1.12 mm de longitud, con un promedio de 0.74 y una desviación estándar de 0.09; la anchura de abdomen puede ser de 0.32 a 0.48 mm, con una media de 0.41 y una desviación estándar de 0.04. Las ninfas de esta etapa presentan rudimentos alares anterior y posterior de una coloración amarillo claro y son casi transparentes, las dimensiones que se obtuvieron se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Dimensiones de los rudimentos alares de la ninfa de tercer ínstar en Chapingo, Estado de México.

Variable	Anteriores		Posteriores	
	Longitud mm	Anchura mm	Longitud mm	Anchura mm
Máximo	0.140	0.100	0.120	0.060
Mínimo	0.040	0.030	0.040	0.020
Media	0.109	0.059	0.067	0.037
Desviación estándar	0.022	0.016	0.019	0.012
Límite inferior+	0.074	0.029	0.034	0.010
Límite superior+	0.145	0.088	0.099	0.063

Nota: n=50 y $\alpha=0.05$. + Límites de confianza de la media al 95% de confiabilidad.

4.1.2.5 Cuarto ínstar

En el cuarto ínstar se observa a la ninfa de forma más alargada que en los anteriores y se empieza a distinguir el tórax del abdomen. El color que presenta es más amarillento y con algunos tonos anaranjados. También son evidentes los paquetes alares, los cuales se observan de una tonalidad más oscura que en el tercer ínstar. Las medidas de éstos se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Dimensiones de los rudimentos alares de la ninfa de cuarto ínstar en Chapingo, Estado de México.

Variable	Anteriores		Posteriores	
	Longitud mm	Anchura mm	Longitud mm	Anchura mm
Máximo	0.340	0.180	0.180	0.100
Mínimo	0.240	0.080	0.100	0.040
Media	0.280	0.108	0.139	0.060
Desviación estándar	0.032	0.023	0.020	0.015
Límite inferior+	0.238	0.072	0.106	0.030
Límite superior+	0.322	0.145	0.173	0.089

Nota: n=50 y $\alpha=0.05$. * Límites de confianza de la media al 95% de confiabilidad.

Las antenas presentan siete artejos bien diferenciados, siendo el tercero el más longitud de todos. Se pueden encontrar antenas que miden desde 0.20 hasta 0.38 mm de longitud, con un promedio de 0.31 mm y una desviación estándar de 0.03. Una ninfa de cuarto ínstar llega a medir de 1.0 hasta 1.56 mm de longitud, con un promedio de 1.27 mm y una desviación estándar de 0.15. Su abdomen puede ser de 0.46 como mínimo y 0.76 como máximo de anchura y en promedio 0.60 mm, con una desviación estándar de 0.07.

4.1.2.6 Quinto ínstar

En la última etapa del estado ninfal, se puede ver al insecto a simple vista de una coloración café oscuro y con una mancha amarillenta en el abdomen. Bajo el microscopio se observa que predominan dos coloraciones bien marcadas, que hacen suponer que desde este ínstar hay una separación de sexos, ya que

se observan algunas ninfas de color verde con manchas cafés y amarillas y otras como que tienen una coloración anaranjada con manchas cafés y de mayor tamaño que las primeras. Si se relacionan estas características con el tamaño y coloración de los adultos, se puede decir que las de color verde serán machos y las de coloración naranja corresponderán a hembras.

Se observa con claridad que las antenas presentan nueve artejos y como en las antenas de individuos de en los otros estadíos, el tercero es el más grande. La longitud total de las antenas tiene un mínimo de 0.58 y un máximo de 0.82 mm con un promedio de 0.70 mm y una desviación estándar de 0.05.

Una ninfa de quinto ínstar puede medir desde 1.48 hasta 2.26, con un promedio de 1.81 y una desviación estándar de 0.21; la anchura del abdomen puede ser desde 0.66 a 1.24, con una media de 0.0.92 y una desviación estándar de 0.15. Los rudimentos alares son muy obvios por el tamaño que alcanzan en esta etapa, como se puede observar en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Dimensiones de los rudimentos alares de la ninfa de quinto instar en Chapingo, Estado de México.

Variable	Anteriores		Posteriores	
	Longitud mm	Anchura mm	Longitud mm	Anchura mm
Máximo	0.840	0.240	0.620	0.140
Mínimo	0.580	0.120	0.400	0.080
Media	0.726	0.185	0.480	0.103
Desviación estándar	0.063	0.031	0.049	0.015
Límite inferior+	0.666	0.143	0.427	0.074
Límite superior+	0.786	0.226	0.533	0.131

Nota: n=50 y $\alpha=0.05$. +Límites de confianza de la media al 95% de confiabilidad.

4.2.1.7 Diferenciación gráfica de los valores obtenidos en los cinco instares

Como se aprecia en la Figura 6, el rango entre el valor mínimo y máximo va creciendo de acuerdo al instar, por lo que en el quinto podemos encontrar individuos con una marcada diferencia de tamaños. Normalmente las ninfas con coloraciones anaranjadas, son las de mayor longitud.

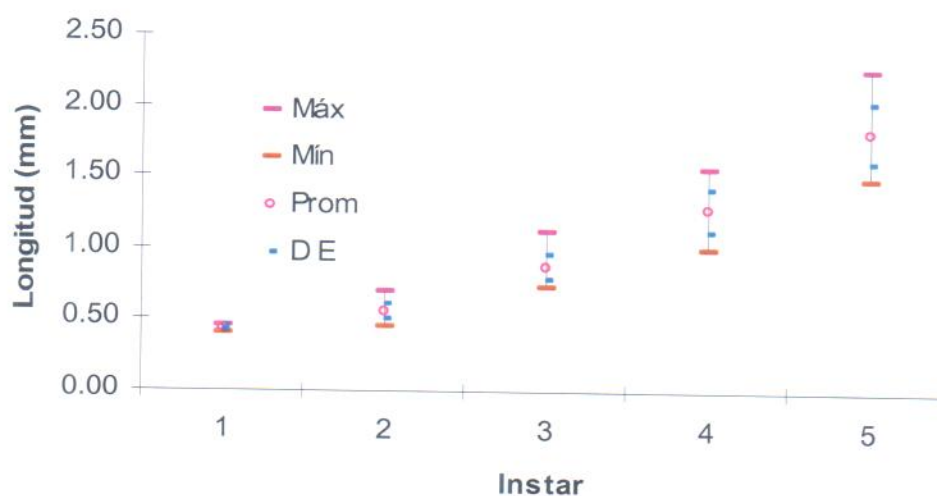


Figura 6. Longitud de las ninfas de los cinco estadíos *Glycaspis brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

El patrón de variación mencionado anteriormente se repite para cada una de las variables medidas. También se puede notar que hay una clara diferenciación de tamaño para cada una de las estructuras medidas, comparando las de un instar con otro, ya que no hay superposición de los datos en ninguno de los casos (Figuras 7-12).

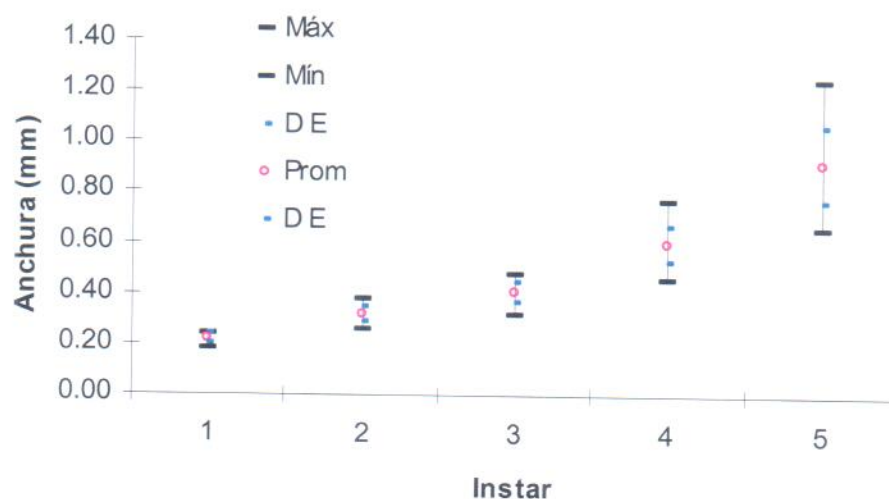


Figura 7. Anchura promedio de abdomen de las ninfas de los cinco instares ninfales de *G. brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

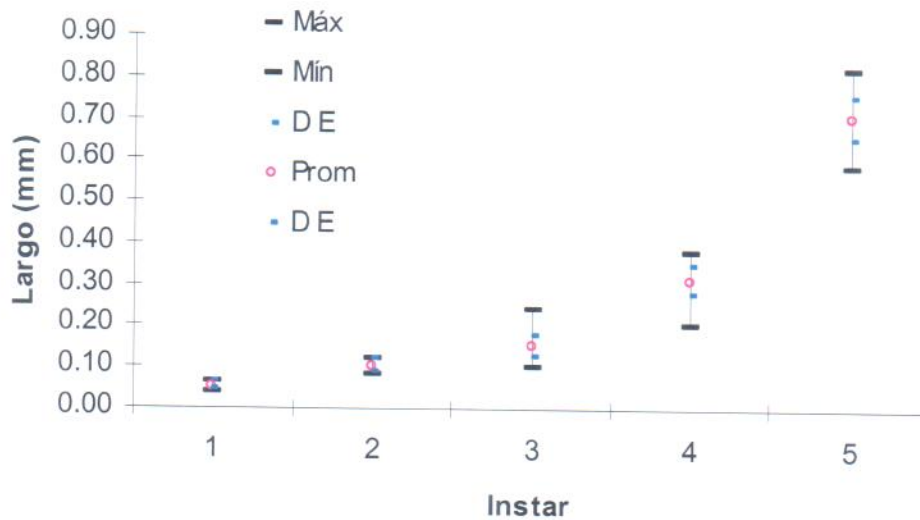


Figura 8. Longitud promedio de antenas de las ninfas de los cinco instares ninfales de *G. brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

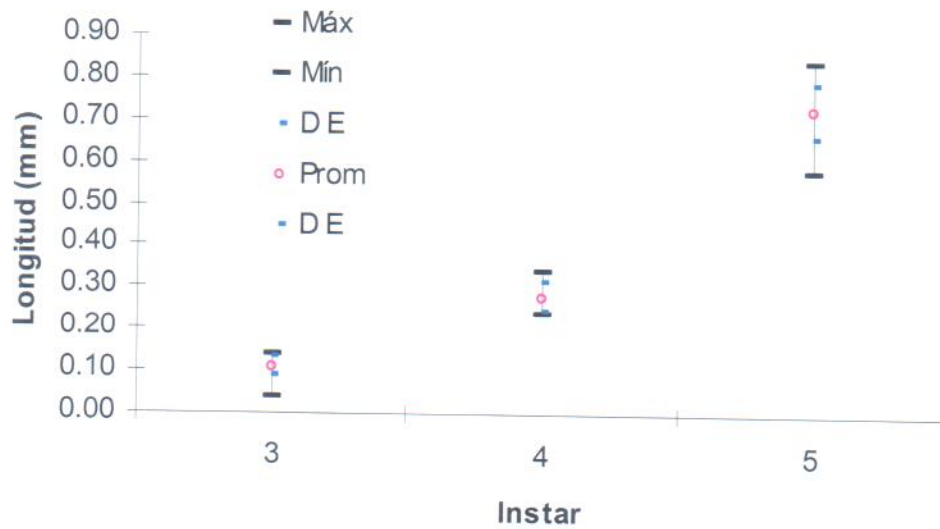


Figura 9. Longitud promedio de muñones alares anteriores de las ninfas del tercero al quinto instar de *G. brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

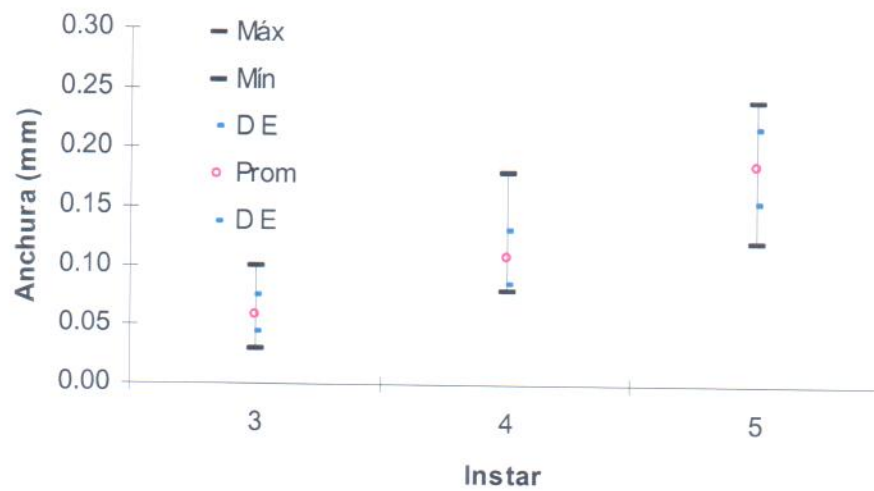


Figura 10. Anchura promedio de muñones alares anteriores de las ninfas del tercero al quinto ínstar de *G. brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

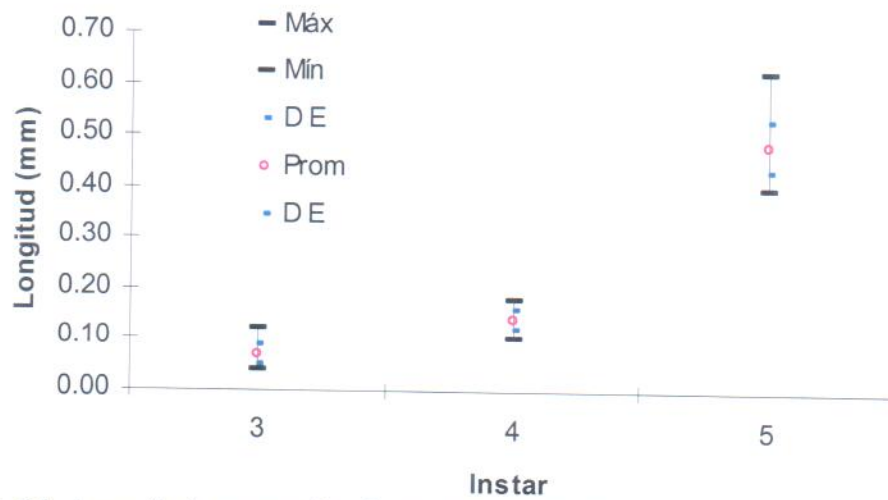


Figura 11. Longitud promedio de muñones alares posteriores de las ninfas del tercero al quinto ínstar de *G. brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

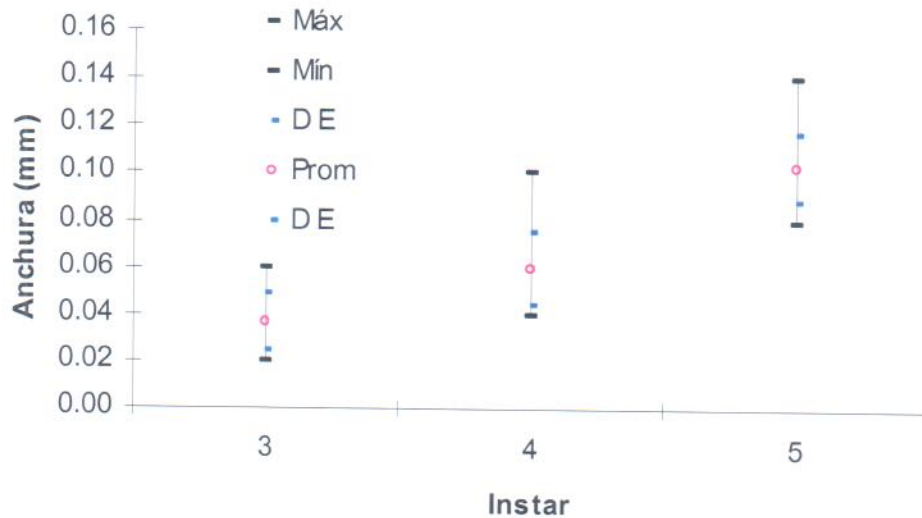


Figura 12. Anchura promedio de muñones alares posteriores de las ninfas del tercero al quinto instar de *G. brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

4.1.3 Adultos

Una de las características principales por las que se identifica el adulto, es la presencia de conos o procesos genales (Figura 13), los cuales están ubicados por debajo de los ojos, son de forma tubular y generalmente tienen una longitud aproximada de $\frac{2}{3}$ la anchura de la cabeza.

Glycaspis brimblecombei en su estado adulto presenta dimorfismo sexual (Figuras 14, 15 y 16) que se aprecia a simple vista, ya que el abdomen de la hembra se ve redondeado en vista dorsal y en el macho se observa claramente el edeago formando un ángulo de 90° ; se determinó que tiene una longitud máxima de 0.22 mm, una mínima de 0.18 mm, con un promedio de 0.20 mm y una desviación estándar de 0.02, estos valores coinciden con las obtenidas por

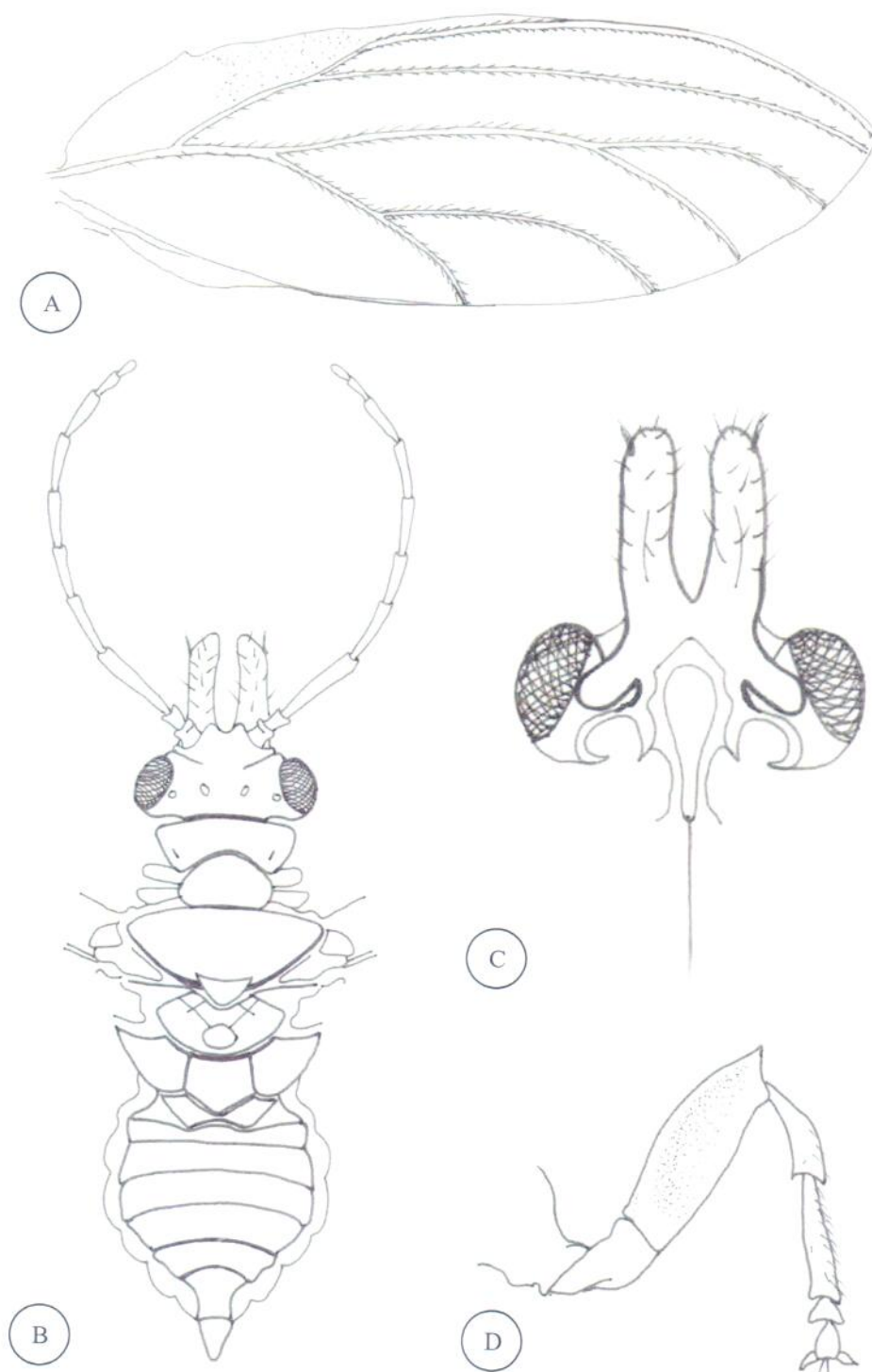


Figura 13. Estructuras principales del adulto. A. Ala anterior. B. Vista dorsal del cuerpo. C. vista ventral de la Cabeza. D. Pata anterior.

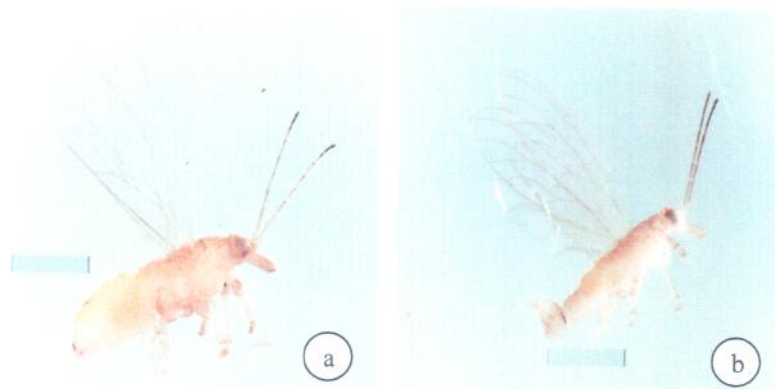


Figura 14. Adultos de *Glycaspis brimblecombei*. a) Hembra, b) Macho

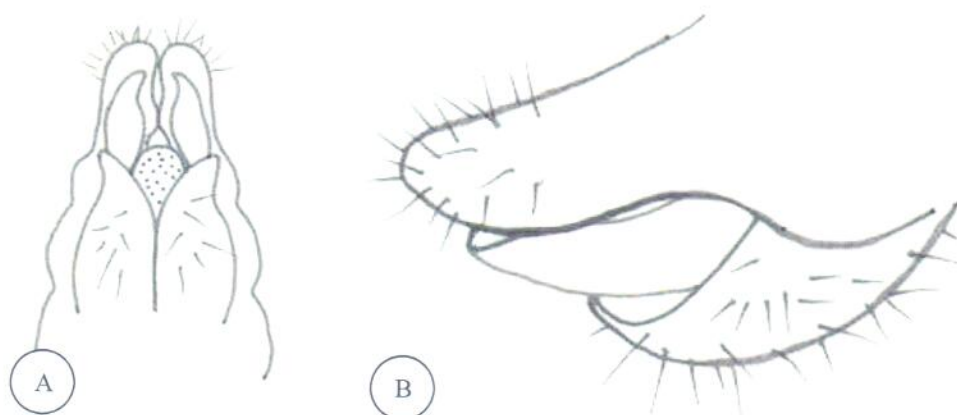


Figura 15. Estructuras sexuales de la hembra. A. Vista ventral. B. Vista lateral.

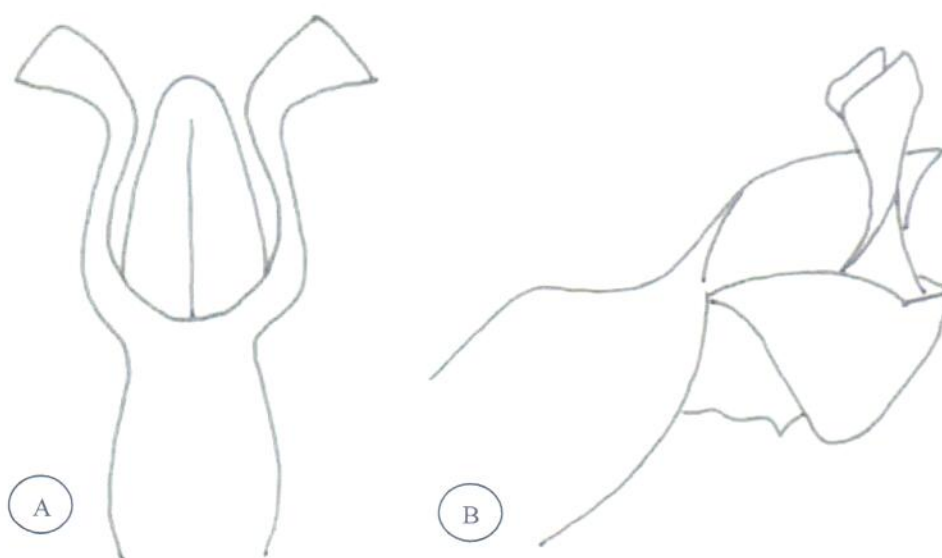


Figura 16. Estructuras sexuales del macho. A. Vista dorsal. B. Vista lateral.

Moore (1964), quien menciona que las medidas del edeago van desde 0.21 hasta 0.22 mm. En general son insectos delgados y presentan coloraciones que van desde el verde limón cuando recién emergidos, hasta verde seco y café rojizo cuando más maduros (macho y hembra, respectivamente). Tanto hembras como machos presentan manchas cafés en el dorso.

Hay una clara diferencia de tamaño entre la hembra y el macho, siendo este último más pequeño, característica que se aprecia en las dimensiones de sus estructuras (Cuadro 5). Así mismo, la hembra es más robusta y esta característica es más evidente cuando está ovipositando o a punto de hacerlo.

Las alas de *Glycaspis brimblecombei* (Figura 13) son hialinas, y cuando los adultos están en reposo, las pliegan sobre su abdomen dando la impresión de un tejado de dos aguas. Las alas son 0.5 veces más grandes que el cuerpo del insecto, por lo que el abdomen queda cubierto completamente por ellas.

Al comparar las medidas que presentan los adultos de *G. brimblecombei* en este estudio con los observados por Moore (1964), notamos que partes del macho como ancho de cabeza, longitud de las antenas y longitud de las alas son mayores (0.68, 1.51 y 2.8 mm), no así los conos genales, los cuales miden 0.34 mm.

Cuadro 5. Mediciones de adultos de *Glycaspis brimblecombei* en Chapingo, Estado de México.

Estructura		Promedio		Máximo		Mínimo		Desviación estándar		Límite inferior+		Límite superior+	
		H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Longitud	C/A SCG	3.65	2.99	4.25	3.80	3.05	2.55	0.28	0.26	3.52	2.87	3.78	3.11
	C/A CCG	3.85	3.21	4.50	3.95	3.20	2.70	0.30	0.26	3.72	3.09	3.97	3.34
	S/A SCG	2.02	1.74	3.25	2.75	1.15	1.10	0.49	0.40	1.85	1.59	2.18	1.89
	S/A CCG	2.21	1.93	3.50	2.95	1.25	1.25	0.50	0.41	2.04	1.78	2.37	2.08
Abdomen	Anchura	0.70	0.57	0.85	0.70	0.55	0.45	0.07	0.08	0.63	0.51	0.76	0.64
	Longitud	3.04	2.64	3.45	3.25	2.05	2.30	0.27	0.20	2.92	2.54	3.17	2.75
Alas	Anchura	0.95	0.83	1.45	1.35	0.70	0.70	0.10	0.12	0.87	0.75	1.02	0.91
	Longitud	1.55	1.49	1.75	1.70	1.00	1.25	0.14	0.10	1.46	1.41	1.63	1.56
Conos	Longitud	0.49	0.45	0.60	0.60	0.30	0.30	0.07	0.07	0.42	0.39	0.55	0.52
Genales	Anchura	0.15	0.14	0.20	0.20	0.10	0.10	0.03	0.03	0.11	0.10	0.19	0.18
Cabeza	Anchura	0.63	0.54	0.80	0.70	0.40	0.30	0.08	0.10	0.56	0.46	0.70	0.61

Nota: C/A SCG: Con alas sin conos genales, C/A CCG: con alas con conos genales, S/A SCG: sin las y sin conos genales, S/A CCG: sin alas y con conos genales, H: hembra, M: macho. N=50 ejemplares de cada sexo.

n=50 y $\alpha=0.05$. +Límites de confianza de la media al 95% de confiabilidad.

4.2 Ciclo biológico

4.2 1 Comportamiento de adultos. Apareamiento y oviposición.

El 16 de Julio de 2002, al liberar las parejas dentro de bolsas de organdí en las cajas de cría, tanto la hembra como el macho empezaron a caminar sobre la tela, moviendo constantemente los tarsos y las antenas, ocasionalmente se posaban sobre las hojas o los tallos más succulentos para alimentarse. Se reconoce que se alimentan de hojas, de brotes o de tallos tiernos, pero prefieren los brotes tiernos cuando existen, entonces se alinean a lo largo de estos y pueden permanecer alimentándose por varias horas.

Como es característico de los psílidos, el adulto posee patas fuertes, por lo que una forma de dispersarse es brincando. El adulto se adhiere fácilmente a vehículos, ropa y pelo, además de que pueden volar grandes distancias.

El comportamiento de apareamiento observado tanto en el campo, como en las cajas de cría, fue el siguiente: el macho se coloca a un lado de la hembra e intenta copular con ella curvando el abdomen con el cuerpo paralelo al de la hembra, formando un ángulo de 45° o bien en dirección opuesta a ésta; muchas veces la hembra puede rechazar al macho pero si lo acepta la cópula puede durar desde segundos, hasta casi dos horas. En el momento de la cópula, es común que otros machos se acerquen y cortejen a la hembra, por lo que en ocasiones da la impresión de que la hembra está unida con dos machos;

también es común que los machos se cortejen entre sí. Es posible que este comportamiento de apareamiento con varios machos explique la alta proporción de machos en la población. Durante su vida como adulto, la hembra se aparea con varios machos y llega a ovipositar entre una cópula y otra. La longevidad de los adultos es variable, pero en observaciones hechas en este ensayo se pudo constatar que pueden vivir de 9 a 13 días.

La hembra busca principalmente las hojas más suculentas de la planta, aunque en infestaciones fuertes puede ovipositar tanto en hojas jóvenes como en maduras. Cuando la hembra selecciona el lugar en donde va a ovipositar, empieza a secretar una sustancia blanquecina y con movimientos de contracción de su abdomen coloca a los huevecillos uno por uno, paralelamente, en forma lineal, circular o semicircular. Se observó que una hembra puede poner 11 huevecillos en el transcurso de 20 minutos.

Las 10 hembras recién emergidas que se introdujeron a las bolsas de organdi empezaron a ovipositar entre el tercero y cuarto día. Entre los días 9 y 13 las hembras murieron, por lo que se retiraron junto con los machos aunque éstos siguieran vivos, para proceder a contar los huevecillos puestos por hembra, obteniendo un rango entre 46 hasta 280 huevecillos con un promedio de 119 por hembra, con una desviación estándar de 92.

Recién depositados los huevecillos presentaron una coloración crema, minutos después se empiezan a tornar amarillos y su tono empieza a subir conforme

pasan los días y poco antes de eclosionar se ven ligeramente anaranjados. Bajo condiciones de temperatura entre 16 y 24°C y un promedio de 20.25 °C, los huevecillos eclosionaron entre el día 15 hasta el día 29 a partir de su oviposición. La eclosión de la mayoría de los huevecillos se da en las primeras horas del día, tardando el proceso entre 5 y 10 minutos. De un total de 1068 huevecillos, el porcentaje de huevecillos eclosionados por pareja varió entre el 10.6 y el 64.0% del total, con un promedio de 45.5%, es decir, mas de la mitad de los huevecillos depositados fueron infértiles o el tiempo de observación del ciclo no fue suficiente para que eclosionaran aunque este periodo de tiempo fue de 55 días. La eclosión retardada tiene como consecuencia que las poblaciones de ninfas presenten variación marcada en edad.

4.2.2 Establecimiento de ninfas de primer ínstar

Al salir del huevecillo, la ninfa lo rompe en forma vertical, asoma la cabeza y las patas delanteras agitándolas vigorosamente, al mismo tiempo que se impulsa hacia arriba para poder sacar el resto del cuerpo. Una vez que la ninfa termina de salir del huevecillo, empieza a alimentarse y a caminar sobre la superficie de la hoja hasta establecerse de forma definitiva, que puede ser sobre el lado de la hoja en donde eclosionó, en el lado opuesto, en otra hoja o sobre los peciolo más cercanos.

Las primeras ninfas se empezaron a observar a partir del día 15 después de la ovipostura y durante los siguientes 15 días continuaron emergiendo, como se muestra en la Figura 17.



Figura 17. Emergencia de ninfas de primer ínstar bajo condiciones de invernadero.

Como se ve en la Figura anterior, la mayor parte de las ninfas emergieron durante los primeros días, pero el periodo de emergencia duró 14 días para la nascencia del total de ninfas. Las observaciones continuaron, pero los huevecillos no eclosionados quedaron como tales hasta el día 55 en que se concluyó la observación. El bajo nivel de eclosión se puede deber a que los huevecillos no fueron fertilizados en su totalidad, por la desecación dada por las condiciones desfavorables en la planta, como la falta de algún nutrimento, exceso o falta de agua, luz insuficiente o por que quizá en esta especie de plaga existe retraso en la emergencia.

4.2.3. Emergencia de adultos

De un total de 683 ninfas de primer ínstar registradas, la proporción de adultos emergidos varió fuertemente dentro de las cajas de cría, ya que en algunas no hubo emergencia, mientras que en otras 100% de las ninfas alcanzó al estado adulto. Para todas las cajas se obtuvo un promedio porcentual de 19.8 valor ligeramente superior a lo encontrado en campo, pero comparado con el número de huevecillos eclosionados, el rango de porcentajes obtenidos entre cajas fue de 0 a 50.9, con un promedio de 12.64%, superando en un 100% lo encontrado en el estudio de estructura de edades, el cual se discute posteriormente.

La duración del ciclo bajo las condiciones descritas al inicio de este apartado, fue del 16 de Julio al 3 de Septiembre de 200, es decir, tuvo un rango de 32 hasta 55 días, lo que indica que los individuos de *Glycaspis brimblecombei* no se desarrollan de forma sincronizada, es decir, que aunque provengan de una misma masa de huevecillos siempre va a haber una sobreposición de los diferentes estados de desarrollo.

4.2.4 Duración de ínstares de *Glycaspis brimblecombei*.

4.2.4.1 Primer ensayo (25 de Octubre al 28 de Diciembre de 2002)

Este primer ensayo se llevó a cabo con temperaturas de 13.1 hasta 18.9 con un promedio de 16.5 °C. En este ciclo se detectaron huevecillos desde el primer día en que se liberaron las parejas dentro de la caja de cría, las cuales se

removieron de las cajas a los cinco días. Cabe recordar que estos adultos no eran recién emergidos, por lo que es casi seguro que algunas hembras ya llevaban dentro de su abdomen huevecillos fertilizados por los machos. Los huevecillos se estuvieron colectando desde el quinto día hasta el día 65, lo que permite inferir que los huevecillos permanecieron como tales hasta 60 días (Figura 18).

Como se mencionó en la metodología el conteo fue destructivo, es decir las observaciones se tomaron de hojas cortadas de las plantas infestadas, por lo que en cada lectura se tomaron en cuenta individuos diferentes. Las ninfas de primer ínstar se empezaron a observar el día 16 y se siguieron detectando durante 36 días hasta el día 52. El día 30 se registró el mayor número de ninfas de este ínstar y a partir de esta fecha el número fue decreciendo hasta llegar a cero.

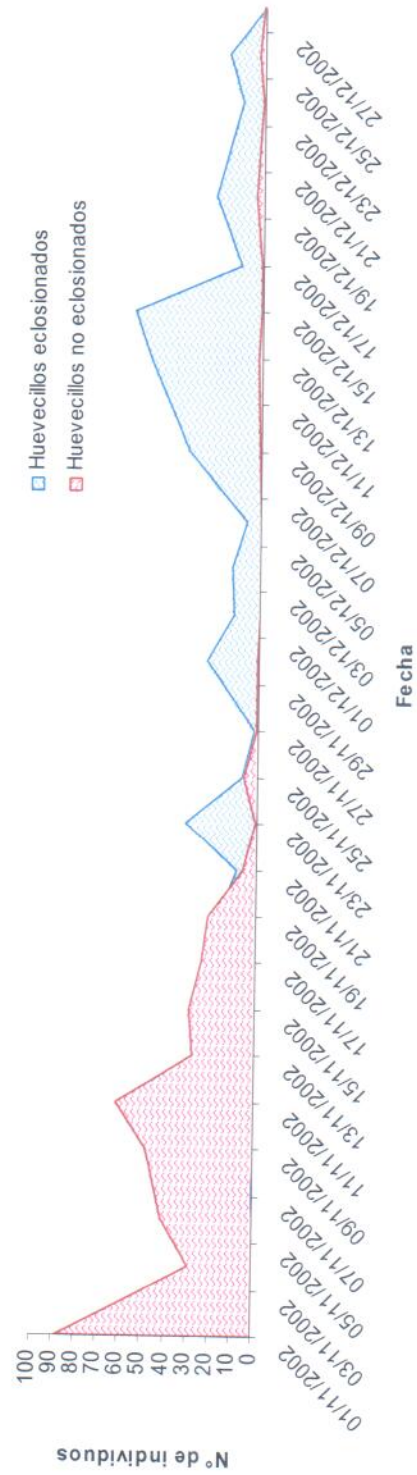


Figura 18. Periodo de emergencia de huevecillos en el segundo ensayo.

A partir del día 26 se empezaron a ver ninfas de segundo ínstar y hasta el día 63 del ciclo siguieron presentes en las hojas, registrándose durante 38 días. El día en que se observó un número mayor de ninfas de este estado fue el día 50. El periodo donde se presentó el tercer ínstar fue desde el día 34 hasta el día 63, es decir, durante 30 días, siendo el día 52 el que tuvo más ninfas de este ínstar. La primera ninfa de cuarto ínstar apareció el día 37 y la última registrada fue el día 65, por lo que estuvieron presentes durante 26 días. Finalmente, durante los últimos 15 días de toma de datos se detectaron ninfas de quinto ínstar, desde el día 50 hasta el 65. Los adultos se comenzaron a observar en el día 57. En este periodo de tiempo se tuvo la influencia de bajas temperaturas ambientales y el ciclo se retrasó hasta requerir casi dos meses, por lo que en general los individuos requirieron de 50 días o más para alcanzar el estado de adulto (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resumen de tiempos mínimos para la emergencia de las ninfas en el primer ensayo.

Instar	N° de días
I	16
II	26
III	34
IV	37
V	50

La fluctuación de lo mencionado en los párrafos anteriores, se observa en forma gráfica en la Figura 19, en donde se aprecia que la emergencia de las ninfas no se da de manera simultánea aunque provengan de huevecillos depositados en fechas cercanas, por lo que los estadíos se sobreponen, pudiendo encontrar en una hoja desde huevecillos sin eclosionar, hasta ninfas de quinto ínstar o exuvias indicadoras de que ya emergieron los adultos.

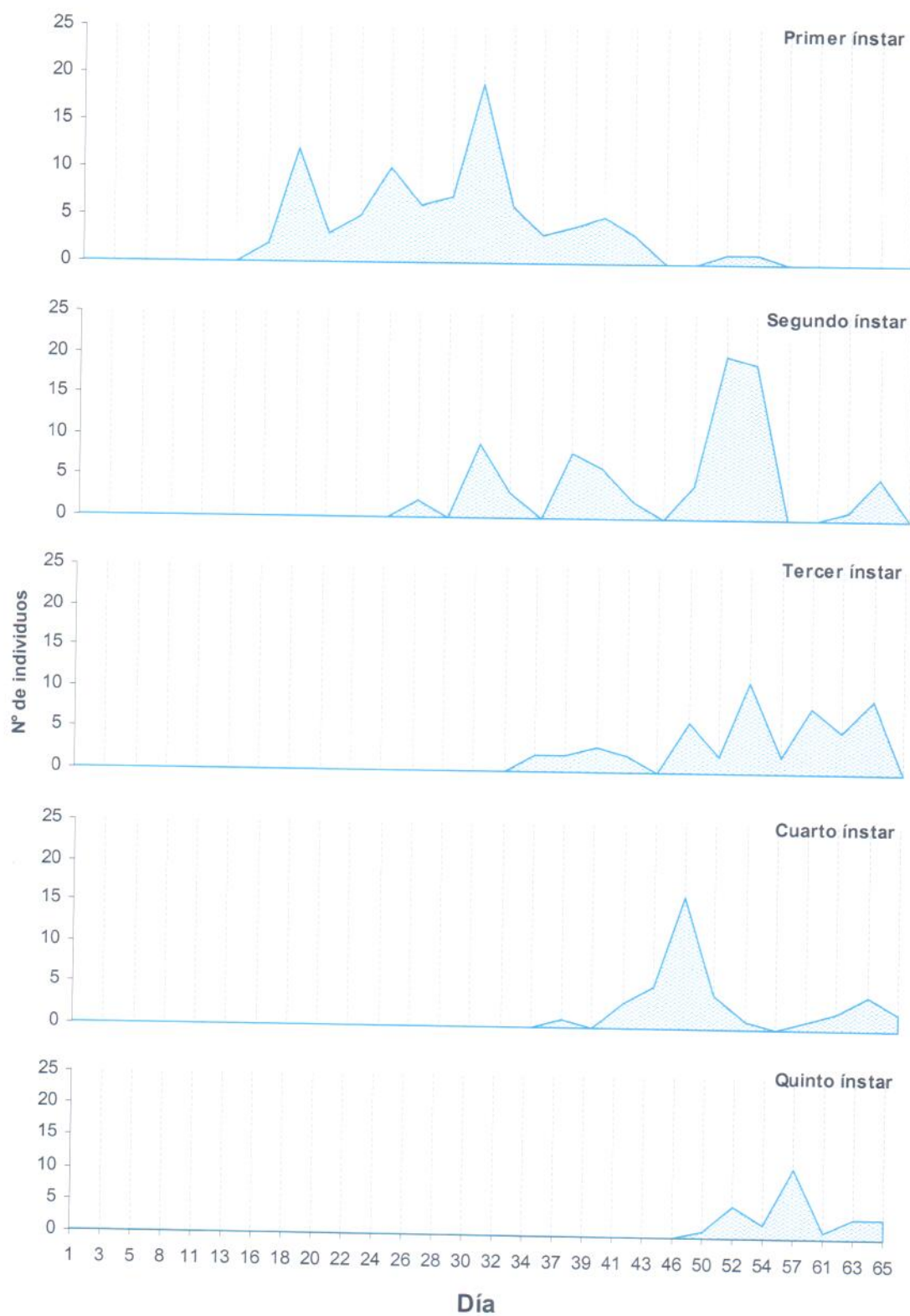


Figura 19. Duración de los estados ninfales bajo condiciones de invernadero,

4.2.4.2 Segundo ensayo (13 de Diciembre de 2002 al 29 de Enero de 2003).

El segundo ensayo se llevó a cabo de forma similar al primero, con excepción de que en éste, las condiciones de temperatura estuvieron más controladas, por lo que se consiguió que los rangos disminuyeran y el ciclo fuera más rápido. Se tuvo un rango de temperatura de 15 a 26 °C, con un promedio de 22.2°C.

Las hembras liberadas dentro de las cajas de cría empezaron a ovipositar desde el primer día, se mantuvieron por cinco días y luego se removieron todos los individuos adultos vivos y muertos. Los huevecillos se estuvieron observando desde el primer día hasta el día 47, aunque los últimos huevecillos no eclosionados pudieron ser producto de los primeros adultos emergidos (Figura 20). Las ninfas de primer ínstar empezaron a emerger el día 13 registrando un mayor número el día 18; durante 20 días se estuvieron observando hasta que entre el día 31 y 35 no se encontró ninguna dentro de las hojas colectadas. El día 36 se volvieron a registrar en una menor cantidad y conforme pasaron los días fue incrementando el número de ninfas de este estadio, lo que hace suponer que éstas últimas pertenecieron a un segundo ciclo (Figura 21)

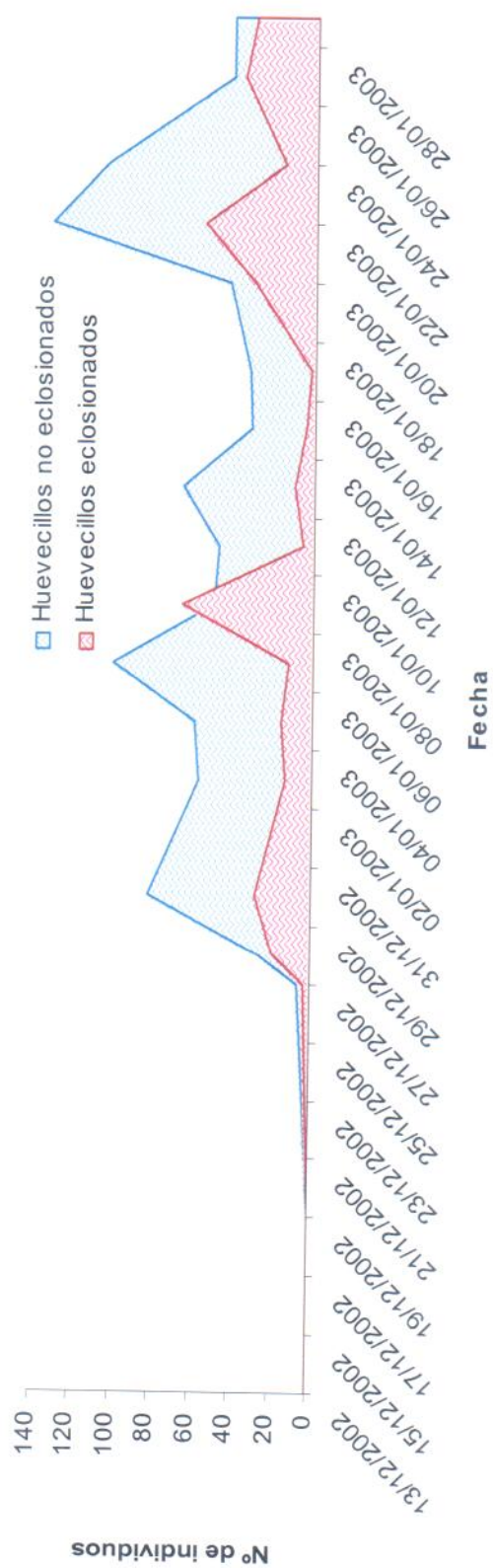


Figura 20. Periodo de emergencia de huevecillos en el segundo ensayo.

El día 15 se inició la observación de las ninfas de segundo ínstar, teniendo el mismo comportamiento que las de primero, ya que entre el día 31 y 35 no se registró ninguna y se empezaron a ver de nuevo hasta el día 36. Las ninfas del tercero, cuarto y quinto estadio se observaron a partir del día 22 y dejaron de observarse el día 41 las de tercero; las de cuarto y el quinto el día 43.

Los primeros adultos emergieron el día 26, lo que confirma lo expuesto en párrafo anterior, ya que éstos adultos dieron origen a una nueva generación, la cual se desarrolló muy rápidamente.

Cuadro 7. Resumen de tiempos mínimos para la emergencia de las ninfas en el segundo ensayo.

Instar	N° de días
I	13
II	15
III	22
IV	22
V	22

En conclusión se tuvo que los ciclos de *Glycaspis brimblecombei* varían con las condiciones ambientales. En este trabajo, el ciclo más corto de las ninfas requirió de 26 días, mientras que el más largo fue de 57 días. En Australia, el ciclo biológico de *Glycaspis baileyi* dura de 53 a 63 días en primavera y de 80 a 93 días en invierno (Moore, 1961)

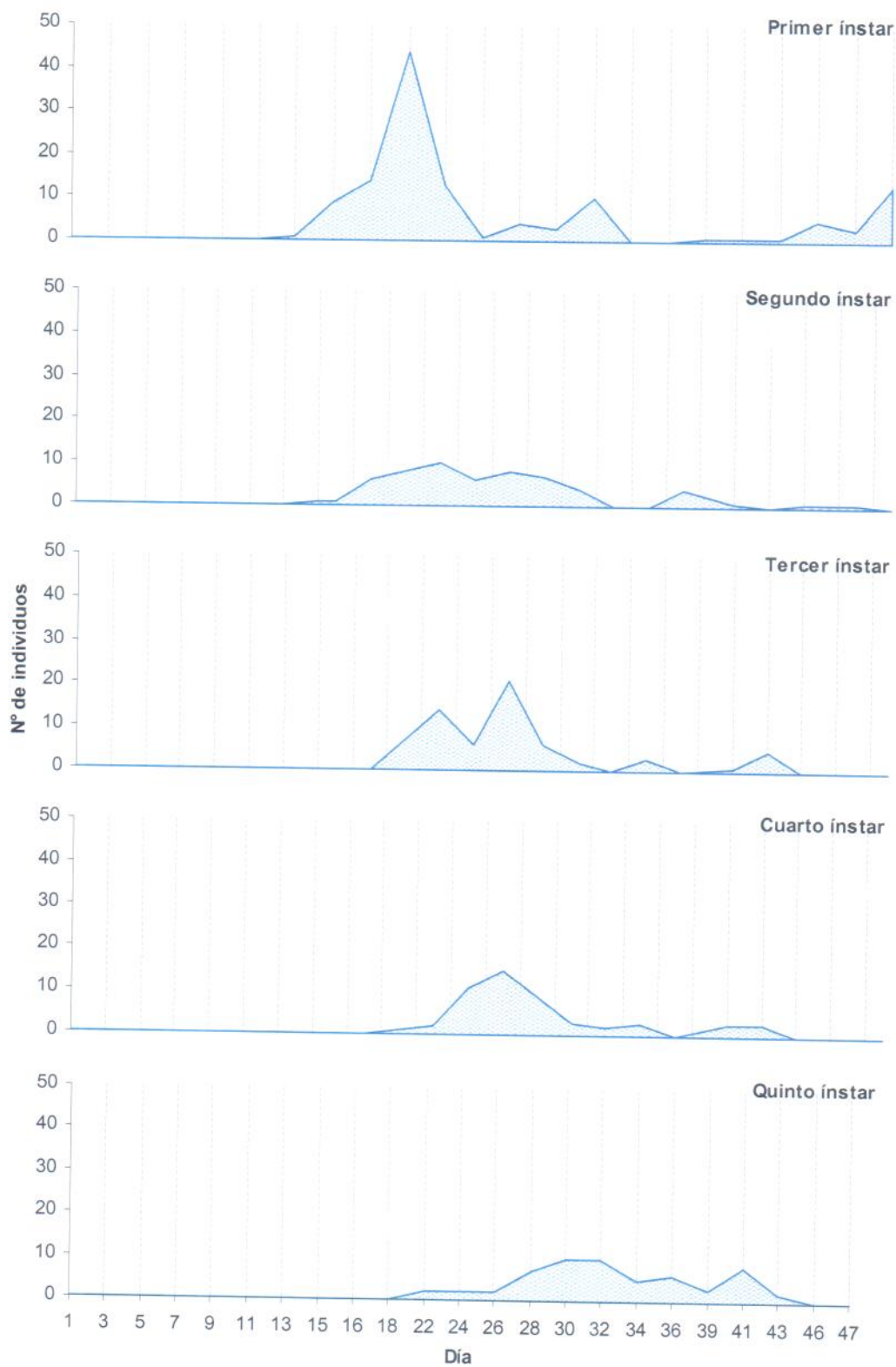


Figura 21. Duración de los estados ninfales bajo condiciones de invernadero,

4.3 Estructura de edades

4.3.1 Comparación entre estados de desarrollo

Durante las 16 semanas en las que se estuvieron analizando hojas de eucalipto, se observó una gran variabilidad en los valores obtenidos para cada etapa de desarrollo, como se puede observar en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Estadísticas de estructura de edades de ninfas en Chapingo, Estado de México

Estimador	Instar				
	1º	2º	3º	4º	5º
Mínimo (%)	21.61	11.69	8.06	6.18	6.02
Máximo (%)	45.22	29.68	26.99	20.27	43.01
Promedio (%)	33.58	20.47	14.52	14.39	17.04
Desviación estándar	8.85	5.78	4.58	3.91	9.39
Límite inferior+	32.28	19.41	13.58	13.53	15.70
Límite superior+	34.88	21.52	15.46	15.26	18.38

Nota: n=50 y $\alpha=0.05$. + Límites de confianza de la media al 95% de confiabilidad.

Los estadíos ninfales en donde varía más el porcentaje de individuos son instar 1 y 5, lo que se refleja en la desviación estándar obtenida. Las variaciones más fuertes se observan en las últimas fechas (Anexo 4).

Como se observa en la Figura 22, de manera general la población de *Glycaspis brimblecombei* decrece en el proceso de maduración del individuo, ya que los individuos de todos los estados van a estar expuestos a condiciones ambientales adversas y a enemigos naturales, por lo que sólo una porción de las ninfas existentes en el follaje tienen la posibilidad de llegar a adultos.

También se puede apreciar que del primero al segundo ínstar hay más diferencia, la cual se va disminuyendo conforme avanza la edad de la ninfa.

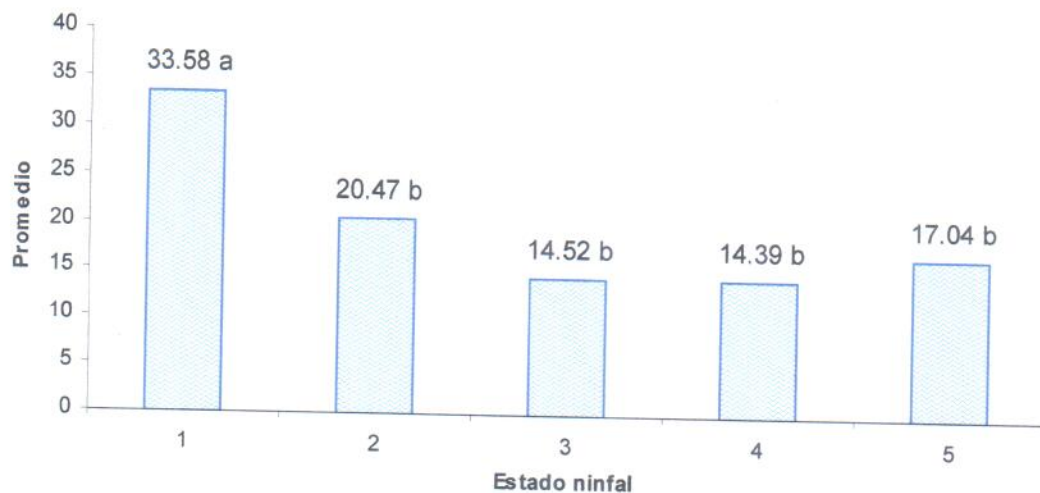


Figura 22. Proporción media de ninfas de *Glycaspis brimblecombei* por estadio en Chapingo, Estado de México (N =6,499). Medias con la misma literal son iguales con $\alpha=0.05$ y diferencia significativa honesta de 6.84 (Prueba de Tukey).

Lo anterior significa que la diferencia entre la densidad obtenida en el primer ínstar y los demás ínstares (2-5) es estadísticamente significativa, sin embargo entre los ínstares segundo al quinto, la diferencia no es significativa estadísticamente.

Al relacionar el porcentaje de ninfas con respecto al número de huevecillos eclosionados, se obtuvieron los datos expuestos en el Cuadro 9, que muestra la gran diferencia de individuos en las primeras etapas de desarrollo, presente en las 16 tomas de datos.

Cuadro 9. Población de *Glycaspis brimblecombei* por estado de desarrollo en Chapingo, Estado de México. Resultados promedio de 16 semanas, entre el 1° de Octubre de 2002 al 14 de Enero de 2003.

	E	NE	Instar				
			1°	2°	3°	4°	5°
Promedio por fecha	997.25	550.50	131.50	84.31	66.38	61.25	62.75
Porcentaje con respecto a huevecillos eclosionados			13.186	8.454	6.656	6.142	6.292
Porcentaje con respecto a ninfas vivas			32.37	20.76	16.34	15.08	15.45

Nota: E: Huevecillos eclosionados, NE, huevecillos no eclosionados; 1-5, instar ninfal.

En la Figura 23, se aprecia la disminución tan drástica de la cantidad de individuos existentes como huevecillos al pasar al estado de ninfa y que en estados subsecuentes, la diferencia entre uno y otro es menor. En observaciones hechas en campo se pudo observar una cantidad de huevecillos sin eclosionar y a juzgar por su apariencia oscura y su consistencia, se dio por hecho que estos difícilmente podrían dar origen a ninfas. También se pudo constatar un alto grado de depredación en este estado, ya que se encontraron muchos huevecillos incompletos que aparentemente pudieron ser devorados por otros organismos.

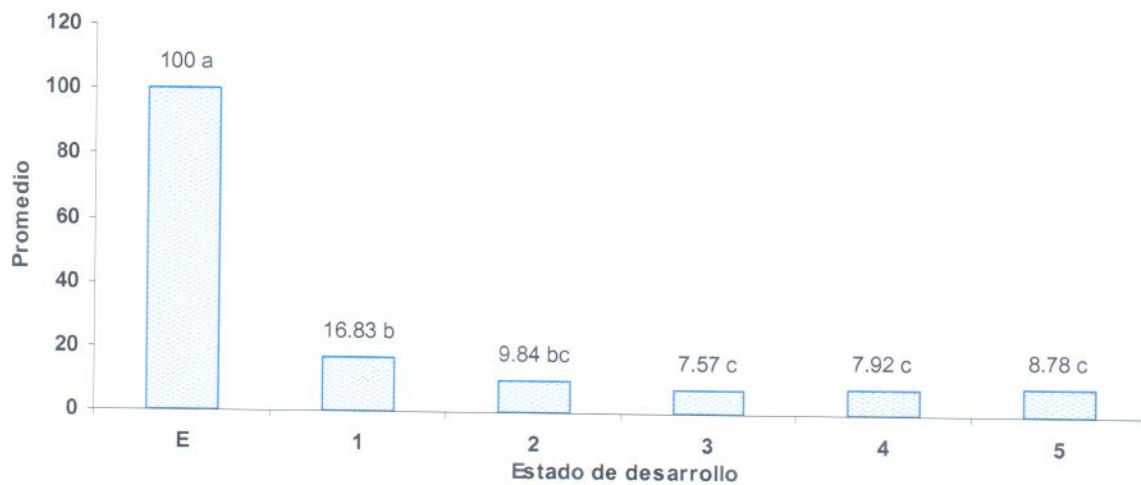


Figura 23. Población de *Glycaspis brimblecombei* por estado de desarrollo y porcentaje de ninfas de cada estado ninfal con respecto a huevecillos eclosionados en Chapingo, Estado de México. E, huevecillos eclosionados. Medias con la misma literal son iguales con $\alpha=0.05$ y diferencia significativa honesta de 7. 13 (Prueba de Tukey).

Con un 95% de confiabilidad podemos decir que entre los valores obtenidos de huevecillos eclosionados y lo obtenido en cada ínstar hay una diferencia significativa, que entre el primer y segundo ínstar no hay diferencia, pero que entre el primero y el tercer, cuarto y quinto ínstar si la hay, aunque entre estos últimos no hay diferencia estadística significativa.

4.3.2 Variación poblacional de los estados ninfales con respecto a las condiciones ambientales y el tiempo, mediante la utilización de series de tiempo.

Al través del tiempo, hay una fuerte variación en la cantidad de individuos por cada estado de desarrollo (Figura 24). Para determinar si las condiciones ambientales y el tiempo tienen influencia sobre la proporción de individuos que hay en cada estado ninfal, se realizó un análisis de varianza de un modelo lineal autoregresivo, en el que se consideraron el tiempo, la cantidad de individuos en estados de desarrollo anteriores, la temperatura, la humedad relativa y cuatro retrocesos en el tiempo utilizando el modelo general descrito en Materiales y Métodos:

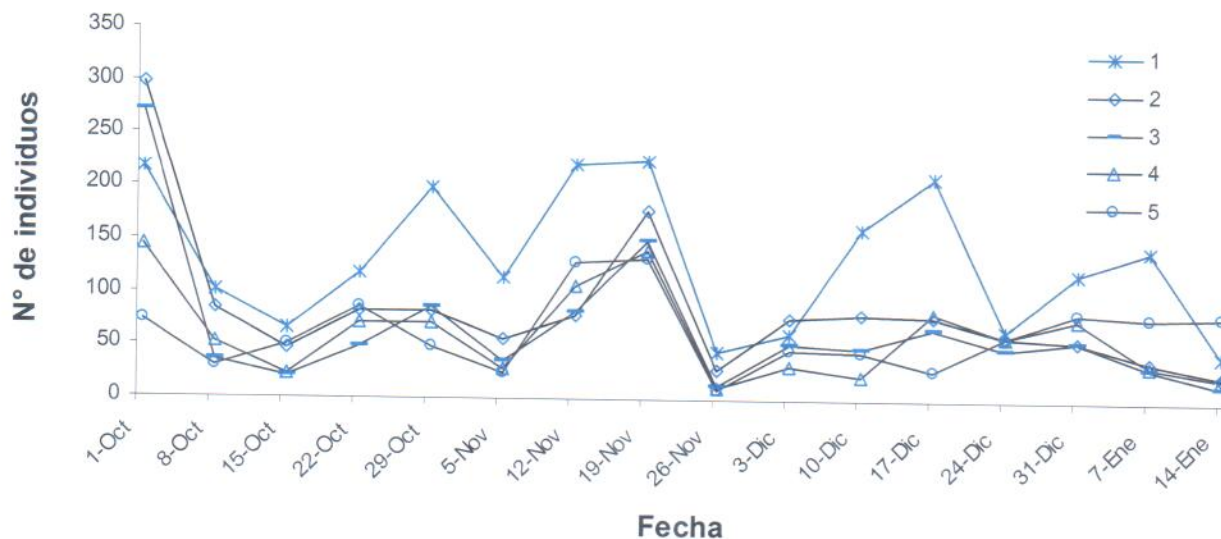


Figura 24. Variación poblacional de las ninfas de los cinco instares ninfales de *Glycaspis brimblecombei* a través del tiempo.

4.3.2.1 Primer ínstar

De acuerdo a lo obtenido en el análisis de varianza presentado en el Cuadro 10, el tiempo y la humedad relativa tienen un efecto negativo en la proporción de individuos que puede tener el primer ínstar, aunque cuando la significancia es baja. La variable que tiene mayor influencia son los factores ambientales que ocurrieron dos semanas antes de cada toma de datos.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el primer ínstar ninfal de *Glycaspis brimblecombei*.

Variable	G L	Estimadores	Error Estándar	Valor de t	Pr> t Approx
Intercepto	1	66.16	37.36	1.77	0.12
Semana	1	-1.29	0.92	-1.40	0.20
HE	1	0.0002	0.008	0.03	0.98
T	1	1.44	3.80	0.38	0.72
HR	1	-0.83	0.81	-1.02	0.34
v_{i-1}	1	0.13	0.36	0.37	0.72
v_{i-2}	1	0.81	0.35	2.33	0.05
v_{i-3}	1	0.04	0.35	0.11	0.92
v_{i-4}	1	0.56	0.38	1.48	0.18

R cuadrada total (máx verosimilitud) = 0.32

R cuadrada total (min cuadrados) = 0.030

Con los estimadores del análisis de varianza se calcularon los valores predichos con el siguiente modelo:

$$PNI_i = 66.16 - 1.2885S_i + 0.0002HE_i + 1.44T_i - 0.83HR_i - 0.13v_{i-1} - 0.81v_{i-2} - 0.04v_{i-3} - 0.56v_{i-4} + Ei$$

En la Figura 25 se muestra la relación entre los valores observados y predichos con la temperatura y la humedad relativa a través del tiempo utilizando el

modelo estimado. Se puede observar que ambos valores, observados y predichos, se relacionan más con la humedad relativa que con la temperatura y en ocasiones el efecto es negativo.

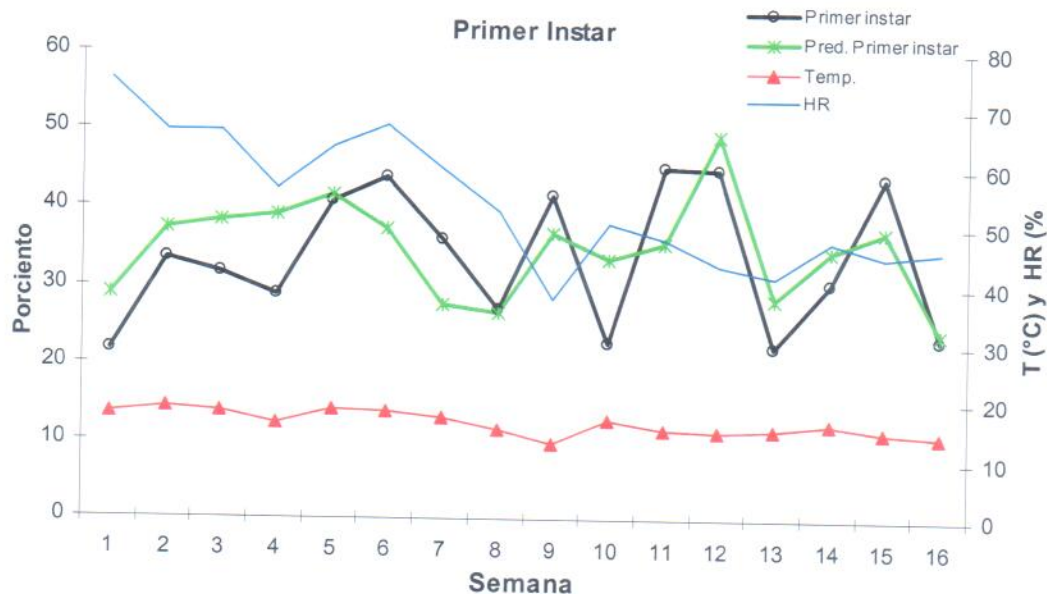


Figura 25. Variación de la población de individuos de primer ínstar de *Glycaspis brimblecombei* través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y humedad relativa.

4.3.2.2 Segundo ínstar

En el ANOVA que muestra el Cuadro 11, se observa que aumenta la significancia de los efectos que tienen las variables analizadas con la proporción de individuos en el segundo ínstar, con respecto a lo obtenido para el primer ínstar. El tiempo, la cantidad de huevecillos eclosionados, la temperatura y la humedad relativa son altamente significativos, aunque esta última tiene un efecto negativo, lo que nos indica que en ambientes más húmedos, el número de individuos de este estadio disminuye.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el segundo instar ninfal de *Glycaspis brimblecombei*.

Variable	G L	Estimadores	Error Estándar	Valor de t	Pr> t Approx
Intercept	1	17.46	8.28	2.11	0.80
Semana	1	-1.17	0.31	-3.76	0.01
HE	1	0.006	0.009	3.20	0.02
Inst1	1	0.006	0.07	0.09	0.93
T	1	4.59	0.97	4.71	0.003
HR	1	-1.26	0.24	-5.18	0.002
v_{i-1}	1	0.30	0.13	2.33	0.06
v_{i-2}	1	-0.45	0.20	-2.26	0.06
v_{i-3}	1	0.28	0.14	1.95	0.10
v_{i-4}	1	0.92	0.11	8.25	0.0002

R cuadrada total (máx verosimilitud) = 0.89

R cuadrada total (min cuadrados) = 0.57

La fluctuación poblacional del segundo instar son bien representados por el modelo de regresión retroregresivo, como lo muestra el valor de la R^2 de máxima verosimilitud que es 32% superior al valor de la R^2 de mínimos cuadrados correspondiente al modelo que no incluye errores correlacionados.

Utilizando los valores obtenidos en el análisis de varianza, se construyó un modelo para predecir los valores reales. El modelo es el siguiente:

$$PNI2_i = 17.46 - 1.17 S_i + 0.006 HE_i + 0.006 PNI1_i + 4.59 T_i - 1.26 HR_i - 0.30 v_{i-1} + 0.45 v_{i-2} - 0.283 v_{i-3} - 0.92 v_{i-4}$$

Con los valores obtenidos con este modelo y los valores observados, se formó el gráfico presentado en la Figura 26, donde se relacionan con los valores de temperatura y humedad relativa correspondientes al periodo de tiempo de

observación. Se puede apreciar que la línea de los valores predichos coincide en varios puntos a los valores obtenidos.

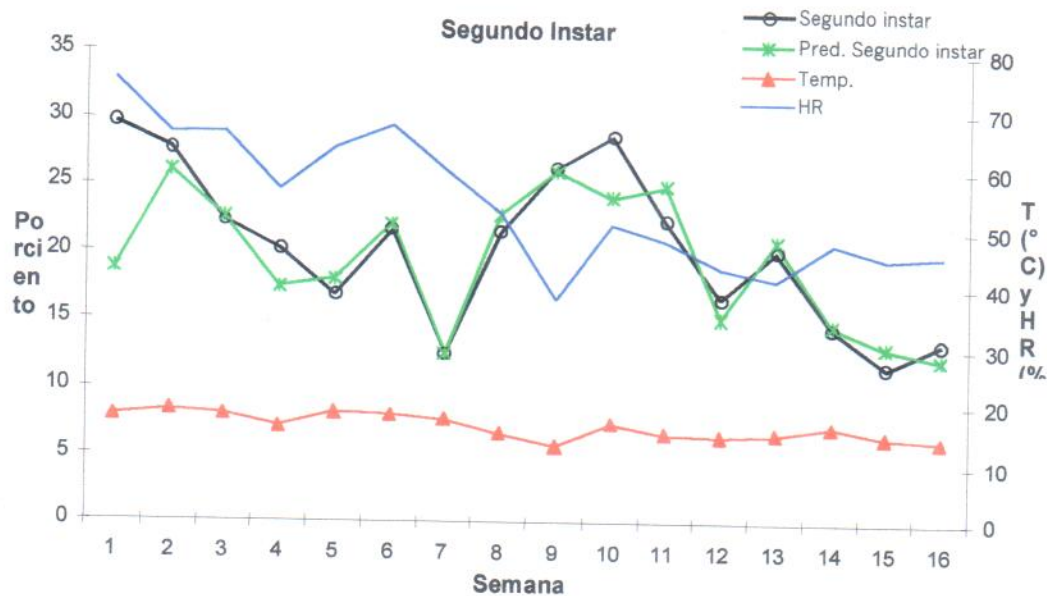


Figura 26. Variación de la población de individuos de segundo ínstar de *Glycaspis brimblecombei* través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y humedad relativa.

4.3.2.3 Tercer ínstar

En el tercer ínstar ninfal, los estimadores utilizados en el ANOVA (Cuadro 12), resultan poco significativos, aunque de manera general el modelo utilizado por estimadores de máxima verosimilitud tiene una R^2 aceptable. En este ínstar, el tiempo, el ínstar 1, la temperatura y humedad relativa tienen un efecto negativo no significativo.

Al contrario de lo observado en el segundo ínstar, el modelo de regresión autoregresivo no explica gran parte de las fluctuaciones poblacionales del tercer ínstar, reflejado en la falta de significancia de los parámetros incluidos.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el tercer ínstar de *Glycaspis brimblecombei*.

Variable	G L	Estimadores	Error Estándar	Valor de t	Pr> t Approx
Intercept	1	28.14	26.85	1.05	0.34
Semana	1	-0.10	0.81	-0.12	0.91
HE	1	0.004	0.01	0.63	0.56
Inst1	1	-0.17	0.14	-1.22	0.28
Inst2	1	0.26	0.50	0.52	0.63
T	1	-0.36	2.21	-0.16	0.88
HR	1	-0.19	0.75	-0.25	0.81
v_{i-1}	1	-0.40	0.66	0.61	0.57
v_{i-2}	1	-0.18	0.54	0.33	0.76
v_{i-3}	1	-0.63	0.35	1.78	0.13
v_{i-4}	1	-0.59	0.71	0.83	0.44

R cuadrada total (máx verosimilitud) = 0.69

R cuadrada total (min cuadrados) = 0.46

Utilizando los estimadores obtenidos en el análisis de varianza, se construyó el siguiente modelo para calcular los valores predichos:

$$PNI_{3i} = 28.14 - 0.10 S_i + 0.004 HE_i - 0.17 PNI_{1i} + 0.26 PNI_{2i} - 0.36 T_i - 0.19 HR_i - 0.39 v_{i-1} - 0.16 v_{i-2} - 0.63 v_{i-3} - 0.59 v_{i-4}$$

En la Figura 27 podemos observar la relación entre las condiciones ambientales con los valores observados y predichos. Se aprecia que sólo en algunos puntos,

la línea de los predichos se sobrepone a la de los observados, pero que de manera general se acercan mucho los valores.

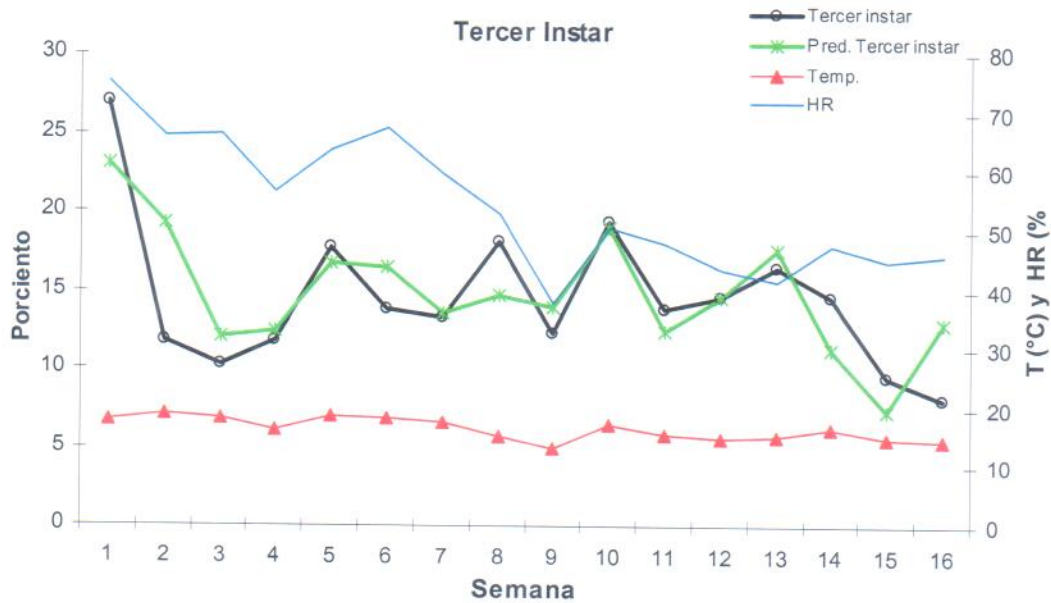


Figura 27. Variación de la población de individuos de tercer ínstar de *Glycaspis brimblecombei* través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y humedad relativa.

4.3.2.4 Cuarto ínstar

La semana, el primer y segundo ínstar y la temperatura tienen un efecto significativo negativo sobre la densidad poblacional (Cuadro 13). La tercera semana de retroceso tienen un efecto negativo significativo. Cabe mencionar que el efecto negativo de la humedad relativa y del segundo y tercer ínstar puede deberse al efecto significativo de la tercera semana de retroceso, indicando que altas humedades relativas y densidad del primer y segundo ínstar proporcionan altas densidades del cuarto ínstar a tres semanas de medición.

La R^2 obtenida en este ANOVA para mínimos cuadrados y para estimadores de máxima verosimilitud es muy alta, parte por el efecto de las variables explicatorias incluidas en el modelo y parte por el número de variables incluidas (Box y Jenkins, 1976).

Cuadro 13. Análisis de varianza para el cuarto instar de *Glycaspis brimblecombei*.

Variable	G L	Estimadores	Error Estándar	Valor de t	Pr> t Approx
Intercept	1	57.96	7.58	7.65	0.002
Semana	1	-1.26	0.31	-4.06	0.01
HE	1	0.002	0.002	1.03	0.36
Inst1	1	-0.22	0.06	-3.43	0.03
Inst2	1	-0.49	0.08	-6.29	0.003
Inst3	1	0.12	0.21	0.58	0.59
T	1	1.22	0.49	2.47	0.07
HR	1	-0.72	0.12	-6.16	0.003
v_{i-1}	1	-0.86	0.72	-1.20	0.29
v_{i-2}	1	-0.07	0.25	-0.28	0.79
v_{i-3}	1	1.06	0.15	7.07	0.002
v_{i-4}	1	-0.71	0.84	-0.84	0.45

R cuadrada total (máx verosimilitud) = 0.96

R cuadrada total (min cuadrados) = 0.65

La diferencia del 31% entre el valor de la R^2 de máxima verosimilitud y la de mínimos cuadrados muestran el efecto significativo de la incorporación de los errores autorregresivos en el modelo.

Para calcular los valores que se pueden esperar para el cuarto instar se utilizaron los parámetros del Cuadro 13 y se construyó el siguiente modelo:

$$PNI_{4i} = 57.96 - 1.26 S_i + 0.002 HE_i - 0.22 PNI_{1i} - 0.49 PNI_{2i} + 0.12 PNI_{3i} + 1.22 T_i - 0.72 HR_i + 0.87 v_{i-1} + 0.072 v_{i-2} - 1.06 v_{i-3} + 0.70 v_{i-4}$$

Con los valores obtenidos con el modelo anterior se elaboró una línea de variación junto con los valores observados, los cuales se comparan con la temperatura y humedad relativa prevalecientes durante el periodo de observación (Figura 28).

Es notable que los valores predichos se acercan casi en su totalidad a los valores observados, y que estos valores guardan una relación negativa con la humedad relativa, dado el valor de la R^2 de máxima verosimilitud.

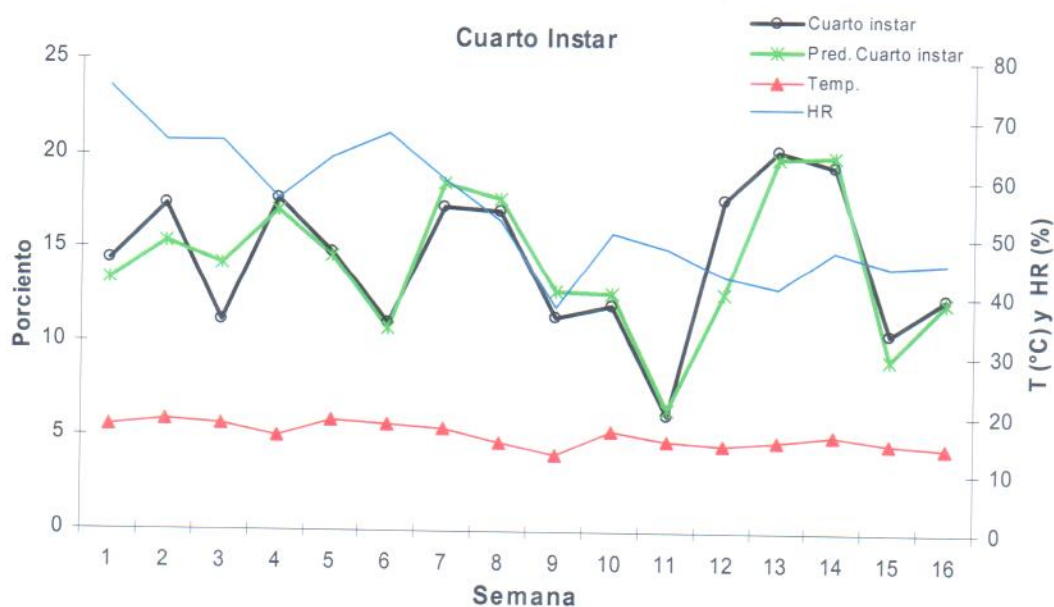


Figura 28. Variación de la población de individuos de cuarto instar de *Glycaspis brimblecombei* través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y humedad relativa.

4.3.2.5 Quinto Instar

En el Cuadro 14 se presenta el análisis de varianza para el quinto instar, en donde se observa que el tiempo, los instares anteriores y la humedad relativa, tienen un coeficiente negativo significativo, así como los coeficientes los errores de autocorrelación, indicando a mayor temperatura y menores humedades relativas en los primeros estados ninfales, y bajas densidades de los primeros cuatro instares, proporcionan menores densidades en el último instar. Es importante resaltar que todos los estimadores son altamente significativos, al igual que la R^2 cuadrada obtenida por mínimos cuadrados y para los estimadores de máxima verosimilitud justificado por considerar en el modelo a las condiciones climáticas y a lo ocurrido en los instares anteriores, es decir, por el efecto y número de variables explicatorias incluidas en el modelo.

Cuadro 14 Análisis de varianza para el quinto instar de *Glycaspis brimblecombei*.

Variable	G L	Estimadores	Error Estándar	Valor de t	Pr> t Approx
Intercept	1	100.03	0.004	23932.7	<.0001
Semana	1	-0.002	0.00008	-21.41	0.0002
HE	1	0.00001	5.1E-7	20.60	0.0003
Inst1	1	-0.99	0.00002	-40466	<.0001
Inst2	1	-1.00	0.00004	-23119	<.0001
Inst3	1	-1.00	0.00006	-16106	<.0001
Inst4	1	-1.00	0.00004	-22374	<.0001
T	1	0.005	0.0002	20.12	0.0003
HR	1	-0.001	0.00007	-21.24	0.0002
v_{i-1}	1	0.80	0.03	24.15	0.0002
v_{i-2}	1	0.72	0.07	10.00	0.0021
v_{i-3}	1	0.8	0.034	24.11	0.0002
v_{i-4}	1	0.99	0.002	631.89	<.0001

R cuadrada total (máx verosimilitud) = 1.00

R cuadrada total (min cuadrados) = 1.00

El modelo presentado a continuación se formó con los valores de los estimadores presentados anteriormente, con el cual se calcularon los valores esperados para el quinto ínstar.

$$PNI_{5i} = 100.02 - 0.002 S_i + 0.0000104 HE_i - 0.99 PNI_{1i} - 1.00 PNI_{2i} - 1.00 PNI_{3i} - 1.00 PNI_{4i} + 0.005 T_i - 0.001 HR_i - 0.08 v_{i-1} - 0.72 v_{i-2} - 0.8 v_{i-3} - 0.99 v_{i-4}$$

En la Figura 29, se observa claramente que los valores calculados se sobreponen totalmente con los valores observados y que la humedad relativa guarda una estrecha relación con ambos. Con el modelo utilizado para calcular los predichos se puede estimar con un error mínimo el comportamiento que puede tener la población en quinto ínstar.

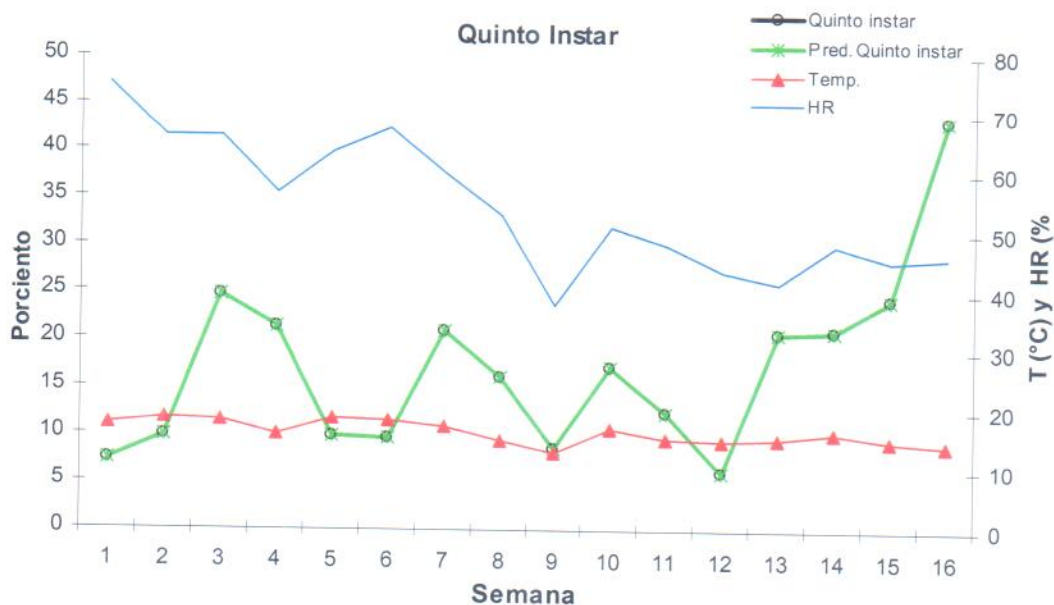


Figura 29. Variación de la población de individuos de quinto ínstar de *Glycaspis brimblecombei* través del tiempo. Valores reales y predichos en función de la temperatura y humedad relativa.

5. CONCLUSIONES

- *Glycaspis brimblecombei* presenta cinco instares bien definidos por la forma y el número de artejos presente en cada uno de ellos (3, 3, 5, 7 y 9). Además no hay sobreposición en las medidas de longitud y ancho de abdomen de los diferentes instares.
- Hay una marcada diferencia entre la hembra y el macho adultos, en cuanto a la coloración, dimensiones y los últimos segmentos abdominales.
-
- En condiciones de invernadero el ciclo de vida de *Glycaspis brimblecombei* duró de 32 hasta 55 días.
- Los instares ninfales se sobreponen aún cuando pertenezcan a una misma masa de huevecillos, debido a que estos no eclosionan al mismo tiempo.
- De manera general, la estructura de edades es la siguiente: el 32.4% de las ninfas corresponden al instar 1, el 20.8% a segundo instar, el 16.3% al tercero, el 15.01 al cuarto y el 15.45 a quinto.
- Estadísticamente, la humedad relativa y los eventos ocurridos hasta cuatro semanas anteriores a la toma de datos, influyen en la proporción de individuos encontrados en cada instar.

6. RECOMENDACIONES

1. Debido a que esta investigación no se logró determinar con más precisión la duración de cada ínstar, se recomienda que en futuros ensayos se prueben otras técnicas que permitan cumplir con este objetivo de forma más clara.
2. Por las marcadas diferencias entre ninfas de quinto ínstar, se recomienda realizar experimentos con una base estadística bien sustentada, para determinar si desde esta etapa hay dimorfismo sexual.
3. Se recomienda continuar con la toma de datos de la estructura de edades a través del tiempo, ya que se proporcionaría información valiosa sobre la influencia de los factores climáticos sobre la mortalidad, durante las diferentes etapas de desarrollo.

7. LITERATURA CITADA

- BETANCOURT B., A. 1999. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. La Habana, Cuba. Editorial Científico-Técnica. 431 p.
- BOX, G. E. P., G. M. JENLKINS, 1976. Time Series Analysis; Forecasting and Control. San Francisco: Holden-Day, p.
- BRITTON, E. B. 1973. The insects of Australia. Melbourne University Press. CSIRO. Division of Entomology. 172 p.
- CIBRIÁN T., D. 2002. Conchuela del eucalipto *Glycaspis brimblecombei* Moore (Homóptera: Psylloidea; Spondyliaspidae) una nueva plaga del eucalipto introducida a México. Memoria del XXVIII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Acapulco, Guerrero. Pp 179-181
- DOLLING, W. R. 1991. The Hemiptera. Natural History Museum Publications. Oxford University Press. 274 pp.
- DOMÍNGUEZ J., I. 2003. Diferenciación de estados biológicos del psílido del pirul *Calophya rubra* (Blanchard) mediante su morfología externa. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

GARCÍA, E. 1981. Modificaciones al sistema climático de Koppen. Instituto de Geografía de la Universidad Autónoma de México. Tercera edición. México. 252 p.

MOORE, K. M. 1961. Observations on some Australian forest insects. 8. The biology and occurrence of *Glycaspis baileyi* Moore en New South Wales. Proc. Linnean Soc. New South Wales, 86 (Part 2) : 185-200.

MOORE, K, M 1964. Observations on some Australian forest insects. 18. Four new species of *Glycaspis* (Homoptera: Psyllidae) from Queensland. Proc. Linnean Soc. New South Wales, 89 (Part 1): 163-166.

MOORE, K, M 1970. Observations on some Australian forest insects. 23. A revision of the genus *Glycaspis* (Homoptera: Psyllidae) with a descriptions of seventy-three new species. Forestry Commission of New South Wales. Australian Zoologist, 15(3). 252 p.

PAINE, T. D., D. L. DAHLSTEN, J. G. MILLAR, M. S. HODDLE y L. M. HANKS. 2000. UC Scientists apply IPM techniques to new eucalyptus pest. California Agriculture, Volume 54, Number 6. 8-13 pp.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1999. The SAS System for Windows Eight Version. Institute Inc. Cary N. C., USA.

Anexo 1. Formato para determinar la duración de instares

Ensayo _____

Fecha	Caja	E	NE	1	3	2	3	4	5	Exuvias
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								
		1								
		2								
		3								
		4								
		5								

E; Huevecillos eclosionados, NE: huevecillos no eclosionados

Anexo 2. Formato para determinar la estructura de edades

Fecha _____

Arbol	Hoja	Huevecillos		Instar ninfal					
		E	NE	1	3	2	3	4	5
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								

E; Huevecillos eclosionados, NE: huevecillos no eclosionados

Anexo 3. Resultados generales de estructura de edades

Semana	Huevecillos eclosionados	Instar				
		Primero	Segundo	Tercero	Cuarto instar	Quinto instar
1	2652	21.61	29.68	26.99	14.44	7.27
2	2077	33.33	27.78	11.77	17.32	9.8
3	870	31.55	22.33	10.19	11.17	24.76
4	555	28.75	20.39	11.79	17.69	21.38
5	1579	40.74	16.87	17.7	14.82	9.88
6	1323	43.89	21.76	13.74	11.07	9.54
7	1247	35.88	12.66	13.31	17.21	20.94
8	996	27.18	21.6	18.08	16.99	16.14
9	772	41.51	26.42	12.26	11.32	8.49
10	805	22.76	28.73	19.4	11.94	17.16
11	607	45.23	22.47	13.76	6.18	12.36
12	455	44.95	16.77	14.62	17.63	6.02
13	242	22.34	20.27	16.49	20.27	20.62
14	639	30.43	14.58	14.58	19.44	20.97
15	509	44	11.69	9.54	10.46	24.31
16	628	23.12	13.44	8.06	12.37	43.01