



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Aspectos sobre la reproducción de *Nymphalis antiopa* Linnaeus 1758 (Lepidoptera: Nymphalidae) en el jardín de mariposas de la FES Iztacala.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

ALBERTO JESÚS RAMÍREZ REYES



DIRECTOR DE TESIS M. EN C. SERGIO G. STANFORD CAMARGO

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO. 2010.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis Madres:

Cuatro Mujeres

Cuatro corazones y almas que baten incesantes alas de colibrí.

Cuatro Océanos de Virtud:

María Rosa, Mirsa, Mar, Mariana. Cuatro veces esperanza, fe y amor

A mis Hermanos, amigos del alma:

René Alberto/Joel Román.

Mi más profundo agradecimiento a los increíbles seres que han aparecido en mi vida:

A mis hermanitas por todo el apoyo y la lucha incansable por forjar al hombre que comienzo a ser. A mi mamá por tejer con su crochet los eslabones de mi alma y guiar mi mano en todo momento. A mi papá. A Má y a Pá, a Ely, Lalo y Karlita ¡les debo muchísimo! A mis tíos que jugaron conmigo siendo niños.

Agradezco a Sergio Gerardo Stanford Camargo y Marcela Patricia Ibarra González quienes han sido Profesores de tiempo completo y de todas las Ciencias de la Vida; con ellos Luis Enrique Páez Gerardo, amigo y maestro, incluso cómplice.

No existen palabras para agradecer todo lo bueno y lo malo de Iztacala, Profesores magníficos como Edith López Villafranco, Tello y Martínez, Carmen Álvarez, María Eugenia Eres, Mónica Chávez, Víctor Ramón, Rodolfo de la Torre, Mónica González, La Única: Irene Frutis, Arcelia Pliego, Saharay Cruz, Lety y Chayo, Miguel Murguía y una incontable lista de Académicos, Personas y Personajes que me enseñaron a Ser y a Hacer. A Alfonso Pescador y Terrence Fitzgerald por nuevos conocimientos, a Ingo Daniels de Bonn por los artículos: Danke bitte!

¿Qué decir de los incondicionales, clásicos que no se olvidan?

René en las buenas y las malas, en las fotografías, en las alegrías y los llantos, en las maquinatas y las vías del tren, jugando a investigar la naturaleza en un partido interminable. ¿Y qué más habrá allá atrás de las brumas del futuro? Volemos en alas de Parides, veamos con ojos de Salticidae a ver si se vienen frente a ti tiempos mejores, para darte todavía más de mi apoyo en horas oscuras y recibir a cambio lo mismo. Gracias por los recuerdos y enseñanzas. Siempre lo he dicho, para ti esta palabra es insuficiente: Gracias.

Joel Kalazar/Gilgamesh: Epopeya de más de diez años que día a día genera nuevos cantos qué más decir que no se haya dicho aún: Gracias por abrirme las puertas de la música, de tu casa, por permitirme conocer a tu familia que es mi otra familia. Por recibirme en todo momento con el corazón generoso que caracteriza a tu stirpe, por enseñarme y sobre todo por ayudarme a ver lo maravilloso que es el mundo a través de los ojos de otras personas a las que ahora puedo llamar amigos. Doumo arigatou gozaimasu, Jeol Sama!

Junto con ellos al Maestro Sauceverde que lamenta su raga y alegra corazones al pulsar sus cuerdas, que invita a dejarse seducir por la literatura y el buen vino, que impulsa a seguir adelante con sus sabios consejos. Y ¿qué decir del joven Dragovar? Un hermano más que contar en esta Asociación de Pueblos de la República Mexicana.

A Doña Irma Ramos por haber traído al mundo y luchado siempre por sus hijos, aun por los que nunca quiso tener.

A Felipe que engatusa a la gente con su sarcasmo.

A Cristina y Serafín ¡Qué dicha el haber compartido esa etapa tan maravillosa que fue el CCH con ustedes! Ojalá las oscuras golondrinas vuelvan en alguna primavera a reunirnos, cuando sea tiempo.

¡A Araceli Sosa y Esperanza Ramírez, mis profesoras de Biología en el CCH!

A Jacqueline, Diosa del Alba y Señora del Sur por sustituir esta realidad de oropel con palabras/drogas estimulantes.

Quiero agradecer también el apoyo manifiesto de Lali Citlalicue; quien escruta el misterio mismo de La Célula ¡Muchas gracias!

A Ana Lidia que baila de todo lo que se le aparezca en la vida y lo baila bien.

A mis amigos de toda la carrera:

A Nacho que es planta y cuculati, que navega sobre la luz buscando la vida que está en otra parte. A Isabel que es alegría y siempre esperanza y apoyo en momentos difíciles. A Elsa que es música y mezcal, que es tehuana. A Luz que volvió a aparecer en este momento de mi vida portando el Auryñ en su pecho.

A grandes personas como Rita Lee, Marycruz Zianurito, Hugo, Ezel, Almita, Ricardo, Karen, La Pequeña Luisa, Brenda Monkiky, Bratz, Palomita, Almendra, Mayel, Yolanda, Chavela, ¡pero cómo no mencionar a Vestida de Blanco! a Tangina, La Morbo y La Morbito, Gaya, Flash, Baby, Ama Muppet y sus Muppets, Bocado y un sinfín de voces y personajes, de hechos, cosas, realidades y ficciones.

A Ivette de Ciencias, Raúl de la UAM y Edgardo de Zaragoza, mi equipo de trabajo, nuevos amigos que la mar arrojó a estas costas.

A Lupita, Jair, Fidel, Germán, Fer, Mauricio Mireya, Beto Barajas, Luis Uriel, Elvia, Maribel, Rigo el primo lejanísimo, Elena y Víctor Rizo, y a todos aquellos biólogos que conocí a finales del 2009.

Y finalmente pero no menos sentido a Mónica Sauza de la Vega: tu guitarra es carabela y con tus cabellos se tejen las velas. Tus labios brújula y tu piel espejo de plata para navegar en este océano que es la música. ¡Gracias por abrirme las puertas de tu vida!

*She walks in beauty, like the night
of cloudless climes and starry skies*
-Lord Byron, 1814

CONTENIDO

Resumen	1
Introducción	2
Antecedentes	6
Objetivos	13
Área de estudio	14
Materiales y Método	15
Obtención del Pie de cría.....	15
Generación 1.....	17
Generación 2.....	18
Preferencia alimentaria y elección de la planta hospedera.....	19
Tablas de vida.....	20
Resultados y Discusión	21
Obtención del pie de cría.....	21
Seguimiento del ciclo de vida.....	21
Actividad sexual del adulto.....	21
Parámetros biológicos.....	24
Supervivencia.....	25
Mortalidad.....	27
Esperanza de vida.....	29
Proporción de sexos y fecundidad.....	30
Tasa reproductiva.....	31
Descripción del ciclo de vida.....	32
Huevos.....	32
Eclosión.....	33
Estadios larvales.....	34
Gregarismo y cicloalexia.....	36
Conducta aposemática.....	36
Pupa.....	37
Imago.....	37
Territorialismo y defensa.....	38
Parasitoides.....	38
Preferencia alimentaria y elección de hospedera.....	40
Conclusiones	41
Literatura citada	42

Resumen

Los aspectos que determinan el éxito reproductivo de una especie se miden mediante parámetros biológicos tales como supervivencia, mortalidad, esperanza de vida, tasa neta de reproducción y fecundidad. Estas variables pueden ser afectadas positiva o negativamente por fenómenos intrínsecos y extrínsecos de una población determinada. Los insectos presentan una amplia variedad de fenómenos reproductivos que son útiles como modelos aplicables a otros organismos, es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar los aspectos de la reproducción de *Nymphalis antiopa* Linnaeus, 1758 en las condiciones naturales del Jardín de Mariposas de la FES Iztacala. Esta especie pertenece a la Familia Nymphalidae, es una mariposa semicosmopolita que se encuentra en zonas urbanas. Se recolectaron 60 pupas de *N. antiopa*, entre septiembre y octubre de 2008. Los individuos se mantuvieron en el laboratorio a una temperatura de 28°C y humedad relativa del 60% dentro de jaulas de cría para que los adultos emergieran. Se obtuvieron 14 imagos que fueron trasladados a un pabellón de cría ubicado en el jardín de mariposas; en éste se colocaron cinco árboles de *Salix babylonica* para que las hembras ovipusieran. Los adultos fueron alimentados con miel diluida y fruta fermentada. Se consiguieron tres generaciones de 317, 398 y 1012 individuos iniciales cada una. El número de adultos por generación fue: Generación 1= 57 y Generación 2= 206. La mayor actividad sexual ocurrió de las 10:00 a las 17:00 hrs., hora del Valle de México. La supervivencia fue mayor a partir del tercer estadio y hasta la fase adulta, la mortalidad fue mayor en el primer y segundo estadio, la proporción de sexos fue de 1:1.28 en G1 y de 1:1.4 en G2. Los machos emergieron del pupario cuatro días antes que las hembras. La fecundidad tuvo un valor de 3.4. La duración del ciclo de vida de la G1 fue de 80 días y el de la G2 fue de 62 días. Cada hembra ovipuso en grupos de entre 80 y 150 huevos, éstos cambiaron de color en un lapso de seis días. Se presentaron cinco estadios larvales que adquirieron ornamentación y conducta aposemática conforme avanzó el desarrollo. Tuvieron gregarismo el cual fue más marcado en los primeros estadios pero se mantuvo hasta la prepupa. La pupa duró 20 días en la G1 y 15 días en la G2. Las pupas recolectadas en campo a finales del verano fueron muy vulnerables al ataque de parasitoides. Se observaron generaciones sobrepuestas. La duración del ciclo de vida de G1 fue mayor a la de G2 debido a que la primera ocurrió en primavera y la segunda a finales del otoño por lo tanto fue más larga.

Introducción

Por definición se considera que un organismo es exitoso cuando ha logrado la continuidad de su especie en tiempo y espacio, es decir, cuando ha logrado reproducirse.

Existen varios factores que afectan de manera positiva o negativa la reproducción de los organismos y se clasifican en dos tipos; los bióticos como la competencia inter e intraespecífica por la obtención de recursos y espacio, la disponibilidad y calidad de alimento, la presencia o ausencia de depredadores y los abióticos como el clima, la distribución en espacio y tiempo, entre otros (Margalef, 1989). Los insectos no escapan a esta intrincada red de interacciones y las relaciones más evidentes que presentan con su entorno, particularmente los lepidópteros, son aquellas establecidas con las plantas; ya que en ellas encuentran alimento y refugio (Daly *et al.*, 1998; Arnett, 2000 y Nylin *et al.*, 2001). Esto repercute directamente sobre la fecundidad, la fertilidad, la esperanza de vida, la mortalidad y en general sobre las relaciones ecológicas que este grupo taxonómico puede tener con otros organismos de su entorno (Chew y Robbins, 1984, Courtney, 1984). Al afectar estas propiedades intensivas de la población, los agentes vivos y no vivos del entorno influyen sobre los fenómenos reproductivos de la población y son estos fenómenos los que influyen directamente sobre las expectativas de vida que cada individuo de una cohorte puede tener dentro de determinadas condiciones. (Margalef, *op. cit.*).

Se denomina eficiencia a la capacidad que tiene un organismo para reproducirse de manera exitosa. Esto implica, asegurar éxito en la fecundidad y sobrevivencia maximizando adaptaciones fisiológicas como: estrategias de reproducción, edad de reproducción, número de progenie, cuidado parental, tamaño y edad en que se presenta la madurez. La manera en que los seres vivos alcanzan esta eficiencia constituye el patrón de su ciclo vital (Price, 1997 y Ricklefs y Miller, 2000). Así, la tasa de reproducción de las especies depende de varios factores tanto intrínsecos (fecundidad, fertilidad, adaptación al ambiente) como extrínsecos o ambientales (disponibilidad de recursos, competencia) que pueden interactuar en varios grados. El éxito y trascendencia espacio-temporal de cada especie depende ampliamente de la manera en como explotan el ambiente. La gran diversidad de patrones reproductivos en los lepidópteros y su conocimiento resulta muy útil pues puede ser usado posteriormente para descifrar fenómenos biológicos básicos aplicables a otros animales (Engelmann, 1999).

Los insectos del Orden Lepidoptera son endopterigotos de metamorfosis completa (holometábolos). Presentan dos pares de alas membranosas provistas de nervaduras transversales poco numerosas. Su aparato bucal es de tipo sifón y su característica más conspicua es que en el adulto tanto el cuerpo como las alas y los apéndices perchadores están cubiertos por escamas aplanadas llamadas macrotriquias (Daly *et al.*, *op. cit.*, Arnett, *op. cit.* y Viejo y Romera, 2004). (Fig. 1) Las larvas son de tipo eruciforme y sus pupas generalmente son obtectas.

Biológica y morfológicamente, los lepidópteros constituyen un Orden muy uniforme. Casi todos los adultos se alimentan de néctar, savia fermentada o productos similares, aquellos que no lo hacen es porque tienen atrofiado el aparato bucal. Las larvas se alimentan de hojas y de infrutescencia de angiospermas y gimnospermas, de ahí su importancia económica.

Las mariposas junto con los vertebrados y plantas superiores a menudo son usadas en estudios de conservación y monitoreo, biogeografía, etología e incluso son utilizados como un grupo sustituto para medir la diversidad de plantas (Maya *et al.*, 2005). Esto es debido al avanzado desarrollo que ha alcanzado el conocimiento en las áreas de sistemática, ecología y biogeografía sobre estos organismos.

México posee el 10% de la fauna lepidopterológica mundial. Nuestro país y el área contigua a sus fronteras poseen grupos paleo y neoendémicos de gran interés. La mayor riqueza específica y número de endemismos se encuentra en áreas muy heterogéneas en cuanto a condiciones fisiográficas, de vegetación y clima (Luis *et al.*, 2000).

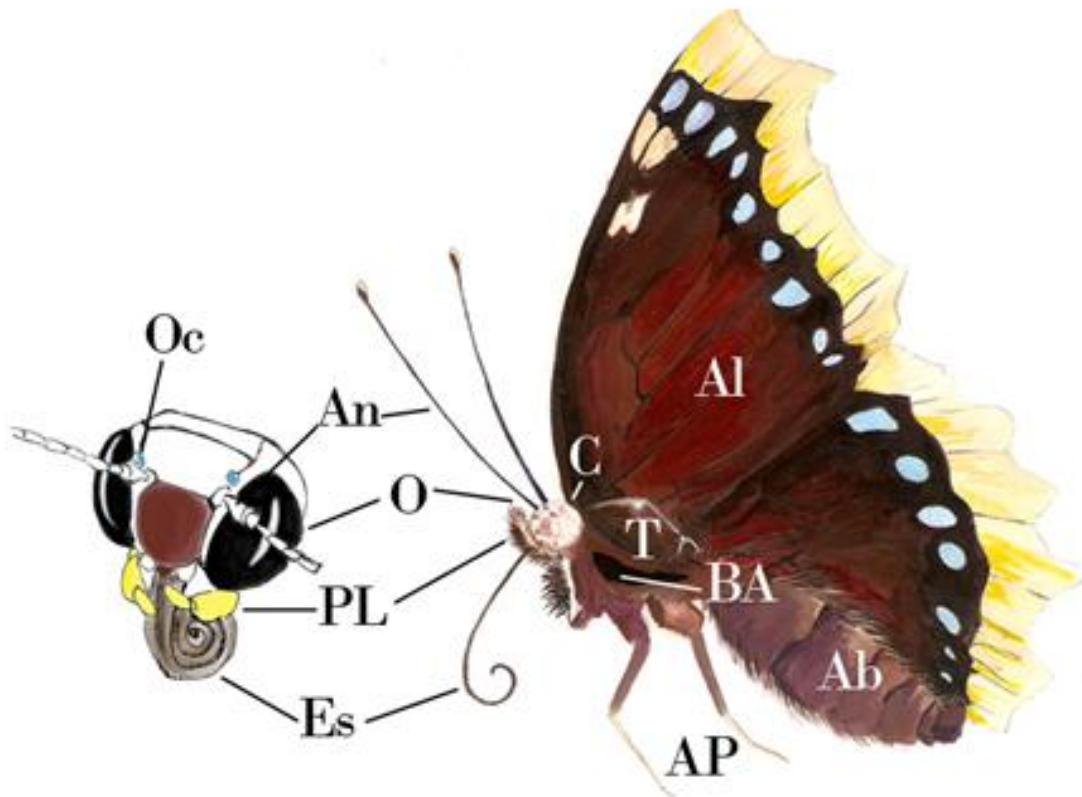


Fig. 1. A) Caracteres de un lepidóptero adulto. Ab) Abdomen, Al) Alas, An) Antenas, AP) Apéndices perchadores, BA) Base alar, C) Cabeza, Es) Espiritrompa, O) Ojos, Oc) Océlos y PL) Palpos Labiales. Se muestran un carácter propio de Nymphalidae que es la reducción del primer par de apéndices perchadores. (Tomado de Snodgrass, 1935. Modificado por Ramírez, 2009).

La Familia Nymphalidae tiene una distribución cosmopolita y es la más grande del Orden Lepidoptera, se caracteriza por la reducción de los apéndices protorácicos en ambos sexos, con apariencia de brocha lo que da la impresión de que el organismo sólo tiene cuatro apéndices locomotores. Las larvas son muy variadas y las pupas generalmente se adhieren al sustrato sólo por el cremaster (Ehrlich y Ehrlich, 1961, Daly *et al.*, 1998 y Arnett, 2000).

Nymphalinae es la subfamilia tipo de esta Familia, contiene algunas de las mariposas con migraciones más marcadas, como *Vanessa cardui* que está presente en casi todos los grandes biomas zoológicos del mundo y es famosa por ser hábil para dispersarse por miles de kilómetros en una generación. Las mariposas que pertenecen a la actualmente reconocida subfamilia Nymphalinae, han contribuido extensamente a nuestro conocimiento de los procesos ecológicos y evolutivos, desde dinámica de metapoblaciones de zonas híbridas y especies relacionadas, biología del desarrollo evolutiva, hasta interacciones insecto-planta. (Nylin *et al.*, 2001 y Wahlberg *et al.*, 2005)

La Tribu Nymphalini (*sensu* Harvey, 1991), incluye los géneros *Vanessa* Fabricius, *Cynthia* Fabricius, *Bassaris* Hübner, *Aglais* Dalman, *Inachis* Hübner, *Nymphalis* Kluk, *Polygonia* Hübner, *Kaniska* Moore, *Antanartia* Rothschild y Jordan, *Hypanartia* Hübner, *Symbrenthia* Hübner, *Mynes* Boisduval y *Araschnia* Hübner. (Nylin, *et al.*, *op. cit.*) Esta tribu probablemente surgió en Sudamérica, África pudo haber sido colonizada desde Sudamérica por el género *Smyrna*, que se separó más tarde cuando la tribu colonizó la zona Paleártica. Otra teoría posible es que existió un ancestro común ampliamente distribuido en Sudamérica, África y la región Paleártica que tuvo especiación por medio de vicarianza. La región Paleártica, sin embargo, debió ser un área muy importante para la diversificación de los géneros *Aglais*, *Nymphalis*, *Poligonya* y posiblemente *Vanessa*. Debieron suceder colonizaciones independientes de la región Neártica por organismos de estos géneros provenientes de la Paleártica. Por lo tanto, muchas regiones fueron importantes para la diversificación de los clados en Nymphalinae, la Paleártica para el grupo de géneros relacionados con *Nymphalis*, África para la tribu Junoniini y géneros relacionados y la Región Neártica para Melitaeini. (Wahlberg *et al.*, 2005)

Nymphalis antiopa (Fig. 2) es una especie semicosmopolita. Se encuentra en prados, campos abandonados, a lo largo de ríos, orillas de bosques y en zonas montañosas. Geográficamente se distribuye en Norteamérica desde Alaska hasta México y de ahí hasta Venezuela en Sudamérica y en zonas asiáticas de clima templado, Europa occidental y norte de África en el Viejo Mundo. Puede ser multivoltina, con generaciones todo el año y no presenta variaciones fenotípicas estacionales (Shapiro, 1981 y 1986; Beutelspacher, 1984; Hallebuyck y Puig, 1995; Arnett, *op. cit.* y Glassberg, 2001). Los adultos son diurnos y tienen una expansión alar 65 mm a 85 mm. Las alas son de color castaño oscuro, con manchas azules y una banda amarilla en el borde, en su parte ventral son gris oscuro metálico con finas líneas negras y onduladas (DuCane y Osbert, 1887-1901; Young, 1980; Coulson y Witter, 1984; Hallebuyck y Puig, 1995 y Arnett,

2000). Se distribuyen en el Valle de México y son visibles principalmente entre junio y julio (Rivero, 2004); la hembra ovipone en grupos sobre hojas o ramas de *Populus alba*, (álamo plateado) y *Salix babylonica*, (sauce llorón) (Glassberg, 2001) los huevos se vuelven de color naranja tras ser puestos. Las larvas y pupas tienen hábitos gregarios (Rahn, 1969).



Fig. 2. *Nymphalis antiopa*. (Ramírez, 2009). 3.2mpx.

Clasificación de *Nymphalis antiopa* L. según Wahlberg et al., 2005.

Phyllum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Suborden: Ditrisya

Superfamilia: Pailonioidea

Familia: Nymphalidae

Subfamilia: Nymphalinae

Tribu: Nymphalini

Género: *Nymphalis*

Especie: *Nymphalis antiopa* (Linnaeus, 1758)

Antecedentes

El conocimiento generado sobre los lepidópteros, el que se tiene sobre la Familia Nymphalidae, sobre *Nymphalis antiopa* L. y otras especies pertenecientes al mismo género o a aquellos filogenéticamente cercanos se puede dividir en varias áreas de la investigación científica. Los aquí recopilados corresponden a ciencias como la Fisiología, Evolución, Taxonomía, la Ecología, y la descripción de la Historia Natural de algunas especies.

Rácz en 1967 estudió el efecto de las vitaminas en el desarrollo de larvas de *N. antiopa* y su relación con el acortamiento o retraso del ciclo de vida, considerando que en el pasado se han realizado experimentos con cambios de temperatura para inducir variaciones fenotípicas, el autor empleó 10 grupos con tratamientos de vitaminas colocadas en el alimento de larvas con tres días de haber eclosionado. Los experimentos fueron: 1) Vitamina C; 2) Vitamina B₁; 3) Vitamina B₁₂; 4) Vitamina B₁ y B₁₂; 5) Vitamina B₁ y C; 6) Vitamina B₁₂ y C; 7) Vitamina B₁, B₁₂ y C; 8) Vitamina D₂; 9) Vitamina A y D₂; 10) Control. Las larvas tratadas con Vitamina A y D₂ murieron. Las larvas del grupo 6 acortaron su ciclo de vida. El grupo control tardó entre 33 y 40 días en producir adultos mientras que los tratamientos con vitamina acortaron entre 17 y 29 días y presentaron una coloración casi negra en el borde típicamente amarillo de las alas.

En 1975 Herman y Bennet examinaron el papel de la Hormona Juvenil (HJ) en la regulación de la oogénesis y el desarrollo de las glándulas reproductoras en machos y hembras de *N. antiopa* mediante técnicas de endocrinología clásica, ligadura y allatectomía. Demostraron que la HJ es requerida para la oogénesis y desarrollo de glándulas en hembras recién emergidas mientras que en imagos machos es necesaria para el desarrollo del ducto eyaculatorio y su glándula accesoria. Por otro lado, la presencia de la HJ en la hemolinfa de hembras grávidas es requerida para la existencia de vitelogenina.

Janz *et al.*, 2001, estudiaron la dinámica de especialización de plantas hospederas de los géneros *Nymphalis* y *Polygonia*, probaron la capacidad de las larvas para crecer en varias familias de plantas, incluidas las hospederas conocidas y otras que no son utilizadas por las hembras para oviponer. Se probaron larvas de *N. antiopa* de Suecia y Estados Unidos que mostraron buen desarrollo larval usando como hospederas a Urticaceae, Ulmaceae, Salicaceae y Betulaceae. Los autores también reportaron a las familias Rosaceae y Rahmnaceae como hospederas de la mariposa y además sugirieron una relación antigua con Urticaceae, especialmente con *Urtica dioica*.

Nylin *et al.*, en 2001, investigaron la filogenia de mariposas de la Tribu Nymphalini. Utilizaron los genes nd1, el nuclear "wingless", además de morfología, ecología y etología para análisis de relaciones. Mencionaron que el establecimiento de relaciones filogenéticas es útil en ecología y etología para probar o plantear teorías sobre procesos evolutivos o interdependencia filogenética interespecífica.

Tomaron muestras de ADN de cuatro de las cinco especies de *Nymphalis*: *N. polychloros* (L.), *N. antiopa*, *N. xanthomelas* (Denis & Schiffermüller), y *N. californica* (Boisduval). Encontraron que el clado holártico que comprende a *Nymphalis*, *Polygona* y *Kaniska* fue monofilético.

Wahlberg *et al.*, en 2005 analizaron las relaciones filogenéticas de los géneros y tribus de Nymphalinae usando datos de secuenciación de DNA de los 1450 bp de citocromo oxidasa subunidad I (COI) (en el genoma mitocondrial), 1077 bp del factor de elongación 1- α (EF1- α) y 400–403 bp *wingless*, para proponer una clasificación más natural. Mediante un análisis de dispersión por vicarianza promulgaron que la dispersión tiene un efecto muy grande en la distribución de las especies y tres regiones biogeográficas fueron identificadas como centros de diversificación para los tres clados mayores de Nymphalinae: la Palearctica para los relativos a *Nymphalis*. Los Afrotrópicos para Junoniini y la Neártica para Melitaeini. Por otro lado, encontraron estrecha relación entre los géneros *Aglaïs*, *Nymphalis*, *Polygona* y posiblemente *Vanessa* y que debieron existir muchas colonizaciones independientes de la región Neártica desde la Palearctica por especies pertenecientes a esos géneros.

DuCane y Osbert, 1887-1901, realizaron el primer trabajo formal sobre el conocimiento de la fauna de Mesoamérica: *Biología Centrali-Americana*, en él se abarca ampliamente a los lepidópteros mexicanos y se encuentra la descripción de *N. antiopa* bajo los sinónimos de *Vanessa* y *Papilio antiopa*. Los autores describieron a la especie morfológicamente y mencionaron su distribución en México y Guatemala, y a través de la región templada de América, Asia y Europa. En Guatemala la reportaron en regiones montañosas.

Beutelspacher en 1989 publicó un trabajo sobre la importancia cultural de los lepidópteros, su impacto en la sociedad, las artes y el modo de pensar de los antiguos mexicanos, principalmente de las regiones nahuas, mixteca, zapoteca y maya. Este material incluye información sobre topónimos, explicación del uso ritual y religioso de las mariposas, el significado en la vida de los mexicanos de aquellos tiempos y su repercusión en la actualidad. En esta obra se menciona a *N. antiopa*.

Luis *et al.*, 2000, presentaron una síntesis preliminar sobre la información que se ha generado sobre los lepidópteros en México durante el siglo XIX. Con esto indicaron que nuestro país posee el 10% de la fauna ropalocerológica mundial, además, posee grupos paleo y neoendémicos de gran importancia en las áreas xéricas de su mitad norte y occidental y en las comunidades de montaña en su mitad sur, todo esto debido a patrones insulares intracontinentales característicos. Incluyeron un listado de las especies y subespecies endémicas de México pertenecientes a las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae. El género *Nymphalis* está representado por *N. cyanomelas*.

Luna y Llorente, en 2004, Registraron la distribución local, altitudinal y por comunidad vegetal de las mariposas de la superfamilia Papilionoidea en 37 localidades de las cuatro entidades que comprende la Sierra Nevada. Entre los

1900 y los 3800 m snm. Reportaron 75 especies, de las cuales 34 son nuevos registros para el área. Se integró una relación actualizada de 85 especies entre las cuales se encontró a *Nymphalis antiopa*. El mayor número de especies correspondió a la familia Nymphalidae.

Brown en 1968, estudió las especies norteamericanas de mariposas descritas por Linneo. Mencionó que muchos de estos ejemplares fueron obtenidos mediante intermediarios. Entre las especies de Norteamérica descritas en 1758, están las tropicales: *Papilio polydamas*, *Spiroeta stelenes*, *Phoebis sennae*, *Agraulis vanillae* y *Urbanus proteus*. El otro grupo, el de las “verdaderas” norteamericanas incluye a *Papilio troilus*, *P. glaucus*, *P. ajax*, *P. antiochus*, *Danaus plexippus*, *Nymphalis antiopa* y *Boloria euphrosyne*.

Pérez en 2005, participó en la elaboración del Atlas de Distribución Geográfica de los Ropaloceros de la Provincia de Guadalajara, España. En este trabajo reportó que la zona presentó una altitud entre 800 y 1883 m snm, su clima mostró tendencia a inviernos largos y fríos con veranos cortos y frescos. Denominó a *N. antiopa* como una especie eurosiberiana que fue encontrada hibernando a orillas del Tajo y que mostró actividad durante la primavera junto con otras especies filogenéticamente cercanas como *N. polychloros*, *Vanessa atalanta* e *Inachis io*. Indicó que el desconocimiento de esta especie se debe principalmente a su época de actividad temprana en la que raramente se realizan muestreos en esta zona.

Phillips en 1959, observó la fluorescencia de 3122 ejemplares de 1069 especies de lepidópteros bajo una lámpara ultravioleta para determinar si la coloración de las alas era igual o diferente bajo este tipo de luz, lo cual podría tener relación directa con la elección de pareja. Indicó que los colores naranja-café de ninfálidos fluorescen en un rango de rojo a rojo naranja. Sobre *N. antiopa* menciona que los bordes amarillos se vuelven naranjas de más o menos la misma intensidad y que los puntos azules permanecen de ese color bajo la luz UV.

Teale en 1955 reportó una migración aparente de *N. antiopa* desde la Long Island hacia la parte continental de Estados Unidos. Observó un grupo de 50 mariposas volando a 50 millas por hora, en línea recta. Consideró que la carencia de árboles huecos donde hibernar hizo desplazarse a estas mariposas hacia una región más adecuada.

Roer en 1970, realizó observaciones sobre la conducta migratoria de *N. antiopa*. Basado en la recaptura de mariposas marcadas con etiquetas de aluminio en el ala anterior derecha, reportó que los adultos recién emergidos migran distancias muy grandes desde su lugar de origen sin siquiera haber comido pero empleando la corriente aérea para volar. La migración fue seguida por un largo proceso de estivación, en otoño, las mariposas se alimentaron hasta obtener grandes reservas de grasa e hibernaron. El apareamiento se realizó en la primavera siguiente. Consideró que la población europea de *N. antiopa* se recuperaría mediante migraciones desde el sureste.

Young en 1980 reportó observaciones sobre la historia natural y conducta de *N. antiopa* principalmente durante la primavera en la zona norte de Estados Unidos donde la especie es bivoltina. El estudio en campo se realizó durante un mes, de abril a mayo de 1971. Se colocaron trampas con piña fermentada y se capturaron, marcaron y liberaron los adultos para estimar la cantidad de individuos que salían de la hibernación. Para determinar la tasa de sexo, se revisaron ejemplares de museos anotando datos de recolección. La generación de primavera fue predominantemente de hembras y la de otoño tendió a hibernar. La preferencia del hábitat dependió de la disponibilidad de plantas hospederas, alimento para los adultos rico en carbohidratos, y sitio de hibernación. La distribución de montañas en la zona Neotropical y su ausencia en tierras bajas indicó que es una especie adaptada al clima templado.

En 1981, Shapiro cultivó dos grupos de orugas de *N. antiopa* provenientes de California y *N. antiopa* "hyperborea" de Alaska, para encontrar la aberración "hygiaea" sometiénolas a cambios de temperatura. Mantuvo a las orugas a 25°C con luz continua. 8 hrs después de haber pupado las refrigeró a 2°C durante dos semanas. Ninguno de los grupos provenientes de Alaska presentó la aberración "hygiaea" mientras que 12 de 13 grupos obtenidos de California presentaron individuos con esta variación. Considerando a "hyperborea" resultado de estrés por bajas temperaturas.

Bitzer y Shaw en 1983 describieron y compararon la conducta territorialista de los machos de *N. antiopa* y *Polygonia comma*. Los machos de *Nymphalis* patrullaron áreas de 46 x 28 m, interceptaron intrusos de su misma especie, hojas cayendo rápidamente e incluso pájaros. Las hembras fueron interceptadas de la misma manera, con un contacto que duró 20 segundos en el cual la hembra mostró sus alas abriéndolas y cerrándolas, siete minutos después se inició la cópula que duró dos horas. Los machos no distinguieron entre otros machos y hembras hasta que existió contacto directo. Establecieron como territorio un área grande pero patrullaron sitios específicos de 1 a 11 m o de 1 a 3 m cambiando con frecuencia su lugar de percha a diferencia de *P. comma* que patrulló toda su área territorial que fue de 3 x 10 m.

Shapiro en 1986 publicó datos respecto a la fenología estacional y la posible migración de *Nymphalis antiopa* en California, tomando datos fenológicos desde 1972, en estaciones que formaban un transecto desde los 0 hasta los 2750 m snm; registró a la especie entre 1983 y 1984, datos que abarcaron en esencia las variaciones climáticas de los 13 años de estudio. Menciona que la migración altitudinal de la mariposa se dirigió de alturas bajas cercanas a la costa durante la primavera hacia zonas montañosas durante el verano lo que la volvía invisible en la costa hasta su reaparición en otoño. Indicó que el voltinismo y la maduración de las gónadas dependieron de la fenología del organismo.

Hallebuyck y Puig en 1995 registraron la presencia y describieron morfológicamente a este lepidóptero en Guatemala y El Salvador mediante recolección de mariposas; encontraron que *N. antiopa* se distribuyó en ambos

países en montañas altas que van desde los 1800 hasta los 2700 m snm, donde observaron adultos volando en días soleados y los consideraron por las características de sus alas rotas y gastadas, como migrantes provenientes del norte.

Rhan, en 1969 describió una posible conducta gregaria en las pupas de *N. antiopa*. Recolectó 80 larvas de segundo estadio y las mantuvo hasta el quinto estadio alimentándolas con *Salix interior* y *S. lutea*. Las larvas fueron criadas en una caja de madera de 12 x 12 x 28 pulgadas cubierta con malla. 66 larvas puparon colocándose muy cerca entre ellas, esto sucedió en condiciones naturales debido a la gran cantidad de organismos que alcanzan a pupar. La cercanía entre las pupas no afectó de ninguna manera a los adultos emergidos.

Sobre la historia natural de la familia Nymphalidae se tienen los antecedentes de especies trabajadas tanto en la FES Iztacala como en otras zonas del Valle de México. En 2007^a, Méndez *et al.*, describieron la historia natural de *Dione juno huascuma* (Nymphalidae: Heliconinae), en condiciones de campo y de laboratorio. Obteniendo el número de fases del desarrollo, la duración de cada una y el tamaño que los organismos tuvieron durante la permanencia y cambio de estadios. Reportaron ciclos que en campo duraron entre 55 y 64 días afectados principalmente por la Humedad Relativa (HR%) y por factores bióticos como depredación y parasitoidismo.

También en 2007^b, Méndez *et al.*, presentaron las curvas de supervivencia y tablas de vida correspondientes a los ciclos de vida registrados de esta especie en el jardín de mariposas de la FES Iztacala; colocaron una malla de tela de mosquitero de aluminio de 1m² alrededor de *Passiflora* sp. y cultivaron 6 generaciones, registraron la Temperatura y HR % con higrómetro. Realizaron conteos y tablas de vida más curvas de sobrevivencia y mortalidad específica por estadio. Obtuvieron 2006 huevos en total de las seis generaciones. 1279 (63.7%) culminaron el desarrollo larvario. 484 (24.1%) llegaron a pupa y sólo 414 (20.6%) llegaron a adultos. Se consideró que la duración del ciclo de vida en clima templado fue de entre 55 y 64 días mayor a bosque seco tropical (37 días) y 30 días en laboratorio la mayor mortalidad se registró en los estadios quinto larval y pupa. Reportaron microavispa parasitoides de las familias Polistinae y Chalcididae.

Sánchez en 2007 presentó el ciclo con tablas de vida de *D. juno* además de describir sus hábitos alimentarios. Encontró que a 20°C, la duración promedio del ciclo vital en cautiverio fue de 71.52 ± 5.6 días. Las tablas de vida se elaboraron a partir del número de individuos en cada estadio. Se obtuvieron curvas de supervivencia y mortalidad en fase juvenil y postjuvenil. Además de una gráfica de esperanza de vida. La proporción de sexos fue de 1:1.43 vs 1:1.28 por dos generaciones.

Rivero en 2004 estudió la biología de *Nymphalis antiopa* y describió el ciclo de vida, además propuso dos técnicas para crianza de este lepidóptero en

laboratorio. Dentro de bolsas de plástico suspendidas en las fases de huevo a larva 3 y en cajas de plástico para la larva 4. Obtuvo un promedio de 54 días para el cumplimiento del ciclo de vida y un 78% de emergencia total de adultos. Registró que la hembra ovipone en grupos de 128 huevos en promedio. Describió 5 estadios larvales, uno de prepupa y pupa colgante del cremaster. El inicio de la actividad sexual se registró 6 días después de la emergencia. Este trabajo constó de tres fases y en cada una se cuantificó el número de organismos sobrevivientes a cada estadio del desarrollo.

A pesar de ser una mariposa muy común y popular en un rango realmente amplio de distribución, los aspectos básicos sobre su biología no han sido descritos ampliamente (Shapiro, 1986), existen reiteradas apariciones de su nombre en listados faunísticos y observaciones de su presencia en algunas zonas (DuCane, Osbert, 1887-1901, Brown, 1968; Llorente *et al.*, 1996; Luis *et al.*, 2000 y Maya *et al.*, 2005), y los que abordan temas relacionados con sus historia natural son pocos, esporádicos y casi limitados a la región templada con tendencia al frío extremo en invierno como el de Young en 1980. Esta descripción es necesaria no sólo en el caso de *Nymphalis antiopa* sino de los lepidópteros en general pues estos conocimientos pueden derivar no únicamente en aplicaciones orientadas a la reproducción para su exhibición como única finalidad, sino también al establecimiento de bases ecológicas para tomar medidas de control, protección y conservación de los organismos. (Vane-Wright y Ackery, 1984 y Sánchez, 2007) además de que sirven como preámbulo a predicciones sobre el establecimiento de una nueva especie de insectos en una región nativa (Young, 1980).

En general, se considera que existen cuatro procesos que ponen en peligro las poblaciones de lepidópteros: destrucción del hábitat, explotación comercial, contaminación e introducción de especies exóticas. Por otra parte, existen varias alteraciones del hábitat como la deforestación, el aclareo para la agricultura, la urbanización y la industrialización (Romeu, 2000).

Objetivos

General

- Evaluar algunos aspectos reproductivos de *Nymphalis antiopa* Linnaeus, 1758 en el jardín de mariposas de la FES Iztacala

Particulares

- Obtener el pie de cría para su reproducción en condiciones naturales
- Cuantificar los parámetros biológicos que afectan a la historia de vida de este lepidóptero en el Valle de México.
- Describir la duración y características de las diversas fases de la historia natural de *N. antiopa*.
- Observar la preferencia alimentaria y de elección de hospederas.

Área de Estudio

El proyecto se desarrolló en el jardín de mariposas que se encuentra en el ala oeste del jardín botánico de la FES Iztacala, ésta se localiza en el municipio de Tlalnepantla de Baz, Estado de México que está delimitado dentro de las coordenadas geográficas extremas de $19^{\circ} 35'40''$ lat. N y $99^{\circ} 15'28''$ long. O, con una altitud media de 2,250 m snm. (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2005).

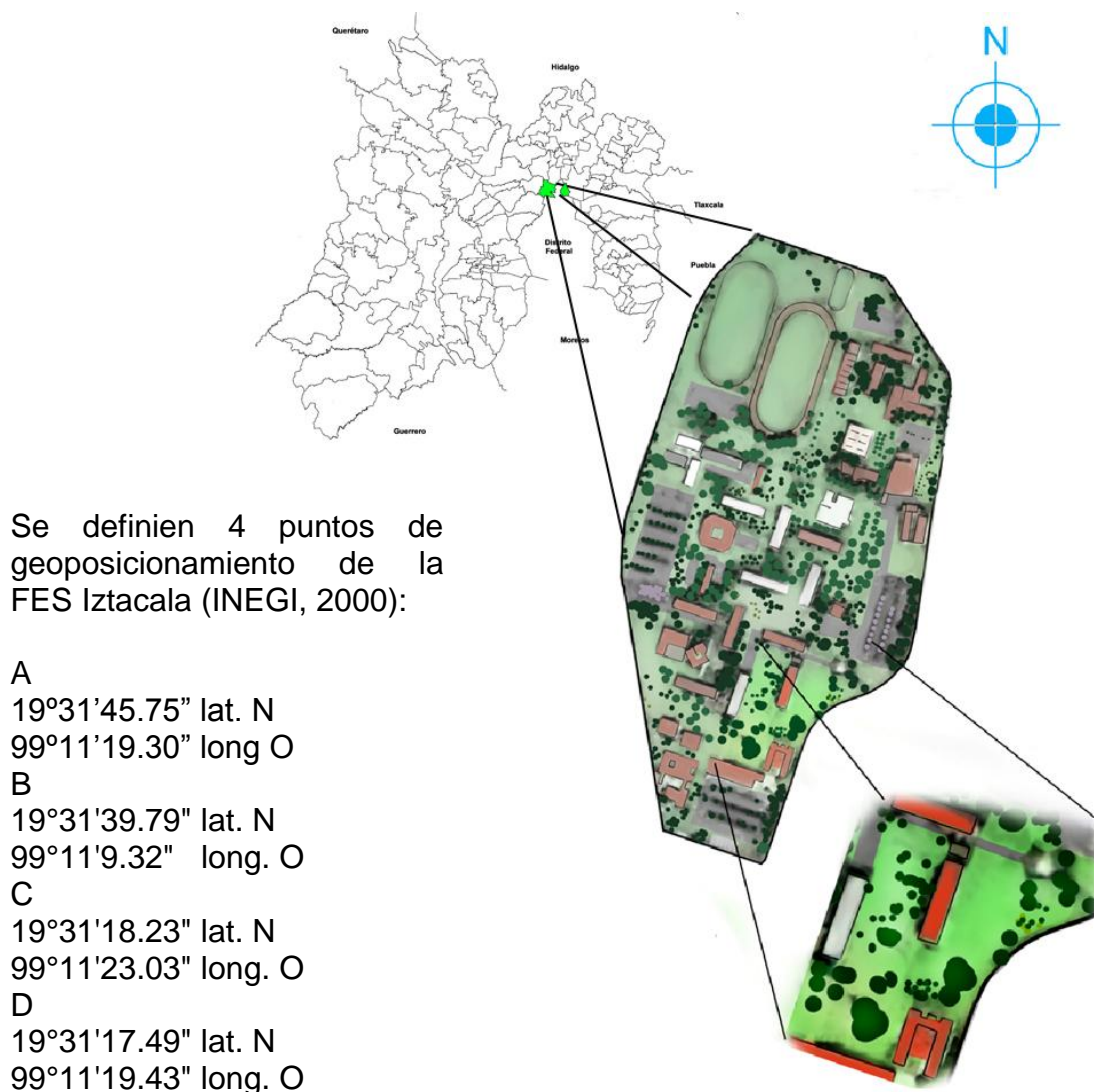


Fig. 3. Ubicación de la zona de estudio (Tomado de INEGI, 2009. Modificado por Ramírez, 2009).

El área de muestreo se ubicó entre los puntos: A) $19^{\circ}29'23.28''$ lat. N, $99^{\circ}11'41.09''$ long. O; B) $19^{\circ}29'58.20''$ lat. N, $99^{\circ}12'0.44''$ long. O y C) $19^{\circ}29'49.83''$ lat. N, $99^{\circ}11'30.76''$ long. O, en la Colonia Aquiles Serdán, México, D.F. (INEGI, 2000).

Materiales y Método

Obtención del Pie de cría.

Del 14 de septiembre al 6 de octubre de 2008 se recolectaron 60 pupas de *Nymphalis antiopa* (L). Los individuos se obtuvieron de quicios y marquesinas de puertas, ventanas y azoteas de casas en la colonia Aquiles Serdán, México D.F. Las recolecciones se realizaron entre las 10:00 am y las 15:00 pm. Cabe mencionar que el arbolado de esta zona está compuesto principalmente por almez (*Celtis australis*: Ulmaceae), fresnos (*Fraxinus* sp.: Oleaceae) y truenos (*Ligustrum lucidum*: Oleaceae) (Martínez, 2008).

Los individuos recolectados fueron trasladados al laboratorio en el jardín de mariposas donde fueron pegadas por el cremaster a tres ramas de 40 cm de largo para lo que se empleó una pistola de silicón. Se pegaron 20 pupas en cada rama y estas se colocaron dentro de una jaula de 30 x 40 x 40 cm hecha con madera y cubierta de malla para la ventilación de los organismos (Fig. 4).



Fig. 4. Pupas de *N. antiopa* recolectadas

En el laboratorio se mantuvieron constantes a una temperatura de 28°C y humedad relativa del 60%, para lograrlo se utilizó un humidificador. La temperatura se reguló con un equipo de aire acondicionado (Fig. 5). Ambos datos fueron verificados con un higrómetro-termómetro colocado dentro del laboratorio.



Fig. 5. A) Humidificador. B) Acondicionador de aire. C) Higrómetro (Ramírez, 2009).



Fig. 6. Pabellón de cría en ambiente natural

Los adultos emergidos, fueron ubicados dentro de un pabellón de cría (Fig. 6) construido en el jardín de mariposas de 2.5 m x 2 m x 1.5 m recubierto con malla antiáfidos y en su interior se colocaron cinco árboles de *S. babylonica* de 1.5 m de altura para que las hembras ovipusieran (Fig. 7).



Fig. 7. Adultos posados en el interior del pabellón de cría. (Ramírez, 2009).

Para alimentar a los adultos se colocó fruta fermentada y miel diluida en dos cajas de petri sobre un plato suspendido del techo del pabellón (Fig. 8) y como fuente de néctar cuatro macetas con *Lantana* sp. (Fig. 9) obtenidas mediante propagación por estaca a partir de una planta ya existente en el jardín de mariposas.

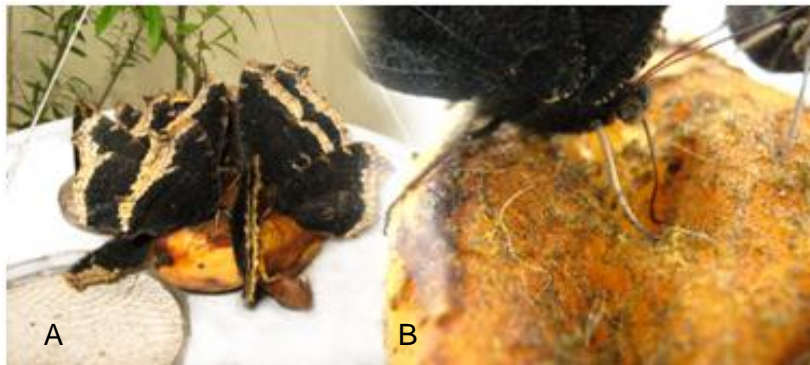


Fig. 8. A) Mariposas alimentándose de mango fermentado. B) Acercamiento al aparato bucal del adulto durante su alimentación (Ramírez, 2009).

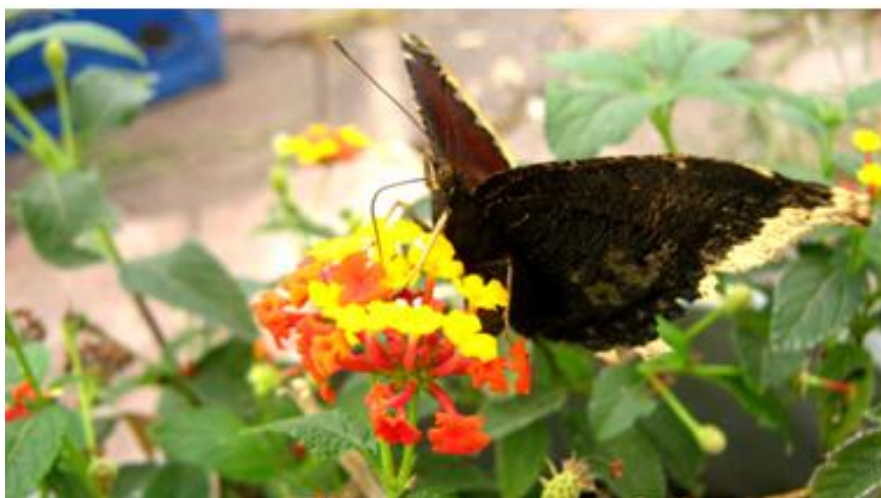


Fig. 9. Obtención de néctar de *Lantana* sp. Se puede apreciar la numeración del individuo en el ala posterior izquierda (Ramírez, 2009).

En el pabellón de cría se observaron aspectos etológicos como la alimentación, el cortejo, el apareamiento, duración de la cópula, la elección del lugar de oviposición y biológicos como el número de puestas, el número de huevos, cuántos días transcurrieron después de emergido el adulto para que apareciera cada fenómeno, hora del día en la que sucedieron.

Generación 1

Una vez obtenido el pie de cría, se trasladaron los huevos al laboratorio para mantenerlos en condiciones estables (Fig. 10). Se colocaron en cajas de cría de 15 x 10 x 30 cm (Fig. 11). Cada rama fue insertada en un frasco con agua para evitar su desecación y la posible pérdida de adhesión de los huevos a esta. Tras la eclosión, las larvas neonatas se colocaron dentro de tres cajas, cada cohorte en una sola caja, a las que se les administraron hojas frescas de *S. babylonica* diariamente como alimento. En el fondo de la caja se colocó papel secante para evitar la aparición de hongos por exceso de humedad. La remoción de este papel junto con las excretas y los restos de hojas se hizo diariamente, de la misma manera se revisó la cantidad de agua dentro de cada frasco y de ser necesario se rellenaron nuevamente y/o se sustituyeron las ramas acabadas por ramas nuevas.



Fig. 10. Recolección de huevos de las plantas colocadas en el interior del pabellón (Ramírez, 2009).



Fig. 11. Cajas de cría en el interior del laboratorio con las larvas de primer estadio (Ramírez, 2009).

Se contabilizó el número de larvas que sobrevivieron a cada fase del desarrollo y se generaron tablas de vida con estos datos. Las larvas permanecieron en una sola caja por puesta hasta que alcanzaron el tercer estadio. En esta fase se

hicieron lotes de 20 larvas por caja para facilitar su limpieza y evitar el hacinamiento. Las cajas fueron etiquetadas de acuerdo a la cohorte a la que pertenecían los individuos que contuvieron. Para este caso fueron A, B y C.

Cuando llegaron al 5^o estadio se cambiaron a cajas de mayores medidas, para procurarles más espacio. De igual manera, el alimento se incrementó conforme las necesidades de las orugas aumentaron.

En cuanto los organismos comenzaron a pupar fueron numerados para cuantificar la cantidad de machos y hembras emergidos en la generación y saber cuáles emergían primero, esto se realizó pegando a las pupas por el cremaster en grupos de 10 sobre 2 palos de madera, a cada pupa se le colocó una etiqueta pegándola en el palo suspendida de un hilo.

Los individuos que emergieron fueron llevados al pabellón de cría y se les marcó con tinta metálica, un número en el ala posterior izquierada de acuerdo al momento de emergencia. Este número y el sexo del individuo se registraron para obtener la proporción de sexos del total de adultos.

Se realizaron observaciones de orden etológico: Preferencia de alimento, inicio de alimentación en el adulto, inicio del cortejo, momento del día en el que ocurrieron el cortejo y la cópula; duración de la cópula, características de la selección de pareja, estas observaciones se hicieron de las 9:00 a las 18 hrs durante el horario de verano por lo cual las horas reales fueron de las 10:00 a las 17 hrs.

Se colocaron cuatro parejas de individuos vírgenes en cuatro jaulas de cría de 40cm x 40cm x 60cm para obtener puestas con la certeza de que pertenecían a cada pareja.

Los adultos fueron alimentados con fruta fermentada que se colocó sobre una charola amarilla pendiente del techo del pabellón y con *Lantana* sp. Como en el caso de los individuos de los que se obtuvo el pie de cría.

Generación 2

Las cuatro puestas de las parejas separadas fueron trasladadas al laboratorio donde se mantuvieron bajo las mismas condiciones que en la Generación 1.

Las larvas eclosionadas nuevamente se situaron en cajas de cría y de igual manera cada cohorte se dividió en grupos de 20 larvas; las cohortes fueron etiquetadas como A, B, C, y D.

Nuevamente se contó y registró el número de individuos que mudaron a cada fase del desarrollo, así como la duración de cada estadio.

Los organismos que alcanzaron la fase de pupa fueron distribuidos en palos de madera y etiquetados bajo el mismo procedimiento que la generación anterior.

Todos los adultos que emergieron se colocaron en el mismo pabellón de cría para repetir las observaciones realizadas con la primera generación. De igual manera los registros se hicieron entre las 9:00 a las 17:00 hrs con horario de verano.

De las mariposas en el interior del pabellón, se separaron ocho parejas, en esta ocasión no se tomaron indiscriminadamente sino que cada pareja fue tomada en el momento en que inició la cópula para asegurar que la pareja se había apareado y que las probabilidades de encontrar huevos fértiles aumentarían.

Se usaron dos pabellones más, uno se dividió en cuatro jaulas independientes, cada jaula con un árbol de sauce llorón de 1.5 m de altura y mango fermentado como fuente de alimento. Las otras cuatro parejas fueron colocadas en jaulas de cría, en este caso, se usaron ramas de sauce dentro de botellas con agua. Las mariposas se mantuvieron en el interior aún después de que ovipusieron para comprobar si una misma pareja se apareaba varias veces y de ser así, saber cuántas veces más lo hacía.

En el tercer pabellón se introdujo una pareja también seleccionada en el momento del apareamiento. Al terminar la cópula, se cambió al macho por uno nuevo para registrar si ocurría otro encuentro con la misma hembra. Esta prueba se repitió tres veces en un lapso de 20 días, sin embargo se usaron machos indistintamente apareados o vírgenes.

Preferencia alimentaria y elección de la planta hospedera

Por literatura, antecedentes y observaciones durante la práctica de este estudio, se sabe que las plantas hospederas de *N. antiopa* pertenecen a los géneros *Salix*, *Populus*, y *Celtis*, entre otras. Para estandarizar la dieta de las larvas, se emplearon hojas de *Salix babylonica* en todas las cajas de cría, pero también se realizó un experimento cuando las larvas de cada generación se encontraron en tercer estadio. Esta prueba consistió en colocar durante dos días la mitad de hojas de *S. babylonica* que regularmente se suministraban como alimento y en compensación se administraron hojas de *Populus alba*. Los siguientes dos días se hizo la misma prueba pero con *P. deltoides* en lugar de *P. alba* (Cuadro 1).

Generación	Cohorte							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	S	S	<i>P. alba</i>					
2	S	S	<i>P. alba</i>	<i>P. alba</i>				
3	S	S	S	S	<i>P. alba</i>	<i>P. alba</i>	<i>P. alba</i>	<i>P. alba</i>

Generación	Cohorte							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	S	S	<i>P.tremula</i>					
2	S	S	<i>P.tremula</i>	<i>P.tremula</i>				
3	S	S	S	S	<i>P.tremula</i>	<i>P.tremula</i>	<i>P.tremula</i>	<i>P.tremula</i>

Cuadro 1. Dosificación de *P. alba* y *P. tremula* en larvas de 3º estadio de *N. antiopa*.

Tablas de vida

Una cohorte representa a un grupo de individuos que se encuentran juntos desde el nacimiento y cuyo destino se ve afectado por los mismos factores intrínsecos y extrínsecos, por lo tanto se construyen tablas de vida horizontales o de tipo cohorte de acuerdo a Margalef, 1989 y Price, 1997, para registrar los datos de los organismos pertenecientes a cada una de las puestas de las diferentes generaciones. Se usaron los registros numéricos correspondientes a las observaciones realizadas cada 24 horas de los sobrevivientes a la clase de edad $x+1$, es decir, momento de la intermuda de cada estadio larval, prepupa, pupa y emergencia de adultos. Además, se registró el número de machos y hembras emergidos por generación para calcular la fecundidad media.

Los parámetros considerados fueron:

x:	Clases de edad correspondientes a cada fase del desarrollo.
N_x:	Número total de individuos en cada estadio.
l_x:	Sobrevivientes a cada clase de edad x
d_x:	Proporción de la cohorte que muere en cada estadio.
$q_x=d_x/l_x$:	Tasa de mortalidad.
f_x:	Fertilidad definida por el número total de huevos puestos en la edad adulta.
m_x:	promedio de descendientes hembra durante la edad x
T_x:	Tiempo generacional
R_o:	Tasa neta de reproducción

También se registró la longevidad de los individuos en cautiverio, y particularmente de aquellos que se aparearon.

Se obtuvieron curvas de supervivencia, mortalidad y la esperanza de vida de las generaciones; datos de fecundidad y tasa reproductiva.

Resultados y Discusión

Obtención del pie de cría

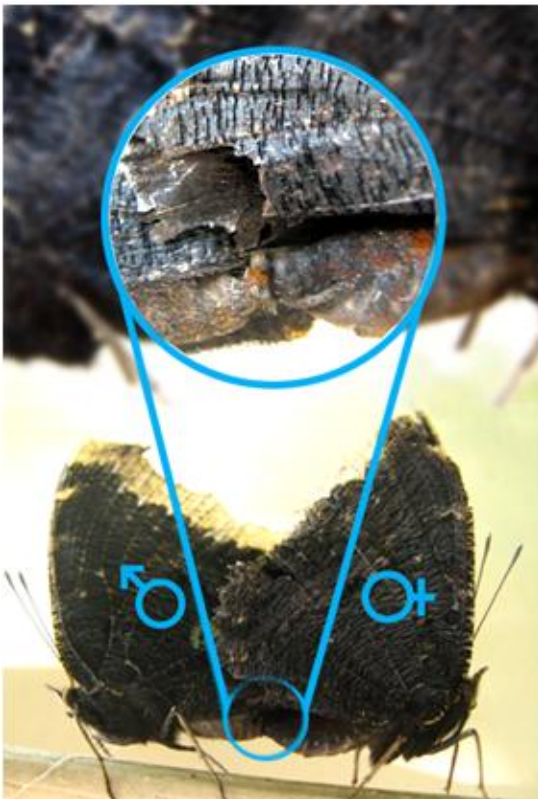
Se recolectaron 60 pupas de las que emergieron 14 adultos de los cuales se obtuvo el pie de cría que constó de 317 huevos.

Seguimiento del ciclo de vida

Se dio seguimiento a tres generaciones cultivadas a partir de los imagos obtenidos de la recolección de pupas. El total de huevos por cada generación fue: Generación 1= 317 H, Generación 2= 398 H (de los cuales 168 fueron infértiles) y Generación 3= 1012 H.

El total de individuos que alcanzaron la fase de adultez para la Generación 1 fue de 57 individuos que fueron provenientes de una sola puesta de 120 huevos. Para La Generación 2 fue de 206 (descendientes de dos puestas diferentes de huevos) y para la Generación 3 fue de 0 adultos.

Actividad sexual del adulto.



La alimentación del adulto comenzó entre el primer y tercer día después de la emergencia.

Las mariposas pasaron la mayor parte del tiempo perchando sobre la malla del pabellón en las partes más expuestas a la luz solar.

El cortejo tuvo lugar 6 días después de que todos los organismos fueron ubicados en el interior del pabellón de cría; duró entre 15 y 30 min antes del apareamiento (Fig. 13) y en todos los casos fue el macho quien se aproximó a la hembra reconociéndose por tacto de las antenas y con un vuelo en el que de uno a tres machos persiguieron a una sola hembra. Se registraron tres periodos de mayor actividad durante el día los cuales correspondieron a las 10:00, 13:00 y 16:00 hrs, en horario de verano.

Fig. 13. Acercamiento a la genitalia durante el apareamiento (Ramírez, 2009).

Los nutrientes esenciales son aminoácidos, minerales y carbohidratos para la obtención de energía y en su caso metabolitos secundarios para procesos muy específicos. En el caso del adulto de *N. antiopa*, se observó predilección por la fruta fermentada antes que por el néctar de las flores, considerando la cantidad de carbohidratos producidos durante la fermentación alcohólica de la glucosa, y el estado de descomposición que favorece la obtención de nitrógeno proteico es prudente atribuir estos hábitos alimentarios a lo expuesto por Engelmann (1999) y especular que dichos nutrientes sean necesarios para la maduración de las gónadas y en el caso de las hembras para la longevidad. Autores como Young, 1980; Hallebuyck y Puig, 1995; Arnett, 2000 y Glassberg, 2000, reportaron la predilección de *N. antiopa* por la savia de los árboles la cual contiene grandes cantidades de carbohidratos.



Fig. 14. Intrusión de otros machos en el apareamiento (Ramírez, 2009).

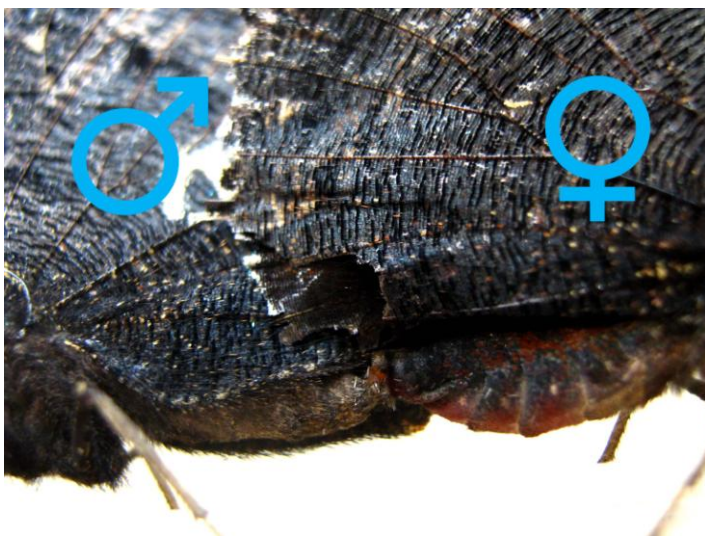


Fig. 15. Cambio en la coloración del abdomen de la hembra durante el apareamiento (Ramírez, 2009).

En la segunda generación se observaron cuatro machos con alas deformes intentando “robar” la pareja de otro macho que ya se encontraba apareándose, esto lo hicieron extendiendo el abdomen tratando de desplazar al primer macho, cada observación se realizó con distintas parejas dentro del mismo pabellón (Fig. 14). Se considera que esto fue debido a la gran cantidad de organismos que se encontraron alojados al mismo tiempo en el pabellón

de cría y no supone que esto sea común en el ambiente natural ni mucho menos que esta conducta represente una estrategia reproductiva realmente exitosa.

Tras el apareamiento, las mariposas se separaron. Se notó un cambio en la coloración del abdomen de las hembras, antes de la cópula el lado ventral se observó de color beige, inmediatamente después de que se separaron las mariposas, este color cambió a un rojo muy oscuro (Fig. 15). Probablemente este cambio en la coloración se debió a la transferencia de esperma pues por observación en el manejo cotidiano de los organismos, los machos al sentirse estresados excretaron un líquido del mismo color.



Fig. 16. Oviposición en hoja de *S. babylonica* (Ramírez, 2009).

Las hembras tardaron 24 horas en oviponer y esto ocurrió entre las 10:00 y las 15:00 hrs. Sólo hubo un registro entre las 17:00 y las 18:00 hrs. Este proceso les tomó entre 60 y 80 min. Ellas buscaron las ramas más expuestas a la luz solar. El arreglo de los huevos fue en hileras consecutivas, en el caso de las que ovipusieron en los peciolos de las hojas o ramas del árbol, la masa de huevos cubrió tres cuartas partes del perímetro de dichas estructuras. En el caso de las que depositaron los huevos en hojas, eligieron el envés y la masa de huevos no abarcó más allá de la mitad del área de la lámina foliar (Fig. 16). Ninguna hembra colocó sus huevos sobre una puesta anterior ni extremadamente cerca una de otra, de tal suerte que resultó fácil saber que los huevos que integran a una masa son puestos por una sola hembra y no por varias, sin embargo, se observó que una

misma hembra pudo dejar varias puestas pequeñas antes de oviponer la que contuvo la mayoría de sus huevos.

El arreglo ordenado de los huevos en hileras más o menos regulares en el envés de las hojas y en los peciolos también fue reportado por Rivero en 2004 y según Chew y Robinson (1984) este mismo arreglo se ha observado en la subfamilia Nymphalinae. Este patrón de oviposición brindó a la descendencia neonata protección contra la lluvia y contra el ataque de parasitoides para el caso de *Chlosyne lacinia*, otro miembro de Nymphalidae; posiblemente a esto se debió la conducta gregaria mostrada por las larvas.

Cabe mencionar que la actividad sexual requirió de un espacio mínimo para presentarse; de acuerdo a Bitzer y Shaw en 1983, *N. antiopa* es una especie territorialista que suele patrullar un área determinada en la que lleva a cabo sus actividades cotidianas y en la que generalmente busca pareja. Probablemente debido a esto, de las cuatro parejas de adultos vírgenes que se seleccionaron aleatoriamente, sólo se consiguieron tres puestas de huevos, lo que representó el 75% del 100% esperado. En esta prueba una pareja murió sin aparearse. Thornhill, 1979; Smith, 1984; Daly *et al.*, 1998 y Arnett, 2000, mencionan que la elección de pareja por parte de las mariposas en general se basa en la percepción de señales visuales, olfativas y táctiles lo cual sugiere que posiblemente el desgaste en las alas, o la gran concentración de feromonas en un espacio tan cerrado como fue el pabellón de cría pudo generar falta de interés en el apareamiento.

Por otro lado, en la segunda generación se optó por separar a las parejas justo en el momento en que comenzaron a aparearse, en este caso se obtuvieron ocho puestas, una por pareja, lo que representó un 100% de lo esperado.

Por observación se pudo deducir que la probabilidad de encontrar una pareja dentro del pabellón de cría fue mayor debido a la gran cantidad de individuos que se colocaron y a que el espacio fue mayor que el de los pabellones divididos en cuatro y mucho mayor al de las jaulas de cría.

En la última prueba realizada con adultos, se separó una pareja apareándose y en cuanto terminó la cópula, el macho fue extraído de la jaula y sustituido por otro macho cada 24 horas. En ninguno de los casos se observó que la hembra volviera a aparearse, sin embargo, no existió garantía de que estos machos fueran vírgenes.

Parámetros biológicos.

El ciclo de vida completo tuvo una duración de 80 días para la G1 y 62 días para la G2. En el caso de la G3 sólo se registraron datos hasta el 5º estadio larval. El pie de cría de la primera generación se obtuvo a finales del verano, lo que marca el fin de la época favorable. Es posible que la duración de este ciclo, que abarcó los meses de octubre a febrero haya durado más que el segundo pues se presentó en el invierno. Es bien sabido que *N. antiopa* en regiones templadas boreales tiende a hibernar en fase adulta (Young, 1980; Shapiro, 1981 y 1986, Wahlberg *et al.*, 2005), pero es conocido también que las condiciones desfavorables en una zona templada pueden inducir diapausa o quiescencia en alguna o varias de las fases de desarrollo de los insectos (Daly *et al.*, 1998). Por su parte, la duración del ciclo de vida de la generación que se presentó en primavera coincide con los datos reportados para la especie por Rivero en 2004.

Supervivencia

Las tablas de vida y gráficas de supervivencia de G1 mostraron que las fases más críticas para *N. antiopa* fueron Larva 1 y Larva 2, una vez alcanzado el tercer estadio la supervivencia fue constante hasta el momento de la emergencia de los adultos, momento en el que nuevamente la supervivencia mostró valores menores (Fig. 17). En el caso de G 2, los estadios de menor supervivencia también fueron Larva 1 y Larva 2 (Fig. 18) pero en este caso debe considerarse que el número de individuos fue mayor al de G1. Estos datos coinciden con lo reportado por Rivero en 2004 para la misma especie y son parecidos a los que Méndez *et al.*, 2007^a y 2007^b y Sánchez, 2007 observaron en el ninfálido *Dione juno huascuma*. Es posible apreciar un descenso drástico en la supervivencia de los adultos, pero esto fue variable ya que las hembras tendieron a sobrevivir, después de la emergencia, de dos semanas a un mes y medio (sólo un registro) en cautiverio, mientras que los machos murieron entre uno y cinco días después del apareamiento, ellos no persistieron más de dos semanas tras la emergencia. Según Engelmann (1999)

una estrategia reproductiva encontrada en los insectos es precisamente la longevidad en las hembras pues esto permite a los organismos que hibernan la posibilidad de encontrar otra pareja después de la temporada adversa. Young, 1980 y Wahlberg *et al.*, 2005 reportaron que las poblaciones de *N. antiopa* que habitan en países templados con inviernos tendientes al frío extremo o en países cercanos al Polo Norte, hibernan del otoño al invierno y vuelven a tener actividad en primavera, lo cual la vuelve una especie muy longeva con dos generaciones anuales, sin embargo, este estudio reveló una longevidad menor en las poblaciones del Valle de México que están sujetas a condiciones más cálidas. Esto incluye la presencia de la especie durante todo el año con varias generaciones traslapadas; no obstante, la observación de estas mariposas es menor en invierno. Hallebuyck y Puig, 1995 mencionaron un fenómeno similar respecto a *N. antiopa* en El Salvador, indicaron que esta especie presentó generaciones superpuestas a lo largo del año y este mismo resultado fue observado en el presente estudio. De acuerdo a Engelmann (1999) la disponibilidad de recursos alimentarios puede desencadenar fenómenos que afectan el ciclo biológico y la reproducción de los insectos. Si se carece de alimento, el insecto puede entrar en una diapausa inducida por las condiciones adversas, en tal caso, una especie bivoltina puede volverse univoltina y en las condiciones contrarias, es decir en la abundancia de recursos, la cantidad de la descendencia tiende a incrementarse. Según Daly *et al.*, 1998, las especies que viven más cerca del trópico o de zonas cálidas, presentan ciclos de vida más cortos. Considerando la enorme plasticidad genética que poseen los insectos, es posible que los cambios en el fotoperiodo, la temperatura, la disponibilidad de alimento y espacio, la presencia o ausencia de depredadores, manden señales al sistema nervioso del insecto, y que éstas activen procesos como la diapausa o el acortamiento de los ciclos de vida. Por otro lado, las condiciones biogeográficas del centro de México son completamente distintas a las de Estados Unidos, Alemania o Japón en donde se ha observado que *N. antiopa* tiende a ser más longeva (Young, 1980). El Valle de México es un sitio con temperatura más constante, con primaveras y veranos cálidos y con inviernos que no alcanzan temperaturas tan bajas como en los países antes mencionados. Todos estos factores pueden afectar directamente la supervivencia en cada generación. Para fines de este estudio las larvas se cultivaron en condiciones de Temperatura y HR% controladas; aún así se puede apreciar en la curva un descenso muy marcado en la población particularmente entre el primer y segundo estadio de vida (Fig. 17 y 18). Probablemente se deba a: 1. Una señal ambiental que la hembra tomada de campo ya había traducido y que pasó a su progenie. 2. Un mecanismo intrínseco de regulación, entre más descendencia se tenga mayor es la posibilidad de que al menos un hijo alcance la edad adulta y se reproduzca, 3. Errores en la técnica de cultivo. A juzgar por las técnicas empleadas por Rivero, 2004; Méndez *et al.*, 2007^a y 2007^b y Sánchez, 2007 no existe un método 100% infalible para la crianza de mariposas en cautiverio, sin embargo, de estas investigaciones, las de Sánchez, *op.cit.* y Méndez, *op.cit.*, fueron completamente en ambiente natural y sus resultados sobre la supervivencia en los dos primeros estadios de vida son bastante parecidos a los obtenidos en el presente trabajo.

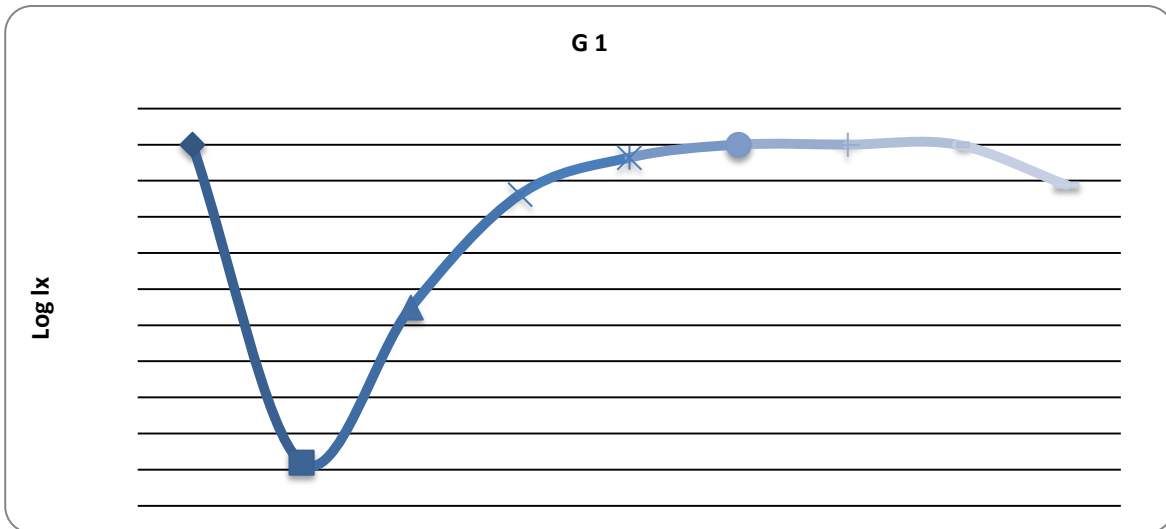


Fig. 17. Curva de Supervivencia de la G 1.

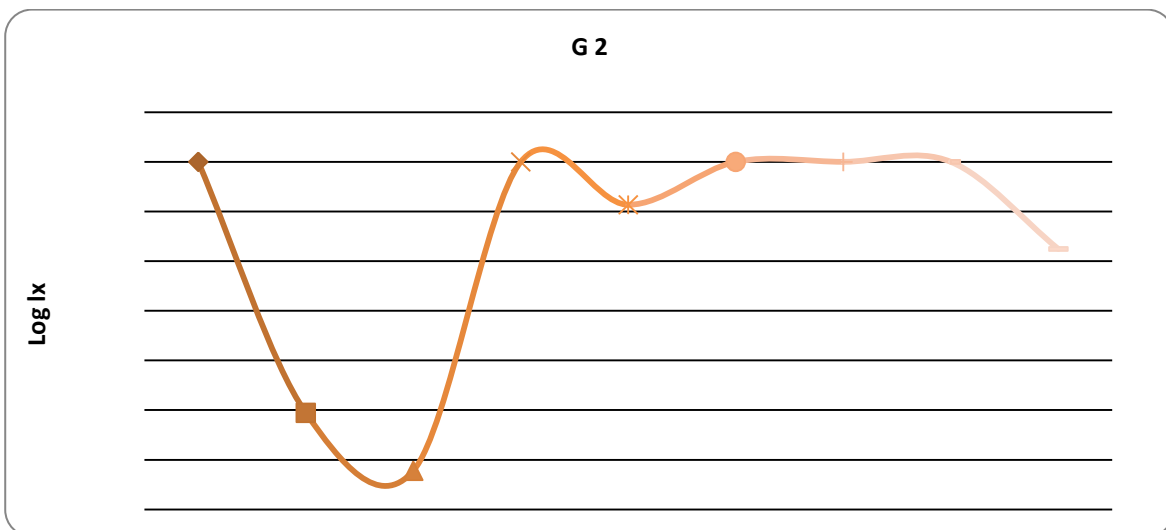


Fig. 18. Curva de Supervivencia de la G 2.

Mortalidad

Los resultados mostraron que el mayor número de decesos se presentó de la intermuda al primer estadio. Si se comparan ambas gráficas (Fig. 19 y 20), es evidente que la segunda generación se mantuvo más constante en el número de individuos que mudaron a cada fase. En esta generación la mortalidad no se aleja mucho de 0 lo que indica que la población se mantuvo más homogénea en cuanto a posibilidades de sobrevivir.

Anteriormente se expusieron las posibles causas de la supervivencia en el adulto y de la corta supervivencia en los dos primeros estadios larvales. Respecto a la mortalidad del adulto se pueden inferir varios factores: la incorrecta emergencia provocó la deformación en las alas, lo cual afectó o incluso impidió por completo el vuelo de los organismos dañados; esta actividad es esencial para la alimentación,

el cortejo y el apareamiento; de tal suerte que las mariposas afectadas murieron por deformación en las alas y/o en el aparato bucal lo que les impidió alimentarse. En el caso de los adultos que emergieron en buena forma, Engelmann, 1999; Daly *et al.*, 1998 y Arnett, 2000, mencionan que la inversión parental, es decir, el gasto energético que un adulto emplea para asegurar su descendencia aminora las reservas de energía y, generalmente en los machos, conduce a la muerte. Se hace esta aclaración pues en ambas gráficas no se aprecia tendencia positiva o negativa en la mortalidad del adulto.

El pie de cría fue obtenido en septiembre de 2008, es decir, a finales del verano en el Valle de México. La mayoría de las pupas recolectadas murieron por la acción de parasitoides. Según Dempster, 1984, las poblaciones de ninfálidos establecidos en zonas templadas tienden a crecer exponencialmente durante el final del verano y esto conlleva al incremento directamente proporcional en la población de parasitoides, avispa y moscas, que atacan a esta Familia. La relación es clara, pues al crecer las poblaciones de mariposas, aumenta la fuente de alimento para los parasitoides, de esta manera, aunque las poblaciones lleguen a ser muy grandes en los primeros estadios de vida, al momento de pupar se vuelven vulnerables al ataque de sus enemigos naturales; estos terminan matando a la mayoría de lepidópteros y de esta manera ambas poblaciones se regulan pues se detiene el crecimiento exponencial de las mariposas y finalmente los parasitoides que emerjan no encontrarán alimento.

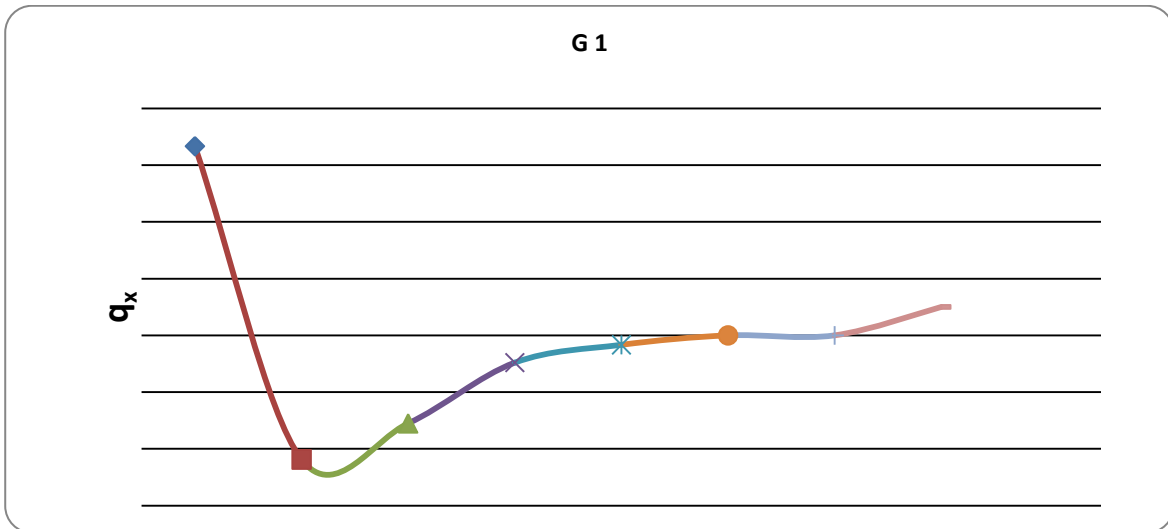


Fig. 19. Curva de mortalidad de G 1

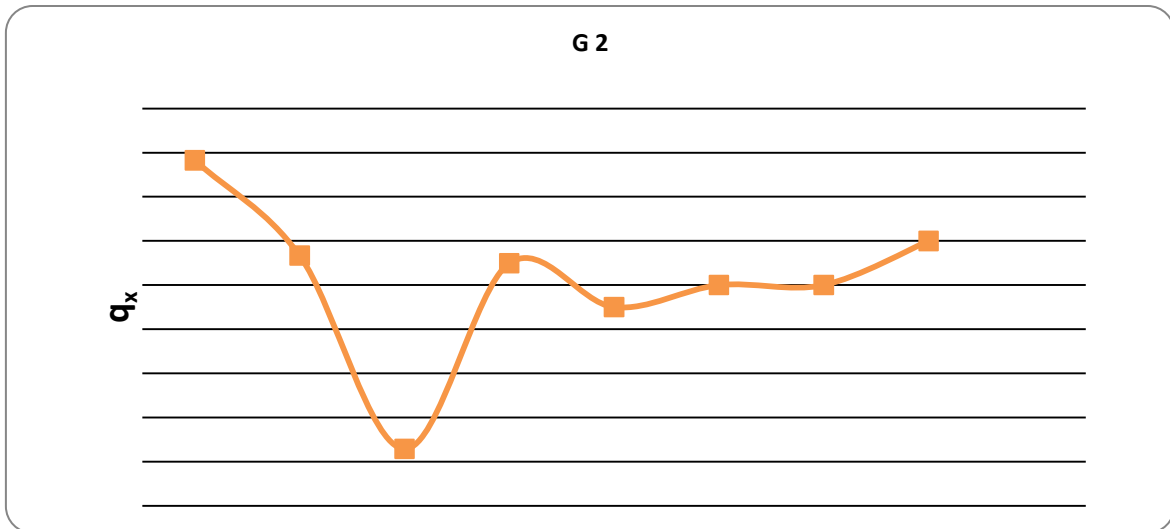


Fig. 20. Curva de mortalidad de G 2

Esperanza de vida

De acuerdo a los valores de que muestran las curvas de ambas generaciones (Fig. 21 y 22), las fases más vulnerables, es decir las que tuvieron menor esperanza de vida, fueron las de la intermuda al primero y segundo estadio, del tercero al cuarto el número de individuos se mantuvo constante hasta el final de la edad adulta. En esta fase se observa un descenso abrupto en las curvas, esto es debido al gran número de organismos que conformaron cada generación. *Nymphalis antiopa* mostró claramente hábitos gregarios, siendo esta una conducta que según Fitzgerald y Peterson, 1998 y Pérez-Contreras *et al.*, 2003 facilita la alimentación, termorregulación y protección, por lo tanto, favorece una mayor esperanza de vida durante los primeros estadios de desarrollo. En este estudio se observó el arreglo gregario a manera de cicloalexia (Fig. 32) (ciclos: círculo, alexia: protección) que según Fitzgerald y Peterson, *op.cit.* y Bowers, 1993, tiene la ventaja de brindar protección a las larvas ubicadas al centro del grupo del ataque de parasitoides.

La hembra de *N. antiopa* ovipuso en grupos, también se ha observado que esta estrategia permite menor mortalidad en tanto más grande es la cohorte debido al gran número de individuos que la componen (Chew y Robbins, 1984 y Fordyce, 2006). El gregarismo fue muy marcado en los primeros dos estadios del desarrollo en los que no se presentaron estrategias aposemáticas evidentes para su protección; dichos caracteres aparecieron en el cuarto y quinto estadio, y coincidió con un decremento en las actividades gregarias. Según Bowers, *op.cit.*, los caracteres aposemáticos permiten a las orugas de lepidópteros afrontar las adversidades propias del ambiente, en el caso de *N. antiopa* se manifiesta mediante la aparición de espinas y podría tratarse de una estrategia para evitar la depredación. De esta manera, se puede apreciar una relación de la conducta gregaria con la esperanza de vida.

Las curvas aquí presentadas (Fig. 21 y 22), muestran una esperanza de vida muy baja en los primeros dos estadios, situación que es afrontada por el insecto

recurriendo a formación de grupos grandes para alimentación y protección. A partir del tercer estadio, los individuos sobrevivientes alcanzan una estabilidad en su esperanza de vida y conforme adquieren sus caracteres aposemáticos en el cuarto y quinto estadio, se marca mayor independencia y mayor resistencia a las condiciones experimentales o ambientales.

Entre la pupa y la emergencia del adulto, varios factores volvieron a afectar negativamente la esperanza de vida: ataque de parasitoides, malformaciones en el adulto, emergencia fallida o nula, entre otros y finalmente en la etapa adulta la esperanza de vida puede considerarse en descenso pues por observación se sabe que cada organismo tiene longevidades que entran en rangos de dos semanas para machos y de hasta mes y medio para hembras.

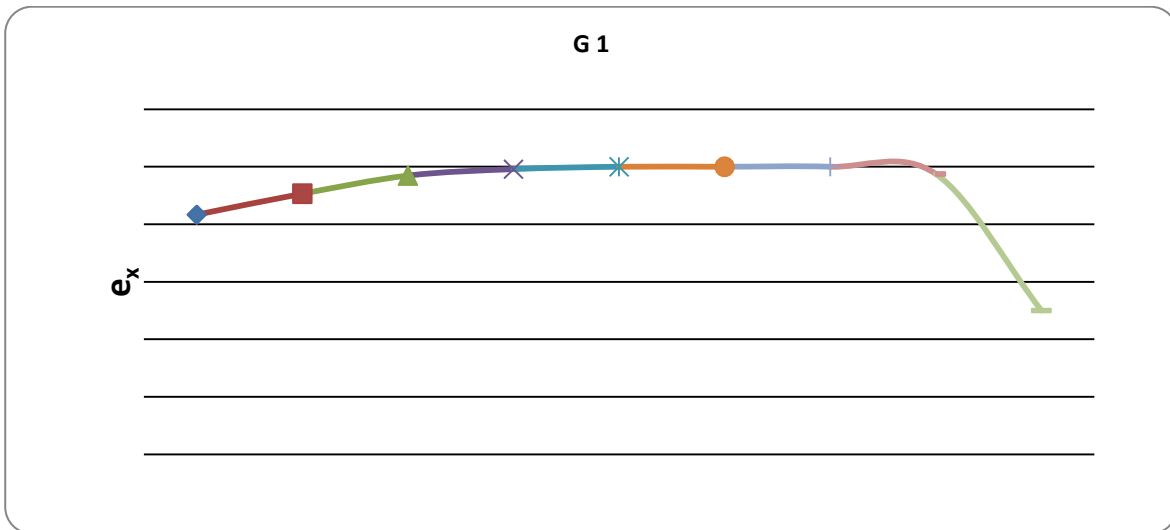


Fig. 21 Curva de esperanza de vida de G 1

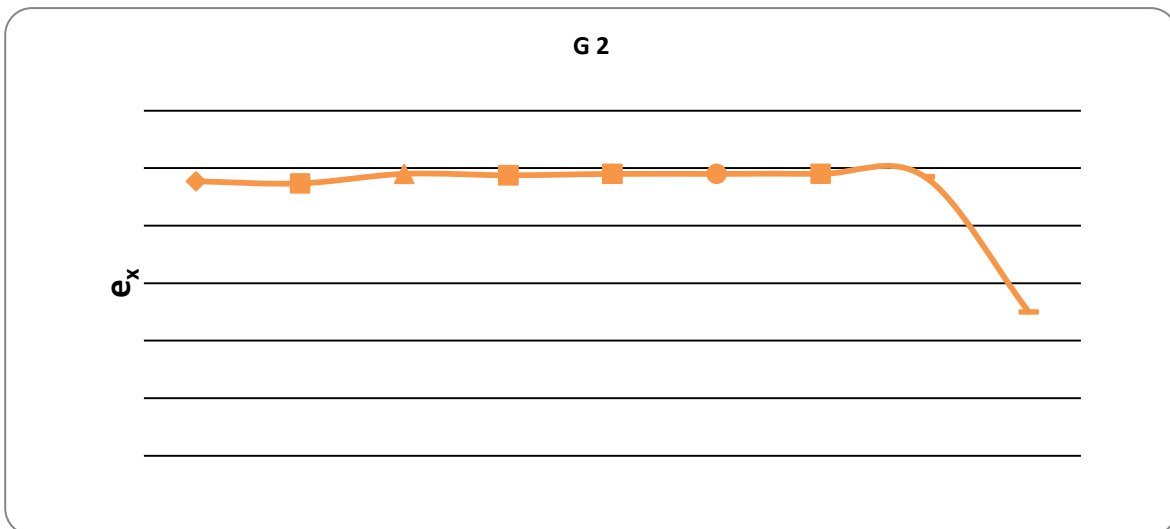


Fig. 22 Curva de esperanza de vida de G 2

Proporción de sexos y fecundidad

En el cuadro 2 se presenta el número de machos y hembras emergidos por generación:

Generación	Machos	Hembras
1	25	32
2	83	113

Cuadro 2. Número de hembras y machos por generación.

Y la proporción de sexos para G1 correspondió a 1:1.28 y para G2 fue de 1:1.4. Esto indica que en ambas generaciones predominaron las hembras; sin embargo, a pesar de la diferencia en la duración del ciclo y cantidad de organismos por generación, ambas proporciones mostraron casi un 50% de correspondencia, en ambas fue ligeramente mayor la cantidad de hembras (Fig. 23). Clarke, 1984, señala que la proporción de sexos en lepidópteros tiende a razón 1:1 en condiciones favorables y que en situaciones adversas el número de hembras tiende a ser mayor debido al gasto energético “desperdiciado” que implicaría la producción de machos y la consecuente reproducción pues la progenie se encontraría con condiciones que muy difícilmente permitirían su supervivencia. Respecto a *N. antiopa*, Young en 1980, reportó que la proporción de sexos durante la época favorable fue casi al 100% de hembras (incluidas muestras mexicanas), se debe considerar que las condiciones del Valle de México, al ser una zona de transición biogeográfica, ofrecen a los organismos una serie de posibilidades diferentes a las que en una región templada más tendiente al frío se pueden presentar. Cabe mencionar que proporciones de sexos similares fueron reportadas por Sánchez en 2007 en *Dione juno huascuma* (Lepidoptera: Nymphalidae), este trabajo fue realizado en Toluca, Estado de México, donde la temperatura debido a la altitud es más fría que en el Valle de México.

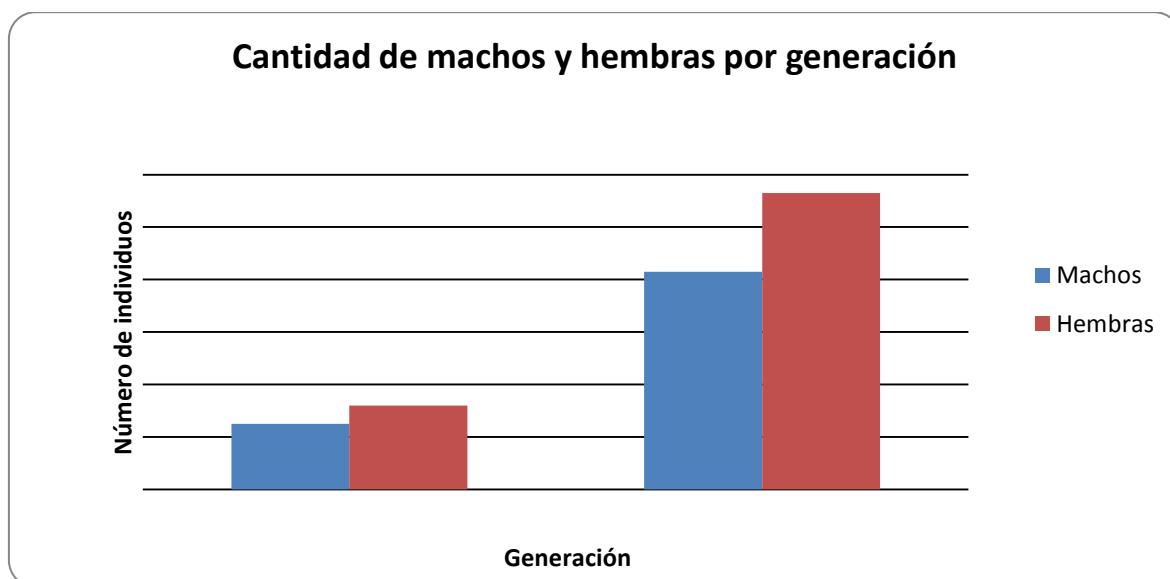


Fig. 23. Número de hembras y machos por generación

El parámetro m_x que mide la fecundidad de la edad adulta se calculó de acuerdo con el número de hembras de la generación F1 descendientes de las hembras de la generación P, este valor fue necesario junto con la proporción de sobrevivientes a la clase de edad Adulto (Ix) de la primera generación, para calcular la tasa neta de reproducción (R_0).

Tasa reproductiva

De la cohorte inicial de 120 huevos, 57 organismos llegaron a la edad adulta, resultando 32 hembras; de ellas descendieron 113 hembras, lo que dio un valor de $m_x = 3,5312$. La tasa de reproducción neta de esta población fue de $R_0 = 3,3546875$. Por lo tanto, cada hembra produjo 3.4 hembras.

Las cohortes de huevos puestos por las hembras de cada generación se clasificaron en orden alfabético de acuerdo al momento de su recolección. El número de huevos en cada cohorte se presenta en el cuadro 3.

Todos los huevos de la generación 1 y 3 lograron eclosionar, la excepción se vio en la G 2 pues de las cuatro puestas obtenidas (A, B, C y D), las puestas A y B permanecieron sin cambio alguno durante más de tres semanas, a diferencia de C y D que cambiaron de coloración y eclosionaron en un lapso de seis días. Engelmann, 1999 y Chew, 1984, reportaron que en ciertas ocasiones, los lepidópteros y varios insectos más pueden oviponer huevos infértiles como estrategia reproductiva, ya sea alrededor de huevos fértiles como en el caso de la mariposa *Chlosyne lacinia* o puestas completas de huevos que contienen solamente vitelo. En el caso de *C. lacinia* se cree que esta estrategia sirve para la protección de los huevos centrales del ataque de parasitoides.

Generación	Cohorte							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	117	80	120	-	-	-	-	-
2	98 +	70 +	110	120	-	-	-	-
3	145	112	128	113	148	114	99	153

Cuadro 3. Cantidad de huevos por generación y por cohorte. (-) ausencia de huevos y (+) puestas infértiles.

Descripción del ciclo de vida

Huevos

Las hembras ovipusieron en grupos de entre 80 y 150 huevos. Éstos fueron colocados en hileras y nunca se encontraron sobrepuestas unas con otras. Los lugares de puesta fueron: ramas, peciolos, envés de la lámina foliar y en cinco ocasiones en el haz de la hoja. Se obtuvieron seis puestas en la malla del pabellón. Esta fase duró en promedio seis días y fueron amarillos al momento de la oviposición (Cuadro 4). Se tornaron oscuros conforme avanzaron los días y cambiaron a negros un día antes de la eclosión, debido a las cápsulas cefálicas (Fig. 24).

Todos los huevos presentaron vitelo y aunque se encontraron huevos infértiles no existió un posible patrón de distribución u ordenamiento específico de éstos dentro de los grupos ovipositados.

Día	Color
1	Amarillo
2	Ocre / Naranja
3	Ocre / Naranja
4	Marrón
5	Rojo
6	negro

Cuadro 4. Cambio de coloración de los huevos en función de los días.

Eclosión

Aconteció al medio día. Todas las larvas se dirigieron en procesión hacia el haz de la hoja, cuando los huevos estuvieron en el peciolo, y del envés hacia el haz cuando los huevos fueron depositados en la lámina foliar (Fig. 25 y 26). Las larvas recién eclosionadas no se alimentaron del huevo vacío ni de otros huevos cercanos.



Fig. 24. Oskurecimiento de los huevos debido a la cápsula cefálica, antes de la eclosión se puede ver gran actividad de las larvas dentro de los huevos transparentes (Ramírez, 2009).



Fig. 25. Al momento de la eclosión los organismos se desplazan para formar un grupo compacto en el haz de la hoja (Ramírez, 2009).



Fig. 26. Gregarismo en larvas del 1º estadio (Ramírez, 2009).

Estadios Larvales

N. antiopa presentó cinco estadios larvales y sus caracteres visibles fueron:



Fig. 27. Larva 1. (Ramírez, 2009).

Estadio: 1 (Fig. 27)
Color: Amarillo
Ornamentación: No aparente
Tamaño: 3-5 mm



Fig. 28. Larva 2 (Ramírez, 2009).

Estadio: 2 (Fig. 28)
Color: Gris oscuro a negro
Ornamentación: Espinas visibles muy delgadas
Tamaño: 1-10 mm



Fig. 29. Larva 3 (Ramírez, 2009).



Fig. 30. Larva 4 (Ramírez, 2009).



Fig. 31. Larva 5 (Ramírez, 2009).

Estadio: 3 (Fig. 29)

Color: Negro con manchas rojas

Ornamentación:

Espinas cortas, ramificadas

Tamaño: 1.5-2 cm

Estadio: 4 (Fig. 30)

Color: Negro con manchas rojas

Ornamentación:

Espinas más largas, patas verdaderas de color naranja

Tamaño: 3-4 cm

Estadio: 5 (Fig. 31)

Color: Negro con manchas rojas y blancas

Ornamentación:

Espinas largas y ramificadas, sedas blancas pequeñas, patas naranjas.

Tamaño: 5-6 cm

Gregarismo y cicloalexia

Las orugas de *N. antiopa* presentaron conducta gregaria en todos su estadios larvales esto coincidió con lo reportado por Rivero en 2004. Durante el primer estadio, las larvas se posicionaron en cicloalexia sin arreglo especial, las del centro fueron las que mudaron primero. Tras llegar a la intermuda de tercer a cuarto estadio pierden la cicloalexia (Fig. 32) y el seguimiento entre larvas se dio principalmente por percepción táctil o por la seda. Un comportamiento similar se reportó por Méndez *et al.*, 2007^a en larvas de *Dione juno huascuma*.



Fig. 32. Cicloalexia durante el primer estadio de vida (Ramírez, 2009).

Conducta Aposemática

Las larvas de cuarto y quinto estadio presentaron espinas largas, duras y ramificadas, su punción es muy dolorosa. El color del cuerpo es negro con un patrón de dos manchas rojas sobre fondo blanco en cada metámero. Son muy independientes, reaccionaron muy marcadamente ante la cercanía de la planta nutricia cuando ésta fue introducida en las cajas de cría. Cuando hubo corrientes de aire o sonidos fuertes, agitaron vigorosamente y en sincronía la cabeza un par de veces, si el estímulo persiste, pueden mantenerse agitando la cabeza rítmicamente durante 5 segundos. Las orugas silvestres de cuarto y quinto estadio, al sentirse sujetadas, se enrollan o distienden los músculos dejándose caer para escapar.

Pupa

Las larvas de quinto estadio que van a pupar se adhieren al sustrato mediante seda pegando la parte apical del último metámero. Se “enrollaron” sobre si mismas y pasaron de uno a tres días en esta posición antes de mudar definitivamente a pupa (Fig.33). Ésta es de tipo obtecta, adherida al sustrato mediante seda colocada en el cremáster; presentan espinas por pares en la región ventral, las alas pueden observarse especialmente un par de días antes de la emergencia, las antenas se encuentran también dobladas hacia la zona abdominal. La coloración de la cutícula en esta fase puede variar desde beige con matices rojos hasta una variedad de grises que incluyen el gris pálido y el gris casi negro.



Fig. 33. Pupa de *N. antiopa* (Ramírez, 2009).

Imago

El adulto recién emergido puede pasar desde 3 horas hasta un día colgado de la exuvia de su pupa, inmóvil, moviendo ocasionalmente las alas (Fig. 34).

En el pabellón se observó que comenzaron a alimentarse a partir del tercer día después de la emergencia, prefirieron la fruta fermentada (se utilizó plátano y mango en rebanadas) o la miel diluida, pero ocasionalmente se alimentaron de néctar de *Lantana* sp. Los adultos pasaron gran parte del día alimentándose y cuando no lo hicieron se encontraron posados en las partes más iluminadas del pabellón.

No existe dimorfismo sexual marcado, a excepción del tamaño del abdomen, que en las hembras suele ser mayor, y la forma externa de la genitalia, modificada en valvas en la hembra.

Territorialismo y defensa

Estando varios adultos juntos dentro de la misma jaula, las hembras más grandes tienden a derribar a las otras y pararse encima de ellas sin importar que éstas sean machos o hembras aunque Bitzer y Shaw en 1983, mencionan que la conducta de territorialismo y patrullaje está restringida a machos de *N. antiopa* y que es un tipo de competencia por pareja sexual.

Las mariposas fingieron estar muertas si se sentían amenazadas, tensando los músculos y dejándose caer sobre un costado después de 10 segundos volvieron a levantarse.

Parasitoides

De las 60 pupas recolectadas para la obtención del pie de cría 46 presentaron daño por parasitoides, (Hymenoptera: Braconidae y Diptera: Tachinidae) (Figs. 35, 36A, 36.B, 37A y 37B). Estas pupas fueron recolectadas entre la segunda semana de septiembre y la primera de octubre, fechas que coinciden con el final del verano en el Valle de México. Según Dempster (1984), los enemigos naturales de los lepidópteros, particularmente de Nymphalidae, tienden a incrementar sus poblaciones en estas épocas, debido a que los parasitoides suelen ser muy específicos en cuanto a sus hospederos. Si se da una explosión demográfica del hospedero de manera exponencial, al final de la época favorable habrá un aumento desmedido en el número de larvas que lograrán



Fig. 34. Imago secando las alas (Ramírez, 2009).



Fig. 35. Braconido parasitoides oviponiendo en pupa de *N. antiopa*. (Ramírez, 2009).

pupar, lo que supone una enorme cantidad de alimento potencial para especies de parasitoides (Daly *et al.*, 1998), esto permite regular de alguna manera a la población pues el número de mariposas que emergen en esta época es menor; si se tiene en cuenta que esta especie tiende a hibernar en los países holárticos (Young, 1980) y por lo observado en el ciclo de la generación P, a retrasar su ciclo de vida durante la fase desfavorable, consecuentemente la población de parasitoides descenderá y la de lepidópteros se recuperará, esto es benéfico si se considera que en invierno hay mayor escasez de alimento para las larvas.



Fig.36A. y 36B. Larva de parasitoide (Diptera: Tachinidae) emergiendo de su hospedero para pupar en el suelo (Ramírez, 2009).



Fig. 37A. y 37B. Adultos de avispas parasitoides (Hymenoptera: Brachonidae) de *N. antiopa* (Ramírez, 2009).

Preferencia alimentaria y elección de hospedera

Las pruebas realizadas sobre cambio de alimento en larvas de tercer estadio mostraron apatía por parte de los organismos a las hojas de *P. alba* y *P. tremula*, estas hojas sólo fueron parcialmente consumidas cuando las larvas ya no tuvieron hojas de *S. babylonica*. Es probable que las orugas estén muy acostumbradas a una especie de planta, sin embargo, las tres especies pertenecen a la Familia Salicaceae y en la naturaleza son hospederas del insecto. Es probable que la oruga no cambie de planta hospedera sino que sea la hembra adulta la que al buscar sitio para oviponer opte por los árboles dentro del rango de las hospederas citadas en literatura. Engelmann, 1999 sugiere que puede haber metabolitos secundarios que vuelven muy específica la relación insecto-planta ya que estos pueden promover la vitelogénesis; Janz *et al.*, 2001 demostraron que al variar la dieta de varios ninfálidos, entre ellos *N. antiopa*, estos fueron capaces de cambiar de hospedera, incluso de utilizar plantas de la Familia Urticaceae como fuente de alimento cuando se considera que las relaciones con esta planta se perdieron hace mucho tiempo, lo cual demuestra la flexibilidad y adaptabilidad de esta especie como principal estrategia para su éxito reproductivo y consecuente prevalencia de sus genes.

Por otro lado, el número de larvas utilizado en cada generación correspondió solamente al 50% del total de individuos por lo que no fue una cantidad estándar de sujetos de estudio.

Conclusiones

- Se obtuvieron tres generaciones a partir de 14 adultos.
- La proporción de sexos fue para G1 de 1:1.28 y para G2 de 1:1.4 lo que indicó que el porcentaje de hembras por generación fue de 64% y 70% respectivamente.
- Cada hembra de la G1 produjo 3.4 hembras
- La supervivencia fue menor en las larvas que mudaron al primer y segundo estadios. Y se mantuvo constante desde la tercera fase larval hasta la emergencia del adulto.
- La mortalidad fue mayor en la intermuda de huevo a larva 1 y de larva 1 a larva 2.
- La esperanza de vida se incrementó en la intermuda a larva 3 y se mantuvo constante hasta el momento de pupar.
- El inicio del cortejo y apareamiento se presentó 6 días después de la emergencia. La cópula duró entre 60 y 90 min.
- Los individuos de ambos sexos se aparearon una sola vez. Los machos murieron 24 horas después de la cópula.
- La mayor actividad se registró entre las 10:00 y las 17:00 hrs.
- La hembra ovipuso en grupos aislados, es decir, una puesta por hembra. Y sus puestas fueron de entre 80 y 150 huevos.
- El ciclo de vida en invierno duró 80 días por lo contrario, el ciclo en primavera fue más corto durando 62 días.
- El gregarismo fue más marcado en los dos primeros estadios de vida.
- La pupa duró 20 días en la generación 1 y 15 días en la generación 2.
- Las pupas recolectadas en campo a finales del verano fueron muy vulnerables al ataque de parasitoides.
- Los adultos machos emergieron del pupario 4 días antes que las hembras
- Las orugas prefirieron principalmente las hojas de *Salix babylonica*

Literatura citada

- Arnett, R. H. A. 2000. American insects: A handbook of the insects of America North of Mexico. ed. 2nd. Ed. CRC USA. 1003pp.
- Beutelspacher, R. C. 1984. Mariposas de México. Ed. Ediciones Científicas La Prensa Médica Mexicana. S.A. México. 128pp.
- Beutelspacher, R. C. 1989. Mariposas entre los antiguos Mexicanos. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. 103pp
- Bitzer, R. J. y Shaw, K. C. 1983. Territorial behaviour of *Nymphalis antiopa* and *Polygonia comma* (Nymphalidae). Journal fo the Lepidopterist's Society 37(1):1-13.
- Bowers, M. D. 1993. Aposematic caterpillars: Life-styles of the warningly colored and unpalatable. **En:** Stamp, N. y Casey, T. M (Eds.). Caterpillars: ecological and evolutionary constraints on foraging: Ed. Chapman and Hall. New York. 331-371p.
- Brown, F. M. 1968. Notes about north american butterflies described by Linnaeus in the tenth edition of Systema Naturae, 1758. Journal of the Lepidopterist's Society 22(2): 77-88.
- Chew, F. S. y Robbins, R. K. 1984. Egg-laying in Butterflies. **En:** Vane-Wright, R. I. y Ackery, P. R. (Eds). The biology of the butterflies: Symposium of the Royal Entomological Society of London Number 11 Dedicated t o E.B. Ford. Academic Press. UK. 65-80 p.
- Clarke, C. 1984. Upsets in the Sex-Ratio of Some Lepidoptera. **En:** Vane-Wright, R. I. y Ackery, P. R. (Eds). The biology of the butterflies: Symposium of the Royal Entomological Society of London Number 11 Dedicated t o E.B. Ford. Academic Press. UK. 255-258 p.
- Coulson, R. N. y Witter, J. 1984. Forest Entomology: Ecology and Management. John Wiley & Sons. 669 pp.
- Courtney, S. P. 1984. Habitat versus Foodplant Selection. **En:** Vane-Wright, R. I. y Ackery, P. R. (Eds). The biology of the butterflies: Symposium of the Royal Entomological Society of London Number 11 Dedicated t o E.B. Ford. Academic Press. UK. 89-90p.
- Daly, H. V., Doyen, J. T. y Purcell, A. H. 1998. Introduction to insect biology and diversity. ed 2nd. Ed. Oxford University Press. U.S.A. 529-558 p.
- Dempster, J. P. 1984. The Natural Enemies of Butterflies. **En:** Vane-Wright, R. I. y Ackery, P. R. (Eds). The biology of the butterflies: Symposium of the Royal Entomological Society of London Number 11 Dedicated t o E.B. Ford. Academic Press. UK. 97-108 p.
- DuCane, G. F. y Osbert, S. (1887-1901) Insecta. Lepidoptera-Rhopalocera Vol. 1. **En:** Biologia Centrali-Americana (Prospectus): Zoology, Botany and Archæology. Volume I (1879-1901) 215 pp.
- Ehrlich, P.R. y Ehrlich, A. H. 1961. How to know the butterflies. Ed. W.M.C. Brown Company Publishers. USA. 81-147 p.
- Engelmann, F. 1999, Reproduction in Insects. **En:** Huffaker, C. B. y Gutierrez, A. P.(Eds). Ecological Entomology. ed. 2nd. Ed. John Wiley & Sons. USA. 123-141 p.

- Fitzgerald, T. D. y Peterson, S.C. 1998. Cooperative foraging and communication in caterpillars: Silk and chemical markers may catalyze social evolution. *Bioscience* 3(1):20-25
- Fordyce, J.A. 2006. Between-clutch interactions affect a benefit of group feeding for pipevine swallowtail larvae. *Ecological Entomology* 31:75-83
- Glassberg, J. 2001. Butterflies through binoculars: the West: a field guide to the butterflies of western North America. Oxford University Press. U.S.A.186-187 p.
- Hallebuyck, V. y Puig, J. 1995. *Nymphalis antiopa* (Linnaeus) (Lepidoptera: Nymphalidae) en Guatemala y El Salvador, Centro América. *Revista Nicaragüense de Entomología*. 31:21-24.
- Herman, W.S. y Bennet, D. C. 1975. Regulation of Oogenesis, Female Specific Protein Production, and Male and Female Reproductive Gland Development by Juvenil Hormone in the Butterfly, *Nymphalis antiopa*. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology* 99(4):331-338
<http://www.springerlink.com/content/q3w7t040042g0487/> Consultado 27 febrero 2009
- INEGI. 2000. Carta topográfica. Estado de México. Carta E14-A39. Escala 1:25000
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2005. Enciclopedia de los Municipios del Estado de México. Gobierno del Estado de México.
<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/> Consultado 28 mayo 2009
- Janz, N., Nyblom, K., y Nylin, S., 2001. Evolutionary dynamics of host-plant specialization: A case study of the tribe Nymphalini. *Evolution* 55(4): 783-796.
<http://www.bioone.org/doi/pdf/10.1554/0014-3820%282001%29055%B0783%AEDOHPS%D2.0.CO%3B2> Consultado Marzo 2009
- Llorente, J., A. Luis, I. Vargas y J. Soberón. 1996. Papilionoidea (Lepidoptera). **En:** Llorente J., A. García y E. González (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Instituto de Biología, CONABIO y UNAM. México. 531-550 p.
- Luis, M. A., Llorente, B. J, Vargas, F. I. y Gutierrez. A. L. 2000. Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México. **En:** Martín-Piera, F., J.J. Morrone & A. Melic (Eds.). 2000. Hacia un Proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PrIBES-2000. M3M: Monografías Tercer Milenio 1, SEA, Zaragoza. 275-285p
http://www.sea-entomologia.org/PDF/M3M_PRIBES_2000/M3M1-21-275.pdf consultado 14 septiembre 2009
- Luna, R. M. y Llorente, J. 2004. Papilionoidea (Lepidoptera:Rhopalocera) de la Sierra Nevada, México *Acta Zoologica Mexicana* 20(2): 79-102
- Margalef, R. 1989. *Ecología*. Ed. Omega, España. 951 pp.
- Martínez, G. L. 2008. Árboles y áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su Zona Metropolitana. Fundación Xochitla. 549 pp.

- Maya, M. A., Pozo, C. y May, U. E. 2005. Las mariposas (Rhopalocera: Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae) de la Selva alta subperennifolia de la región de Calakmul, México, con nuevos registros. *Folia Entomologica Mexicana.*, 44(2): 123-143
- Méndez, M. G., Stanford, C. S. G., Ibarra, G. M. P. y Padilla, R. J. R. 2007^a. Historia Natural de *Dione juno huascuma* Reakirt, 1866 (Lepidoptera: Nymphalidae: Heliconiinae). *Entomología Mexicana.* 6(1):379-384
- Méndez, M. G., Sánchez, M. R., Ibarra, G. M. P. y Mendoza, E. A. 2007^b. Tablas de vida y curvas de sobrevivencia de *Dione juno huascuma* Reakirt, 1866 (Lepidoptera: Nymphalidae: Heliconiinae). En el jardín de mariposas de la FES Iztacala. *Entomología Mexicana* 6(1):160-165
- Nylin, S., Nyblom, K., Ronquist, F., Janz, N., Belicek, J. y Källersjö, M. 2001. Phylogeny of *Polygonia*, *Nymphalis* and related butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae): a totalevidence analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society* 132: 441–468.
- Pérez, F. R. 2005. Rhopalocera del Parque Natural del Alto Tajo, Guadalajara, España (Insecta: Lepidoptera). *SHILAP Revista de Lepidopterología*, 33(129): 49-82
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=45512911>
consultado 14 septiembre 2009
- Pérez-Contreras, T., Soler, J. J. y Soler, M. 2003. Why do pine processionary caterpillars *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) live in large groups? An experimental study. *Ann. Zool. Fennici* 40:505-515.
<http://www.sekj.org/PDF/anzf40/anzf40-505.pdf> Consultado 06 abril 2010
- Phillips, S. L. 1959. Fluorescence in the colors of certain Lepidoptera observed under ultraviolet light. *Journal of the Lepidopterist's Society* 13(2): 73-77.
- Price, P. W. 1997. *Insect Ecology*. John Wiley, New York. 874 pp.
- Rác, G. 1967. The effects of vitamins on the development *Nymphalis antiopa* (Nymphalidae). *Journal of the Lepidopterist's Society* 21(4): 241-242.
[http://research.yale.edu/peabody/jls/pdf/1960s/1967/1967-21\(4\)241-Racz.pdf](http://research.yale.edu/peabody/jls/pdf/1960s/1967/1967-21(4)241-Racz.pdf) Consultado 10 octubre 2008
- Rahn, R. A. 1969. Gregarious habit of chrysalids of *Nymphalis antiopa* (Nymphalidae). *Journal of the Lepidopterists' Society* 23(4):274-275.
[http://research.yale.edu/peabody/jls/pdfs/1960s/1969/1969-23\(4\)273-Rahn.pdf](http://research.yale.edu/peabody/jls/pdfs/1960s/1969/1969-23(4)273-Rahn.pdf) Consultado 10 octubre 2008
- Ricklefs, R. E. y Miller, G. 2000. *Ecology*. ed 4th. Ed. W. H. Freeman and Company. USA. 822 pp.
- Rivero, A., S. 2004. Ciclo biológico de *Nymphalis antiopa* L. (Lepidoptera: Nymphalidae) para introducción en un mariposario. Tesis de Licenciatura en Biología. FES Iztacala. UNAM. México 41pp.
- Romeu, E. 2000. Mariposas mexicanas, los insectos más hermosos. *Biodiversitas* 5(28):6-10.
- Roer, H. 1970. Untersuchungen zum Migrationsverhalten des Trauermantels (*Nymphalis antiopa* L.) (Lep., Nymphalidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie.* 388-396
- Sánchez, J. J. 2007. Ciclo de vida y hábitos alimentarios de *Dione juno* (Lepidoptera: Nymphalidae) del Platanar, Malinalco, Estado de México.

- Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UAEM, México. 92 pp.
- Shapiro, A. M. 1981. Phenotypic plasticity in temperate and subarctic *Nymphalis antiopa* (Nymphalidae): Evidence for adaptive canalization. *Journal of the Lepidopterist's Society* 35(2): 124-131
- Shapiro, A. M. 1986. Seasonal phenology and possible migration of the mourning cloak butterfly, *Nymphalis antiopa* (Lepidoptera: Nymphalidae) in California. *Great Basin Naturalist* 46(1):112-116.
- Smith, D. S. S. 1984. Mate Selection in Butterflies: Competition, Coyness, Choice and Chauvinism. **En:** Vane-Wright, R. I. y Ackery, P. R. (Eds). *The biology of the butterflies: Symposium of the Royal Entomological Society of London Number 11 Dedicated to E.B. Ford.* Academic Press. UK. 225-250 p.
- Snodgrass, R. E. 1935. *Principles of insect morphology.* Ed. McGraw-Hill. New York. 308-311pp.
- Teale, W. E. 1955. An apparent migration of the mourning cloak. *The Lepidopterist's news* 4-5:1.
- Thornhill, R. 1979. Male and Female Sexual Selection Strategies in Insects **En:** Blum, M. S. y Blum, N. A. *Sexual Selection and Reproductive Competition in Insects.* Ed. Academic Press. UK. 12-15 p.
- Viejo, J. L. y Romera, L. 2004. Lepidoptera. **En:** Barrientos, J. A. (Ed). *Curso práctico de Entomología. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona* 41. España. 705-729 p.
- Vane-Wright, R. I. y Ackery, P. R. Introduction. **En:** Vane-Wright, R. I. y Ackery, P. R. (Eds). 1984. *The biology of the butterflies: Symposium of the Royal Entomological Society of London Number 11 Dedicated to E.B. Ford.* Academic Press. UK. 429 pp.
- Wahlberg, N., Brower, A. V. Z. y Sören, N. 2005. Phylogenetic relationships and historical biogeography of tribes and genera in the subfamily Nymphalinae (Lepidoptera: Nymphalidae) *Biological Journal of the Linnean Society* 86: 227–251 p.
- Young, A. M., 1980. Some observations on the natural history and behaviour of the camberwell beauty, *Nymphalis antiopa* (Linnaeus) (Lepidoptera: Nymphalidae) in the United States *Entomologist's Gazette.* 31: 7-18