UNIVERSIDAD REGIONAL AMAZÓNICA IKIAM

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y AGUA

CARRERA DE AGROECOLOGÍA

Análisis de la dinámica poblacional de dos subespecies de *Heliconius erato* (Lepidoptera: *Nymphalidae*), bioindicadores amazónicos, criadas en *Passiflora punctata*, bajo condiciones de laboratorio

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN AGROECOLOGÍA

Autor: Melanie Anel Villacis Verdesoto

Tutor: MSc. Jessica Paola Sánchez Moreano

Co-Tutor: PhD. Jonathan Liria Salazar

Tena – Ecuador

2024

Carrera de Agroecología

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Tena, 2 de septiembre de 2024

De mi consideración:

Yo, Melanie Anel Villacis Verdesoto con documento de identidad 0950984138, declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento en este documento final, previo a la obtención del título Ingeniera en Agroecología, son absolutamente inéditos, originales, auténticos y personales.

En virtud de lo cual, el contenido, criterios, opiniones, resultados, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente documento, son de mi autoría y de mi absoluta responsabilidad.

Por la favorable atención a la presente, suscribo de usted,



Melanie Anel Villacis Verdesoto
CI: 0950984138

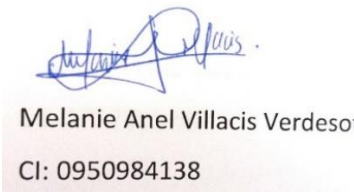
Carrera de Agroecología

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Tena, 2 de septiembre de 2024

Yo, Melanie Anel Villacis Verdesoto, con documento de identidad 0950984138 en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis de la dinámica poblacional de dos subespecies de *Heliconius erato* (Lepidoptera: *Nymphalidae*), bioindicadores amazónicos, criadas en *Passiflora punctata*, bajo condiciones de laboratorio", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, reconozco a favor de la Universidad Regional Amazónica Ikiam una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo autorizo a la Universidad Regional Amazónica Ikiam para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.



Carrera de Agroecología

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Tena, 2 de septiembre de 2024

Certifico que el trabajo de titulación: "Análisis de la dinámica poblacional de dos subespecies de *Heliconius erato* (Lepidoptera: *Nymphalidae*), bioindicadores amazónicos, criadas en *Passiflora punctata*, bajo condiciones de laboratorio", aprobado bajo el mecanismo de titulación de: tesis, fue realizado por Melanie Anel Villacis Verdesoto, bajo mi dirección.

El mismo ha sido revisado en su totalidad y analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad Regional Amazónica Ikiam, para su entrega y defensa.

Jessica Paola Sánchez Moreano

C.I: 0603977356

Jonathan Liria Salazar

C.I: 1757595788

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Universidad Regional Amazónica Ikiam, a sus docentes, al personal administrativo y a la comunidad Ikiam en general, por haberme formado como una profesional íntegra y capaz.

Quiero agradecer especialmente al proyecto “The genetic and neural basis of reproductive isolation”, y al investigador a cargo, Shane Daniel Wright, así como al dedicado personal de trabajo que formó parte del proyecto.

A mi tutora, Jessica Sánchez Moreano, por su paciencia, sabiduría y guía constante a lo largo de este proceso. Sus conocimientos, consejos y empatía han sido cruciales para la realización de esta tesis. Su resiliencia e inteligencia son una fuente constante de inspiración como profesional en formación.

A mi cotutor, Jonathan Liria Salazar, quien con sus conocimientos me inspiró a conocer más sobre la entomología y su importancia en el desarrollo sostenible. Extiendo mi gratitud por ser un guía excepcional dentro del mundo de la entomología.

DEDICATORIA

A mi madre Janett, una mujer excepcionalmente inteligente y capaz, cuya habilidad para resolver cualquier situación ha sido una inspiración constante en mi vida. Su sabiduría y determinación son un ejemplo de fuerza y perseverancia. Gracias por hacer de mí una mujer fuerte e independiente.

A mis hermanas, Iliana y Michelle, quienes han alcanzado sus sueños con determinación y han iluminado mi camino con su ejemplo de logros y perseverancia. La vida me concedió el privilegio de crecer junto a ellas, y por eso estoy eternamente agradecida.

A mis amigas y amigos de las diferentes etapas de mi vida universitaria, especialmente a Anderson y Romel, quienes son los hermanos que la vida me regaló, quienes fueron mi familia durante estos años. Definitivamente las personas más valiosas que he tenido el privilegio de conocer.

A mi dulce gata Aurora, quien es y fue mi compañía inseparable.

Finalmente, quiero agradecer a todas las personas que, de una manera u otra, han contribuido a la culminación de este proyecto. A todos y todas, muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA

DECLARACIÓN DE DERECHO DE AUTOR, AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD ii

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL iii

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN iv

AGRADECIMIENTOS v

DEDICATORIA.....vi

TABLA DE CONTENIDO vii

PORTADA.....vii

ÍNDICE DE TABLAS.....ix

ÍNDICE DE FIGURAS x

ÍNDICE DE ANEXOS.....xi

RESUMEN xiii

ABSTRACT.....xiv

CAPÍTULOS (I, II, III, IV, V)

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1

1.1. Antecedentes 1

1.2. Planteamiento del problema 4

1.3. Justificación de la investigación 5

1.4. Objetivos de la investigación 7

1.4.1 General 7

1.4.2 Específicos..... 7

2. CAPÍTULO II: METODOLOGÍA..... 8

2.1. Localización del estudio 8

2.2. Condiciones ambientales de crianza..... 8

2.3. Protocolo de medidas de bioseguridad 8

2.4. Determinación del porcentaje de eclosión y duración de cada instar inmaduro de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*..... 9

2.5. Identificación de la tasa de supervivencia, mortalidad y proporción de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*.....10
2.6. Cuantificación del desarrollo de la población de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*.....11
2.7. Análisis estadístico 11
2.7.1. Tasa de supervivencia (l_x).....12
2.7.2. Fecundidad por día (m_x).....13
2.7.3. Tasa neta de reproducción (R_0) 13
2.7.4. Tasa intrínseca de aumento (r).....14
2.7.5. Tiempo medio de generación (*T*).....14
2.7.6. Esperanza de vida (e_{xj}).....14
2.7.7. Valor reproductivo (V_{xj}) 15
2.7.8. Proyección del crecimiento poblacional (R_0).....16
3. CAPÍTULO III: RESULTADOS 17
3.1. Porcentaje de eclosión de huevos de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* 17
3.2. Tabla de vida de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* (duración de cada instar) 17
3.3. Tasa de supervivencia, mortalidad, proporción de hembras y machos de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*.....18
3.4. Cuantificación de las larvas que llegaron a adultos, número de huevos ovipositados a partir de las hembras juveniles resultantes de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*.....20
3.5. Esperanza de vida 24
3.6. Valor Reproductivo.....25
3.7. Proyección poblacional. 27
4. CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....29
5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3. Porcentaje acumulado de eclosión de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* **17**

Tabla 2-3. Tiempo de desarrollo (días) de las diferentes etapas de desarrollo, media, desviación estándar (media ± desviación estándar), número de individuos (n), tasa de supervivencia, longevidad adulta y total de *H. erato himera*, *H. erato lativitta* **19**

Tabla 3-3. Parámetros poblacionales de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* **22**

Tabla 4-3. Número de hembras y machos desarrollados hasta la fase adulta, proporción hembras y machos de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* **23**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3. Tasa de supervivencia en función de la edad y etapa de desarrollo de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B)**.** Egg: Huevo. Female: Hembra. Male: macho **21**

Figura 2-3. Tasa de supervivencia (l_x), fecundidad (f_{xj}), fecundidad específica por edad (m_x), supervivencia y fecundidad acumulada ($l_x m_x$) de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B).. ..... **23**

Figura 3-3. Expectativa de vida (e_{xj}) en función de la edad (días) por etapa de desarrollo de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B). Egg: huevo. Female: hembra. Male: macho….. ..... **25**

Figura 4-3. Valor reproductivo en función de la edad y etapa de desarrollo de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*. Egg: huevo. Female: hembra**.** **26**

Figura 5-3. Proyección poblacional de dos generaciones de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B). Egg: huevo. Female: hembra. Male: macho **27**

Figura 6-3. Tasa de crecimiento por etapas para *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B). **28**

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Código escrito en el revés del ala de *H. erato lativitta* (A) y *H. erato lativitta* (B)

ANEXO B. Jaula de hembras adultas

ANEXO C. Envases de 150 ml con 10 huevos de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*

ANEXO D. Huevo vacío (eclosionado)

ANEXO E. Exuvia de *H. erato lativitta*

ANEXO F. Aparición de doble cabeza de *H. erato lativitta* previo al traspaso al siguiente instar larval

ANEXO G. Cabeza con coloración verde intensa posterior al desprendimiento de la exuvia

ANEXO H. Larva de *H. erato himera* muerta en presencia de diarrea

ANEXO I. Pupa de *H. erato lativitta* con emergencia incompleta

ANEXO J. Larva de *H. erato himera* con corte cutáneo en el mesotórax

ANEXO M. Larva de *H. erato lativitta* hiperpigmentada con setas posteriores atrofiadas

ANEXO N. Bitácora de monitoreo para ambas subespecies

ANEXO O. Autorización de recolección de especímenes de la diversidad biológica

ANEXO P. Tasa de supervivencia en función de la edad de *H. erato himera*

ANEXO Q. Tasa de supervivencia (S_{xj}) en función de la edad de *H. erato lativitta*

ANEXO R. Tasa de supervivencia específica por edad (l_x), fecundidad femenina (f_{xj}), fecundidad específica por edad (m_x), maternidad especifica por edades ($l_x m_x$) de *H. erato himera*

ANEXO O. Tasa de supervivencia específica por edad (l_x), fecundidad femenina (f_{xj}), fecundidad específica por edad (m_x), maternidad especifica por edades ($l_x m_x$) de *H. erato lativitta*

ANEXO P. Esperanza de vida de *H. erato himera* (e_{xj})

ANEXO Q. Esperanza de vida de *H. erato himera* (e_{xj})

ANEXO R. Valor reproductivo en función de la edad (v_{xj}) de *H. erato himera*

ANEXO S. Valor reproductivo en función de la edad (v_{xj}) de *H. erato lativitta*

ANEXO T. Gráfica de mortalidad de *H. erato himera*

ANEXO U. Gráfica de mortalidad de *H. erato lativitta*

ANEXO V. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de las hembras de *H. erato himera* (S_{xj})

ANEXO W. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de los machos de *H. erato himera* (S_{xj})

ANEXO X. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de hembra *de H. erato lativitta* (S_{xj})

ANEXO Y. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de machos de *H. erato lativitta* (S_{xj})

RESUMEN

La dinámica poblacional abarca desde la eclosión de los huevos hasta la vida adulta, donde se evalúa variables tales como la supervivencia, mortalidad, desarrollo larval, proporción hembras y machos y fecundidad. Se encontró que *H. erato himera* exhibe una mayor tasa de eclosión de huevos (88.76) y supervivencia larval, en comparación con *H. erato lativitta* (31.25%). Ambas subespecies presentaron una alta mortalidad larval, especialmente durante el tercer instar (L3) para *H. erato himera* y segundo instar (L1) para *H. erato lativitta*, debido posiblemente a la poliedrosis nuclear, enfermedad viral que afecta gravemente el desarrollo, manifestándose mediante síntomas como diarrea, hiperpigmentación y encogimiento, siendo esta un factor principal en el desarrollo de la dinámica poblacional y ciclo de vida. La proporción de sexos fue equilibrada (1:1), ambos sexos se vieron afectados por la enfermedad viral, reduciendo significativamente su vida adulta en comparación con estudios previos. Se observaron adaptaciones evolutivas distintas entre las subespecies, con *H. erato himera* mostrando características más alineadas con una estrategia reproductiva tipo K (calidad sobre cantidad) y *H. erato lativitta* con una estrategia tipo r (cantidad sobre calidad), influenciadas por la presión selectiva ambiental y la prevalencia de enfermedades. Los resultados del estudio resaltan la importancia de considerar factores biológicos como enfermedades y estrategias reproductivas al gestionar y conservar las poblaciones de mariposas. Los hallazgos proporcionan información para el manejo de enfermedades en programas de conservación, para entender cómo las estrategias evolutivas moldean la dinámica poblacional en respuesta a desafíos ambientales específicos.

Palabras claves: Bioindicadores, ecología, *H. erato himera*, *H. erato lativitta*, Lepidópteras.

ABSTRACT

Population dynamics span from egg hatching to adulthood, evaluating variables such as survival, mortality, larval development, sex ratio, and fecundity. It was found that *H. erato himera* exhibits higher egg hatching rates (88.76%) and larval survival compared to *H. erato lativitta* (31.25%). Both subspecies showed high larval mortality, particularly during the third instar (L3) for *H. erato himera* and the second instar (L1) for *H. erato lativitta,* due to nuclear polyhedrosis, a viral disease severely affecting larval and pupal development, characterized by symptoms such as diarrhea, hyperpigmentation, and shrinking. This disease is the major factor influencing population dynamics and life cycle development. The sex ratio was balanced (1:1), and both sexes were affected by the viral disease, significantly reducing their adult lifespan compared to previous studies. Distinct evolutionary adaptations were observed between the subspecies, with *H. erato himera* showing characteristics more aligned with a K-type reproductive strategy (quality over quantity), and *H. erato lativitta* with an r-type strategy (quantity over quality), influenced by environmental selective pressure and disease prevalence. The study s findings underscore the importance of considering biological factors such as diseases and reproductive strategies in managing and conserving butterfly populations. The results provide insights for disease management in conservation programs, illuminating how evolutionary strategies shape population dynamics in response to specific environmental challenges.

Keywords: Bioindicators, Ecology, *H. erato himera, H. erato lativitta*, Lepidoptera

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El manejo agronómico de los cultivos, desde una perspectiva agroecológica, debe enfocarse en el uso eficiente de los recursos naturales, como el suelo y el agua, pero también, debe enfocarse en buscar el equilibrio entre plagas y sus enemigos naturales (Collantes et al., 2023). Una de las principales características de los agrosistemas ecológicos, es su relación con la regulación de poblaciones de insectos considerados dañinos para los cultivos. Esta regulación se logra mediante el mejoramiento de las actividades biológicas de los agentes de control, permitiendo la inclusión o conservación de los antagonistas o enemigos naturales (Andersson & Dobson, 2003).

En búsqueda del equilibrio anteriormente mencionado, el estudio de la ecología de poblaciones posibilita comprender la interacción entre organismos, así como la interacción de los organismos con el medio ambiente. Dentro del estudio ecológico de poblaciones se consideran parámetros vitales, los cuales se pueden resumir en las tablas de vida (Hoy, 2019). Las tablas de vida son herramientas que permiten registrar el ciclo de vida de diferentes tipos de organismos de una población. El registro inicia desde el nacimiento del individuo en caso de ser vivíparos o colocación de huevos (oviposición) en caso de ser ovíparos, y generalmente estos estudios finalizan una vez los individuos mueran (Hernández, 2008). Entre los diferentes aspectos que se registran en tablas de vida para insectos se encuentran: el número de huevos ovipositados por las hembras, número de huevos eclosionados, cantidad de larvas en los diferentes instares hasta llegar a adultos, recordando que, un instar hace referencia a las diferentes etapas de desarrollo de insectos (Días et al., 2023), duración de cada instar larval, proporción entre machos y hembras, y, número de huevos ovipositados por las crías hembras (Ning et al., 2017).

A lo largo de los años, las tablas de vida se han utilizado en diferentes ejes en el estudio de población de organismos. Zhu et al., (2021), señalan que utilizar tablas de vida de *Drosophila suzukii* posibilita predecir la distribución de esta especie considerada plaga, permitiendo disminuir considerablemente el tamaño de la población, teniendo un efecto positivo en el control y disminución de plagas en los cultivos. Por otra parte, la elaboración de tablas de vida permite cualificar y cuantificar los procesos biológicos y de comportamiento de organismos desde inmaduros a adultos (Salman & Keskin, 2019), obtener dicha información da paso al entendimiento de la probabilidad de supervivencia de las especies en condiciones controladas y no controladas, mitigación de daños de insectos plagas en cultivos alterando su desarrollo, implementación de plan de manejo de polinizadores y conservación de especies, entre otras (Gharekhani & Salek-Ebrahimi, 2014).

La aplicación de tablas de vida en la agricultura es fundamental para el manejo de polinizadores, propagación de enemigos naturales, y el entendimiento de plagas y enfermedades (Jules et al., 2016); reconocer el ciclo de vida y parámetros de dinámica poblacional de insectos polinizadores ante el cambio climático, permitiría generar planes de manejo evitando la disminución de la población (Obeso & Herrera, 2018), a su vez, permite determinar el momento ideal para la cosecha o recolección de frutos, tomando en cuenta la tasa natural de muerte y la calidad del producto. Esta información es fundamental para comprender la dinámica poblacional, ya que permite predecir el crecimiento, declive o estabilidad de las poblaciones (Bermúdez-Tamayo et al., 2023).

Las investigaciones de insectos asociados a cultivos inician con la elaboración de tablas de vida, con el fin de conocer su comportamiento biológico, en relación a diferentes parámetros como la temperatura, humedades y planta huésped, los cuales están directamente relacionados al desarrollo y comportamiento de los insectos (Qin et al., 2018). El estudio de la dinámica poblacional mediante el empleo de tablas de vida permite evaluar el impacto de prácticas agrícolas, como el uso de pesticidas o la deforestación, en poblaciones de organismos no objetivo. Esto facilita la toma de decisiones informadas y sostenibles en la gestión agrícola (Rivas-Arancibia et al., 2015).

El análisis de parámetros poblacionales de insectos plagas como *Chloridea virescens* asociados a cultivos de producción como el tabaco negro y garbanzo, permite constatar la potencialidad del insecto para deteriorar el cultivo (Rodríguez-Espinosa et al., 2018), a su vez, este tipo de estudios permite identificar el desarrollo de poblaciones de insectos benéficos en relación a la fenología del cultivo (León-Burgos et al., 2019).

Dentro de los lepidópteros, el género *Heliconius* de la familia Nymphalidae, es catalogado como polinizador, en especial de flores de la familia Verbenaceae, debido a sus diversas coloraciones y olor floral, obteniendo como respuesta atracción inmediata durante su búsqueda de alimento (Andersson & Dobson, 2003); las Verbenaceae se caracterizan por sus propiedades antiinflamatorias, esta familia de plantas se utiliza ampliamente en medicina para tratar la malaria, el reumatismo, el asma y el tétanos. Estudios recientes han caracterizado enzimas inhibidoras de COX-2 extraídas de las hojas de estas plantas. El COX-2 es una enzima que promueve el crecimiento de células cancerosas (Vishwakarma et al., 2022).

En la amazonía y sierra ecuatoriana, así como en Colombia, se ha registrado la presencia de *Heliconius erato*; estas mariposas son un referente en investigaciones de comportamiento, evolución, adaptación y arquitectura genética (Van Belleghem et al., 2021). Las *Heliconius erato* son mariposas importantes desde el punto de vista agronómico, ya que juegan un papel clave en la polinización de diversas familias de plantas como Passifloraceae, Lantanaceae, Verbenaceae, Salvia y Petunias (Brown & Freitas, 2000). Estas mariposas son polinizadores generalistas, lo que significa que visitan una amplia variedad de plantas para alimentarse del néctar de sus flores, y durante ese proceso transfieren el polen de una planta a otra, favoreciendo la fertilización, producción de frutos y semillas (Drewniak et al., 2020).

Dentro de este taxón, se encuentra *Heliconius erato lativitta*, Butler 1877 y *Heliconius erato himera* Linnaeus 1758, de las cuales no se ha generado información específica de su ciclo de vida; por lo que, las investigaciones acerca de la biología poblacional de estas

subespecies son escasas. No obstante, especies dentro del mismo género y familia son consideradas importantes para la polinización de cultivos florales, generando relaciones mutualistas con su planta huésped (Corrêa et al., 2001), esto se debe a que las mariposas pasan gran parte de su vida en plantas (Mukherjee et al., 2018).

Se conoce que este género de lepidópteros tiene un óptimo desarrollo en plantas de *Passiflora*, mediante estudios realizados en Colombia se ha demostrado que la supervivencia larval es del 76,4% (Millán J et al., 2010). Por otra parte, se ha identificado que las lepidópteras son indicadores de biodiversidad en sistemas de producción orgánica, ya que, su presencia y actividad de polinización ayuda a mantener la diversidad de especies vegetales y animales en los diferentes ecosistemas (Goded et al., 2019). Por lo tanto, abordar este problema de conocimiento es crucial para avanzar hacia una agroecología más efectiva en la región amazónica. El estudio de estas subespecies, incluyendo la estimación de parámetros poblacionales mediante tablas de vida, proporcionará información valiosa para comprender su papel en los agroecosistemas y desarrollar estrategias de manejo más sostenibles.

1.2. Planteamiento del problema

La mayoría de los estudios sobre *Heliconius sp*. se han centrado en diversos aspectos, como la biología molecular (Melo et al., 2022), genética (Concha et al., 2019), distribución de colores (Aymone et al., 2013), feromonas (Vogt et al., 2015) y fisiología (Krenn & Penz, 1998). No obstante, a pesar de que el género *Heliconius* cuenta con más de 360 especies registradas desde 1758 (Wahlberg & Savela, 1822), todavía existen áreas menos exploradas, obteniendo vacíos de información para futuras investigaciones. Uno de los estudios relacionados con *H. erato lativitta*, se desarrolló en Colombia, con el fin de conocer la hibridación con la subespecie *H. erato dignus*; esto permitió evaluar la distribución de colores de los fenotipos obtenidos (Vargas & Salazar, 2007), A pesar de ello, el estudio de esta subespecie en Ecuador es limitado en cuanto a su dinámica poblacional, mortalidad, fecundidad y la presencia de enfermedades durante las diferentes etapas de desarrollo.

Conocer de forma más detallada el desarrollo de esta subespecie la cual únicamente en su estado larval se considera plaga, mientras que durante la adultez posibilita conocer su potencial como polinizador en su etapa adulta. En particular, no existen estudios de *H. erato lativitta* y *H. erato himera* relacionados a su desarrollo en condiciones de laboratorio, y que además incluyan la estimación de parámetros poblacionales mediante tablas de vida. De esta forma, el conocimiento generado a partir de este estudio permitirá contribuir con información pertinente de subespecies con potencial polinizador en los agroecosistemas amazónicos.

La escasez de datos específicos sobre el comportamiento poblacional de estas mariposas impide comprender a cabalidad su comportamiento y su reacción ante las alteraciones ambientales. Esta carencia dificulta la evaluación precisa de su estado poblacional, así como limita su uso como bioindicadores para el monitoreo ambiental y la toma de decisiones agroecológicas. Este vacío de conocimiento representa un obstáculo para la agroecología en la amazonia. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles requiere de indicadores confiables para evaluar su impacto en la biodiversidad y el equilibrio ecológico.

1.3. Justificación de la investigación

La obtención de alimentos y demás productos provenientes de cultivos dependientes de polinizadores se ha incrementado en los últimos años (Chaplin-Kramer et al., 2014); los lepidópteros son ampliamente conocidos por su capacidad polinizadora cuando se encuentran en etapa adulta, durante su etapa larval (oruga) se alimentan de material vegetal. Se conoce que durante los instares larvales de *Heliconius* su alimentación se basa en hojas jóvenes de la familia *Passifloraceae*; debido a su hábito alimenticio masticador ocasionan daños al cultivo, por lo que la planta tiene que redireccionar su energía hacia la defensa antes que hacia la producción de frutos o semillas (Ramírez & Rodríguez, 2012).

Las especies polinizadores generalistas como *Heliconius erato, Apis mellifera, Cactoblastis cactorum* y *Syrphidae*, son necesarias para la reproducción y producción de cultivos como maracuyá, taxo, granadilla, badea, uvilla, mora entre otros productos característicos de Ecuador (Muñoz-Ordoñez et al., 2023). En el año 2022 Ecuador presentó un incremento en la producción de maracuyá de 33 000 a 65 000 toneladas, a su vez, la exportación de maracuyá llegó a 2 192 toneladas con destino a Países Bajos, siendo los pequeños productores los principales beneficiados (Valarezo et al., 2009).

Una de las aptitudes que deben ser desarrolladas por todos los organismos vivos radica en su capacidad y facilidad de adaptación frente al drástico cambio climático, que influye en la actividad de la vida en el planeta. Recordando que, los insectos plaga han presentado un patrón favorable ante este fenómeno, demostrando tener potencial para invadir nichos ocupados por otras especies menos dañinas, y que, por el contrario, varios insectos benéficos se ven desplazados de su hábitat (Brown & Freitas, 2000).

Al existir información limitada de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*, en relación a su dinámica poblacional no se conocen cuáles son los puntos críticos de su desarrollo y ciclo de vida de estas dos subespecies de *Heliconius*. En el contexto de la agroecología, estas mariposas desempeñan un papel importante, impulsando la producción de alimentos y actuando como guardianes de la biodiversidad, su presencia en los agroecosistemas no solo garantiza la polinización y, por ende, la producción de alimentos, sino que también contribuye a la preservación de la biodiversidad, un elemento esencial para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, generando que su preservación y protección sea importante para el funcionamiento de los ecosistemas (Ehrlich & Raven, 1964).

Es así que, los resultados del presente estudio facilitarán la comprensión de la biología de estos insectos, criados en *Passiflora punctata*. Además, este estudio permitirá identificar puntos clave a lo largo del desarrollo de los individuos, así como la existencia o no de malformaciones por cada instar, durante la pupación o durante la etapa adulta, la fertilidad de las hembras en relación a la cantidad de huevos ovipositados, proporción de machos y hembras considerado que durante el estudio se ofreció ambientes

propicios para su desarrollo.

En el contexto del cambio climático, este estudio de línea base es fundamental, al comprender el comportamiento de estas dos subespecies en condiciones estables, se establece un punto de referencia para futuras investigaciones sobre el impacto del cambio climático en sus poblaciones. Este estudio permitirá evaluar el efecto de variables como el aumento de temperatura, la sequía o la alteración de hábitats en estas mariposas por cada etapa de desarrollo, información crucial para su conservación y manejo en un mundo que se encuentra en constante cambio, a su vez, este tipo de estudios posibilita aplicar planes de manejo con cultivos asociados, genera metodologías que facilitan la crianza y reproducción de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*, permitiendo mantener e incluso incrementar la población de polinizadores.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1 General

Analizar la dinámica poblacional de *H. erato lativitta* Butler, 1877 y *H. erato himera* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Nymphalidae) criada en *Passiflora punctata*, bajo condiciones de laboratorio.

1.4.2 Específicos

Determinar el porcentaje de eclosión y duración de cada instar hasta adultos de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*, bajo condiciones de laboratorio.

Identificar la tasa de supervivencia, mortalidad, proporción de hembras y machos de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*, bajo condiciones de laboratorio.

Cuantificar las larvas que llegaron a adultos y número de huevos ovipositados a partir de las hembras juveniles resultantes de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*.

2. CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Localización del estudio

El presente estudio se desarrolló en el laboratorio "Insectario Científico" dentro del campus de la Universidad Regional Amazónica Ikiam (URAI), y en el insectario de URAI, ubicada en la provincia de Napo – km 8 vía a Muyuna. Estas instalaciones están equipadas con un data logger que opera las 24 horas del día, utilizado para monitorear tanto la temperatura como la humedad relativa.

2.2. Condiciones ambientales de crianza

El laboratorio cuenta con aire acondicionado configurado a 24 °C ± 2 °C, 50 % de humedad relativa, periodos de 12 horas de luz artificial (blanca) combinada con luz de día, mientras que el insectario cuenta con dos data logger habilitados las 24 horas del día, 12 jaulas de sarán con 50 % de porcentaje de sombra (dimensiones 2 x 2 x 1m), equipo de pinzas entomológicas Fisher, jaulas transportadoras (pop up cague) y techo traslucido. Los huevos con los que se inició el estudio fueron proporcionados por el proyecto alemán desarrollado en Ecuador como estudio de post doctorado "The genetic and neural basis of reproductive isolation" con código DBM-014-2021.

2.3. Protocolo de medidas de bioseguridad

El estudio se realizó en dos fases: la primera se efectuó exclusivamente en laboratorio, en donde se tomaron medidas de bioseguridad con el fin de evitar contaminación cruzada entre larvas, como: el uso de guantes durante los monitoreos y manipulaciones de individuos, la desinfección de mesas y áreas de trabajo se realizó con solución de cloro comercial disuelto en agua en concentración 70:30 (cloro: agua); Se colocó en un atomizador de 500 ml, esta misma solución se utilizó en todos los instrumentos antes y después de abrir los envases en los que se encontraban las larvas individualizadas, esto

se realizaba durante todos los monitoreos entre cada individuo. Los envases plásticos transparentes que contenían las larvas fueron limpiados con papel industrial, proporcionando ambientes limpios.

La segunda fase se desarrolló en el insectario, se determinaron la fertilidad y fecundidad de los adultos a partir de hembras adultas (mariposas), para ello se desinfectó las jaulas con una disolución de cloro en agua (70:30), y se esperó 12 horas previo a la introducción de alguna mariposa, se colocó en cada jaula un comedero con polen disuelto en agua previamente hervida (40:60 g/ml), el cual se renovó cada 24 horas. Se monitorearon las hembras cada 24 horas mediante dos observaciones diarias, realizadas a las 08:00 a.m. y a las 06:00 p.m. En ambas observaciones, se limpiaron las jaulas para eliminar posibles depredadores, principalmente arañas. Para determinar si las hembras habían sido fertilizadas, se consideraron la presencia de un olor floral característico y la presencia de masas circulares en el abdomen.

2.4. Determinación del porcentaje de eclosión y duración de cada instar inmaduro de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*

Variables evaluadas:

- Porcentaje de eclosión y duración de cada instar larval y pupa

Procedimiento:

El estudio inició con la recolección de huevos ovipositados por *H. erato lativitta* y *H. erato himera* mediante la colocación previa de plantas de *P. punctata* en jaulas de hembras durante 24 horas, se recortaron las hojas que poseían huevos, y se colocó en envases de plástico de 150 ml de capacidad con tapa (máximo de 10 huevos por envase) (ANEXO C) etiquetados con código único según la subespecie (**H** para *H. erato himera* y **L** para *H. erato lativitta*); se registró la fecha de postura y se realizó un monitoreo de los huevos cada 24 horas. Se consideró que un huevo había eclosionado si aparecía vacío o si estaba acompañado de larvas (ANEXO D).

Se realizó seguimiento diario de las larvas mediante bitácoras, se registró el código de cada larva eclosionada, estado de larval (opciones: viva, muerta), instar larval (opciones: 1, 2, 3, 4 y 5), presencia de adulto (mariposa), fecha de registro, sexo y observaciones tales como presencia de malformaciones, excretas anormales o flujo presente. Para la identificación y monitoreo del cambio de instar de las larvas se consideraron tres aspectos: presencia de exuvia en los contenedores de plástico, aparición de doble cabeza y coloración verde intenso de la cabeza (ANEXO E, F y G)(Castro et al., 2019).

Las larvas que sobrevivieron hasta el cuarto instar se colocaron en envases plásticos transparentes de 1 L de capacidad con tapa y se etiquetaron. Durante todo su desarrollo, las larvas fueron alimentadas con hojas de *Passiflora punctata*, renovadas cada 24 horas, considerando que mientras más inmadura es la larva, más joven es la hoja con la que se alimentó. Se dio seguimiento hasta su emergencia como adultos.

2.5. Identificación de la tasa de supervivencia, mortalidad y proporción de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*

Variables evaluadas:

- Tasa de supervivencia, tasa de mortalidad, proporción de hembras y machos

Procedimiento:

Se monitoreó el progreso del desarrollo de los individuos cada 24 horas registrando sus cambios, supervivencia; en caso de existir muerte, se evitó abrir el envase, se lo recubrió con papel atomizado con cloro previo a su descarte en el contenedor de desechos biológicos. Una vez llegados adultos se sexaron, siguiendo la metodología propuesta por Monteiro & Pereira, (2019), se registró el día de emergencia, observaciones, sexo, número de jaula y código los cuales son únicos dependiendo de la subespecie y orden de nacimiento (**H** para himera y **L** para lativitta), este código fue escrito con marcador permanente punta fina negro en el reverso de ambas alas (ANEXO A), una vez eclosionados los adultos, se aplicaron las medidas de bioseguridad detalladas en el apartado 2.3, se esperó un máximo de 3 horas para trasladar los adultos a las jaulas.

Los adultos marcados se colocaron en jaulas (pop up Cage) y se trasladaron al insectario de URAI, se individualizaron en jaulas las cuales previo a la llegada de la mariposa se aplicaron las medidas de bioseguridad. Durante la estancia de los adultos en las jaulas, se establecieron condiciones óptimas de crianza incluyendo la colocación de plantas de *Passiflora punctata* y plantas del género *Lantana* (ANEXO B)

2.6. Cuantificación del desarrollo de la población de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*

Variables Evaluadas:

- Cuantificación de larvas que llegan a adultos y número de huevos ovipositados

Una vez que las larvas llegaron a adultos (mariposas), se obtuvo el total de larvas que llegaron a adultos; identificando la cantidad de larvas que completaron su desarrollo hasta la adultez.

Por otra parte, los juveniles que copularon fueron separados en otra jaula, en donde se monitoreó a las hembras cada 24 horas, se recolectaron los huevos ovipositados por día y se contabilizaron los huevos con la ayuda de un estereomicroscopio y pinzas punta pala 16-100-116. La fertilidad se determinó por el número de huevos ovipositados por día.

2.7. Análisis estadístico

El diseño experimental aplicado fue “Diseño comparativo simple”, comparando dos grupos (Subespecies de *Heliconius*) bajo las mismas condiciones y entornos. Se realizaron comparaciones estadísticas para determinar las diferencias significativas entre las dos subespecies en cada parámetro evaluado. Este diseño fue efectivo para identificar diferencias intrínsecas entre los grupos bajo condiciones controladas.

Los datos brutos del historial de vida de cada individuo tanto para el desarrollo, la supervivencia, la longevidad y la reproducción de *H. erato* se analizaron basándose en

la teoría de la tabla de vida bisexual por etapa de edad (Chi & Liu, 1985) y utilizando el software informático TWOSEX-MSChart Chi et al., (2022) Chi, (1988), para calcular la tasa de supervivencia específica por edad y etapa , donde (x = edad y j = etapa), tasa de supervivencia específica por edad (lx), fecundidad específica por edad (m_x), fecundidad específica por edad y etapa (f_{xj}) y parámetros de la tabla de vida entre ellos (λ, tasa finita de aumento, R_0, tasa reproductiva neta; r, tasa intrínseca de aumento; T, tiempo medio de generación).

Chi, (1988) definió la tasa de supervivencia específica de edad-etapa (s_{xj}) como la probabilidad de que un huevo recién puesto sobreviva hasta la edad x y la etapa j; mientras que la tasa de supervivencia específica por edad (l_x) hace referencia a la probabilidad que el huevo puesto sobrevivirá hasta la edad x. La fecundidad por edad (m_x) es la fecundidad media de *H. erato* a la edad x, para esto se siguió los conceptos de ecología básica de la población propuestos por Chi et al., (2022), Higginson et al., (2010) y Chi, (2023), en el cual considera las siguientes ecuaciones para el cálculo de diversos parámetros:

2.7.1. Tasa de supervivencia (l_x)

Es la probabilidad de que un individuo sobreviva hasta una edad específica x, considerando todas las etapas de desarrollo por las que pasa. Esta tasa proporciona una visión global de la supervivencia a través de todas las fases de vida del organismo hasta la edad x (Tuan et al., 2014)

$$l_x = \sum_{j=1}^{\beta} S_{xj}$$

l_x: Tasa de supervivencia específica por edad

β: Número de etapas

S_{xj}: Tasa de supervivencia por etapa (j) y edad (x)

2.7.2. Fecundidad por día (m_x)

Este cálculo nos proporciona el número promedio de crías producidas por un individuo que ha sobrevivido hasta la edad x, considerando todas las etapas de desarrollo (Chi & Su, 2006).

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^{\beta} S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^{\beta} S_{xj}}$$

m_x: Fecundidad específica por edad

β: Número de etapas

j: instar

S_{xj}: Tasa de supervivencia por etapa y edad

f_{xj}: Fecundidad específica por edad y etapa

2.7.3. Tasa neta de reproducción (R_0)

Este valor nos proporciona una medida del potencial reproductivo total de un individuo durante su vida, considerando tanto la probabilidad de supervivencia como la fecundidad en cada etapa de su ciclo de vida (Goodman, 1982). Este parámetro fue calculado usando la fórmula de Euler-Lotka empleando la edad indexada desde 0 (Pigolotti, 2021) de la siguiente manera

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

R_0: Tasa neta de reproducción

x: Edad

$l_x m_x$: Maternidad específica por edad

2.7.4. Tasa intrínseca de aumento (r)

Permite estimar la tasa de crecimiento natural de una población bajo condiciones ideales, donde no hay limitaciones externas que afecten la supervivencia o la reproducción de los individuos.

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)}\, l_x m_x = 1$$

x: Edad

r: Tasa intrínseca de aumento

$l_x m_x$: Maternidad específica por edad

2.7.5. Tiempo medio de generación (*T*)

Proporciona una medida del tiempo promedio necesario para que la población crezca o disminuya. Cuanto mayor sea el tiempo medio de generación, más lenta será la respuesta de la población a cambios en las condiciones ambientales (Tuan et al., 2014).

$$T = \frac{lnR_0}{r}$$

T: Tiempo medio de generación

ln: Logaritmo natural

$R0$: Tasa neta de reproducción

r: Tasa intrínseca de aumento

2.7.6. Esperanza de vida (e_{xj})

Indica la expectativa de vida promedio para un individuo que ha alcanzado una edad y etapa especifica, asumiendo condiciones ideales de supervivencia. Esta medida es útil

para comprender cómo varía la longevidad de los individuos en diferentes etapas y edades dentro de una población (Chi et al., 2020; Chi & Su, 2006).

$$e_{xj} = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=j}^{\beta} s'_{iy}$$

e_{xj}: Esperanza de vida

j: instar

x: edad

s'_{iy}: Probabilidad de supervivencia por edad e instar

2.7.7. Valor reproductivo Vxj

Cuantifica cuánto contribuye un individuo de una edad específica y etapa de desarrollo al éxito reproductivo y al crecimiento de la población. Este valor es fundamental para comprender la importancia relativa de los individuos en diferentes etapas de desarrollo para la dinámica poblacional (Tuan et al., 2014).

$$Vxj = \frac{e^{r(x+1)}}{Sxj} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} \sum_{y=j}^{\beta} s'_{iy} f_{iy}$$

Vxj: Valor reproductivo

r: Tasa intrínseca de aumento

Sxj: Tasa de supervivencia por etapa y edad

x: edad

j: instar

β: Número de etapas

s'_{iy}: Probabilidad de supervivencia por edad e instar

f_{iy}: fecundidad por edad e insta

$\boldsymbol{e}^{\square}$: Número de Euler (2.7182)

$\boldsymbol{s}_{\square}$: Supervivencia en una edad especifica

2.7.8. Proyección del crecimiento poblacional $\boldsymbol{R_0}$

La proyección de la población de *H. erato himera* y *H erato lativitta* fue realizada integrando los datos de la tabla de vida de estas especies en el programa TIMING-MSChart, la simulación de esta proyección fue estructurada asumiendo un crecimiento ilimitado teniendo como partida una población inicial de 96 huevos para *H. erato lativitta* y 176 huevos para *H. erato himera* en un período de 100 días. Para ello se realizó una réplica de 100 000 veces (Bootstrap test) con el fin de normalizar los datos (Tuan et al., 2014).

$$R_0 = \frac{N_f}{N} F$$

R_0: Tasa neta de reproducción

N_f: Número de hembras emergidas

N: Número de individuos totales desde el inicio

F: Fecundidad media de las hembras

Estas métricas se calcularon utilizando los datos obtenidos a lo largo del estudio, proporcionando una visión integral de la dinámica poblacional de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*.

3. CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Porcentaje de eclosión de huevos de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*

Este ensayo tuvo una población inicial de 96 huevos de *H. erato lativitta* y 196 huevos de *H. erato himera*; la Tabla 1 indica que el porcentaje de eclosión varía de una subespecie a otra. *H. erato himera* presentó una eclosión de 176 de 196 huevos teniendo un porcentaje de 88.78 %, mientras que *H. erato lativitta* tuvo una eclosión de 33 de 96 huevos obteniendo un porcentaje de 31.25 %.

Tabla 1. Porcentaje acumulado de eclosión de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*

	H. erato himera	***H. erato lativitta***
Población inicial (huevos)	196	96
Huevos eclosionados (n)	176	33
Porcentaje de eclosión (%)	88.76	31.25

n: individuo

3.2. Tabla de vida de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* (duración de cada instar)

La duración de cada instar se obtuvo a partir de observaciones registradas cada 24 horas, determinando la cantidad de días que duran en cada etapa desde huevo hasta adulto para ambas subespecies. En la Tabla 2, se muestra que el tiempo de desarrollo en días, la etapa de huevo para *H. erato himera* tuvo una duración de 4.05 ± 0.08 días, mientras que *H. erato lativitta* presentó una duración de 3.64 ± 0.21, la diferencia observada en la duración de esta etapa para las dos subespecies no es significativa (p value= 0.086). En lo que respecta al desarrollo larval, se tuvo que para *H. erato himera* el instar larval 1 (L1) tuvo una duración de 4.36 ± 0.15 días; 3.13 ± 0.07 días para el instar larval 2 (L2); 3.05 ± 0.09 para L3; mientras que el instar larval 4 (L4) y 5 (L5) presentaron una duración de 2.8 ± 0.11 y 3.67 ± 0.21 días, respectivamente. En esta fase de desarrollo larval se pudo observar una disminución progresiva de 155 larvas en L1 a 24 larvas en la etapa L5 (Tabla 2).

Por su parte, *H. erato lativitta* presentó una duración de 3.73 ± 0.18 días para L1, 3.38 ±

0.52 días en el estado L2, 3.07 ± 0.2 días para L3, en el estado L4 permaneció 3.83 ± 0.4 días, finalmente el estado L5 tuvo una duración de 4.0 ±1.0 días. Similar al caso anterior, se evidenció una reducción de la población larval de 33 a 2 individuos (Tabla 2). La duración de cada una de las etapas para cada subespecie presentó diferencias significativas para el estado L1 y L4; teniendo una duración más larga la subespecie himera en el primer instar larval, mientras que la subespecie lativitta lo tuvo en el su estado larval 4 (Tabla 2).

La etapa de pupa tuvo una duración de 10.5 ± 0.36 días para *H. erato himera* y de 7.0 ± 4.0 para *H. erato lativitta*, esta duración fue diferente significativamente, siendo *H. erato himera* la subespecie que presentó el mayor número de días. Es importante recalcar que, de las 24 larvas en estado L5 de *H. erato himera* solamente 18 llegaron a la etapa de pupa, y de ellas todas emergieron como adultos; teniendo el mismo caso para *H. erato lativitta* en dónde de las 3 larvas en estado L5 solamente 2 continuaron al estado de pupa, teniendo una emergencia de adultos de las mismas. Teniendo así que la supervivencia para estas dos subespecies durante su fase de desarrollo pre adulto tiene una tasa de 9.18% para *H. erato himera* y del 2.08% para *H. erato lativitta*, no presentando diferencias significativas entre ellas.

3.3. Tasa de supervivencia, mortalidad, proporción de hembras y machos de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*

Se registró que la longevidad adulta de las hembras de *H. erato himera* fue de 13.22 ± 0.8 días (n=9), mientras que la única hembra de *H. erato lativitta* vivió 18.0 ± 0 días, mostrando una diferencia significativa en este parámetro entre estas dos subespecies. En cuanto a los machos, la longevidad adulta de *H. erato himera* fue de 12.11 ± 1.07 días (n=9), y de *H. erato lativitta* fue de 12.0 ± 0 días (n=1), sin mostrar diferencia significativa. El APOP (Periodo de pre-oviposición adulta) para *H. erato himera* fue de 5.2 ± 2.58 días (n=9), y para *H. erato lativitta* fue de 1.0 ± 0 días (n=1). El TPOP (Periodo total de pre-oviposición) para *H. erato himera* fue de 35 ± 3.21 días y para *H. erato lativitta* fue de 33 ± 0 días. Finalmente, los días de oviposición (Od) fueron significativamente diferentes,

para *H. erato himera* fueron de 4.2 ± 1.16 días, mientras que para *H. erato lativitta* fueron de 13 ± 0 días (Tabla 2).

Tabla 2. Tiempo de desarrollo (días) de las diferentes etapas de desarrollo, media, desviación estándar (media ± desviación estándar), número de individuos (n), tasa de supervivencia, longevidad adulta y total de *H. erato himera*, *H. erato lativitta*

	H. erato himera		***H. erato lativitta***		
Estadísticas	**n**	**Mean ± SE**	**n**	**Mean ± SE**	**p-value**
Tiempo de desarrollo (d)					
Huevo	176	4.05 ± 0.08 a	33	3.64 ± 0.21 a	0.086
L1	155	4.36 ± 0.15 a	22	3.73 ± 0.18 b	0.02
L2	138	3.13 ± 0.07 a	16	3.38 ± 0.52 a	0.776
L3	94	3.05 ± 0.09 a	14	3.07 ± 0.2 a	0.908
L4	55	2.8 ± 0.11 b	6	3.83 ± 0.4 a	<0.05
L5	24	3.67 ± 0.21 a	3	4.0 ±1.0 a	0.382
Pupa	18	10.5 ± 0.36 a	2	7.0 ± 4.0 b	<0.05
Tasa de supervivencia pre-adulta (Sa;%)		9.18 a		2.08 a	0.06
Longevidad adulta (d)					
Hembra adulta	9	13.22± 0.8 b	1	18.0±0.00 a	<0.05
Macho adulto	9	12.11±1.07 a	1	12.0±0.00 a	0.976
Longevidad total		17.17 ±1.01 a		6.12±0.85 b	<0.05
APOP	9	5.2 ± 2.58 a	1	1.0 ± 0.00 a	0.474
TPOP	9	35 ± 3.21 a	1	33 ± 0.00 a	0.7
Días de oviposicion (Od; d)	9	4.2 ± 1.16 b	1	13 ± 0.000 a	<0.05

El Error Estándar fue estimado usando la técnica de bootstrap con 100 000 repeticiones por muestra. Las diferencias entre las dos subspecies fue comparado usando la comparación de medias del bootstrap test (opción 1 por 1 (TWOSEX-MSChart)) (Chi, 2021)) *Diferencias significativas (P<0.05). L1 a L5: etapas larvales. Sa: Tasa de supervivencia. APOP: Periodo de pre oviposición adulta. TPOP: Periodo total de preoviposición. d: días.

En la figura 1 se representan las curvas de la tasa de supervivencia S_{xj} por instar de desarrollo tanto para *H. erato himera* como para *H. erato lativitta*, estas curvas mostraron superposiciones debido a la diferencia en la tasa de desarrollo entre cada individuo. En la figura se observa que las hembras emergidas presentan una mayor longevidad en comparación de los machos, para ambas subespecies.

3.4. Cuantificación de las larvas que llegaron a adultos, número de huevos ovipositados a partir de las hembras juveniles resultantes de *H. erato lativitta* y *H. erato himera.*

En la etapa adulta, fecundidad (F) media de *H. erato himera* fue de 2.89 ± 1.78 (huevos/hembra), mientras que la de *H. erato lativitta* fue significativamente mayor, con 31 ± 0.00 (huevos/hembra) (Tabla 3)

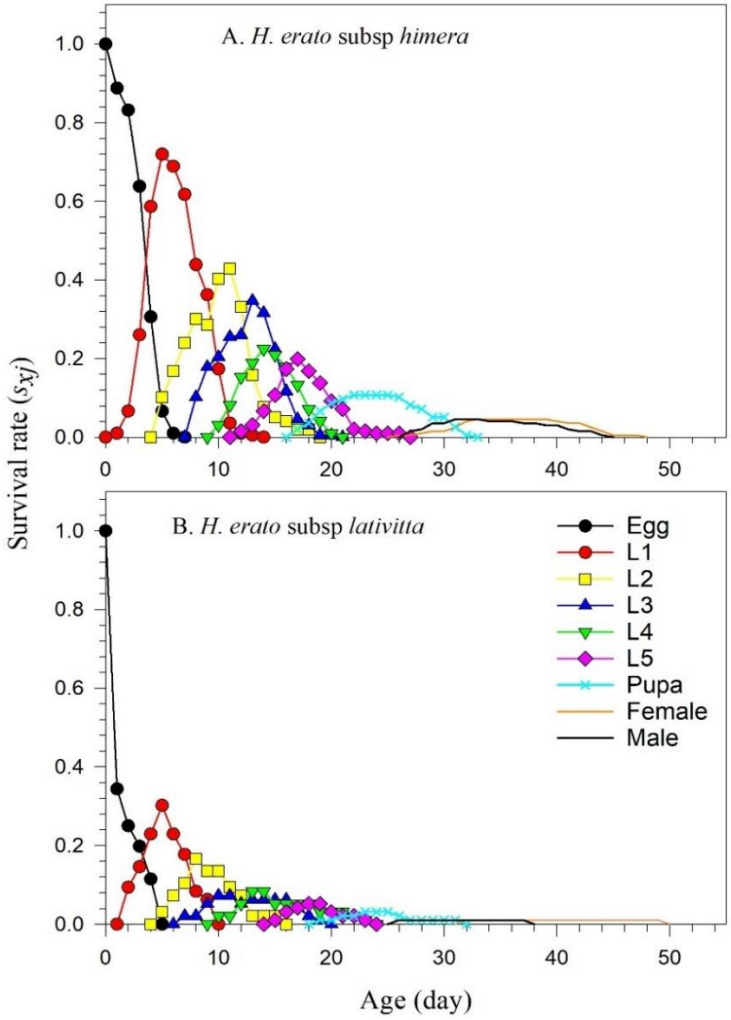


Figura 1. Tasa de supervivencia en función de la edad y etapa de desarrollo de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B). Egg: Huevo. Female: Hembra. Male: macho

Tasa neta de reproducción (R_0) de *H. erato himera* fue de 0.133 ± 0.09 descendientes/individuo, en comparación con 0.323 ± 0.259 descendientes/individuo de *H. erato lativitta*; sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. La λ (tasa finita de aumento) mostró una tendencia similar, siendo de 0.948 d-1 para *H. erato himera* y de 0.975 d-1 para *H. erato lativitta*. El valor de tasa intrínseca de aumento (r) fue de -0.053 d-1 para *H. erato himera* y de -0.025 d-1 para *H. erato lativitta*. El GRR o tasa bruta de reproducción fue de 2.84±1.17 descendientes/individuo para *H. erato himera*, significativamente menor que los 29.5 ± 0.435 descendientes/individuo de *H. erato lativitta*. El tiempo generacional medio (T) de *H. erato himera* fue inferior con

38.09 ± 2.71 días, comparado con los 44.25 ± 0.1 días que presentó *H. erato lativitta*, sin mostrar diferencia significativa (p = 0.07).

Tabla 3. Parámetros poblacionales de *H. erato himera y H. erato lativitta*

Estadística	***H. erato himera***	***H. erato lativitta***	**p-value**
	Mean ± SE	**Mean ± SE**	
Fecundidad (F)	2.89 ± 1.78 b	31 ± 0.00 a	<0.05
R_0 (descendencia/individuo)	0.133 ± 0.09 a	0.323 ± 0.259 a	0.141
ʎ (d^{-1})	0.948 ± 0.02 a	0.975 ± 0.01 a	0.07
R (d^{-1})	-0.053 ± 0.02 a	-0.025 ± 0.01 a	0.08
GRR (decendencia/individuo)	2.84 ± 1.17 b	29.5 ± 0.435 a	<0.05
T (d)	38.09 ± 2.71 a	44.25 ± 0.1 a	0.07

El Error Estándar fue estimado usando la técnica de bootstrap con 100 000 repeticiones por muestra. Las diferencias entre las dos subespecies fueron comparadas usando la comparación de medias del bootstrap test (opción 1 por 1 (TWOSEX-MSChart) (Chi, 2021))*Diferencias significativas (P<0.05). R_0: tasa reproductiva neta. ʎ: tasa finita de aumento. R: tasa intrínseca de aumento. GRR: tasa bruta de reproducción. T: tiempo generacional medio.

La figura 2 representa las curvas de la tasa de supervivencia (l_x), fecundidad específica por edad m_x y $l_x m_x$ (maternidad específica por edad) para *H. erato himera* y *H. erato lativitta* ; en las que se puede observar que en la figura 2 A, la tasa de supervivencia (l_x) de ambas especies tiende a disminuir conforme pasan los días; los valores de l_x para *H. erato himera* mostraron un descenso durante los días 4 al 22; durante el día 23 al 48 la tasa de supervivencia se mantuvo y cae totalmente hasta el día 50, teniendo una tendencia decreciente gradual (Figura 2A). En este mismo parámetro para *H. erato lativitta* sufrió un descenso drástico a lo largo de toda su vida. Mientras que la fecundidad inicia a la edad de 33 días, a partir de la edad de 38 días, hay un aumento marcado en la fecundidad debido a que la única hembra de *H. erato lativitta* ovipositó un total de 33 huevos (Figura 2B). Consecuentemente, el valor de $l_x m_x$ fue mayor en *H. erato lativitta*.

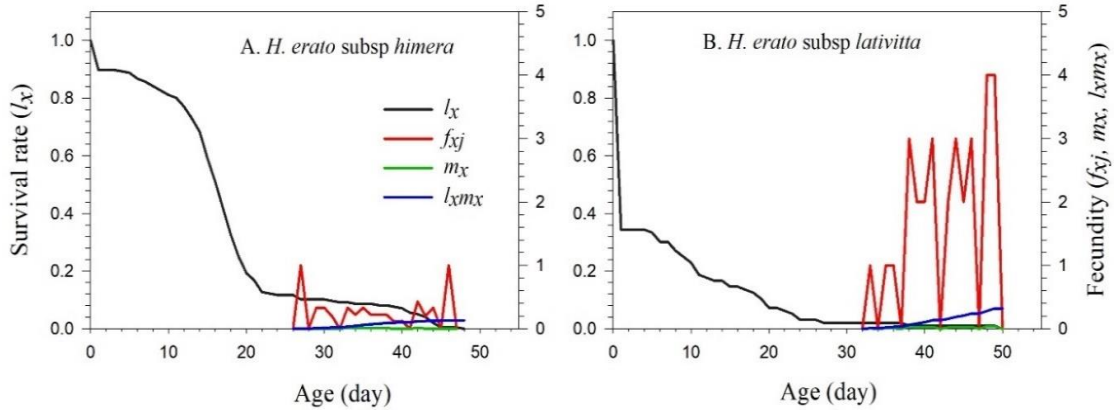


Figura 2. Tasa de supervivencia (l_x), fecundidad (f_{xj}), fecundidad específica por edad (m_x), supervivencia y fecundidad acumulada (l_xm_x) de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B)

En todo el proceso de desarrollo de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* se aprecia que en cada fase existe una pérdida de individuos importante, siendo las etapas L3. L4 y L5 en donde se aprecia una mayor tasa de mortalidad para el caso de *H. erato himera*, siendo la etapa L5 la más crítica para esta subespecie (Anexo T). Mientras que para *H. erato lativitta* la mortalidad fue alta en la etapa de huevos y L4, lo que sugiere que esta última fase es particularmente vulnerable para esta subespecie (Anexo U).

En la tabla 4, se observa que ambas subespecies muestran una proporción equilibrada en el número de adultos. En *H. erato himera*, se registraron 9 hembras y 9 machos. De manera similar, en *H. erato lativitta*, se observó una proporción idéntica con 1 hembra y 1 macho. Esta similitud en la proporción de sexos sugiere una estrategia reproductiva balanceada en ambas subespecies de mariposas *Heliconius erato*, donde el número de hembras y machos alcanza un equilibrio proporcional en su desarrollo hasta la fase adulta.

Tabla 4. Número de hembras y machos desarrollados hasta la fase adulta, proporción hembras y machos de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*

Sexo	***H. erato himera*** **(n)**	**Proporción (%)**	***H. erato lativitta*** **(n)**	**Proporción (%)**
Hembra	9	50	1	50
Macho	9	50	1	50
Total	18	100	2	100

n: individuo

3.5. Esperanza de vida

La figura 3 muestra la expectativa de vida en todas las etapas del desarrollo de *H. erato lativitta* y *H. erato himera*, la cual hace referencia al período que se espera que viva un individuo (n) de edad x y estadio j. En la figura 3 A, se observa que para *H. erato himera* la esperanza de vida en la etapa de huevo es de 7 días, representando el tiempo promedio que un individuo pasa en esta etapa antes de eclosionar. A partir del primer día, los huevos pueden progresar hacia la siguiente etapa, L1, la cual tiene una expectativa de vida de 14 días. Posteriormente, luego de 4 días en L1, las larvas pueden avanzar a L2, donde se espera que pasen 10 días.

Después de 3 días en L2, las larvas pueden desarrollarse a L3, con una expectativa de vida de 10 días. Luego de 2 días en L3, las larvas pasan a larva L4, donde se espera que vivan otros 10 días. Después de otros 2 días en L4, las larvas pueden progresar a L5, con una expectativa de vida de 14 días. Al pasar 5 días las larvas pueden transformase en pupas, se con una expectativa de vida de 15 días. Finalmente, las pupas llegan a ser adultos en promedio de 21 días y machos en promedio de 17 días a partir del inicio de la etapa de pupa.

La expectativa de vida de *H. erato lativitta*, durante la etapa de huevo, se espera que los individuos pasen aproximadamente 5 días (Figura 3B); desde el primer día, ya es posible que los huevos progresen a la siguiente etapa, L1, que tiene una duración estimada de 12 días. Posteriormente, el desarrollo continúa con L2, donde se esperan 10 días antes de pasar a L3. La transición a L4 puede ocurrir después del 2 día en L3, permaneciendo aproximadamente 10 días antes de avanzar a L5.

Después de pasar 5 días como L5, el individuo entra en la etapa de pupa, la cual dura alrededor de 6 días antes de convertirse en adulto. El desarrollo de la hembra adulta toma 9 días desde la etapa de pupa, mientras que para el macho adulto son 6 días. Se aprecia que *H. erato lativitta* presenta una longevidad menor en cada una de sus fases; así también las hembras adultas emergen después de los machos. A pesar de este

comportamiento esta subespecie completa sus etapas de desarrollo en más días que *H. erato himera* (Figura 3).

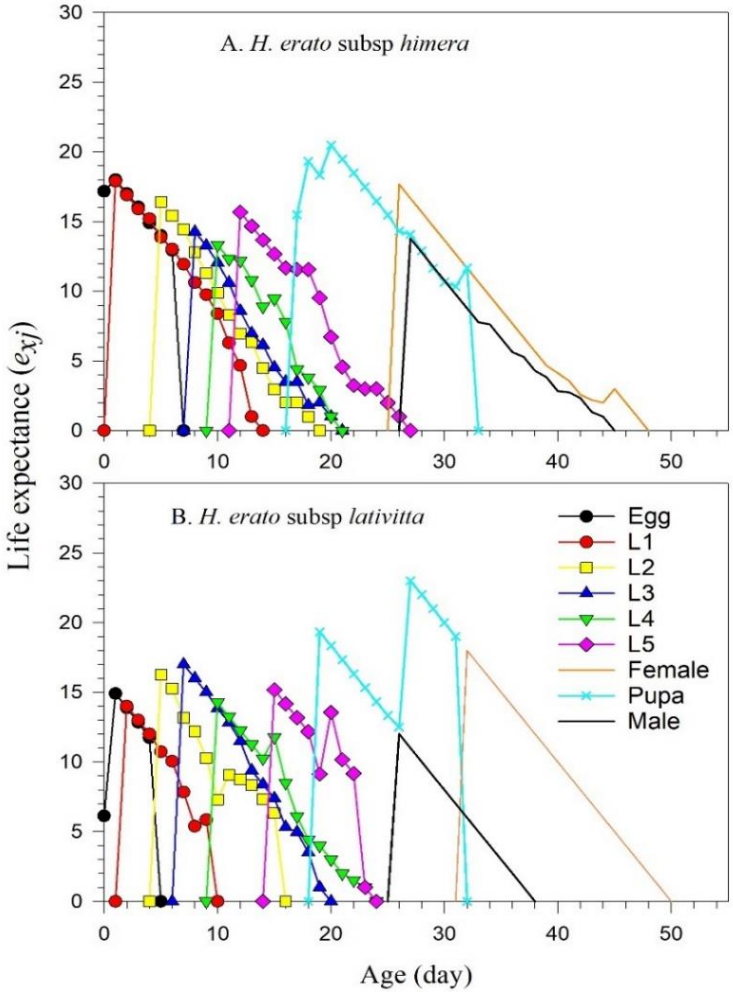


Figura 3. Expectativa de vida (e_{xj}) en función de la edad (días) por etapa de desarrollo de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B). Egg: huevo. Female: hembra. Male: macho

3.6. Valor Reproductivo

El valor reproductivo (v_{xj}) muestra la futura población a partir de la contribución de las crías de *H. erato himera* y *H. erato lativitta* de edad x y etapa j; las curvas de v_{xj} se representan en la Figura 4; este valor va en aumento a medida que avanza las etapas de desarrollo de los individuos. Para el caso de *H. erato himera* los valores más altos fueron

registrados en los días 26 (6.79 d^{-1}) y 27 (6.4 d^{-1}) coincidiendo con la emergencia de las hembras. Por el contrario, *H. erato lativitta* en su fase de pupa, en los días 27 (46.96 d^{-1}) y 28 (45.77 d^{-1}), teniendo un desfase con respecto a *H. erato himera* en un día. Por la diferencia en la cantidad de huevos ovipositados por las hembras de estas dos subespecies, se observa que el valor de *H. erato lativitta* supera en 7 veces al valor presentado por *H. erato himera*.

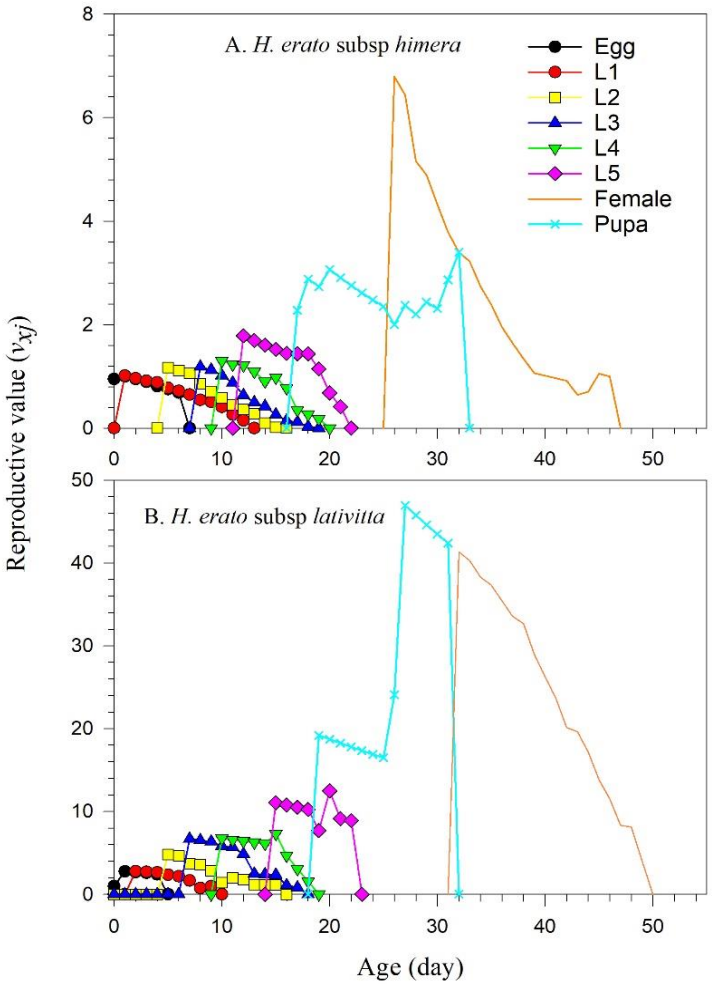


Figura 4. Valor reproductivo en función de la edad y etapa de desarrollo de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*. Egg: huevo. Female: hembra.

3.7. Proyección poblacional.

La figura 5 muestra la proyección de la población para dos generaciones, teniendo como base las tablas de vida de cada subespecie. En ambos casos se aprecia que bajo las condiciones de crianza empleada en este estudio la población se reduce drásticamente de una generación a otra, manteniendo un mismo patrón de crecimiento de la población por generación (Figura 6).

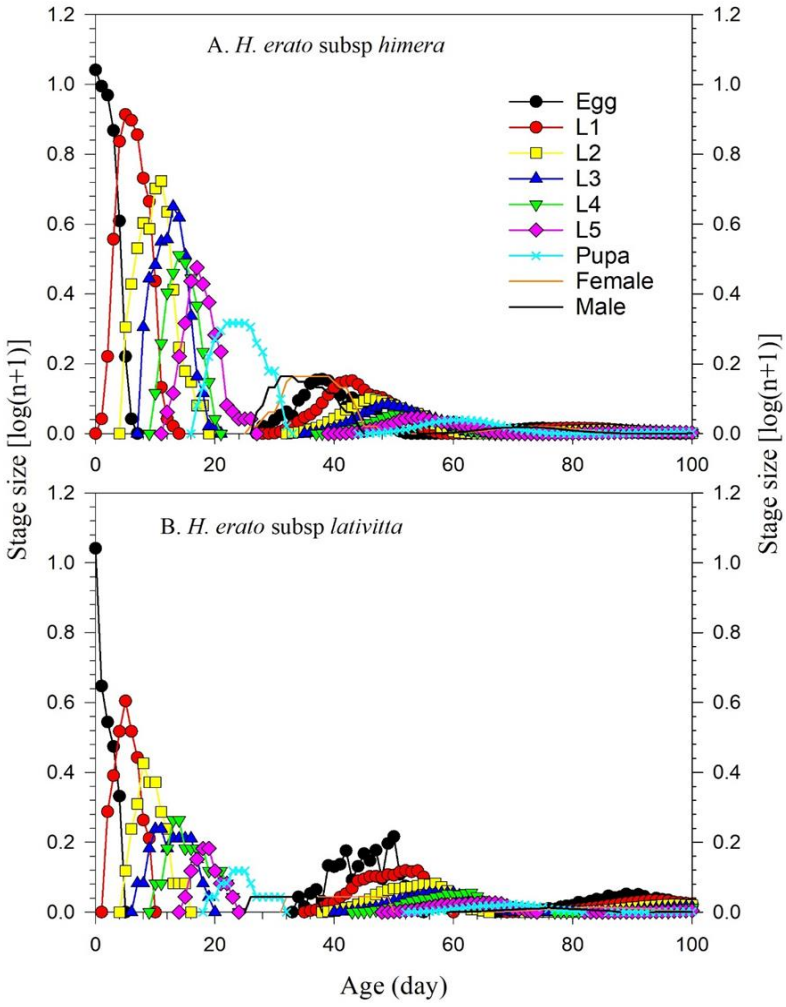


Figura 5. Proyección poblacional de dos generaciones de *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B). Egg: huevo. Female: hembra. Male: macho

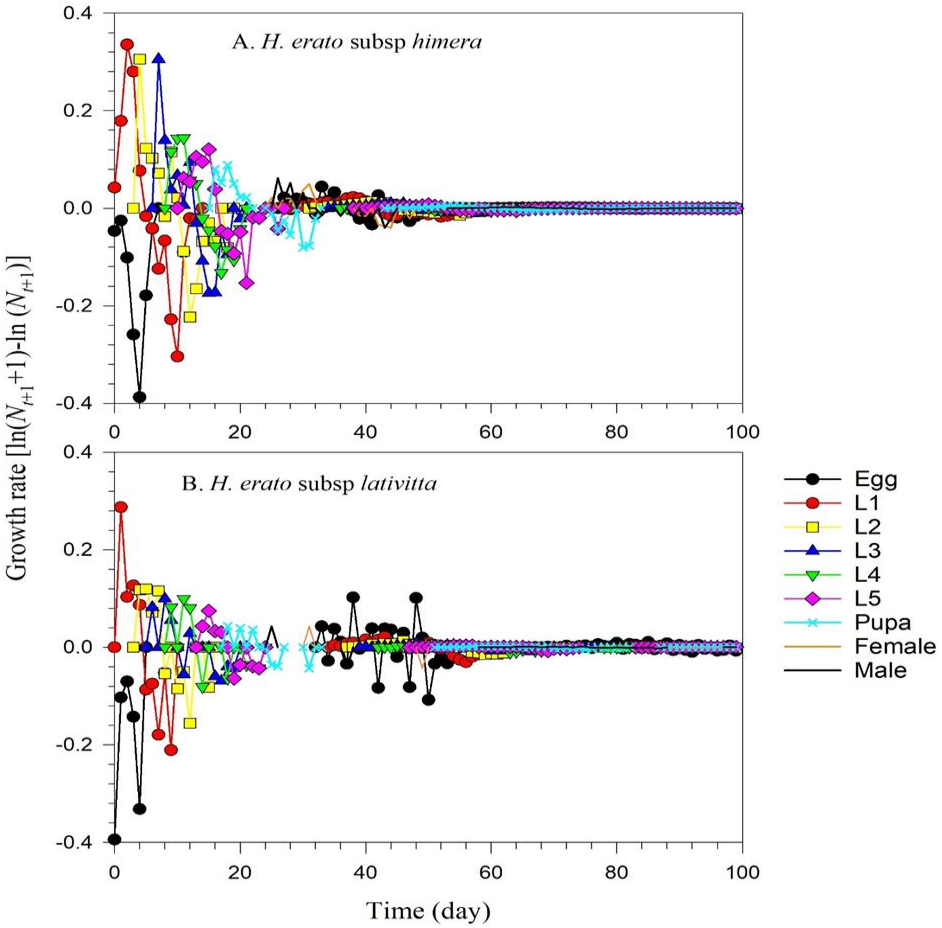


Figura 6. Tasa de crecimiento por etapas para *H. erato himera* (A) y *H. erato lativitta* (B)

4. CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Considerando que el porcentaje de eclosión fue significativamente diferente, aun cuando ambas subespecies se desarrollaron bajo las mismas condiciones y entorno, sugiere que se debe a factores de adaptación evolutiva y estrategias de reproducción (von Schmalensee et al., 2023) tales como la calidad del huevo en relación a nutrientes, factores pre postura (hembras de edad avanzada ovipositan huevos no fértiles) y hembras enfermas colocan huevos inviables (Pereyra et al., 2016; Gutiérrez & Gutiérrez, 2015) lo que a su vez, se engloba dentro del marco de estrategias r/k, las cuales hacen referencia a estrategias de reproducción y adaptación (Begon et al., 2006; Villalobos-Leiva & Benítez, 2020).

Las estrategias r conocidas como "cantidad sobre calidad", hace referencia a la producción de un número considerablemente alto de descendientes (huevos) con una mínima inversión de recursos tales como la oviposición dispersa, alta fecundidad, baja tasa de supervivencia, baja calidad de huevos por ende mayor tasa de mortalidad y menor tasa de eclosión (huevos no fértiles), reproducción temprana y frecuente; mientras que las estrategias K conocida como "calidad sobre cantidad", refiriere a baja fecundidad, alta tasa de supervivencia en las primeras etapas de vida, reproducción tardía y menos frecuente (Reznick et al., 2002; Escobar, 2022). Bajo esta premisa, el comportamiento de *H. erato lativitta* se alinea bajo las estrategias r, ya que tiende a producir mayor cantidad de descendientes (huevos: 31) manifestando una alta fecundidad en comparación a *H. erato himera* (huevos: 16), se considera situando a ésta última con una mejor calidad huevo en comparación *H. erato lativitta* en concordancia con lo mencionado por Tong et al., (2021).

La duración de la fase huevo de estas dos subespecies, muestra que *H. erato lativitta*, requiere una eclosión más rápida, a fin de evitar el agotamiento de los recursos dentro del huevo, y de esta forma eludir que la larva se desarrolle más lentamente debido a la falta de nutrientes previos (Liu & Jiang, 2023). A su vez, dentro de todas las etapas de

desarrollo en especial en la primera etapa larval, *H. erato lativitta* posee una menor tasa de supervivencia excepto en la etapa adulta en comparación a *H. erato himera*, además *H. erato lativitta* posee una tasa de desarrollo más lenta, necesitando mayor cantidad de días para desarrollarse (46.46 días) a comparación de *H. erato himera* (42.55 días), esto a su vez se debe a estrategias de adaptación (Merilä & Hendry, 2014), siendo así que una mayor cantidad de días involucra un lento desarrollo larval, Gómez et al., (2020) menciona que usualmente, las hembras tienden a colocar mayor cantidad de huevo con menor cantidad de nutrientes cuando provienen de cohortes cuya tasa de eclosión es baja, es decir que gran parte de los huevos son inviables, lo que concuerda con Price et al., (2003).

Mientras que *H. erato himera* sigue un patrón ya conocido de eclosión dentro de la familia Nymphalidae, registrado por Raigoso, (2020), en el cual se muestra que el porcentaje de eclosión para *Eueides isabella* (Stoll, 1781) criada en *Passiflora edulis* fue de 77.77 % (7 huevos eclosionan de 9), mientras que *Dione juno* obtuvo un porcentaje de eclosión de 85 % (63 huevos eclosionados de 74) (Cramer, 1779), mostrando que *H. erato himera*, mantuvo el patrón esperado. Por lo que, en consecuencia, *H. erato lativitta* presenta una adaptación evolutiva diferente a *H. erato himera*, lo que refleja cómo ambas subespecies han desarrollado estrategias reproductivas distintas para maximizar su éxito en los mismos entornos, siendo punto importante que considerar en relación con su ecología, distribución, adaptación y evolución de sus poblaciones, tanto para la conservación como para su manejo (Montero-A et al., 2009)

Dentro de la familia la Nymphalidae, se ha reportado que la duración promedio como huevo de la especie *Agraulis vanillae* criada en *Passiflora caerulea* es de tres días (Simonetti & Devoto, 2018), estando en concordancia con lo obtenido en *H. erato lativitta*. Por otra parte *H. erato himera* posee mayor duración en esta etapa alineándose al estudio realizado por Barros & Lima, (2004) el cual reporta una duración de 4.25 días en la especie *Eueides isabella dianasa* criada en *Passiflora edulis*. Lo que evidencia que cada subespecie posee su propio modelo de desarrollo, a pesar de desarrollarse bajo las mismas condiciones.

Para los estados larvales, se observa una diferencia promedio de un día entre ambas subespecies de *H. erato*. Vásquez-Bardales et al., (2021), *Hamadryas feronia* (familia Nymphalidae), necesitó alrededor de 16 días para completar su desarrollo larval; por su parte, Rodrigues & Moreira, (2002) reportó que la especie *Heliconius erato Phyllis* criada en *Passiflora suberosa* requiere una media de 15 días para el mismo fin.

Tanto *H. erato lativitta* como *H. erato himera* mostraron tener un patrón similar, indicando que ambas subespecies, *H. erato lativitta* y *H. erato himera*, se mantuvieron dentro del comportamiento esperado dentro de la familia Nymphalidae. Caso similar se evidenció para la fase de pupa, mostrando que ambas subespecies siguen un patrón similar en esta etapa de su desarrollo. En la etapa de adultez, se pudo elucidar que *H. erato lativitta* tiene una vida adulta más prolongada en comparación con *H. erato himera*; este patrón se refleja también en la duración total del ciclo de vida. La diferencia en la duración de la etapa adulta se relaciona con estrategias adaptativas y factores intrínsecos de cada subespecie (Londoño & Giraldo, 2021).

Según Brown & Benson, (1974) y Vásquez et al., (2017), las mariposas dentro del género de las *Heliconius* desde el inicio de sus registros, suelen mostrar diferencias en su longevidad dependiendo de los recursos disponibles, así como de la facilidad para la búsqueda de alimento, lo que concuerda con las observaciones realizadas en las jaulas de los adulto de ambas subespecies; en donde se observó que *H. erato lativitta* tenía mayor facilidad para encontrar la comida generando vuelos constantes alrededor de los comederos, incluso llegando a reposar sobre estos gran parte del día, a diferencia de *H. erato himera* a las cuales una vez ingresadas a la jaula fue necesario colocarlos directamente sobre los comederos al menos una vez al día para que estas puedan alimentarse, siendo este un mecanismo de búsqueda de comida determinante para su longevidad (Brown & Freitas, 2000; Constantino & Constantino, 2020)

El estudio de Gilbert, (1972), basado en la longevidad de *Heliconius* en diferentes condiciones ambientales, muestra que las mariposas que enfrentan mayores fluctuaciones ambientales tienden a tener una vida adulta más larga para asegurar la reproducción, sin embargo, esto no asegura que la reproducción sea de calidad (Gilbert, 1972; Ramos-Pérez et al., 2020). Por lo que, la diferencia entre ambas subespecies indica que *H. erato lativitta* necesita más tiempo para completar su desarrollo desde huevo hasta adulto. Hill et al., (2021) indica que esta diferencia está influenciada por factores genéticos, fisiológicos y susceptibilidad a enfermedades que afectan el ritmo de desarrollo de cada subespecie. La prolongada duración del ciclo de vida total de *H. erato lativitta* es una estrategia que posibilita optimizar el uso de recursos en su hábitat nativo y entorno, permitiéndole ajustar su desarrollo en respuesta a las condiciones ambientales y genéticas ya conocidos (Nielsen et al., 2023).

La supervivencia (l_x) de *H. erato himera* presentó una disminución gradual en la línea de tendencia a lo largo de las diferentes etapas de vida, mientras que *H. erato lativitta* presentó una caída drástica; esto último sugiere que esta subespecie es más vulnerable desde incluso antes de eclosionar, contrario a *H. erato himera* cuyo comportamiento indica una mayor resiliencia y capacidad para manejar de manera más efectiva estos desafíos dentro del hábitat coincidiendo con lo reportado Pinzón-Rangel et al., (2022), en el cual se menciona que la supervivencia se relaciona directamente con factores biológicos, tales como la presencia de enfermedades, adaptación al medio y aceptación de planta huésped. Este comportamiento diferencial refleja variaciones en la biología y ecología de las dos subespecies, así como en sus estrategias de desarrollo y supervivencia (Schaeffer et al., 2019).

A su vez, en base al porcentaje de individuos que logran sobrevivir una etapa y avanzar a la siguiente, concuerda con los resultados obtenidos por Vargas- Zapata et al., (2015), que mencionan una alta supervivencia de huevos, una progresiva disminución de la supervivencia en la etapa larval considerándose esta etapa como la más crítica, aumentando en la etapa de pupa y adulta; a estos resultados fueron similares en *H. erato himera* , ya que, *H. erato lativitta* mostró una drástica disminución constante y

notoria en la tasa de supervivencia a lo largo de todas la etapas de vida, manteniéndose por debajo de la normalidad reportada, exceptuando la etapa adulta.

La supervivencia y mortalidad son parámetros estrechamente relacionados, que revelan patrones significativos en el ciclo de vida (Guzmán-Mendoza et al., 2016; Salas & Ferrer-Wurst, 2022). La distribución de la mortalidad especifica por etapas, reveló que *H. erato himera* posee una mortalidad menor en contraste, *H. erato lativitta*, siendo la fase larval la crítica para ambas subespecies. Durante las observaciones realizadas en los monitoreos de muerte, se apreciaron síntomas de enfermedades previamente registradas en otros lepidópteros dentro y fuera de la misma familia (Myers & Cory, 2016), esta enfermedad es conocida como poliedrosis nuclear (NPV) (Zhang et al., 2019), una enfermedad viral que afecta a gran variedad de lepidópteros dentro de estos las *Heliconius*.

Esta enfermedad se caracteriza por atacar el intestino de las larvas, mediante la formación de cuerpos de oclusión, los cuales una vez impregnados en el intestino invaden y destruyen las células del resto de su cuerpo mediante replicación celular (Lastra & García, 2021). Los primeros registros de esta enfermedad dentro de las *Nymphalidae*, fue reportado por Breed & Petraitis, (1954), Smith & Xeros, (1953) y Allen & Buren, (1974) en Europa y Asia.

El primer registro en Latino América se realizó en Brasil (Andrade & Habid, 1983), describiendo síntomas como letargo, debilidad, pérdida de apetito, cambio de coloración en algunos casos hiperpigmentación, licuación del cuerpo, diarrea y atrofia de las setas, mientras que en pupa se registró la resequedad de la crisálida e hiperpigmentación (coloración oscura) (Velázquez-Ochoa & Quiliche-Durán, 2023), no se ha registrado síntomas específicos dentro de la etapa adulta, sin embargo, aquellas larvas que llegan a adulas poseen periodos cortos de vida (< 25 días) y estas son portadoras de la enfermedad expulsándolo por el ano junto con el exceso de agua, generando zonas de contaminación y contagio (De la Cruz, 2006).

La muerte de individuos por este factor no fue comprobada; sin embargo, la sintomatología refería en los estudios previamente mencionados, concuerdan con los resultados obtenidos en ambas subespecies. Se observó que la mayor presencia de esta sintomatología se presentó en larvas de *H. erato himera* durante el tercer instar larval (L3) con 44 individuos muertos, estas larvas a menudo se encontraban en presencia de diarrea (ANEXO H). Dentro de los monitoreos realizados hubo observaciones como: falta de apetito, poca movilidad, setas atrofiadas, ruptura de tejido cutáneo (ANEXO J), lo que concuerda con Andrade & Habid, (1983) el cual reporta en sus resultados que el punto más alto de mortalidad larval se dio en el 3er instar de la especie *Heliconius hecale vetustus* seguido por L4 y L5; observando el mismo patrón en *H. erato himera*, teniendo larvas con poca o nula alimentación (hojas completas), hiperpigmentación y encogimiento (ANEXO K), síntomas que también fueron reportados por El Husseini (2020), mientras que para la etapa de pupa los síntomas registrados fueron oscurecimiento, resequedad de la crisálida y emergencia incompleta (ANEXOS I), similares a los reportados por Chen et al., (2023).

Por otra parte, se observó que para *H. erato lativitta* es más vulnerable a la enfermedad, teniendo mayor mortalidad y menor tasa de supervivencia durante el 1er instar (L1), seguido del 4to instar (L4), cuyas larvas muertas presentaban pigmentación (ANEXOS M), la presencia predominante de este síntoma durante la primera etapa larval, coincide con los resultados de Chen et al., (2023), en el cual reporta que en las etapas tempranas pre adultas (L1 y L2), afectadas por NVP presentan como hiperpigmentación y poca movilidad, a su vez, dentro de las observaciones se encuentra la falta de movilidad y poca o nula presencia de excreta, lo que se alinea a los resultados obtenido por López-Vidal et al., (2024), por lo que contrarrestar esta enfermedad es crucial para garantizar el éxito de las poblaciones de *H. erato.*

Barp et al., (2006) y Paniagua Voirol et al., (2018) mencionan que el promedio de vida de las *Heliconius* sanas en cautiverio es de 56 días, mientras que en la naturaleza viven 36 días, siendo así que ambas subespecies se mantienen por debajo del promedio, mientras que Andrade & Habid, (1983) y Yasin et al., (2020) indican que los adultos

enfermos de NPV llegan a tener vidas menores a 25 días, concordando con los resultados obtenidos. Es así que, la presencia de esta enfermedad afecta directamente a la dinámica poblacional. Aquellas larvas que lograron sobrevivir y no se vieron directamente afectados por NPV durante la etapa larval llegando a adultos presentaron una proporción de sexos equilibrada, con un 50% de hembras y un 50% de machos en ambas subespecies (1:1).

Esta ratio es el esperado para lepidópteros como *Heliconius*, polillas *Zygaena*, mariposas *Papilio*, criados bajo condiciones estables (Merchan, 2004; Compton & Tu, 2022). Esta proporción balanceada indica que no hay un sesgo significativo hacia un sexo en particular durante las etapas tempranas. Marquina-Bazán & Carbajal De Wilson, (2017) y Merchán et al., (2005) reportan que *Heliconius cydno* presenta una proporción de 1:1, mostrando un comportamiento esperado dentro de la familia criada bajo condiciones estables. A pesar de ello, la duración de vida de los adultos en este caso se ve afectado por la presencia de NPV. Toure et al., (2020) a su vez menciona que las hembras viven en promedio más días que los machos debido a la diferencia en inversión parental, menor riesgo de depredación por constantes vuelos en búsqueda de comida. Van Belleghem et al., (2021), menciona que las hembras viven en promedio de 2 a 5 días más que los machos, concordando con los resultados obtenidos.

Al mismo tiempo, la fecundidad y oviposición de las hembras de *H. erato himera*, se ve afectada en ciertos casos por malformaciones físicas como ondulamiento de alas, haciendo que sean menos atractivas para los machos, presencia de enfermedades, infertilidad, baja calidad del esperma del macho, Thurman et al., (2018), muestra que la oviposión de *Heliconius erato* chestertonii, puede variar, registrando un promedio de 1 a 2 huevos por día; las hembras de esta subespecie pueden pasar al menos 3 días sin ovipositar ningún huevo, concordando con los resultados obtenidos por ambas subespecies.

H. erato lativitta mostró una mayor capacidad reproductiva, en comparación por *H. erato himera*. Esto se debe al lugar de origen de ambas subespecies, siendo así que *H. erato himera* responde mejor a estímulos y entorno de laboratorio ya que las condiciones son constantes y estables, parecidas a su región de origen, la Sierra ecuatoriana; mientras que *H. erato lativitta* responde mejor una vez son trasladadas al aire libre en las jaulas las cuales se encuentran en condiciones naturales de la Amazonia, siendo ésta su región de origen.

Martínez, (2017) menciona que la aclimatación post laboratorio para ciertas mariposas puede generar estrés, debido a la termorregulación, generando que las mariposas se enfoquen en la adaptación a la temperatura y humedad del medio y no a la postura de huevos, a su vez, se debe considerar que los adultos se encuentran infectados con NVP, lo que limita que expresen todo su potencial en relación a la oviposición. El valor reproductivo (v_{xj}), concuerda con resultados obtenido por Álvarez (2016), el cual menciona que este valor se ve directamente relacionado con la emergencia de las hembras, a su vez, se registra un incremento en el valor a medida que las etapas de vida avanzan, al igual que en el resultado obtenido en *H. erato himera* y *H. erato lativitta*, siendo así que, el valor reproductivo se encuentra dentro del comportamiento previamente registrado. Finalmente, la tasa de crecimiento poblacional no asegura el éxito del desarrollo de estas subespecies bajo las condiciones de crianza empleadas en este ensayo. Es necesario revisar y ajustar los parámetros, especialmente aquellos relacionados con la contaminación de los individuos por NVP.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio han proporcionado una comprensión detallada de la diferencia entre ambas subespecies y su dinámica poblacional, mostrando que población de huevos de *H. erato himera* posee mayor porcentaje de eclosión en relación a *H. erato lativitta*, mientras que a lo largo de las etapas de desarrollo se pudo observar cómo *H. erato lativitta* necesita más días para completar su desarrollo en relación a *H. erato himera*.

Por otro lado, *H. erato himera* posee mayor tasa de supervivencia y menor tasa de mortalidad, en comparación a *H. erato lativitta* quien presentó mayor tasa de mortalidad y menor tasa de supervivencia; dentro de las hembras adultas se observó que *H. erato himera* posee mayor fecundidad, ovipositando mayor cantidad de huevos en comparación a *H. erato lativitta*.

La mortalidad es un parámetro determinante para el análisis de la dinámica poblacional, dentro de los hallazgos más importantes se registró la presencia de sintomatología relacionada con la enfermedad poliedrosis nuclear la cual afectó directamente el ciclo de vida y la dinámica poblacional tanto de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*. Este reporte denota la importancia de considerar factores biológicos como enfermedades virales en la gestión y conservación de las poblaciones de mariposas y demás polinizadores, así como la implementación de medidas de mitigación y prevención de la transmisión y proliferación de esta y otras enfermedades.

Las diferencias significativas en la supervivencia, tiempo de desarrollo y longevidad adulta entre ambas subespecies sugieren adaptaciones evolutivas distintas para enfrentar desafíos ambientales específicos. La estrategia reproductiva tipo r, parece predominar en *H. erato lativitta*, mientras que *H. erato himera* exhibe características más alineadas con una estrategia K. Estas estrategias reproductivas están moldeadas por la presión selectiva ambiental, incluida la prevalencia de enfermedades como la poliedrosis nuclear. En un contexto más amplio, la disminución de las poblaciones de

estas mariposas podría tener consecuencias ecológicas significativas, dado su papel crucial como polinizadores de especies vegetales. Por lo tanto, la conservación de estas mariposas no solo es vital para mantener la diversidad biológica, sino también para asegurar la salud de los ecosistemas donde desempeñan funciones fundamentales en la polinización y la estructura comunitaria.

Una vez culminado el desarrollo de las larvas hasta adultos, se obtuvo un total de 18 adultos de los cuales 9 fueron hembras y 9 machos para *H. erato himera*, mientras que para *H. erato lativitta* se obtuvo un total de 2 adultos, 1 macho y 1 hembra, siendo este un comportamiento registrado como normal dentro de ambientes controlados y equilibrados.

Para futuras investigaciones relacionadas con el estudio de la dinámica poblacional de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*, se recomienda llevar a cabo estudios enfocados en el desarrollo de metodologías de desinfección y bioseguridad. Es crucial probar la eficacia de estos métodos en diferentes cohortes con el objetivo de minimizar la contaminación cruzada de enfermedades virales características de la especie desde la etapa de huevo. Este enfoque permitirá establecer protocolos más robustos y efectivos para la gestión sanitaria en poblaciones cautivas y silvestres, especialmente considerando la significativa diferencia en las tasas de eclosión observadas entre las dos subespecies.

Se recomienda replicar la metodología empleada en este estudio, modificando las condiciones de crianza de los especímenes para identificar posibles variaciones en la prevalencia de enfermedades, evaluando si hay un aumento o disminución en su presencia bajo diferentes condiciones térmicas. Este análisis puede proporcionar información valiosa sobre cómo las variaciones ambientales influyen en la dinámica de las enfermedades y en la salud general de las poblaciones. Se recomienda realizar estudios en los que no se separen las larvas, para observar si el desarrollo conjunto de varias larvas genera algún cambio en la supervivencia. Esta investigación permitirá entender mejor las interacciones entre individuos en las etapas tempranas de desarrollo

y cómo estas pueden afectar la supervivencia y la salud general de la población, sobre todo si se consideran las altas tasas de mortalidad en la etapa larval observadas en ambas subespecies.

Además, se sugiere realizar estudios que analicen el porcentaje de hoja consumida por la larva en los diferentes instares, para evaluar la cantidad de biomasa vegetal consumida por las larvas en cada estadio de desarrollo y relacionar esta información con las necesidades nutricionales y el impacto ecológico de estas mariposas. Se recomienda implementar un período de cuarentena para las mariposas silvestres previo a la introducción en las jaulas que contienen mariposas criadas en cautiverio. Esta medida tiene como fin evitar el contagio de enfermedades entre mariposas silvestres y aquellas criadas bajo condiciones controladas. La cuarentena permitirá una mejor gestión de la salud de las poblaciones y reducirá el riesgo de brotes de enfermedades que podrían afectar negativamente tanto a individuos como a comunidades enteras, lo cual es crucial para mantener una tasa de supervivencia y fecundidad saludables en las poblaciones estudiadas. Además, se sugiere replicar la metodología variando factores como la planta huésped y las horas de luz. Factores decisivos en los hábitos de alimentación, desarrollo, supervivencia y optimización de las condiciones de crianza y manejo de estos especímenes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, G. E., & Buren, W. F. (1974). Microsporidan and Fungal Diseases of Solenopsis invicta Buren in Brazil. *New York Entomological Society*, *82*, 125–130.

Álvarez, D. M. (2016). Diversidad de *calliphoridae* (diptera: calyptratae) y tabla de vida de *cochliomyia macellaria* (fabricius, 1775) en el área urbana del municipio de sincelejo (sucre, colombia). Universidad politecnica de cataluña.

Andersson, S., & Dobson, H. E. M. (2003). Behavioral foraging responses by the butterfly *heliconius melpomene* to lantana camara floral scent. In *Journal of Chemical Ecology* (Vol. 7, Issue 10).

Andrade, G. F. S., & Habid, M. E. M. (1983). Natural occurrence of baculoviruses in populations of some *Heliconiini* (Lepidoptera; Nymphalidae) with symptomatological notes. *Revista Brasileira de Zoologia*, *2*(2), 55–62. https://doi.org/10.1590/S0101-81751983000200003

Aymone, A. C. B., Valente, V. L. S., & de Araújo, A. M. (2013). Ultrastructure and morphogenesis of the wing scales in *Heliconius erato phyllis* (Lepidoptera: Nymphalidae): What silvery/brownish surfaces can tell us about the development of color patterning? *Arthropod Structure & Development*, *42*(5), 349–359. https://doi.org/10.1016/J.ASD.2013.06.001

Barp, E. A., Examinadora, C., Lucci, A., Prof, F., Piccoli, H., Prof, R., & Nogueira De Sá, F. (2006). *Ecologia comportamental de Heliconius erato phyllis* (Lepidoptera; Nymphalidae*) frente à variação espaço-temporal dos recursos florais*.

Barros, W. R. S., & Lima, I. M. de M. (2004). Desenvolvimento pré-imaginal de *Eueides isabella dianasa* (Hübner) (Lepidoptera, Nymphalidae, Heliconiinae) em folhas de *Passiflora edulis L*. (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, *48*(1), 69–75. https://doi.org/10.1590/S0085-56262004000100013

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology From Individuals to Ecosystems* (Blackwell Publishing).

Bermúdez-Tamayo, C., García Mochón, L., Ruiz Azarola, A., & Lacasaña, M. (2023). Cambio climático y enfermedades transmitidas por vectores. Convertir el conocimiento en acción. *Gaceta Sanitaria*, *37*, 102271. https://doi.org/10.1016/J.GACETA.2022.102271

Breed, R., & Petraitis, A. (1954). Some russian contributions to taxonomy and nomenclature of the viruses. *International Buletin of Bacteriological Nomenclature and Taxonomy*, *4*, 189–214.

Brown, K. S., & Benson, W. W. (1974). Adaptive Polymorphism Associated with Multiple Mullerian Mimicry in *Heliconius numata* (Lepid. Nymph.). *Biotropica*, *6*(4), 205. https://doi.org/10.2307/2989666

Brown, K. S., & Freitas, A. V. L. (2000). Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation. *Biotropica*, *32*(4b), 934–956. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00631.x

Castrom, M. O., Gadea, R, A., & Madrigal, M. (2019). Tamaño corporal de cuatro especies de mariposas del género *Heliconius* (Lepidoptera: Nymphalidae) producidas en zoocriaderos del Caribe de Costa Rica. *UNED Research Journal*, *11*(3), 378–387. https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2699

Chaplin-Kramer, R., Dombeck, E., Gerber, J., Knuth, K. A., Mueller, N. D., Mueller, M., Ziv, G., & Klein, A.-M. (2014). Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *281*(1794), 20141799. https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1799

Chen, H., Hao, D., Chen, C., Sun, Y., & Yu, X. (2023). Effects of midgut bacteria in *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Erebidae) on nuclear polyhedrosis virus and Bacillus thuringiensis (Bacillales: Bacillaceae). *Journal of Insect Science*, *23*(2). https://doi.org/10.1093/jisesa/iead009

Chi, H. (1988). Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals [J]. *Environmental Entomology*, *1988, 17(1): 26-34*.

Chi, H. (2021). Timing-mschart: A computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. *National Chung Hsing University.*

Chi, H. (2023). *TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis.*

Chi, H., Güncan, A., Kavousi, A., Gharakhani, G., Atlihan, R., Salih Özgökçe, M., Shirazi, J., Amir-Maafi, M., Maroufpoor, M., & Roya, T. (2022). TWOSEX-MSChart: the key tool for life table research and education. *Entomologia Generalis*, *42*(6), 845–849. https://doi.org/10.1127/entomologia/2022/1851

Chi, H., & Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology [J]. *Bull Inst Zool Acad Sin*, *24(2): 225-40*.

Chi, H., M. S. You, R. A., C. L. Smith, A. Kavousi, M. S. Özgökçe, A. Güncan, S. J. Tuan, W. Fu, Y. Xu, F. Q. Zheng, B. H. Ye, D. Chu, & Gharekhani, P. S. (2020). Age-stage, two-sex life table: An introduction to theory, data analysis, and application. *Entomologia Generalis* 40(2): 103-124.

Chi, H., & Su, H.-Y. (2006). Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer)(Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate . *Environmental Entomology*, *35(1): 10-21*.

Collantes, R., Santos, A., Alvarado, R., & Atencio, R. (2023). Importancia de los insectos polinizadores en la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos. https://orcid.org/0000-0001-9339-486X

Concha, C., Wallbank, R. W. R., Hanly, J. J., Fenner, J., Livraghi, L., Rivera, E. S., Paulo, D. F., Arias, C., Vargas, M., Sanjeev, M., Morrison, C., Tian, D., Aguirre, P., Ferrara, S., Foley, J., Pardo-Diaz, C., Salazar, C., Linares, M., Massardo, D., … McMillan, W. O. (2019). Interplay between developmental flexibility and determinism in the evolution of mimetic *Heliconius* wing patterns. *Current Biology*, *29*(23), 3996-4009.e4. https://doi.org/10.1016/J.CUB.2019.10.010

Corrêa, C. A., Irgang, B. E., & Moreira, G. R. P. (2001). Flower structure of angiosperms used by

Heliconius erato phyllis (Lepidoptera, Nymphalidae) in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Iheringia - Serie Zoologia*, *s/v*(90). https://doi.org/10.1590/s0073-47212001000100008

De la Cruz, J. (2006). *Entomología morfología y fisiología de los insectos*.

Dias, V. S., Hallman, G. J., Araújo, A. S., Lima, I. V. G., Galvão-Silva, F. L., Caravantes, L. A., Rivera, M. N. G., Aguilar, J. S., Cáceres-Barrios, C. E., Vreysen, M. J. B., & Myers, S. W. (2023). High cold tolerance and differential population response of third instars from the Zeugodacus tau complex to phytosanitary cold treatment in navel oranges. *Postharvest Biology and Technology*, *203*, 112392. https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2023.112392

Drewniak, M. E., Briscoe, A. D., Cocucci, A. A., Beccacece, H. M., Zapata, A. I., & Moré, M. (2020). From the butterfly's point of view: learned colour association determines differential pollination of two co-occurring mock verbains by *Agraulis vanillae* (Nymphalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, *130*(4), 715–725. https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa066

Ehrlich, P. R., & Raven, P. H. (1964). Butterflies and Plants: A Study in Coevolution. *Evolution*, *18*(4), 586. https://doi.org/10.2307/2406212

El Husseini, M. M. (2020). Pathogenicity of nuclear polyhedrosis virus to *Galleria mellonella L*. (Lepidoptera: Pyralidae) and its control on stored beeswax foundations. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *30*(1), 101. https://doi.org/10.1186/s41938-020-00302-4

Gharekhani, G. H., & Salek-Ebrahimi, H. (2014). Life table parameters of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different varieties of tomato. *Journal of Economic Entomology*, *107*(5). https://doi.org/10.1603/EC14059

Gilbert, L. E. (1972). Pollen feeding and reproductive biology of *Heliconius* butterflies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *69*(6), 1403–1407. https://doi.org/10.1073/pnas.69.6.1403

Goded, S., Ekroos, J., Azcárate, J. G., Guitián, J. A., & Smith, H. G. (2019). Effects of organic farming on plant and butterfly functional diversity in mosaic landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *284*, 106600. https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2019.106600

Gómez, G. C., Fernández Salinas, M. L., & Barrionuevo, M. J. (2020). Life cycle of *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) on *Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass. under controlled laboratory conditions. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, *79*(4), 31–38. https://doi.org/10.25085/rsea.790405

Goodman, D. (1982). Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value. *The American Naturalist*, *119(6): 803-23*.

Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D., & Martínez-Yáñez, R. (2016). Insects biological richnness: analysis of their multidimensional importance. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, *32*(3), 370.

Hernández, C. M. (2008). Tablas de vida de *Tetranychus urticae* KOCH, (ACARI: TETRANYCHIDAE) EN LOS CULTIVARES *ROSA MANETI E INDICA*. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4272/T16694%20HE

RN%C3%81NDEZ%20MART%C3%8DNEZ%2C%20CELSO%20MART%C3%8DN%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20tablas%20de%20vida%20son,crecimiento%20futuro%20de%20la%20poblaci%C3%B3n.

Higginson, A. D., Ruxton, G. D., & Skelhorn, J. (2010). The impact of flower-dwelling predators on host plant reproductive success. *Oecologia*, *164*(2), 411–421. https://doi.org/10.1007/s00442-010-1681-6

Hill, G. M., Kawahara, A. Y., Daniels, J. C., Bateman, C. C., & Scheffers, B. R. (2021). Climate change effects on animal ecology: butterflies and moths as a case study. *Biological Reviews*, *96*(5), 2113–2126. https://doi.org/10.1111/brv.12746

Hoy, M. A. (2019). Insect Population Ecology and Molecular Genetics. *Insect Molecular Genetics*, 515–561. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815230-0.00013-3

Jules, E. S., Jackson, J. I., van Mantgem, P. J., Beck, J. S., Murray, M. P., & Sahara, E. A. (2016). The relative contributions of disease and insects in the decline of a long-lived tree: a stochastic demographic model of whitebark pine (*Pinus albicaulis*). *Forest Ecology and Management*, *381*, 144–156. https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2016.09.022

Krenn, H. W., & Penz, C. M. (1998). Mouthparts of *Heliconius* butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae): a search for anatomical adaptations to pollen-feeding behavior. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, *27*(4), 301–309. https://doi.org/10.1016/S0020-7322(98)00022-1

Lastra, C. C. L., & García, J. J. (2021). Patología de insectos. Metodologías y técnicas de laboratorio. Un aporte al trabajo experimental.

León-Burgos, A. F., Murillo-Pacheco, J. I., Bautista-Zamora, D., & Quinto Cánovas, J. (2019). Insectos benéficos asociados a plantas arvenses atrayentes en agroecosistemas del Piedemonte de la Orinoquia Colombiana. *Cuadernos de Biodiversidad*, *56*, 1. https://doi.org/10.14198/cdbio.2019.56.01

Liu, J.-X., & Jiang, L. (2023). Comparative morphology of the larval mouthparts among six species of *Notodontidae* (Insecta, Lepidoptera), with discussions on their feeding habits and pupation sites. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, *70*(2), 357–368. https://doi.org/10.3897/dez.70.107431

Londoño, P., & Giraldo Sánchez, C. E. (2021). Un frágil tesoro: las mariposas colombianas. *Museo de Biología de La Universidad Del Zulia*.

López-Vidal, J., Martínez-Pulgarín, S., Martínez-Alonso, D., Cid, M., & Escribano, J. M. (2024). Enhanced Recombinant Protein Expression in Insect Cells by Natural and Recombinant Components of Lepidoptera Hemolymph. *Viruses*, *16*(6), 944. https://doi.org/10.3390/v16060944

Marquina-Bazán, R., & Carbajal De Wilson, A. (2017). Efecto de la temperatura en el ciclo de desarrollo de *Galleria mellonella* (Lepidóptera Pyralidae). *REBIOL*, *37*(2), 63–69.

Martin Raigoso, J. S. (2020). Ciclo de vida de tres especies de *Heliconiinae* Lepidoptera desarrolladas

en especies cultivadas de *Passiflora Passifloraceae* en el campus de Utopía en Yopal, Casanare.

Martínez Aguirre, M. del R. (2017). Resistencia a emamectina benzoato en Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) [Universidad Politécnica de Cartagena]. https://doi.org/10.31428/10317/6997

Melo, D. J., Borges, E. O., Szczerbowski, D., Vidal, D. M., Schulz, S., & Zarbin, P. H. G. (2022). Identification and Synthesis of a Macrolide as an Anti-aphrodisiac Pheromone from Males of *Heliconius erato* phyllis. *Organic Letters*, *24*(21), 3772–3775. https://doi.org/10.1021/ACS.ORGLETT.2C01160

Merchan, H. (2004). Estimativos de selección natural y flujo genético en una zona de hibridación de *Heliconius Cydno* en el valle del cauca.

Merchán, H. A., Jiggins, C. D., & Linares, M. (2005). A Narrow *Heliconius cydno* (Nymphalidae; Heliconiini) hybrid zone with differences in morph sex ratios. *Biotropica*, *37*(1), 119–128. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.03140.x

Merilä, J., & Hendry, A. P. (2014). Climate change, adaptation, and phenotypic plasticity: the problem and the evidence. *Evolutionary Applications*, *7*(1), 1–14. https://doi.org/10.1111/eva.12137

Millán J, C., Chacón, P., & Corredor, G. (2010). Desarrollo, longevidad y oviposición de *Heliconius charithonia* (Lepidoptera: Nymphalidae) en dos especies de *Passiflora*. *Revista Colombiana de Entomología*, *36*(1), 158–164. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882010000100023&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Monteiro, L. B., & Pereira, J. (2019). Sexagem de mariposa oriental (Lepidoptera: Tortricidae) utilizando infravermelho próximo (NIR). https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22265.80489

Montero-A, F., Moreno-P, M., & Carlos Gutiérrez-M, L. (2009). Mariposas (lepidoptera: *hesperioidea* y *papilionoidea*) asociadas a fragmentos de bosque seco tropical en el departamento del atlántico, Colombia.

Mukherjee, S., Banerjee, S., Basu, P., Saha, G. K., & Aditya, G. (2018). Butterfly-plant network in urban landscape: Implication for conservation and urban greening. *Acta Oecologica*, *92*, 16–25. https://doi.org/10.1016/J.ACTAO.2018.08.003

Muñoz-Ordoñez, F. J., Gutiérrez-Guzmán, N., Hernández-Gómez, M. S., & Fernández-Trujillo, J. P. (2023). The climactic conditions limit fruit production and quality in gulupa (*Passiflora edulis Sims f. edulis*) under integrated fertilization. *South African Journal of Botany*, *153*, 147–156. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.11.043

Myers, J. H., & Cory, J. S. (2016). Ecology and evolution of pathogens in natural populations of Lepidoptera. *Evolutionary Applications*, *9*(1), 231–247. https://doi.org/10.1111/eva.12328

Nielsen, M. E., Nylin, S., Wiklund, C., & Gotthard, K. (2023). Evolution of butterfly seasonal plasticity driven by climate change varies across life stages. *Ecology Letters*, *26*(9), 1548–1558. https://doi.org/10.1111/ele.14280

Ning, S., Zhang, W., Sun, Y., & Feng, J. (2017). Development of insect life tables: Comparison of two demographic methods of *Delia antiqua* (Diptera: Anthomyiidae) on different hosts. *Scientific Reports*, *7*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-017-05041-5

Obeso, J. R., & Herrera, J. M. (2018). Polinizadores y cambio climático. *Ecosistemas*, *27*(2).

Paniagua Voirol, L. R., Frago, E., Kaltenpoth, M., Hilker, M., & Fatouros, N. E. (2018). Bacterial Symbionts in Lepidoptera: Their Diversity, Transmission, and Impact on the Host. *Frontiers in Microbiology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00556

Pereyra, M., Ordano, M., Reguilón, C., Salvatore, A. R., Acosta, C., & Risso, L. (2016). The role of density and sex ratio of adults in fertility of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) in mass rearing cages. www.biotaxa.org/RSEA.

Pigolotti, S. (2021). Generalized Euler-Lotka equation for correlated cell divisions. *Physical Review E*, *103*(6), L060402. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.103.L060402

Pinzón-Rangel, D. L., Santos-Díaz, A. M., & Numa-Vergel, S. J. (2022). Optimización para la cría de *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) en condiciones de laboratorio. *Revista chilena de entomología*, *48*(3), 663–671. https://doi.org/10.35249/rche.48.3.22.17

Price, T. D., Qvarnström, A., & Irwin, D. E. (2003). The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 270, Issue 1523, pp. 1433–1440). Royal Society. https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2372

QIN, J. yang, LIU, Y. qiu, ZHANG, L., CHENG, Y. xia, LUO, L. zhi, & JIANG, X. fu. (2018). Effects of temperatures on the development and reproduction of the armyworm, *Mythimna roseilinea*: Analysis using an age-stage, two-sex life table. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(7), 1506–1515. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61856-2

Ramírez Gómez, M., & Rodríguez, A. (2012). Plant defense mechanisms and responses in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: a review. In *Rev. Colomb. Biotecnol* (Issue 1).

Reznick, D., Bryant, M. J., & Bashey, F. (2002). r-and K-Selection Revisited: The Role of Population Regulation in Life-History Evolution. In *Source: Ecology* (Vol. 83, Issue 6).

Rivas-Arancibia, S. P., Bello-Cervantes, E., Carrillo-Ruiz, H., Andrés-Hernández, A. R., Figueroa-Castro, D. M., & Guzmán-Jiménez, S. (2015). Variaciones de la comunidad de visitadores florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *86*(1), 178–187. https://doi.org/10.7550/RMB.44620

Rodrigues, D., & Moreira, G. R. P. (2002). Geographical variation in larval host-plant use by *Heliconius erato* (lepidoptera: Nymphalidae) and consequences for adult life history. In *Braz. J. Biol* (Vol. 62, Issue 2).

Rodríguez-Espinosa, F. L., Martínez-Rivero, M. de los Á., Gómez-Leyva, J. F., Rodríguez-Espinosa, F. L., Martínez-Rivero, M. de los Á., & Gómez-Leyva, J. F. (2018). Parámetros biológicos y tabla de vida de dos poblaciones de *Chloridea virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) asociadas al tabaco negro. *Revista de Protección Vegetal*, *33*(2).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=en

Salman, S. Y., & Keskin, C. (2019). The effects of milbemectin and spirodiclofen resistance on *Phytoseiulus persimilis* A.H. (Acari:Phytoseiidae) life table parameters. *Crop Protection*, *124*, 104751. https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2019.02.027

Schaeffer Pedrotti, V., Oliveira Mega, N., & Piccoli Romanowski, H. (2019). Population structure and natural history of the South American fruit-feeding butterfly *Taygetis ypthima* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Austral Entomology*, *58*(4), 753–761. https://doi.org/10.1111/aen.12389

Simonetti, G., & Devoto, M. (2018). The defence of *Passiflora caerulea* by ants reduces the number of eggs and larvae of *Agraulis vanillae*, but not the damage by herbivory. *Ecologia Austral*, *28*(1), 123–132. https://doi.org/10.25260/ea.18.28.1.0.635

Smith, K. M., & Xeros, N. (1953). Studies on the cross-transmission of polyhedral viruses: experiments with a new virus from *Pyrameis cardui*, the Painted Lady butterfly. *Parasitology*, *43*(1–2), 178–185. https://doi.org/10.1017/S0031182000018473

Thurman, T. J., Brodie, E., Evans, E., & McMillan, W. O. (2018). Facultative pupal mating in *Heliconius erato*: Implications for mate choice, female preference, and speciation. *Ecology and Evolution*, *8*(3), 1882–1889. https://doi.org/10.1002/ece3.3624

Tong, X., Qiao, L., Luo, J., Ding, X., & Wu, S. (2021). The evolution and genetics of lepidopteran egg and caterpillar coloration. *Current Opinion in Genetics & Development*, *69*, 140–146. https://doi.org/10.1016/j.gde.2021.04.006

Toure, M. W., Young, F. J., McMillan, W. O., & Montgomery, S. H. (2020). Heliconiini butterflies can learn time-dependent reward associations. *Biology Letters*, *16*(9), 20200424. https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0424

Tuan, S. J., Lee, C. C., & Chi, H. (2014a). Population and damage projection of Spodoptera litura (F.) on peanuts (Arachis hypogaea L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. *Pest Management Science*, *70(805-13)*.

Tuan, S. J., Lee, C. C., & Chi, H. (2014). Population and damage projection of Spodoptera litura (F.) on peanuts (Arachis hypogaea L.) under different conditions using the age-stage, two-sex life table. *Pest Management Science*, *2014, 70(805-13*.

Valarezo, A., Cañarte, E., Valarezo, O., & Zambrano, O. (2009). Manejo del cultivo de maracuya (*Passiflora edulis f. Flavicarpa deg*) en el litoral ecuatoriano. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3397/1/iniapeepbd365.pdf

Van Belleghem, S. M., Lewis, J. J., Rivera, E. S., & Papa, R. (2021). Heliconius butterflies: a window into the evolution and development of diversity. *Current Opinion in Genetics & Development*, *69*, 72–81. https://doi.org/10.1016/J.GDE.2021.01.010

Vargas, J. I., & Salazar, J. A. (2007). Mariposas colombianas IX. Hibridación natural de *Heliconius erato dignus* (Stichel) x *Heliconius erato lativitta* (Butler) en el piedemonte suroriental de Colombia

(Lep: Nymphalidae: Heliconiinae). In *Boletín Científico del Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas: Vol. xxx*.

Vargas- Zapata, M. A., Boom- Urueta, C. J., Seña-Ramos, L. I., Echeverry-Iglesias, A. L., & Martínez Hernández, N. J. (2015). Composición vegetal, preferencias alimenticias y abundancia de biblidinae (lepidoptera: nymphalidae) en un fragmento de bosque seco tropical en el departamento del atlántico, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, *20*(3), 79–92. https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.42545

Vásquez, J., Peña, W., Zárate, R., Pinedo, J., Correa, R., Palacios, J. J., Bellido, J. J., Ramírez, J. J., & Lamas, G. (2017). Dietas vegetales en el desarrollo larval de dos especies de *Morpho* (Lepidoptera: Nymphalidae, Sat Yrinae, Morphini) en cautiverio, en Iquitos, Loreto, Perú. *Boletin Cientifico Del Centro de Museos*, *21*(2), 133–146. https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.2.9

Vásquez-Bardales, J., Vargas-Zelada, Y. N., Pinedo-Jiménez, J., García-Ruiz, A., Valderrama-Freyre, H., & Ramírez-Hernandez, J. J. (2021). Feeding, oviposition behavior, life cycle, and natural enemies of *Hamadryas feronia* (Nymphalidae) in the Peruvian amazon. *Revista de Biologia Tropical*, *69*(2), 524–533. https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.44969

Velázquez-Ochoa, R. E., & Quiliche-Durán, J. P. (2023). Biological cycle and comparative study of bioinsecticide efficiency on the *Heliothis virescens* (Lepidoptera:Noctuidae) borer in blueberry cultivation Ciclo biológico y estudio comparativo de la eficacia de bioinsectisidas sobre el barrenador *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultuvo de arándano. *Peruvian Agricultural Research*, *5*.

Vishwakarma, R. K., Negi, A., & Negi, D. S. (2022). Development of potential COX inhibitor as anti-inflammatory agents from leaves of Lantana camara by in-vitro analysis, molecular docking and ADMET prediction. *Journal of the Indian Chemical Society*, *99*(10), 100694. https://doi.org/10.1016/J.JICS.2022.100694

Vogt, R. G., Große-Wilde, E., & Zhou, J. J. (2015). The Lepidoptera Odorant Binding Protein gene family: Gene gain and loss within the GOBP/PBP complex of moths and butterflies. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, *62*, 142–153. https://doi.org/10.1016/J.IBMB.2015.03.003

von Schmalensee, L., Caillault, P., Gunnarsdóttir, K. H., Gotthard, K., & Lehmann, P. (2023). Seasonal specialization drives divergent population dynamics in two closely related butterflies. *Nature Communications*, *14*(1), 3663. https://doi.org/10.1038/s41467-023-39359-8

Wahlberg, N., & Savela, M. (1822). *Heliconiini Swainson*. Nymphalidae. https://web.archive.org/web/20100711132252/http://www.nymphalidae.net/Classification/Heliconiini.htm

Yasin, M., Qazi, M. S., Wakil, W., & Qayyum, M. A. (2020). Evaluation of Nuclear Polyhedrosis Virus (NPV) and Emamectin Benzoate against *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *30*(1), 88. https://doi.org/10.1186/s41938-020-

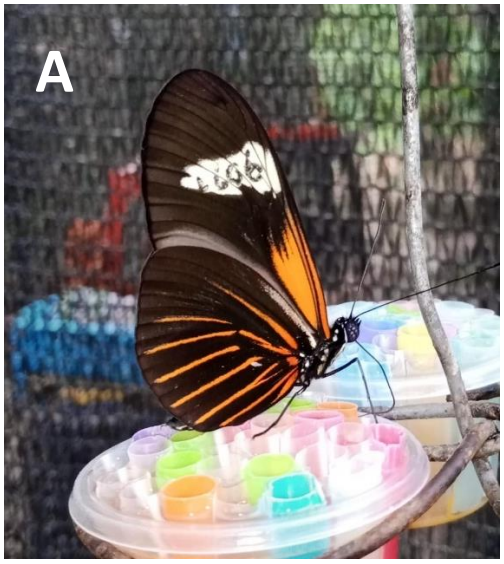
00271-8

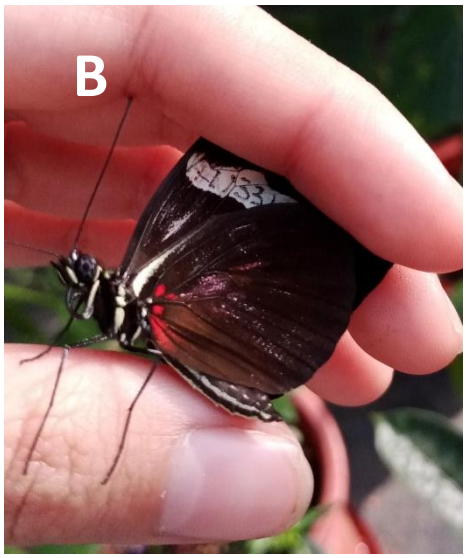
Zhang, Y., Xia, D., Zhao, Q., Zhang, G., Zhang, Y., Qiu, Z., Shen, D., & Lu, C. (2019). Label-free proteomic analysis of silkworm midgut infected by Bombyx mori nuclear polyhedrosis virus. *Journal of Proteomics*, *200*, 40–50. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2019.03.011

Zhu, G., Gutierrez Illan, J., & Crowder, D. W. (2021). The use of insect life tables in optimizing invasive pest distributional models. *Ecography*, *44*(10). https://doi.org/10.1111/ecog.05710

ANEXO

ANEXO A. Código escrito en el revés del ala de *H. erato lativitta* (A) y *H. erato lativitta* (B)





ANEXO B. Jaula de hembras adultas



ANEXO C. Envases de 150 ml con 10 huevos de *H. erato himera* y *H. erato lativitta*



ANEXO D. Huevo vacío (eclosionado)



ANEXO E. Exuvia de *H. erato lativitta*



ANEXO F. Aparición de doble cabeza de *H. erato lativitta* previo al traspaso al siguiente instar larval



ANEXO G. Cabeza con coloración verde intensa posterior al desprendimiento de la exuvia



ANEXO H. Larva de *H. erato himera* muerta en presencia de diarrea



ANEXO I. Pupa de *H. erato lativitta* con emergencia incompleta



ANEXO J. Larva de *H. erato himera* con corte cutáneo en el mesotórax



ANEXO K. Larva de *H. erato himera* hiperpigmentada



ANEXO M. Larva de *H. erato lativitta* hiperpigmentada con setas posteriores atrofiadas



ANEXO N. Bitácora de monitoreo para ambas subespecies

Subespecie:									
Código	Puesta de huevo	Eclosión	Segundo instar (L2)	Tercer instar (L3)	Cuarto instar (L4)	Quinto instar (L5)	Pupación	Emergida (sexo)	Códigos adultos

ANEXO O. Autorización de recolección de especímenes de la diversidad biológica.

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA NO 2415

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES DE LUCRO)

1.- CÓDIGO

MAATE-DBI-CM-2021-0176; MAATE-DNB-CM-2021-0176

2.- DURACION DEL PROYECTO

Año de inicio	**Año de fin**
2020	2025

3.- COMPONENTE DE RECOLECCIÓN

Mariposas del género *Heliconius erato*

4.- INVESTIGADORES/ TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN

Nº DE C.I/PASAPORTE	**NOMBRES Y APELLIDOS**	**NACIONALIDAD**	**Nº DE REGISTRO DEL SENESCYT**	**EXPERIENCIA**	**GRUPO BIOLOGICO**

567395984	Shane Daniel Wright	Estados Unidos de América	5281195061	Si	*H. erato himera y H. erato lativitta*

5.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLOGICA:

Nombre del proyecto: The genetic and neural basis of reproductive isolation (DBM-014-2021)

ANEXO P. Tasa de supervivencia (S_{xj}) en función de la edad de *H. erato himera*

Age (edad en días),Egg (Huevo),L1,L2,L3,L4,L5,Pupa,Female (Hembra),Male (macho)

0, 1 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

1, 0.887755102040816 , 1.02040816326531E-02 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

2, 0.831632653061224 , 6.63265306122449E-02 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

3, 0.637755102040816 , 0.260204081632653 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

4, 0.306122448979592 , 0.586734693877551 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

5, 6.63265306122449E-02 , 0.719387755102041 , 0.102040816326531 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

6, 1.02040816326531E-02 , 0.688775510204082 , 0.168367346938776 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

7, 0 , 0.61734693877551 , 0.239795918367347 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

8, 0 , 0.438775510204082 , 0.301020408163265 , 0.102040816326531 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

9, 0 , 0.362244897959184 , 0.285714285714286 , 0.178571428571429 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

10, 0 , 0.173469387755102 , 0.403061224489796 , 0.204081632653061 , 3.06122448979592E-02 , 0 , 0 , 0 , 0

11, 0 , 3.57142857142857E-02 , 0.428571428571429 , 0.255102040816327 , 8.16326530612245E-02 , 0 , 0 , 0 , 0

12, 0 , 1.02040816326531E-02 , 0.331632653061224 , 0.260204081632653 , 0.153061224489796 , 1.53061224489796E-02 , 0 , 0 , 0

13, 0 , 5.10204081632653E-03 , 0.158163265306122 , 0.346938775510204 , 0.188775510204082 , 3.06122448979592E-02 , 0 , 0 , 0

14, 0 , 0 , 0.076530612244898 , 0.316326530612245 , 0.224489795918367 , 6.63265306122449E-02 , 0 , 0 , 0

15, 0 , 0 , 5.10204081632653E-02 , 0.224489795918367 , 0.209183673469388 , 0.107142857142857 , 0 , 0 , 0

16, 0 , 0 , 4.08163265306122E-02 , 0.11734693877551 , 0.178571428571429 , 0.173469387755102 , 0 , 0 , 0

17, 0 , 0 , 2.04081632653061E-02 , 4.59183673469388E-02 , 0.13265306122449 , 0.198979591836735 , 2.04081632653061E-02 , 0 , 0

18, 0 , 0 , 2.04081632653061E-02 , 3.06122448979592E-02 , 7.14285714285714E-02 , 0.168367346938776 , 3.57142857142857E-02 , 0 , 0

19, 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-03 , 4.08163265306122E-02 , 0.137755102040816 , 6.63265306122449E-02 , 0 , 0

20, 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-03 , 1.02040816326531E-02 , 9.18367346938776E-02 , 0.086734693877551 , 0 , 0

21, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 7.14285714285714E-02 , 9.69387755102041E-02 , 0 , 0

22, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.04081632653061E-02 , 0.107142857142857 , 0 , 0

23, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.53061224489796E-02 , 0.107142857142857 , 0 , 0

24, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.02040816326531E-02 , 0.107142857142857 , 0 , 0

25, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.02040816326531E-02 , 0.107142857142857 , 0 , 0

26, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.02040816326531E-02 , 0.102040816326531 , 5.10204081632653E-03 , 0

27, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 8.16326530612245E-02 , 5.10204081632653E-03 , 1.53061224489796E-02

28, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 7.14285714285714E-02 , 1.02040816326531E-02 , 2.04081632653061E-02

29, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-02 , 1.53061224489796E-02 , 3.57142857142857E-02

30, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-02 , 1.53061224489796E-02 , 3.57142857142857E-02

31, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.55102040816327E-02 , 2.55102040816327E-02 , 4.59183673469388E-02

32, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-03 , 4.08163265306122E-02 , 4.59183673469388E-02

33, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.59183673469388E-02 , 4.59183673469388E-02

34, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.59183673469388E-02 , 4.08163265306122E-02

35, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.59183673469388E-02 , 4.08163265306122E-02

36, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.59183673469388E-02 , 4.08163265306122E-02

37, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.59183673469388E-02 , 3.57142857142857E-02

38, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.59183673469388E-02 , 3.57142857142857E-02

39, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.59183673469388E-02 , 3.06122448979592E-02

40, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.08163265306122E-02 , 3.06122448979592E-02

41, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3.57142857142857E-02 , 2.04081632653061E-02

42, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3.57142857142857E-02 , 1.53061224489796E-02

43, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.55102040816327E-02 , 1.53061224489796E-02

44, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.53061224489796E-02 , 5.10204081632653E-03

45, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-03 , 0

46, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-03 , 0

47, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5.10204081632653E-03 , 0

48, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0

ANEXO Q. Tasa de supervivencia (S_{xj}) en función de la edad de *H. erato lativitta*

Age (edad en días),Egg (Huevo),L1,L2,L3,L4,L5,Pupa,Female (Hembra),Male (macho)

0, 1 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

1, 0.34375 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

2, 0.25 , 0.09375 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

3, 0.197916666666667 , 0.145833333333333 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

4, 0.114583333333333 , 0.229166666666667 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

5, 0 , 0.302083333333333 , 0.03125 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

6, 0 , 0.229166666666667 , 7.29166666666667E-02 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

7, 0 , 0.177083333333333 , 0.104166666666667 , 2.08333333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

8, 0 , 8.33333333333333E-02 , 0.166666666666667 , 2.08333333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

9, 0 , 0.0625 , 0.135416666666667 , 5.20833333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

10, 0 , 0 , 0.135416666666667 , 7.29166666666667E-02 , 2.08333333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0

11, 0 , 0 , 0.09375 , 7.29166666666667E-02 , 2.08333333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0

12, 0 , 0 , 7.29166666666667E-02 , 5.20833333333333E-02 , 5.20833333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0

13, 0 , 0 , 2.08333333333333E-02 , 0.0625 , 8.33333333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0

14, 0 , 0 , 2.08333333333333E-02 , 0.0625 , 8.33333333333333E-02 , 0 , 0 , 0 , 0

15, 0 , 0 , 2.08333333333333E-02 , 0.0625 , 5.20833333333333E-02 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 0 , 0

16, 0 , 0 , 0 , 0.0625 , 5.20833333333333E-02 , 0.03125 , 0 , 0 , 0

17, 0 , 0 , 0 , 4.16666666666667E-02 , 5.20833333333333E-02 , 4.16666666666667E-02 , 0 , 0 , 0

18, 0 , 0 , 0 , 2.08333333333333E-02 , 5.20833333333333E-02 , 5.20833333333333E-02 , 0 , 0 , 0

19, 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0.03125 , 5.20833333333333E-02 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 0

20, 0 , 0 , 0 , 0 , 0.03125 , 0.03125 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 0

21, 0 , 0 , 0 , 0 , 0.03125 , 2.08333333333333E-02 , 2.08333333333333E-02 , 0 , 0

22, 0 , 0 , 0 , 0 , 2.08333333333333E-02 , 2.08333333333333E-02 , 2.08333333333333E-02 , 0 , 0

23, 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 1.04166666666667E-02 , 0.03125 , 0 , 0

24, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.03125 , 0 , 0

25, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.03125 , 0 , 0

26, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.08333333333333E-02 , 0 , 1.04166666666667E-02

27, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 1.04166666666667E-02

28, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 1.04166666666667E-02

29, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 1.04166666666667E-02

30, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 1.04166666666667E-02

31, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0 , 1.04166666666667E-02

32, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 1.04166666666667E-02

33, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 1.04166666666667E-02

34, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 1.04166666666667E-02

35, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 1.04166666666667E-02

36, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 1.04166666666667E-02

37, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 1.04166666666667E-02

38, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

39, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

40, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

41, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

42, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

43, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

44, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

45, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

46, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

47, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

48, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

49, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.04166666666667E-02 , 0

50, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0

ANEXO R. Tasa de supervivencia específica por edad ($(\mathrm{l_x})$, fecundidad femenina ($\mathrm{f_{xj}}$), fecundidad específica por edad ($\mathrm{m_x}$), maternidad especifica por edades ($\mathrm{l_x m}_x$) de *H. erato himera*

Age, (l_x), f_{xj}, m_x $l_x m_x$, Cumu[l(x)*m(x)]

0,1,0,0,0,0

1,.897959183673469,0,0,0,0

2,.897959183673469,0,0,0,0

3,.897959183673469,0,0,0,0

4,.892857142857143,0,0,0,0

5,.887755102040816,0,0,0,0

6,.86734693877551,0,0,0,0

7,.857142857142857,0,0,0,0

8,.841836734693878,0,0,0,0

9,.826530612244898,0,0,0,0

10,.811224489795918,0,0,0,0

11,.801020408163265,0,0,0,0

12,.770408163265306,0,0,0,0

13,.729591836734694,0,0,0,0

14,.683673469387755,0,0,0,0

15,.591836734693878,0,0,0,0

16,.510204081632653,0,0,0,0

17,.418367346938776,0,0,0,0

18,.326530612244898,0,0,0,0

19,.25,0,0,0,0

20,.193877551020408,0,0,0,0

21,.168367346938776,0,0,0,0

22,.127551020408163,0,0,0,0

23,.122448979591837,0,0,0,0

24,.11734693877551,0,0,0,0

25,.11734693877551,0,0,0,0

26,.11734693877551,0,0,0,0

27,.102040816326531,1,.05,5.10204081632653E-03,5.10204081632653E-03

28,.102040816326531,0,0,0,5.10204081632653E-03

29,.102040816326531,.333333333333333,.05,5.10204081632653E-
03,1.02040816326531E-02
30,.102040816326531,.333333333333333,.05,5.10204081632653E-
03,1.53061224489796E-02
31,9.69387755102041E-02,.2,5.26315789473684E-02,5.10204081632653E-
03,2.04081632653061E-02
32,9.18367346938776E-02,0,0,0,2.04081632653061E-02
33,9.18367346938776E-
02,.333333333333333,.166666666666667,1.53061224489796E-
02,3.57142857142857E-02
34,.086734693877551,.222222222222222,.117647058823529,1.02040816326531E-
02,4.59183673469388E-02
35,.086734693877551,.333333333333333,.176470588235294,1.53061224489796E-
02,6.12244897959184E-02
36,.086734693877551,.222222222222222,.117647058823529,1.02040816326531E-
02,7.14285714285714E-02
37,8.16326530612245E-02,.222222222222222,.125,1.02040816326531E-
02,8.16326530612245E-02
38,8.16326530612245E-02,.222222222222222,.125,1.02040816326531E-
02,9.18367346938775E-02
39,.076530612244898,.111111111111111,6.66666666666667E-
02,5.10204081632653E-03,9.69387755102041E-02
40,7.14285714285714E-02,.125,7.14285714285714E-02,5.10204081632653E-
03,.102040816326531
41,5.61224489795918E-02,0,0,0,.102040816326531
42,5.10204081632653E-02,.428571428571429,.3,1.53061224489796E-
02,.11734693877551
43,4.08163265306122E-02,.2,.125,5.10204081632653E-03,.122448979591837
44,2.04081632653061E-02,.333333333333333,.25,5.10204081632653E-
03,.127551020408163
45,5.10204081632653E-03,0,0,0,.127551020408163

46,5.10204081632653E-03,1,1,5.10204081632653E-03,.13265306122449

47,5.10204081632653E-03,0,0,0,.13265306122449

48,0,0,0,0,.13265306122449

ANEXO O. Tasa de supervivencia específica por edad ((l_x), fecundidad femenina (f_{xj}), fecundidad específica por edad (m_x), maternidad especifica por edades ($l_x m_x$) de *H. erato lativitta*

Age, (l_x), f_{xj}, m_x, $l_x m_x$, Cumu[l(x)*m(x)]

0,1,0,0,0,0

1,.34375,0,0,0,0

2,.34375,0,0,0,0

3,.34375,0,0,0,0

4,.34375,0,0,0,0

5,.333333333333333,0,0,0,0

6,.302083333333333,0,0,0,0

7,.302083333333333,0,0,0,0

8,.270833333333333,0,0,0,0

9,.25,0,0,0,0

10,.229166666666667,0,0,0,0

11,.1875,0,0,0,0

12,.177083333333333,0,0,0,0

13,.166666666666667,0,0,0,0

14,.166666666666667,0,0,0,0

15,.145833333333333,0,0,0,0

16,.145833333333333,0,0,0,0

17,.135416666666667,0,0,0,0

18,.125,0,0,0,0

19,.104166666666667,0,0,0,0

20,7.29166666666667E-02,0,0,0,0

21,7.29166666666667E-02,0,0,0,0

22,.0625,0,0,0,0

23,5.20833333333333E-02,0,0,0,0

24,.03125,0,0,0,0

25,.03125,0,0,0,0

26,.03125,0,0,0,0

27,2.08333333333333E-02,0,0,0,0

28,2.08333333333333E-02,0,0,0,0

29,2.08333333333333E-02,0,0,0,0

30,2.08333333333333E-02,0,0,0,0

31,2.08333333333333E-02,0,0,0,0

32,2.08333333333333E-02,0,0,0,0

33,2.08333333333333E-02,1,.5,1.04166666666667E-02,1.04166666666667E-02

34,2.08333333333333E-02,0,0,0,1.04166666666667E-02

35,2.08333333333333E-02,1,.5,1.04166666666667E-02,2.08333333333333E-02

36,2.08333333333333E-02,1,.5,1.04166666666667E-02,.03125

37,2.08333333333333E-02,0,0,0,.03125

38,1.04166666666667E-02,3,3,.03125,.0625

39,1.04166666666667E-02,2,2,2.08333333333333E-02,8.33333333333333E-02

40,1.04166666666667E-02,2,2,2.08333333333333E-02,.104166666666667

41,1.04166666666667E-02,3,3,.03125,.135416666666667

42,1.04166666666667E-02,0,0,0,.135416666666667

43,1.04166666666667E-02,2,2,2.08333333333333E-02,.15625

44,1.04166666666667E-02,3,3,.03125,.1875

45,1.04166666666667E-02,2,2,2.08333333333333E-02,.208333333333333

46,1.04166666666667E-02,3,3,.03125,.239583333333333

47,1.04166666666667E-02,0,0,0,.239583333333333

48,1.04166666666667E-02,4,4,4.16666666666667E-02,.28125

49,1.04166666666667E-02,4,4,4.16666666666667E-02,.322916666666667

50,0,0,0,0,.322916666666667

ANEXO P. Esperanza de vida de *H. erato himera* (e_{xj})

Age (edad en días),Egg (Huevo),L1,L2,L3,L4,L5,Pupa,Female (Hembra),Male (macho)

0, 17.1683673469388 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

1, 18.0069616494627, 17.8943364967507 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

2, 17.0145621198911 , 16.8943364967507 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

3, 16.0511107093257 , 15.8943364967508 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

4, 14.8982388155189 , 15.1922232266858 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

5, 14.0040738045722 , 13.8689653079085 , 16.4211466062735 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

6, 12.9355876818607 , 13.0165258268834 , 15.4211466062735 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

7, 0 , 11.9355876818607 , 14.4211466062735 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

8, 0 , 10.6235147521762 , 12.7994950255624 , 14.2603762402335 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

9, 0 , 9.74654451580614 , 11.3014673387427 , 13.2603762402335 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

10, 0 , 8.38877995823933 , 9.87606300123821 , 12.0417578103521 , 13.31703198466 , 0 , 0 , 0 , 0

11, 0 , 6.29540285288315 , 8.28602794439822 , 10.6166664189162 , 12.31703198466 , 0 , 0 , 0 , 0

12, 0 , 4.66782811604518 , 6.93304093452292 , 8.59594774197966 , 12.1868861278104 , 15.6722547828818 , 0 , 0 , 0

13, 0 , 1 , 6.33565623209036 , 6.98492763504565 , 10.7996229439136 , 14.6722547828818 , 0 , 0 , 0

14, 0 , 0 , 4.47789927828663 , 6.13980337628138 , 8.89600884815438 , 13.6722547828818 , 0 , 0 , 0

15, 0 , 0 , 2.9512336429085 , 4.53123054904291 , 9.46332119445149 , 12.6722547828818 , 0 , 0 , 0

16, 0 , 0 , 2 , 3.51233642908494 , 7.81027427180192 , 11.6722547828818 , 0 , 0 , 0

17, 0 , 0 , 2 , 3.48973934566968 , 4.39601395965441 , 11.5722554092292 , 15.4945054945055 , 0 , 0

18, 0 , 0 , 1 , 1.82153880070547 , 3.82614043559812 , 11.5522045398589 , 19.3260073260074 , 0 , 0

19, 0 , 0 , 0 , 2 , 2.92923280423281 , 9.53066823437196 , 18.3260073260073 , 0 , 0

20, 0 , 0 , 0 , 1 , 1 , 6.71693121693123 , 20.4761904761905 , 0 , 0

21, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.56802721088436 , 19.4761904761905 , 0 , 0

22, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3.25 , 18.4761904761905 , 0 , 0

23, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3 , 17.4761904761905 , 0 , 0

24, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3 , 16.4761904761905 , 0 , 0

25, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2 , 15.4761904761905 , 0 , 0

26, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1 , 14.3166666666667 , 17.6666666666667 , 0

27, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 14.0625 , 16.6666666666667 , 13.7777777777778

28, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 12.8968253968254 , 15.6666666666667 , 12.7777777777778

29, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 11.6555555555556 , 14.6666666666667 , 11.7777777777778

30, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 10.6555555555556 , 13.6666666666667 , 10.7777777777778

31, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 10.3333333333333 , 12.6666666666667 , 9.77777777777778

32, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 11.6666666666667 , 11.6666666666667 , 8.77777777777778

33, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 10.6666666666667 , 7.77777777777778

34, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 9.66666666666667 , 7.625

35, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 8.66666666666667 , 6.625

36, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 7.66666666666667 , 5.625

37, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 6.66666666666667 , 5.28571428571429

38, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5.66666666666667 , 4.28571428571429

39, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.66666666666667 , 3.83333333333333

40, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4.125 , 2.83333333333333

41, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3.57142857142857 , 2.75

42, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.57142857142857 , 2.33333333333333

43, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.2 , 1.33333333333333

44, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2 , 1

45, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3 , 0

46, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2 , 0

47, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1 , 0

48,0,0,0,0,0,0,0,0,0

ANEXO Q. Esperanza de vida de *H. erato himera* (e_{xj})

Age (edad en días),Egg (Huevo),L1,L2,L3,L4,L5,Pupa,Female (Hembra),Male (macho)

0, 6.125 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

1, 14.9090909090908 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

2, 13.8756325881668 , 13.998313098222 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

3, 12.8433482434154 , 12.998313098222 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

4, 11.7306465308288 , 11.998313098222 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

5, 0 , 10.7306465308288 , 16.2704168686551 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

6, 0 , 10.0503219054279 , 15.2704168686551 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

7, 0 , 7.83597723421677 , 13.1790937875458 , 16.9987245714286 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

8, 0 , 5.39213128205128 , 12.1790937875458 , 15.9987245714286 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

9, 0 , 5.85617504273505 , 10.2976405297267 , 14.9987245714286 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

10, 0 , 0 , 7.28426256410256 , 13.827740952381 , 14.2552 , 0 , 0 , 0 , 0

11, 0 , 0 , 9.07726814814816 , 12.827740952381 , 13.2552 , 0 , 0 , 0 , 0

12, 0 , 0 , 8.74118095238096 , 11.5071466666667 , 12.2552 , 0 , 0 , 0 , 0

13, 0 , 0 , 8.324 , 9.38506666666667 , 11.2552 , 0 , 0 , 0 , 0

14, 0 , 0 , 7.324 , 8.38506666666667 , 10.2552 , 0 , 0 , 0 , 0

15, 0 , 0 , 6.32399999999999 , 7.38506666666667 , 11.7736533333333 , 15.1733333333333 , 0 , 0 , 0

16, 0 , 0 , 0 , 5.32399999999999 , 8.5072 , 14.1733333333333 , 0 , 0 , 0

17, 0 , 0 , 0 , 4.96333333333334 , 6.09066666666666 , 13.1733333333333 , 0 , 0 , 0

18, 0 , 0 , 0 , 3.5 , 4.42666666666667 , 12.1733333333333 , 0 , 0 , 0

19, 0 , 0 , 0 , 1 , 4 , 9.13333333333332 , 19.3333333333333 , 0 , 0

20, 0 , 0 , 0 , 0 , 3 , 13.5555555555555 , 18.3333333333333 , 0 , 0

21, 0 , 0 , 0 , 0 , 2 , 10.1666666666667 , 17.3333333333333 , 0 , 0

22, 0 , 0 , 0 , 0 , 1.5 , 9.16666666666667 , 16.3333333333333 , 0 , 0

23, 0 , 0 , 0 , 0 , 1 , 1 , 15.3333333333333 , 0 , 0

24, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 14.3333333333333 , 0 , 0

25, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 13.3333333333333 , 0 , 0

26, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 12.5 , 0 , 12

27, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 23 , 0 , 11

28, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 22 , 0 , 10

29, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 21 , 0 , 9

30, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 20 , 0 , 8

31, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 19 , 0 , 7

32, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 18 , 6

33, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 17 , 5

34, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 16 , 4

35, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 15 , 3

36, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 14 , 2

37, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 13 , 1

38, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 12 , 0

39, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 11 , 0

40, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 10 , 0

41, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 9 , 0

42, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 8 , 0

43, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 7 , 0

44, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 6 , 0

45, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 5 , 0

46, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4 , 0

47, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3 , 0

48, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2 , 0

49, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1 , 0

50,0,0,0,0,0,0,0,0,0

ANEXO R. Valor reproductivo en función de la edad v_{xj} de *H. erato himera*

Age (edad en días),Egg (Huevo),L1,L2,L3,L4,L5,Pupa,Female (Hembra),Male (macho)

0, 0.94835166518456 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

1, 1.00141192387561 , 1.01550766172335 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

2, 0.948788535873348 , 0.963058367959897 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

3, 0.89567119786058 , 0.913317993606879 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

4, 0.812514767423834 , 0.883469559999135 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

5, 0.753117717356742 , 0.775371339587422 , 1.17333364678923 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

6, 0.685304616485774 , 0.719477851726987 , 1.112732901524 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

7, 0 , 0.6499097647261 , 1.05526208467832 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

8, 0 , 0.546120176194061 , 0.862848989973726 , 1.18693878398763 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

9, 0 , 0.506739939432469 , 0.713505483373479 , 1.12563535585303 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

10, 0 , 0.410612443402783 , 0.592925902014348 , 1.01917856365844 , 1.30104280884636 , 0 , 0 , 0 , 0

11, 0 , 0.26469301174794 , 0.455476741435475 , 0.877437533077956 , 1.23384609625415 , 0 , 0 , 0 , 0

12, 0 , 0.149463124984427 , 0.364557033396452 , 0.638454501543511 , 1.21530453305496 , 1.78452328760728 , 0 , 0 , 0

13, 0 , 0 , 0.283487202791587 , 0.498847182768674 , 1.0925561112827 , 1.69235560668541 , 0 , 0 , 0

14, 0 , 0 , 0.102930604025485 , 0.424390825230832 , 0.903402529212815 , 1.60494823428151 , 0 , 0 , 0

15, 0 , 0 , 1.52675115237033E-02 , 0.262308201860476 , 0.981548533531617 , 1.52205530832159 , 0 , 0 , 0

16, 0 , 0 , 0 , 0.144789697655991 , 0.776008497310561 , 1.44344366510178 , 0 , 0 , 0

17, 0 , 0 , 0 , 0.116007461546766 , 0.352349745020139 , 1.4392706150593 , 2.28032456134165 , 0 , 0

18, 0 , 0 , 0 , 3.15523505318572E-02 , 0.266942902118728 , 1.43789152571389 , 2.88339941783434 , 0 , 0

19, 0 , 0 , 0 , 0 , 0.17953634238628 , 1.14371299594223 , 2.73447659942181 , 0 , 0

20, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.681054347121704 , 3.06474456204767 , 0 , 0

21, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.415207938057414 , 2.9064555664019 , 0 , 0

22, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.75634193598976 , 0 , 0

23, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.61398142669739 , 0 , 0

24, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.4789736026221 , 0 , 0

25, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.35093870971433 , 0 , 0

26, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.0014595675191 , 6.79065740909363 , 0

27, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.37260935747348 , 6.43993116770607 , 0

28, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.20300859491159 , 5.15896770615644 , 0

29, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.43566602016737 , 4.89251554342518 , 0

30, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.30986789237715 , 4.32370797777301 , 0

31, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.86742270686644 , 3.78427838358305 , 0

32, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3.39915632399021 , 3.39915632399021 , 0

33, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 3.22359551307294 , 0

34, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.74098491100754 , 0

35, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 2.38867275528316 , 0

36, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.94918453490298 , 0

37, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.63776756106019 , 0

38, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.34243475965612 , 0

39, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.06235540974501 , 0

40, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.01487836413388 , 0

41, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.96447727557971 , 0

42, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.91466361699125 , 0

43, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.645380861438792 , 0

44, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0.703962792379647 , 0

45, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1.05446117858314 , 0

46, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 1 , 0

47, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

ANEXO S. Valor reproductivo en función de la edad v_{xj} de *H. erato lativitta*

Age (edad en dias),Egg (Huevo),L1,L2,L3,L4,L5,Pupa,Female (Hembra),Male (macho)

0, 0.974782436800666 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

1, 2.7642203867052 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

2, 2.66422024977554 , 2.77529501540085 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

3, 2.56854190894687 , 2.70530872075228 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

4, 2.40681097415128 , 2.63708731286762 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

5, 0 , 2.34611696466197 , 4.77426430590626 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

6, 0 , 2.16846257728291 , 4.65386879242422 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

7, 0 , 1.65414956803131 , 3.67651970062401 , 6.68648352767824 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

8, 0 , 0.738571230324707 , 3.58380667746024 , 6.51786642436703 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

9, 0 , 0.95992830994249 , 2.83341555029362 , 6.35350144063577 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0

10, 0 , 0 , 1.40358182487277 , 5.81832257755481 , 6.75571950419444 , 0 , 0 , 0 , 0

11, 0 , 0 , 1.97626989765868 , 5.67159841453303 , 6.58535643534593 , 0 , 0 , 0 , 0

12, 0 , 0 , 1.78248000979227 , 4.86053785987173 , 6.41928951514738 , 0 , 0 , 0 , 0

13, 0 , 0 , 1.16375300808619 , 2.45880122734108 , 6.25741040501728 , 0 , 0 , 0 , 0

14, 0 , 0 , 1.13440594391099 , 2.39679614816065 , 6.0996134984137 , 0 , 0 , 0 , 0

15, 0 , 0 , 1.10579894242067 , 2.33635468860162 , 7.30167547826078 , 11.0579894242067 , 0 , 0 , 0

16, 0 , 0 , 0 , 1.07791334100645 , 4.67648557175106 , 10.7791334100645 , 0 , 0 , 0

17, 0 , 0 , 0 , 0.808254575142967 , 3.07136738554328 , 10.5073094768586 , 0 , 0 , 0

18, 0 , 0 , 0 , 0 , 1.575744660361 , 10.2423402923465 , 0 , 0 , 0

19, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 7.68004076629262 , 19.2001019157316 , 0 , 0

20, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 12.4772808809442 , 18.7159213214163 , 0 , 0

21, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 9.1219753011425 , 18.243950602285 , 0 , 0

22, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 8.89194092726151 , 17.783881854523 , 0 , 0

23, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 17.3354149389125 , 0 , 0

24, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 16.898257285028 , 0 , 0

25, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 16.4721237003696 , 0 , 0

26, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 24.0851042764639 , 0 , 0

27, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 46.955471240188 , 0 , 0

28, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 45.7713666937011 , 0 , 0

29, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 44.6171224284548 , 0 , 0

30, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 43.4919854396585 , 0 , 0

31, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 42.3952217114998 , 0 , 0

32, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 41.326115738287 , 0

33, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 40.2839700576689 , 0

34, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 38.2933224010541 , 0

35, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 37.3276565061633 , 0

36, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 35.4115599982159 , 0

37, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 33.5437828559706 , 0

38, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 32.697888975299 , 0

39, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 28.9489793290337 , 0

40, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 26.2693906015889 , 0

41, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 23.6573746853859 , 0

42, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 20.1364451613625 , 0

43, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 19.6286522325324 , 0

44, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 17.1840998362802 , 0

45, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 13.8264108032376 , 0

46, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 11.5281770419555 , 0

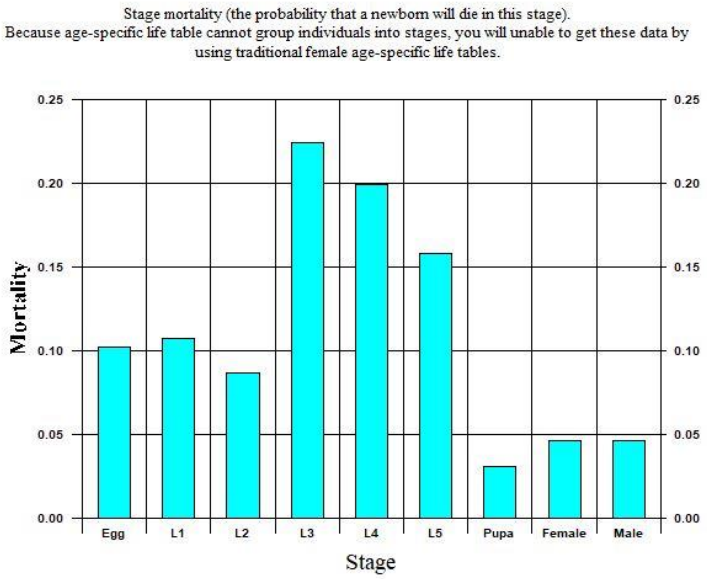
47, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 8.31311683827931 , 0

48, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 8.10347993796303 , 0

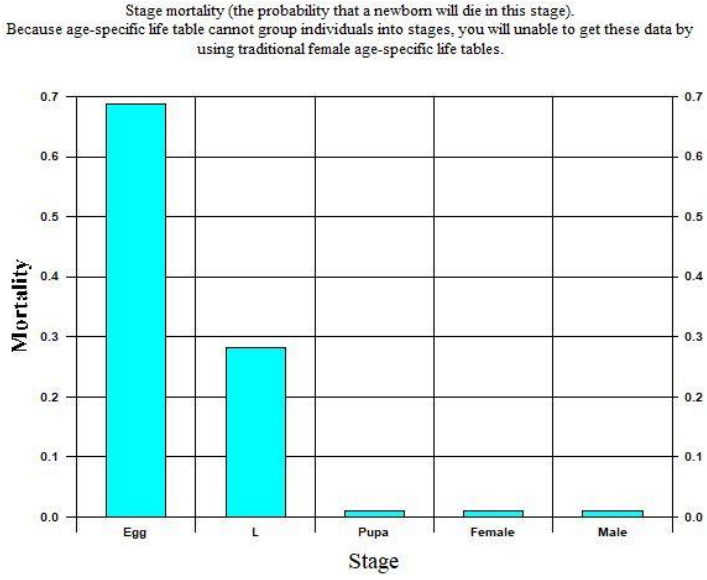
49, 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 0 , 4 , 0

50,0,0,0,0,0,0,0,0,0

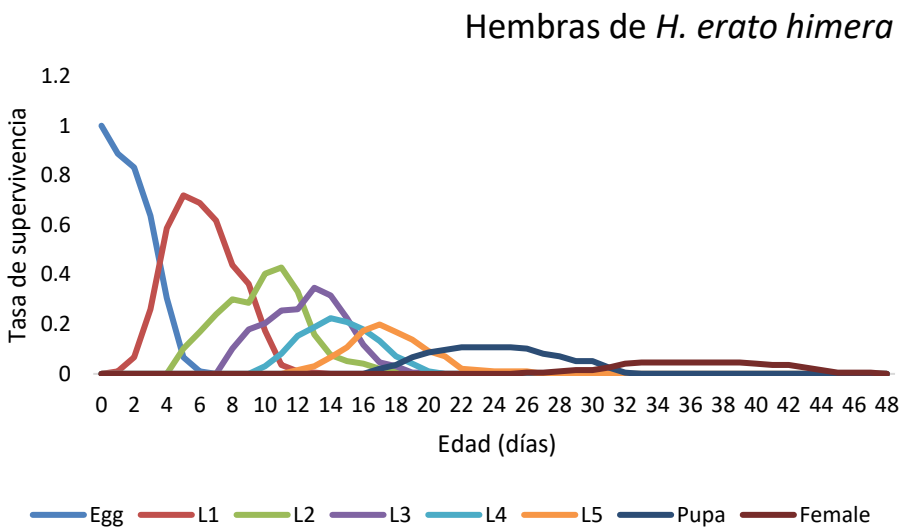
ANEXO T. Gráfica de mortalidad de *H. erato himera*



ANEXO U. Gráfica de mortalidad de *H. erato lativitta*

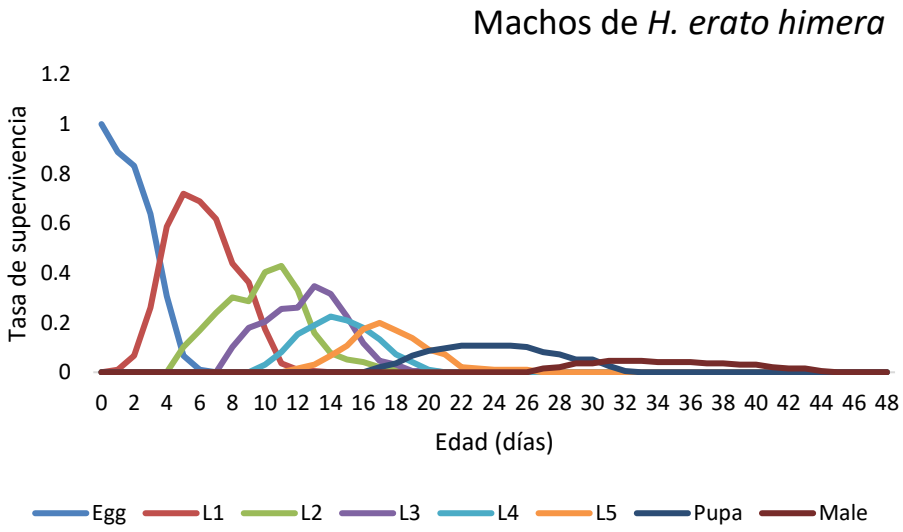


ANEXO V. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de las hembras de *H. erato himera* (S_{xj})



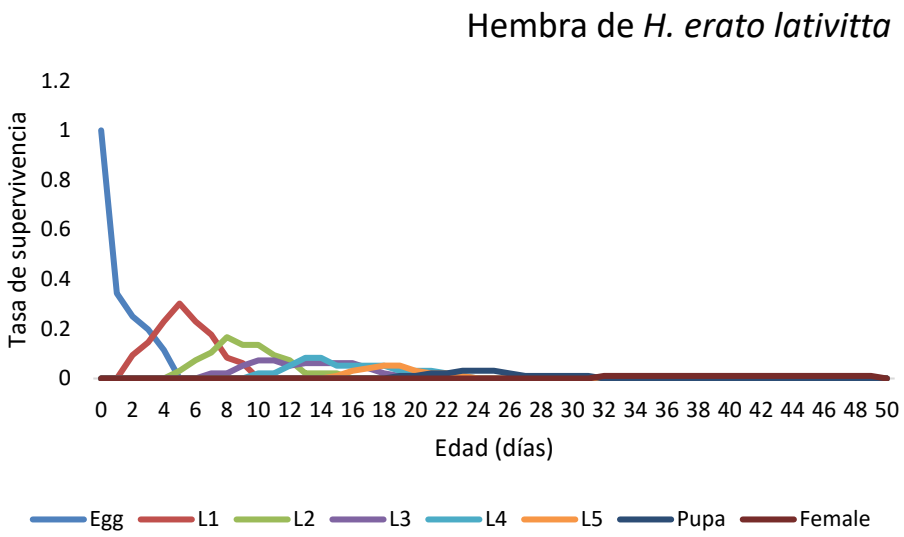
Los datos utilizados en la gráfica se encuentran en la tabla ANEXO P.

ANEXO W. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de los machos de *H. erato himera* (S_{xj})



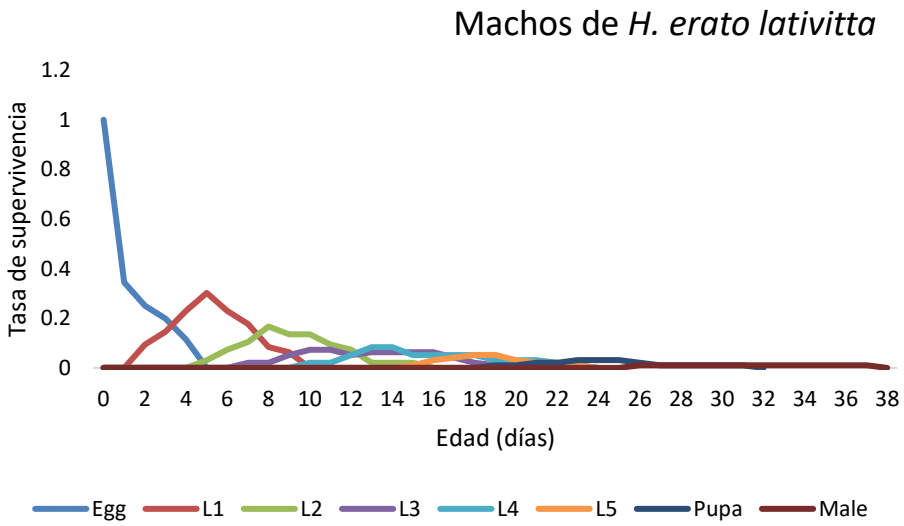
Los datos utilizados en la gráfica se encuentran en la tabla ANEXO P.

ANEXO X. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de hembra de *H. erato lativitta* (S_{xj})



Los datos utilizados en la gráfica se encuentran en la tabla ANEXO Q.

ANEXO Y. Tasa de supervivencia en función de la edad e instar de machos de *H. erato lativitta* (S_{xj})



Los datos utilizados en la gráfica se encuentran en la tabla ANEXO Q.