



---

---

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
PUEBLA**

INSTITUTO DE CIENCIAS  
CENTRO DE AGROECOLOGÍA  
MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

TESIS

**ESTABLECIMIENTO DE UN MARIPOSARIO PARA FOMENTAR LA  
EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA BENEMÉRITA  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

PRESENTA

IBT. MARÍA DEL ÁNGEL HUEY ORTEGA

COMITÉ TUTORAL

DIRECTOR DE TESIS

DR. AGUSTÍN ARAGÓN GARCÍA

ASESORES

D.R. JOSE LUIS ARTURO PARRA SUÁREZ

DRA. BETZABETH CECILIA PÉREZ TORRES

M.C. ALEJANDRA TORIJA TORRES



Puebla, Pue., enero, 2026



La presente tesis titulada: **“ESTABLECIMIENTO DE UN MARIPOSARIO PARA FOMENTAR LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA”**, realizada por la alumna **IBT. María del Ángel Huey Ortega**, bajo la dirección del Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN  
MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

COMITÉ TUTORIAL:

DIRECTOR: \_\_\_\_\_

  
Dr. Agustín Aragón García

ASESORA: \_\_\_\_\_

  
Dra. Betzabeth Cecilia Pérez Torres

ASESOR EXTERNO: \_\_\_\_\_

  
Dr. José Luis Arturo Parra Suárez

ASESORA EXTERNA: \_\_\_\_\_

  
M.C. Alejandra Torija Torres

REVISORA EXTERNA: \_\_\_\_\_

  
Dra. Paola Hernández Carranza

Puebla, Pue., enero de 2026.

## Índice

|       |                                                                             |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| I.    | INTRODUCCIÓN .....                                                          | 1  |
| II.   | ANTECEDENTES .....                                                          | 3  |
| 2.1   | Mariposario .....                                                           | 3  |
| 2.2   | Cría de lepidópteros .....                                                  | 4  |
| 2.3   | Taxonomía <i>Danaus plexippus plexippus</i> (Linnaeus, 1758) .....          | 5  |
| 2.4   | Morfología larval <i>Danaus plexippus plexippus</i> .....                   | 5  |
| 2.5   | Taxonomía de <i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval, 1836) .....               | 6  |
| 2.6   | Análisis químico proximal .....                                             | 7  |
| 2.7   | Educación ambiental .....                                                   | 8  |
| III   | MARCO TEÓRICO .....                                                         | 9  |
| 3.1   | Estructura de mariposario .....                                             | 9  |
| 3.2   | <i>Danaus plexippus plexippus</i> .....                                     | 9  |
| 3.2.1 | Reproducción de <i>Danaus plexippus plexippus</i> a nivel laboratorio ..... | 10 |
| 3.3   | <i>Leptophobia aripa</i> .....                                              | 10 |
| 3.3.1 | Reproducción en laboratorio .....                                           | 11 |
| 3.4   | Metodología para análisis químico-proximal de insectos .....                | 11 |
| 3.5   | Educación ambiental en insectos .....                                       | 12 |
| IV    | JUSTIFICACIÓN .....                                                         | 13 |
| V     | OBJETIVOS .....                                                             | 15 |
| 5.1   | Objetivo General .....                                                      | 15 |
| 5.2   | Objetivos Específicos .....                                                 | 15 |
| VI    | HIPÓTESIS .....                                                             | 15 |
| VII   | METODOLOGÍA .....                                                           | 16 |
| 7.1   | Sitio de Estudio .....                                                      | 16 |
| 7.2   | Diseño y automatización del mariposario .....                               | 17 |
| 7.2.1 | Diseño de mariposario .....                                                 | 17 |
| 7.2.2 | Propagación de plantas hospederas .....                                     | 18 |
| 7.2.3 | Pupario y jaulas .....                                                      | 19 |
| 7.3   | Morfología de <i>Danaus plexippus plexippus</i> .....                       | 19 |
| 7.3.1 | Colecta de adultos .....                                                    | 19 |
| 7.3.2 | Alimentación de adultos .....                                               | 20 |
| 7.3.3 | Jaula de vuelo .....                                                        | 20 |

|         |                                                                                            |    |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.3.4   | Pupario .....                                                                              | 21 |
| 7.3.5   | Reproducción de <i>Danaus plexippus plaxippus</i> a nivel laboratorio .....                | 21 |
| 7.3.6   | Morfometría y peso de larvas .....                                                         | 21 |
| 7.4     | Reproducción de <i>Leptophobia aripa</i> en mariposario .....                              | 22 |
| 7.5     | Análisis químico proximal <i>Leptophobia aripa</i> .....                                   | 22 |
| 7.5.1   | Preparación de la muestra.....                                                             | 22 |
| 7.5.2   | Determinación de humedad .....                                                             | 23 |
| 7.5.3   | Determinación de extracto etéreo por el método de Soxhlet .....                            | 23 |
| 7.5.4   | Determinación de proteína por el método de Kjeldhal .....                                  | 24 |
| 7.5.4.1 | Digestión .....                                                                            | 24 |
| 7.5.4.2 | Destilación.....                                                                           | 24 |
| 7.5.4.3 | Titulación.....                                                                            | 25 |
| 7.5.5   | Determinación de cenizas .....                                                             | 25 |
| 7.5.6   | Determinación de carbohidratos .....                                                       | 26 |
| 7.5.7   | Análisis de Digestibilidad .....                                                           | 26 |
| 7.6     | Educación ambiental de <i>Danaus plexippus plexippus</i> .....                             | 26 |
| VIII    | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                                                | 29 |
| 8.1     | Mariposario .....                                                                          | 29 |
| 8.1.1   | Automatización .....                                                                       | 29 |
| 8.1.2   | Propagación de plantas hospederas .....                                                    | 30 |
| 8.2     | Morfología larval de <i>Danaus plexippus plexippus</i> .....                               | 31 |
| 8.2.1   | Identificación de especie.....                                                             | 31 |
| 8.2.2   | Morfología larval de <i>Danaus plexippus plexippus</i> criadas a nivel de laboratorio..... | 32 |
| 8.6     | Análisis químico proximal .....                                                            | 36 |
| 8.7     | Educación ambiental.....                                                                   | 37 |
| IX      | CONCLUSIONES .....                                                                         | 43 |
| X       | RECOMENDACIONES .....                                                                      | 44 |
| XI      | LITERATURA CITADA.....                                                                     | 45 |
| XII     | ANEXOS .....                                                                               | 53 |

| Figura | Título                                                                                                                                | Pág. |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | Elementos en la construcción de la propuesta educativa Galindo y García (2024)                                                        | 8    |
| 2      | Croquis de secciones del Jardín Botánico de la BUAP                                                                                   | 16   |
| 3      | Diseño de divisiones del mariposario                                                                                                  | 17   |
| 4      | Plano interno de mariposario                                                                                                          | 18   |
| 5      | a) Pupario b) Jaulas para la copula y ovoposición                                                                                     | 19   |
| 6      | Jaula de vuelo que se utilizó en el laboratorio                                                                                       | 20   |
| 7      | Diagrama de planificación de taller "Cría de Lepidópteros"                                                                            | 28   |
| 8      | Modificación de Mariposario a) antes b) después con equipo instalado                                                                  | 30   |
| 9      | Diferencia entre macho y hembra, a) promedio de envergadura alar (n=20) de macho b) promedio de envergadura alar (n=20) hembra        | 31   |
| 10     | Capsula Cefálica de <i>Danaus plexippus plexippus</i> a) L1, b) L2, c) L3, d) L4 y e) L5                                              | 33   |
| 11     | Medida de promedio y rangos de <i>Danaus plexippus plexippus</i> a) Instar I, b) Instar II, c) Instar III, d) Instar IV y e) Instar V | 35   |
| 12     | Asistentes del primer taller a) presentación en aula b) propagación y manualidades                                                    | 38   |
| 13     | Segundo taller a) exposición con material didáctico b) alimentación y organismos                                                      | 39   |
| 14     | Gráfico de líneas mostrando la diferencia significativa del puntaje posterior al taller está por encima al puntaje anterior.          | 41   |

| Cuadro | Titulo                                                                              | Pág. |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | Morfología larval de <i>Danaus plexippus plexippus</i> , medidas en milímetros (mm) | 6    |
| 2      | Composición química proximal de lepidópteros en estado larval base seca             | 7    |
| 3      | Tamaño y peso de los cinco instares larvales de <i>Danaus plexippus plexippus</i>   | 32   |
| 4      | Análisis químico proximal de <i>Leptophobia aripa</i>                               | 36   |
| 5      | Porcentaje de grasa y proteína de algunos lepidópteros                              | 37   |
| 6      | Calificación de conocimiento de la primera encuesta                                 | 40   |
| 7      | Calificación de conocimiento de la segunda encuesta                                 | 40   |

## AGRADECIMIENTOS

- Se agradece a la Secretaria de Ciencias, Humanidades, Tecnologías e Innovación por el apoyo económico de la beca 131674, también a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y al Instituto de Ciencias por el apoyo académico que se brindó durante el desarrollo de este proyecto.
- A Dios y a mi madre Lidia Ortega que desde el cielo me iluminan para no rendirme, sintiendo en mi corazón su amor y confianza, motivándome a cumplir cada uno de mis sueños.
- A mi padre Eduardo Huey Rivas por su cariño, apoyo y confianza que sin duda alguna sus palabras de aliento fueron fundamentales para lograr esta meta.
- Al centro de Agroecología, al Laboratorio de Diagnóstico y Sistemática de Insectos, así como a los docentes del posgrado por la formación académica y apoyo educativo el cual fue clave para culminar esta etapa importante de mi vida.
- Mi más sincero agradecimiento al Dr. Agustín Aragón García por confiar en mí desde el comienzo de este proyecto, por su valiosa orientación educativa, por compartirme sus conocimientos, por el apoyo incondicional y cariño que marcó de manera significativa mi desarrollo académico y personal. Su ejemplo y vocación han sido una inspiración.
- Al Dr. José Luis Arturo Parra Suárez, a la Dra. Betzabeth Cecilia Pérez Torres y a la M.C. Alejandra Torija Torres por orientarme, apoyarme y enseñarme nuevas técnicas de la cría de lepidópteros, así como la elaboración y automatización de invernaderos. Sus aportaciones fueron claves para fortalecer el contenido y calidad de esta investigación.
- A la Dra. Paola Hernández Carranza por brindarme la oportunidad de trabajar en el laboratorio de la facultad de ciencias, así mismo por las valiosas enseñanzas que contribuyeron a mi formación académica.
- Al Biol. José Enrique Piñango por darme la oportunidad de trabajar en el laboratorio de cría de lepidópteros de Africam Safari, por la confianza de

participar en cada una de las actividades asignadas, sin duda alguna esta experiencia fue clave en mi formación académica y profesional.

- Al INECOL-Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero por darme de las mejores experiencias de mi vida al conocer el mundo de los lepidópteros, así como apreciar del hermoso ecosistema que lo conforma. Agradezco del apoyo, cariño y conocimiento que me brindaron los Biol. Octavio y Biol. Valeria.
- A mis compañeros de la maestría por ser tan amena esta etapa, en especial a mis mejores amigas Pamela Márquez y Scarlet Picazo por apoyarme, aconsejarme y estar para mí en todo momento.
- A Juan Pablo Ulloa por ser parte importante de la investigación al apoyarme a la toma de datos de la morfología de *D. plexippus*.
- Al Dr. Miguel Aragón por el curso de fotografía, así como la constante orientación académica que me brindo durante el posgrado.

## **DEDICATORIA**

A mis hermanos Brenda Y.H.O y Eduardo H.O. por ser mi motivación a seguir cumpliendo mis sueños, gracias por su apoyo incondicional por confiar en mí y en mis maripositas, por no dejarme en los momentos más vulnerables de esta etapa, por siempre ser mi lugar seguro, este logro también les pertenece.

# ESTABLECIMIENTO DE UN MARIPOSARIO PARA FOMENTAR LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo establecer un mariposario para la reproducción en condiciones bióticas y abióticas controladas para las especies de *Leptophobia aripa* como insecto plaga para considerarlo un posible alimento rico en proteínas, así como *Danaus plexippus plexippus* para impulsar la educación ambiental en el Jardín Botánico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos que incluyó un diagnóstico de área, diseño de la infraestructura, diseño de interiores, selección de plantas hospederas y nectaríferas, cría de mariposas, planeación de talleres y análisis en laboratorio.

En primera instancia se diseñó en el software Autocad la estructura del invernadero designando medidas y áreas estratégicas para el mariposario, donde en la primera sección se automatizó para propagar a  $35 \pm 1$  °C con humedad relativa del  $55 \pm 10\%$  200 semillas de *Asclepias curassavica* y 200 semillas de *Tropaeolum majus*, en un sustrato de Peat-moss y Agrolita en proporción de 50/50. La segunda sección fue destinada para el área de cría donde se resguardaron huevos, larvas y pupas esto a una temperatura de  $25 \pm 1$  °C y humedad relativa del  $52 \pm 5\%$ , misma temperatura para la tercera área donde se adaptó un agroecosistema destinado para la exhibición de adultos, colocando plantas hospederas y melíferas.

Al tener el área de estudio y observar los comportamientos de los adultos se capturaron en el jardín botánico cuatro adultos de mariposa monarca, la determinación taxonómica de la especie fue corroborada en la facultad de ciencias de la UNAM por el Dr. Jorge Enrique Llorente Bousquets. Para conocer la

morfometría de 40 larvas a nivel laboratorio se mantuvo una temperatura de  $25 \pm 1$  °C y humedad relativa del  $52 \pm 5$  % con fotoperiodo 12:12 L:O, utilizando un microscopio estereoscópico Olympus SZ21LST y el software ImageJ 64-bit Java 8, donde se tomaron fotografías de cada larva cada 12 h utilizando una medida milimétrica de referencia para el software, la cual permitió obtener las longitudes promedio de los cinco estadios larvarios: (L1)  $1.92 \pm 0.31$  mm y capsula cefálica  $0.48 \pm 0.04$  mm; (L2)  $4.73 \pm 0.75$  de longitud, capsula cefálica  $0.67 \pm 0.10$  mm; (L3)  $12.73 \pm 0.26$  mm de longitud, capsula cefálica  $1.81 \pm 0.44$  mm; (L4) el largo larval fue de  $29.46 \pm 1.01$  mm, capsula cefálica  $3.42 \pm 0.26$ ; (L5)  $35.71 \pm 0.99$  mm, capsula cefálica  $3.73 \pm 0.05$ . Por otro lado, el tamaño de las pupas fue de longitud de  $21.42 \pm 0.71$  mm y ancho  $8.97 \pm 0.65$  mm. Los pesos oscilaron entre (L1)  $0.005 \pm 0.06$  g y (L5)  $1.23 \pm 0.17$  g. La envergadura alar de las hembras  $79.78 \pm 0.6$  mm y los machos  $84.65 \pm 0.53$  mm. El rango de desarrollo en días L1=1-2; L2=1.5-2.5; L3=2-3, L4=1.5-2.5; L5=2.5-3.5.

En cuanto a la evaluación de *L. aripa* como fuente de alimento se realizó un análisis químico proximal empleando técnicas de la AOAC 1995 para determinar si su contenido proteico está dentro del rango de lepidópteros comestibles por lo que en 100 g en base seca se obtuvo: proteína  $37.65 \pm 3.03$ , grasa  $37.61 \pm 0.27$ , cenizas  $10.90 \pm 0.53$ , humedad  $12.82 \pm 1.73$ , carbohidratos 1.02, indicando un aporte considerable en proteína estando dentro del rango de 13 al 64%.

Los resultados obtenidos de la morfometría, análisis químico proximal, así como de las crías y propagación de plantas hospederas se utilizaron para la aplicación de talleres sobre educación ambiental a estudiantes y visitantes del jardín botánico de la BUAP, donde se hablaron de generalidades de los lepidópteros, importancia en el ecosistema, ciclo de vida, plantas hospederas, jardines polinizadores y función de mariposarios, todo esto con apoyo de presentaciones visuales como de interacción con las especies ofreciendo un recorrido guiado. Los alumnos tuvieron un aprendizaje positivo, una vez que tomaron el taller.

**Palabras clave:** morfometría larval, estados inmaduros, análisis químico proximal, *Leptophobia aripa*, *Danaus plexippus plexippus*, plantas hospederas, educación ambiental.

## **Abstract**

The present research aimed to establish a butterfly house for reproduction under controlled biotic and abiotic conditions for the species *Leptophobia aripa*, considered an agricultural pest and evaluated as a potential protein-rich food source, as well as *Danaus plexippus plexippus*, in order to promote environmental education at the Botanical Garden of the BUAP. The study was conducted using a mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative methods, and included an area assessment, infrastructure design, interior layout design, selection of host and nectariferous plants, butterfly rearing, workshop planning, and laboratory analysis.

Initially, the greenhouse structure was designed using AutoCAD software, defining dimensions and strategic areas for the butterfly house. In the first section, 200 seeds of *A. curassavica* and 200 seeds of *Tropaeolum majus* were propagated at  $35 \pm 1$  °C and  $55 \pm 1\%$  relative humidity, using a substrate composed of peat moss and perlite in a 50:50 ratio. The second section was designated as the rearing area, where eggs, larvae, and pupae were maintained at a temperature of  $25 \pm 1$  °C and a relative humidity of  $52 \pm 10\%$ . The same temperature conditions were applied in the third area, where an agroecosystem was established for adult exhibition, incorporating host and nectariferous plants.

After defining the study area and observing adult behavior, four adult monarch butterflies were captured in the botanical garden. Taxonomic identification of the species was confirmed at the Faculty of Sciences of the National Autonomous University of Mexico (UNAM) by Dr. Jorge Enrique Llorente Bousquets. To

determine the morphometry of 40 larvae under laboratory conditions, specimens were maintained at a temperature of  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  and a relative humidity of  $52 \pm 10\%$ , with a 12:12 L: O. A stereoscopic microscope (Olympus SZ2ILST) and ImageJ software (64-bit, Java 8) were used. Photographs of each larva were taken every 12 h using a millimetric reference scale for calibration, allowing the estimation of average lengths for the five larval instars: (L1)  $1.92 \pm 0.31$  mm in length and a head capsule width of  $0.48 \pm 0.04$  mm; (L2)  $4.73 \pm 0.75$  mm in length, head capsule  $0.67 \pm 0.10$  mm; (L3)  $12.73 \pm 0.26$  mm in length, head capsule  $1.81 \pm 0.44$  mm; (L4)  $29.46 \pm 1.01$  mm in length, head capsule  $3.42 \pm 0.26$  mm; and (L5)  $35.71 \pm 0.99$  mm in length, head capsule  $3.73 \pm 0.05$  mm. Pupal length averaged  $21.42 \pm 0.71$  mm with a width of  $8.97 \pm 0.65$  mm. Larval weights ranged from  $0.005 \pm 0.06$  g (L1) to  $1.23 \pm 0.17$  g (L5). Female wingspan averaged  $79.78 \pm 0.60$  mm, while males averaged  $84.65 \pm 0.53$  mm. Developmental duration (days) for each instar was: L1 = 1–2; L2 = 1.5–2.5; L3 = 2–3; L4 = 1.5–2.5; and L5 = 2.5–3.5.

Regarding the evaluation of *L. aripa* as a food source, a proximal chemical analysis was carried out using techniques from the 1995 AOAC to determine if its protein content is within the range of edible lepidoptera, so that in 100 g on a dry basis it was obtained: protein  $37.65 \pm 3.03$ , fat  $37.61 \pm 0.27$ , ashes  $10.90 \pm 0.53$ , moisture  $12.82 \pm 1.73$ , carbohydrates 1.02, indicating a considerable contribution in protein being within the range of 13 to 64%

The results obtained from morphometric analyses, proximal chemical analysis, as well as the rearing and propagation of host plants were used to implement environmental education workshops for students and visitors at the BUAP Botanical Garden. These workshops addressed general aspects of Lepidoptera, their ecological importance, life cycle, host plants, pollinator gardens, and the role of butterfly houses. The activities were supported by visual presentations and direct interaction with the species through guided tours. Participants showed positive learning outcomes after attending the workshops.

**Keywords:** larval morphometry, immature stages, proximal chemical analysis, *Leptophobia aripa*, *Danaus plexippus plexippus*, host plants, environmental education.

## I. INTRODUCCIÓN

En México se estima que existen 23 750 especies de lepidópteros con cerca de 14 500 descritas y documentadas, representando solo el 10% en México a nivel mundial (Llorente *et al.*, 2014). En el estado de Puebla se han registrado 488 especies de lepidópteros distribuidos en 9 familias (Ramírez *et al.*, 2023). Estos insectos son de suma importancia en los ecosistemas al formar parte de las cadenas tróficas, además de que contribuyen a los servicios ecosistémicos y forman parte de las principales familias de polinizadores en México (Nava, 2022).

A lo largo de los años se muestra un descenso de especies a nivel mundial, Sánchez y Wyckhuys (2019) reportan el declive de lepidópteros del 1.8% con una tasa de extinción del 11%, generado por los diferentes factores ambientales, como el cambio climático, disminución de hábitat causada por deforestación y uso de químicos tóxicos en cultivos agrícolas siendo uno de los principales factores. Datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2022) reporta que en México el uso de los plaguicidas predomina en las actividades agrícolas sin tener un control de su uso a nivel nacional, provocando a largo plazo afectaciones a la salud de los consumidores debido a que se han encontrado residuos de plaguicidas altamente peligrosos en los alimentos, causando efectos negativos en la salud y en el medio ambiente (Díaz *et al.*, 2021). Las estrategias utilizadas para el declive de lepidópteros, son espacios como zoocriaderos o mariposarios donde su principal objetivo es la preservación de especies, éste puede ser enfocado al ámbito ecológico económico o de educación, estos espacios representan una oportunidad de interacción y enseñanza en el desarrollo de fenómenos como el de la metamorfosis (Muñoz *et al.*, 2023). Otra estrategia es el manejo del control de plagas en los cultivos evitando el uso de plaguicidas, como lo son las practicas alimentarias (entomofagia, consumo de insectos) esta actividad disminuye las poblaciones de larvas evitando la mortalidad de otras especies, la alta demanda de contenido proteico en lepidópteros muestra una variabilidad del 13-64% en proteínas (Avendaño *et al.*, 2020) beneficiando la dieta humana, el bajo impacto

ecológico mejorando el estilo de vida de las generaciones presentes y futuras (Hernández, 2021).

La FAO ha determinado que las orugas de lepidópteros son de los insectos más consumidos, arrojando un 18% de preferencia, así mismo, ha puntualizado que aún no se conocen casos de enfermedades en humanos, derivados del consumo de insectos, siempre y cuando sean manipulados en condiciones adecuadas de higiene (Avendaño *et al.*, 2020).

Otro factor importante al declive de especies es la falta de interés de preservación, esto se debe a la falta de concientización por parte de la sociedad al no tener un conocimiento sobre la importancia de los insectos, inclusive la relación distante con el hombre, ocasionando que hasta el día de hoy existan pocas políticas públicas para la protección de éstos (Sánchez y Reyes, 2021).

Por tal motivo es importante impartir prácticas sostenibles y ecológicas en nuestra vida cotidiana, con la finalidad de frenar o revertir las tendencias actuales, por lo que la educación ambiental es una herramienta importante de considerar. De acuerdo con Sánchez y Reyes (2021) consideran que la educación ambiental es una actividad constructiva que revaloriza la importancia de los insectos, así como del medio ambiente tras las actividades antropogénicas generadas. Esto surge como una herramienta derivado de la crisis ambiental, donde se realiza una promoción de los comportamientos responsables, así como, en la enseñanza de información y conocimiento (Heras, 2023).

## **II. ANTECEDENTES**

### **2.1 Mariposario**

Un mariposario es un espacio donde se crea un agroecosistema en condiciones óptimas enfocándose en la conservación, reproducción, propagación, exhibición de lepidópteros brindando protección. De acuerdo con Montero (2007) pueden ser de diferentes dimensiones donde se cumpla el objetivo deseado, como lo son los mariposarios de cría para la exportación, para la venta nacional, para experimentación, para la elaboración de artesanías, para exhibición sin cría solo compra de pupas a mariposas de cría, mariposarios turísticos y educativos, además de empresariales.

Esto con la finalidad de crear espacios favorables, fomentando la educación ambiental y el desarrollo de la investigación científica, buscando imbuir en la sociedad conciencia a través de la vivencia personal por medio de la cercanía con mariposas (Callejas y Rivera, 2021).

En México existen instituciones privadas como públicas que cuentan con espacios designados para la reproducción de mariposas con diferentes propósitos, algunas de ellas operan de manera poco desarrollada dedicándose al comercio de los organismos en internet o zoocriaderos, por otro lado instituciones operan como Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMAS) a través de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) donde su objetivo es de conservación, valoración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, los servicios ambientales y la biodiversidad, recreación abarcando investigación, educación ambiental, producción de pías de cría y ejemplares, productos y subproductos y comercialización en un mercado legal y certificado para la vida silvestre (CONABIO, 2012; Cuevas, 2021).

Uno de los mariposarios más reconocidos en México es el del parque temático Xcaret en Quintana Roo cuenta con una superficie de 3 500 m<sup>2</sup>, hasta 15 m de

altura, considerándolo uno de los más grandes del mundo, reproduce y exhibe de manera extensiva 40 especies de mariposas locales siendo una UMA, otro mariposario es el del zoológico de Chapultepec ubicado en el ciudad de México, cuenta con una superficie de 400 m<sup>2</sup> y alberga 50 especies de mariposas tropicales, es un mariposario de exhibición debido a que semanalmente recibe de una granja de Costa Rica alrededor de 800 crisálidas de 40 especies diferentes (Cuevas, 2021). El mariposario Sia Tikuva cuenta con los permisos de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales para la crianza, comercialización, exhibición educación ambiental y ecoturismo de mariposas vivas, se encuentra en el estado de Jalisco y a diferencia de los otros mariposarios este cuenta con un mariposario móvil donde transporta diferentes especies a diferentes estados impartiendo clases de educación ambiental, así como dar el servicio de exhibición (Mariposario en México, 2022). En Xalapa Veracruz se encuentra el mariposario SIWINI que forma parte del Jardín Botánico Clavijero del Instituto de Ecología, el cual colabora con la colección entomológica del INECOL sumando a la investigación científica, imparte talleres de educación ambiental a los estudiantes, así como, a la población que lo visita, crían alrededor de 26 especies. En el zoológico de Africam Safari Puebla, cuenta con el mariposario X-Mahana, cría alrededor de 12 especies de lepidópteros tiene un laboratorio de cría, área de propagación de plantas hospederas y exhibidor de adultos.

## **2.2 Cría de lepidópteros**

La cría del orden lepidoptera es muy importante para el equilibrio de los ecosistemas, por tal motivo se ha optado una variedad de estrategias para buscar su preservación en diferentes especies. Un claro ejemplo son los zoocriaderos que son espacios modificados para la reproducción y adaptación de animales e insectos destinados para la cría, manipulación y producción de su alimento, con la finalidad de la reinserción, preservación y exhibición, éste puede ser a través de tres tipos, como lo es de tipo "Granja" el cual se refiere a la producción a nivel comercial, donde por única vez se capturan a los reproductores para obtener crías, esto en un ambiente cerrado. Por otra parte, el de tipo "Rancho" se refiere a un manejo

sostenible de una población en su ambiente, por lo que es necesario un mejoramiento de hábitat, control de colecta y cosecha de alimentos hospederos. Por último, se tiene el de “Operación mixta” que abarca las generalidades de tipo rancho y granja, agregando la incubación artificial, así como metodologías más rigurosas en el hábitat (Montero, 2007).

Para el caso de los zoocriaderos de lepidópteros fomenta la participación ciudadana, así como el mejoramiento económico, debido a que actualmente la venta de mariposas diurnas tiene mayor preferencia en la sociedad (Montero, 2007).

### **2.3 Taxonomía *Danaus plexippus plexippus* (Linnaeus, 1758)**

La taxonomía de la mariposa monarca de acuerdo con CNIN (2007) es la siguiente:

**REINO:** Animalia

**FILO:** Arthropoda

**SUBFILO:** Euarthropoda

**SUPERCLASE:** Mandibulata

**CLASE:** Hexapoda

**SUBCLASE:** Pterygota

**DIVISIÓN:** Neoptera

**SUBDIVISIÓN:** Endopterigota

**ORDEN:** Lepidoptera

**FAMILIA:** Nymphalidae

**SUBFAMILIA:** Danainae

**GÉNERO:** *Danaus*

**ESPECIE:** *D. plexippus* (Linnaeus, 1758)

**SUB ESPECIE:** *D. plexippus plexippus*

### **2.4 Morfología larval *Danaus plexippus plexippus***

El estadio larval es muy importante debido a que alcanza su máximo crecimiento, la masa corporal final que llega a tener es aproximadamente dos mil veces más grande desde la eclosión del huevo hasta la crisálida (SEMARNAT, 2013), también los cambios de temperatura influyen en el crecimiento y desarrollo de la larva, además de causar variabilidad en su coloración (Solensky y Larkin, 2003). En el cuadro 1 se muestran las medidas de diferentes partes del cuerpo establecidas por diferentes autores que han trabajado sobre esta especie.

Cuadro 1. Morfología larval de *Danaus plexippus plexippus*, medidas en milímetros (mm).

| Autor                         | Medidas          | Instar 1    | Instar 2  | Instar 3  | Instar 4 | Instar 5 |
|-------------------------------|------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|
| Oberhauser y Kuda (1997)      | Largo del Cuerpo | 2 a 6       | 6 a 9     | 10 a 14   | 13 a 25  | 25 a 45  |
|                               | Ancho del cuerpo | 0.5 a 1.5   | 1 a 2     | 2 a 3.5   | 2.5 a 5  | 5 a 8    |
|                               | Capsula cefálica | 0.6         | 0.8       | 1.5       | 2.2      | 3.5      |
| De la Pava y Sepúlveda (2012) | Largo del Cuerpo | 4.25 ± 0.4  | -         | -         | -        | 40 ± 0.1 |
|                               | Capsula cefálica | 0.59 ± 0.05 | 0.9 ± 0.1 | 1.4 ± 0.1 | 2        | 3.5      |
| Díaz (2012)                   | Largo            | 5.0         | 7.8       | 11.48     | 23.81    | 37.67    |

## 2.5 Taxonomía de *Leptophobia aripa* (Boisduval, 1836)

La taxonomía de la mariposa blanca de acuerdo con CNIN (2013) es la siguiente:

**REINO:** Animalia

**FILO:** Arthropoda

**SUBFILO:** Euarthropoda

**SUPERCLASE:** Mandibulata

**CLASE:** Hexapoda

**SUBCLASE:** Pterygota

**DIVISIÓN:** Neoptera

**SUBDIVISIÓN:** Endopterygota

**ORDEN:** Lepidoptera

**SUBORDEN:** Ditrysia

**FAMILIA:** Pieridae

**GENERO:** *Leptophobia*

**ESPECIE:** *Leptophobia aripa* (Boisduval, 1836) sub  
especie *eolodia*

## 2.6 Análisis químico proximal

El análisis químico proximal es un método cuantitativo donde se determinan los componentes calóricos y no calóricos del alimento, como el porcentaje de humedad, ceniza, grasa, proteína e hidratos de carbono (Bernal *et al.*, 2019), en el cuadro 2 se presentan datos del contenido proteico de los lepidópteros comúnmente consumidos.

Cuadro 2. Composición química proximal de lepidópteros en estado larval base seca.

| Autor                                | Especie                                              | %<br>Humedad | %<br>Ceniza | %<br>Grasa | %<br>Fibra<br>Cruda | %<br>Carbohidratos | %<br>Proteína |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|---------------------|--------------------|---------------|
| Navarro <i>et al.</i> , (2011)       | <i>Paradirphia fumosa</i> (cuchamá)                  | 5.95         | 9.8         | 16.5       | 7.8                 | 18.2               | 41.75         |
| (Rostro <i>et al.</i> , 2012)        | <i>Comadia redtembacheri</i> (gusano rojo de maguey) | NR           | 2.07        | 58.54      | 1.85                | 6.31               | 31.23         |
| Ramos y Osorio (1994)                | <i>Arsenura polyodonta</i> (cuecla)                  | -NR          | 2.23        | 10.86      | 11.26               | 3.24               | 55.02         |
| (Ramos-Elorduy <i>et al.</i> , 2002) | <i>Castnia chelone</i> (mariposa palma)              | NR           | 1.46        | 47.99      | 2.89                | 14.2               | 33.45         |

NR: no reportada

## 2.7 Educación ambiental

En la reserva de la biosfera de la Mariposa Monarca no solo es importante el impacto ecológico sino también social, político y económico, debido a la influencia turística de noviembre a marzo que es la etapa de hibernación de la especie, por lo que se ha convertido en un modelo de enseñanza y reflexión para su conservación, donde se ofrecen talleres de educación ambiental a los visitantes buscando reflexión y comprensión de este organismo con su entorno natural (Quezada, 2024).

De acuerdo con Galindo y García (2024) para la enseñanza sobre el comportamiento migratorio de la mariposa monarca es importante identificar los problemas e interpretaciones, buscando enriquecer a estudiantes el comportamiento biológico y ecológico de la especie, imbuyendo reflexión por medio de actividades didácticas, esto a través del diseño, implementación y análisis simultaneo con la profundización disciplinar como se muestra en la figura 1.

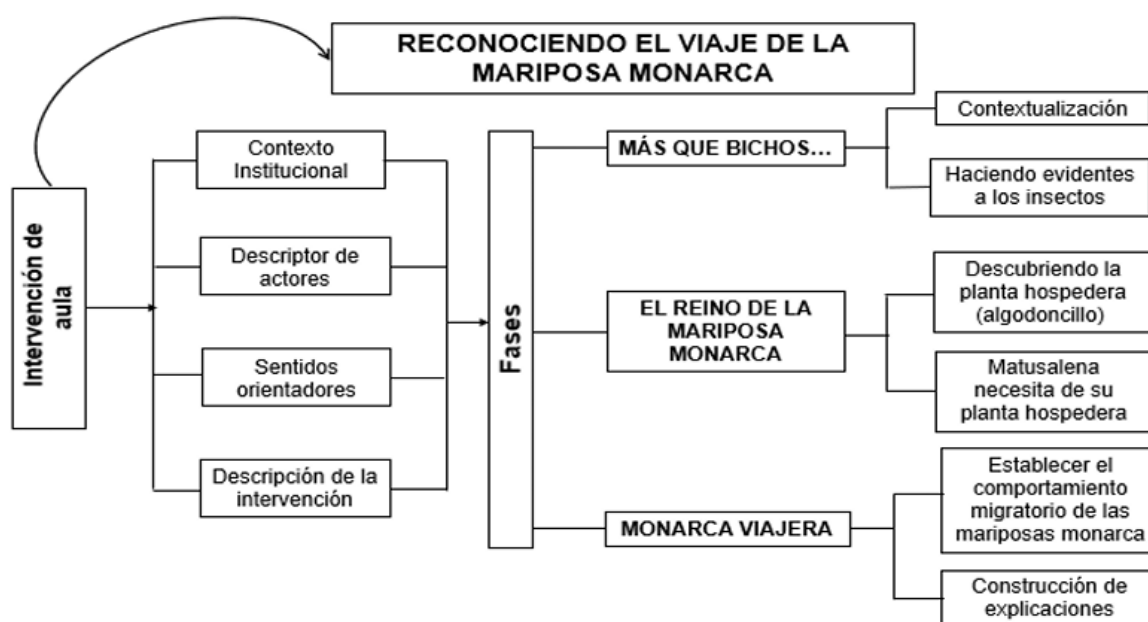


Figura 1. Elementos en la construcción de la propuesta educativa Galindo y García (2024).

### III MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Estructura de mariposario

De acuerdo con Montero (2007) es importante contar con cimientos resistentes, los cuales deben de ser de material de tubo galvanizado o perling deben medir como mínimo 80 cm de profundidad. Es fundamental que la puerta de acceso como la de deceso cuente con un llavín o sarán (malla que tiene microporos) evitando la fuga de mariposas, así como el ingreso de parasitoides y depredadores. La altura mínima debe de ser de 3 m y máxima de 6 m, el forro se recomienda de color verde o negro con una malla antiafidos ya que evita el ingreso de otros insectos.

#### 3.2 *Danaus plexippus plexippus*

*Danaus plexippus plexippus* (Linnaeus, 1758) mejor conocida como mariposa monarca migratoria debido a que en otoño viaja más de 4 000 km desde el sureste de Canadá hasta México (SEMARNAT y CONANP, 2019), exhibe características típicas como mimetismo mülleriano debido a la coloración de sus alas generadas por las toxinas que contiene su alimento hospedero, *Danaus* se comunica por medio de feromonas a través del contacto ya que las antenas cumplen un papel primordial para el sistema de reconocimiento y reproductivo (Yang *et al.*, 2024).

Los adultos principalmente se alimentan de plantas melíferas, así como una gran variedad de néctar de frutas esto depende de su capacidad reproductiva, en estado larval el alimento es primordial para su longevidad, se alimentan de asclepias mejor conocido como algodoncillo, este cuenta con 27 especies los principales son: *Asclepias curasavica*, *Asclepias humistrata*, *Asclepias viridis*, *Asclepias asperula*, *Asclepias syriaca* (Galindo y Rendón, 2005).

Es importante mencionar que existen poblaciones nativas y migratorias de *D. plexippus*, la mariposa migratoria es *D. plexippus plexippus* y las nativas subespecificas son *Danaus plexippus megalippe* y *Dannaus plexippus portoricensis* (De la Maza, 1995).

En Puerto Rico se encuentra *D. plexippus megalippe portoricensis*, subespecie no migratoria, presenta una coloración endémica de la isla (Rodríguez y Suarez, 2020). Las poblaciones de Centroamérica, Sudamérica y las Antillas se refieren a la subespecie *D. plexippus megalippe* Hübner como la especie nativa (Brower y Jeansonne, 2004). Se reconocen seis subespecies de *D. plexippus* en la parte continental de América del Norte (incluida América Central), el norte de América del Sur y el Caribe, las cuales no están estabilizadas y se usan de manera inconsistente en las bases de datos GenBank y BOLD, (Pfeiler *et al.*, 2017).

### **3.2.1 Reproducción de *Danaus plexippus plexippus* a nivel laboratorio**

De acuerdo con Cuevas *et al.* (2013) la reproducción de la mariposa monarca en condiciones controladas es a una temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa del  $70 \pm 5\%$ , con foto periodo de 10 h luz, la alimentación de las larvas es con *A. curassavica* y *Asclepias glaucescens*, al coleccionar los huevos se resguardan en cajas Petri (10 larvas por caja), al emerger la larva se separa en grupos de 5 larvas en cajas Petri, en el instar tres, cuatro y cinco en recipientes de 500 mililitros y en fase de prepupa en recipientes de 1 L, la limpieza debe ser cada 24 h con alcohol al 90%. Los adultos se resguardan en una jaula de vuelo con una dimensión de 96 cm de ancho por 2.32 m de largo y 2.12 m de alto forrada con tela tipo red semielástica de cuadro 0.4 cm.

### **3.3 *Leptophobia aripa***

*Leptophobia aripa* es una mariposa blanca de la que se alimenta de la col (repollo), también puede ser *Brassica oleracea* var *italica* (Brócoli) y *Tropaeolum majus* (mastuerzo) estas se presentan durante todo el año denominándolas multivoltinas. Las hembras ovipositan en el envés de las hojas durante su estado de adulto logrando ovipositar hasta 500 huevos, (Valverde *et al.*, 2021). Se ha encontrado con mayor presencia en la región del Valle de Puebla debido al grado de tolerancia de condiciones ambientales, así como la disponibilidad de alimento hospedero (Ramírez *et al.*, 2023).

El huevo tiene una forma elipsoidal con el extremo inferior sentado mide  $0.98 \pm 0.06$  mm de largo y 0.52 mm de ancho. El corion presenta una escultura típica; consta de 12 costillas primarias polares que convergen en los extremos, los espacios intercostales están surcados por finas estrías transversales que delimitan celdillas, cuyo número oscila entre 500 y 520. La larva del primer estadio mide  $2.68 \pm 0.5$  mm. de longitud y  $0.38 \pm 0.06$  mm de ancho. Color amarillo limón, con setas primarias pardas, implantadas sobre pequeñas chalazas y con terminación bífida. En el segundo estadio mide  $4.68 \pm 0.75$  mm de longitud y  $0.65 \pm 0.1$  mm de ancho, la cabeza de  $0.65 \pm 0.04$  mm de ancho, presenta la misma coloración que la larva de estadio uno. En el tercer estadio el color es verde claro destacando las chalazas blancas de las setas que se ubican sobre las circunvoluciones, mide  $8 \pm 0.81$  mm de largo y  $1.09 \pm 0.1$  mm de ancho, la cabeza de  $0.95 \pm 0.05$  mm de ancho color amarillo limón. En el cuarto estadio mide  $12.38 \pm 1.8$  mm de longitud y  $1.87 \pm 0.03$  mm de ancho, cabeza amarillo limón de  $1.5 \pm 0.03$  mm de ancho. Para el último estadio la larva alcanza  $17.22 \pm 4$  mm de largo  $3.0 \pm 0.1$  mm de ancho (Neder y Arce, 1983).

### **3.3.1 Reproducción en laboratorio**

De acuerdo con Huey (2022) para la reproducción de *L. aripa* es necesario utilizar recipientes de polipropileno de 23 por 6.6 cm, cada uno de ellos con 10 larvas. En fase de pupa utilizó unicel de 15 x 8 cm forrado de papel para sujetar las pupas con un alfiler del #2 en posición cabeza abajo manteniendo una separación de 2 cm entre ellas para su previo resguardo en un pupario, esto a una temperatura de 26°C con una Humedad relativa del 60%. Manteniendo una limpieza cada 24 h, utilizando una solución de cloro al 10%.

### **3.4 Metodología para análisis químico-proximal de insectos**

El análisis químico proximal de insectos permite conocer la composición nutricional de los organismos, lo que permite evaluar su estado fisiológico, su relación con la

dieta y el ambiente, así como su potencial ecológico y económico utilizado para estrategias de control.

Esta determinación se puede hacer por medio del método establecido por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC,1995) analizando el contenido de agua presente en la muestra (humedad), proteína cruda, grasas totales mediante la extracción de solventes (lípidos)], el contenido total de minerales (ceniza) y carbohidratos.

De acuerdo con Navarro et al. (2011) para obtener la muestra de lepidóptero es necesario deshidratar las larvas en un horno (Felisa modelo G1) a 80° C durante 24 h, posteriormente moler la muestra hasta obtener un tamaño adecuado de partícula y resguardarla en un frasco hermético donde no este expuesta a la luz.

### **3.5 Educación ambiental en insectos**

De acuerdo con Heras (2023) la educación ambiental es una herramienta estratégica frente a la crisis ambiental, la cual facilita el ajuste colectivo a los límites planetarios manteniendo la estabilidad del sistema terrestre desarrollando conciencia y acción responsable a través del conocimiento. Por otra parte, Sánchez y Reyes (2021) mencionan que la educación ambiental orientada a los insectos es considerada como una actividad constructiva y enriquecedora pues permite reconocer la importancia de los insectos en el equilibrio de los ecosistemas y la manera en como los seres humanos están relacionados, por lo que al impartir modelos de educación para la infancia permite que los niños generen actitudes de valoración y respeto por el ambiente.

#### IV JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la sociedad no está familiarizada con la preservación de lepidópteros, ni mucho menos la importancia que brindan al equilibrio del ecosistema derivado de las prácticas antropogénicas, escaso interés de información y desaprobación desde muy corta edad llegando a imbuir desagrado en la sociedad. Esto se debe por la gran variedad de estructuras que presentan las larvas, puesto que en su gran mayoría tienen una coloración singular, ceras urticantes para algunas especies y estructuras alargadas de gran tamaño. De la misma manera pasa en las zonas agrícolas, huertos, jardines e invernaderos donde al observar presencia de huevos, larvas o adultos se piensa en las posibles afectaciones que pueden llegar a tener en sus cosechas, ya sea de manera directa o indirecta, por lo que son atacados a través de químicos tóxicos, sin embargo, estos insectos en su etapa adulta son los principales protagonistas de la reproducción de cultivos y son eurotópicas de fauna en bosques por lo que el uso indiscriminado de químicos afecta al ecosistema.

Otro factor alarmante en la humanidad es la insensibilidad a la disminución anual de especies de lepidóptero provocado por los diferentes cambios en su entorno, como cambio climático, deforestación de árboles o alimentos hospederos y utilización de químicos (interrumpiendo su ciclo de vida).

Por lo tanto la construcción de espacios óptimos para este orden de insectos surge como una solución tras esta problemática buscando su preservación, valoración y aprovechamiento de manera sustentable, un ejemplo son los mariposarios que su principal objetivo es la preservación, exhibición de especies, así como de informar y enseñar el cuidado o crianza, los beneficios saludables (lepidópteros comestibles) y la importancia que tienen en nuestro ecosistema, esto a través de la educación ambiental ya que es una base principal para el contacto directo, de manera que puede enriquecer conocimientos sobre la importancia de su interacción con el medio ambiente y el ser humano, cambiando paradigmas sociales de manera que el individuo obtenga un razonamiento reflexivo y crítico de su realidad.

Por tal motivo al construir y automatizar un mariposario dentro del Jardín Botánico de la BUAP brindará un acercamiento directo aportando conocimiento a los visitantes así como nuevas actitudes y acciones como la preservación, al igual de ser un lugar seguro para la cría de este orden de insectos por lo que se presentará a *Leptophobia aripa* como insecto plaga sugiriendo su control a través del listado de lepidópteros comestibles por ello se realizará un análisis químico proximal para conocer el contenido proteico para un posible consumo, por otra parte se conocerá la morfología larval de *Danaus plexippus plexippus* que será utilizada como insecto de impacto ambiental debido a que las cifras de monitoreo de SEMARNAT y CONANP (2024) reportan una disminución de presencia en los bosques de hibernación del 59.3% comparado con el monitoreo de 2022-2023 en México ocasionado por la deforestación, cambio climático y el uso de plaguicidas de modo que ambas especies serán utilizadas como ejemplo en talleres de educación ambiental dentro del Jardín Botánico de la BUAP.

## V OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

Establecer un mariposario para la reproducción en condiciones bióticas y abióticas controladas, para las especies de *Leptophobia aripa* y *Danaus plexippus plexippus* para impulsar la educación ambiental en el Jardín Botánico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

### 5.2 Objetivos Específicos

- Diseñar y automatizar el mariposario para controlar temperatura, humedad relativa y sistema de riego, para la cría de mariposa en el Jardín Botánico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Conocer la morfología larval de *Danaus plexippus plexippus* criadas a nivel de laboratorio.
- Realizar análisis químico proximal y digestibilidad de la larva de *Leptophobia aripa*.
- Utilizar como modelo de reproducción en condiciones de un mariposario a *Danaus plexippus plexippus* y la importancia de los lepidópteros comestibles para fomentar la educación ambiental en la zona de estudio.

## VI HIPÓTESIS

- Con la automatización del mariposario se obtendrán hasta 4 individuos por metro cubico garantizando condiciones adecuadas de vuelo, supervivencia y bienestar, además, esta forma de crianza permitirá obtener muestra suficiente de especímenes con un contenido de proteína elevado.
- La impartición de talleres de educación ambiental ampliará el conocimiento y reflexión en el cuidado de los lepidópteros.

## VII METODOLOGÍA

### 7.1 Sitio de Estudio

Esta investigación se realizó en el Herbario y Jardín Botánico de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ubicado en Ciudad Universitaria, Av. San Claudio s/n, Col. San Manuel, C.P.72570, Puebla, Pue, éste es uno de los pocos espacios verdes de la ciudad de Puebla, destinado a fomentar la conservación e investigación de las plantas nativas del estado, en apoyo a la educación formal y no formal de la sociedad, así como, en la difusión de la diversidad biológica, en especial de las plantas. Inicia en 1987 como un proyecto institucional para exhibir y conservar la biodiversidad vegetal, presenta una superficie de 10.8 hectáreas las cuales se encuentran divididas en diez secciones como se muestra en la figura 2 que representan criterios geográficos, ecológicos, taxonómicos y de usos, cabe mencionar que cada una de las áreas son representadas por plantas nativas, así como plantas que se desarrollen en esas condiciones climáticas, (Herbario Histórico, 2016). El Jardín Botánico presenta condiciones favorables de conservación y estudio de la flora, el espacio cuenta con senderos que permiten el acceso de un recorrido seguro, así como zonas destinadas a la observación y actividades académicas, el clima es templado con temporada seca y lluvias en verano.



Figura 2. Croquis de secciones del Jardín botánico de la BUAP.

## 7.2 Diseño y automatización del mariposario

### 7.2.1 Diseño de mariposario

En las instalaciones del Jardín Botánico BUAP, en el área de propagación se utilizó un invernadero, el cual tiene una dimensión de 15 m de largo, 4.90 m de ancho y 2.90 m de altura, con un volumen de 141.4 m<sup>3</sup>. Se diseñó en el software Autocad (versión 2021) tres secciones con medidas de 5 m de largo 4.90 de ancho y volumen de 47.13 m<sup>3</sup> como lo muestra la figura 3, la primera se utilizó para la propagación de plantas hospederas por lo tanto se forro de plástico. En la segunda sección fue destinada para la cría de *L. aripa* y *D. plexippus* debido a esto, los laterales del invernadero se forraron de sarán, esto para tener menor temperatura que en la sección 1, en la tercera sección se utilizó para la exhibición de los adultos y los laterales se cubrieron con sarán, las divisiones de cada sección fueron de sarán.

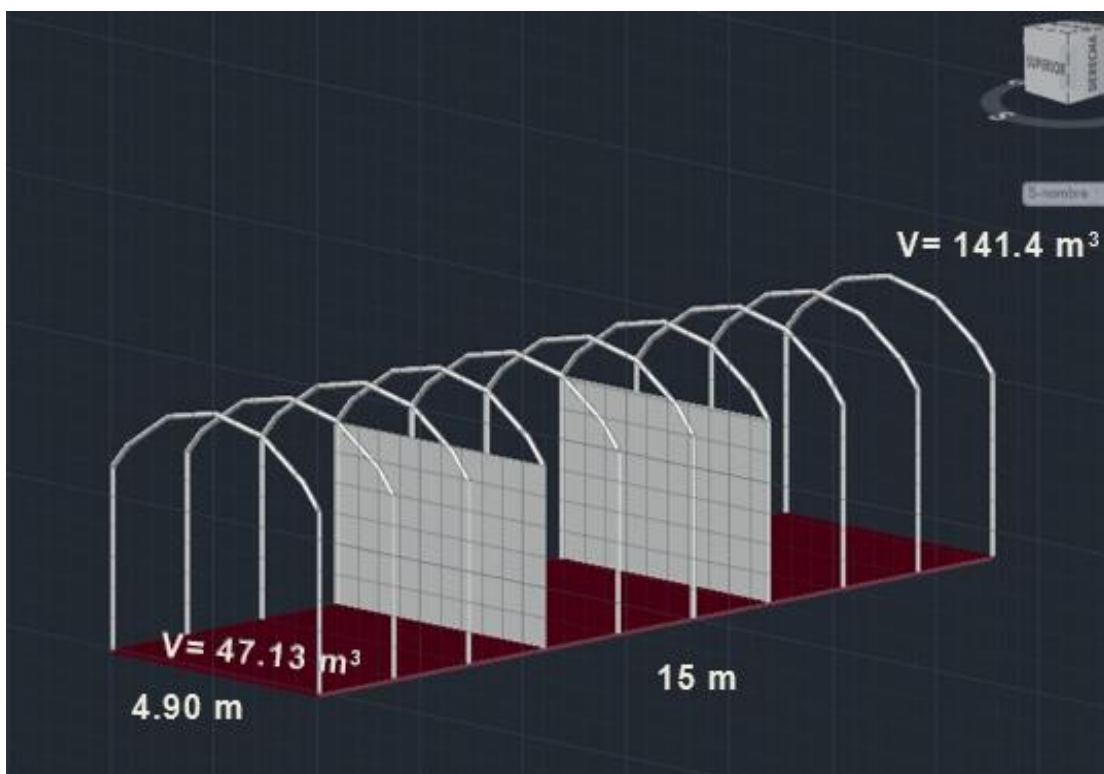


Figura 3. Diseño de divisiones del mariposario.

Posteriormente se diseñó con el software GARDENA (figura 4) un plano donde se muestran cada uno de los espacios de cada división del mariposario, mostrando los pasillos, accesos, y recorrido para la exhibición.

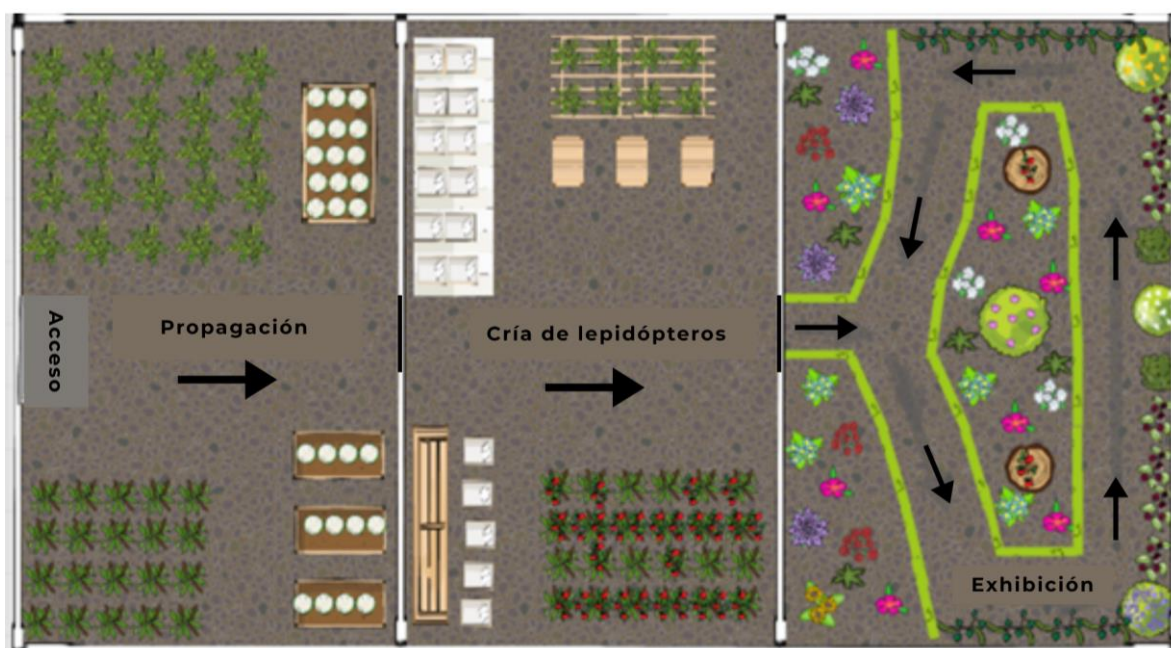


Figura 4. Plano interno de mariposario.

### 7.2.2 Propagación de plantas hospederas

Se propagaron 200 semillas de *A. curassavica* para la mariposa monarca y 200 semillas de *T. majus* para la mariposa blanca, en un sustrato de Peat-moss y Agrolita en proporción de 50/50. Se comenzó con la recolección y limpieza de semilla, posteriormente en charolas de germinación se agregó el sustrato y se colocaron 3 semillas en cada espacio. Para la elaboración del sustrato de germinación se realizó una prueba de humedad debido a que el exceso de humedad afecta el proceso de germinación de la semilla siendo la humedad ideal de 70%, el sustrato tiene que estar firme sin que se desprenda o escurra agua. Al obtener la plántula a una altura de 8 cm se realizó el cambio de maceta y sustrato el cual fue de 40% tierra de hoja, 40% lombricomposta, 10% vermiculita y 10% cáscara de coco.

### 7.2.3 Pupario y jaulas

En estado de pupa se dejaron en el pupario, con la seda de la pupa se sostuvieron con un alfiler de costura, esto en una posición cabeza abajo. El pupario se elaboró de madera con una dimensión de 1 m de largo x 1 m de alto x 20 cm de ancho, en el fondo se colocó una base de unicel, se forraron las puertas con tela tricot para que existiera ventilación (figura 5a).

También se elaboraron dos jaulas de madera para la copula y ovoposición de *D. plexippus plexippus* forradas de tela tricot con una dimensión de 60 cm de ancho x 60 cm x 150 cm de alto con un volumen de 540 000 cm<sup>3</sup> (figura 5b).



Figura 5. a) Pupario b) Jaulas para la copula y ovoposición.

## 7.3 Morfología de *Danaus plexippus plexippus*

### 7.3.1 Colecta de adultos

Se recolectaron dos parejas de adultos con red aérea en la zona de estudio a las 6:00 pm hora que vuela esta especie. Se trasladaron al laboratorio de Sistemática y Diagnostico de Plagas, del centro de Agroecología, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en una jaula forrada de tela tricot de 40 cm de largo por 40 cm de ancho por 40 cm de alto, con un volumen de 64 000 cm<sup>3</sup>.

### 7.3.2 Alimentación de adultos

Se alimentaron cada 24 h con solución de miel al 20%, se realizó de manera manual y por bebederos. Con ayuda de un alfiler se estiró la espiritrompa para que pudieran succionar la solución de miel, cuando el adulto mantenía la espiritrompa estirada se dejó reposar por 10 m en una caja Petri P 60 con alimento.

### 7.3.3 Jaula de vuelo

Se resguardaron los adultos en la cámara de cría esto a una temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa del  $52 \pm 5 \%$  con fotoperiodo 12:12 L:O, cada jaula media 40 cm de ancho x 40 cm de largo x 120 cm de alto con un volumen de  $192\,000\text{ cm}^3$ , la estructura fue de tubo PVC de media pulgada, con codos de PVC de media pulgada, esto para darle firmeza y mejor movilidad (figura 6), se colocó una pareja por jaula y en su interior dos plantas de *A. curassavica*.



Figura 6. Jaula de vuelo que se utilizó en el laboratorio.

#### **7.3.4 Pupario**

Se utilizaron tres placas de unicel de 3 cm de ancho x 30 cm de largo x 30 cm de alto forradas de papel el cual se humedeció cada 24 h, las pupas se colocaron cabeza abajo sujetándolas de la seda que se encontraba en el cremaster, mismas que se colocaron dentro de la jaula de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

#### **7.3.5 Reproducción de *Danaus plexippus plaxippus* a nivel laboratorio**

Los huevos y larvas se mantuvieron en las mismas condiciones de temperatura y humedad que los adultos; las larvas se alimentaron con la misma especie de planta, del instar I se colocaron en cajas Petri P 100 alimentándolas de hojas tiernas, en instar II se utilizaron recipientes de polipropileno de 1 L, en su interior se agregó un frasco de 10 ml de agua con un tallo tierno de planta colocando un tapón de algodón, el recipiente se tapó con una tapa, la cual tenía un orificio en el centro que se cubrió con tela tricot, para los instar III, IV y V se colocaron 10 larvas por planta de *A. curassavicas*, la cual se forró de tela tricot, la limpieza de los recipientes y cambio de alimento se realizó cada 24 h, conforme fueron desarrollándose las larvas se separaron para observar el momento de la muda, de esta forma se tomaron las medidas de los cinco instares larvales.

#### **7.3.6 Morfometría y peso de larvas**

La medición se realizó al inicio de cada instar, se utilizó un microscopio estereoscópico Olympus SZ2ILST para tomar fotografías frontales, laterales y dorsales de 40 larvas por cada uno de los diferentes instares larvales. Posteriormente las fotografías fueron analizadas mediante el software ImageJ 64-bit Java 8, la cual permitió medir con exactitud la capsula cefálica, ancho y largo de la larva. Además, se registró el peso de cada larva viva con una balanza analítica de la marca Sartorius modelo BL120S.

Para las fotografías de referencia de los diferentes instares se fijaron dos larvas de cada instar en líquido Pampel por cuatro días, posteriormente se colocaron en alcohol al 70% para su conservación. Se utilizó una cámara réflex Nikon D7500 con

un lente Olympus MSC ED–M 75 de 300 mm, donde fueron ensambladas mediante el programa Helicon Focus v. 6.7.1.

#### **7.4 Reproducción de *Leptophobia aripa* en mariposario**

Para la obtención de la cría se colectaron huevos, larvas y adultos en plantas de mastuerzo en el Jardín Botánico BUAP, posteriormente se llevaron al área de cría a una temperatura de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa  $85 \pm 5\%$  con 12:12 L:O. Para la colecta de huevos se cortó desde el tallo de la hoja dejándolos en un recipiente con agua (el agua se cambió cada 24 h) manteniendo la hoja fresca evitando que los huevos se colapsarán. Después de emerger la larva se colocaron 15 larvas por planta, cubriéndose con tela tricot, cada 24 h se cambió la planta. En estado de pupa se resguardaron en el pupario.

#### **7.5 Análisis químico proximal *Leptophobia aripa***

Para tener organismos de *L. aripa* libres de insecticida se criaron a nivel laboratorio a una temperatura de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa del  $52 \pm 5\%$  con fotoperiodo 12:12 L:O, el pie de cría fue de la segunda generación que se obtuvo del mariposario del jardín botánico BUAP, los huevos se dejaron en la planta hospedera manteniendo la hoja fresca evitando que colapsaran, a partir del instar II se colocaron 50 larvas en recipientes de polipropileno de 35 cm x 20 cm x 10 cm donde en la base se colocó una cama de sanitas húmedas con suficientes hojas de mastuerzo, el cambio de alimento se realizó cada 24 h al igual de la limpieza del recipiente.

##### **7.5.1 Preparación de la muestra**

Para la manipulación de la muestra se utilizó en todo momento guantes, mascarilla, bata de laboratorio evitando contaminación. De la cría se utilizaron 100 g de larvas de los instares 4 y 5, se pesaron en una balanza analítica y se distribuyeron en matraces de 250 mL con tapón, se dejaron en un deshidratador automático marca Excalibur 3926TB a una temperatura de  $70^{\circ}\text{C}$  por 5 h. Posteriormente se molieron durante 7 min para tener una muestra homogénea se terminó de desintegrar en un

mortero, se resguardo en un recipiente hermético. evitando el contacto de la luz solar.

### 7.5.2 Determinación de humedad

Se rotularon tres charolas de aluminio y se dejaron en una estufa a 105°C a peso constante por 24 h, posteriormente, se colocaron en un desecador durante 15 min, se pesaron en una balanza analítica y se colocaron 5 ± 0.1 g de muestra distribuida homogéneamente. Las charolas se colocaron nuevamente en la estufa por 4 h a 105°C. Pasado ese tiempo se colocaron en un desecador y se volvieron a pesar en una balanza analítica para obtener el porcentaje de humedad por medio de la AOAC 1995 por la siguiente formula.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{W_i + W_f}{g_m} * 100$$

Donde:

$W_i$ : peso en gramos de la charola vacía

$g_m$ : peso en gramos de la muestra

$W_f$ : peso en gramos de la charola con muestra seca

### 7.5.3 Determinación de extracto etéreo por el método de Soxhlet

Se llevó a peso constante un matraz de bola esmerilado 24/40 de 250 mL en una estufa a 105°C por 24 h. Se colocó el matraz en un desecador por 15 min para mantenerlo a temperatura ambiente. El matraz se pesó en una balanza analítica y se registró su peso. Se realizó un cartucho con la muestra, donde se cortó un circulo de papel filtro posteriormente en la parte central se colocó 2 g de muestra cerrando con grapas cada extremo a modo de que la muestra no pudiera salirse, posteriormente se colocó el cartucho dentro de la corneta.

Se preparó el equipo de extracción (matraz, corneta, refrigerante), adicionando 100 mL de Hexano, donde se conectó a un refrigerante. Todo el equipo se instaló sobre parrillas de calentamiento por lo que al corroborar la recirculación se comenzó con la extracción total de grasa durante 4 h, posteriormente se dejó enfriar y se retiró el Hexano.

Con una parrilla de calentamiento y con un vaso de precipitado de 500 mL y 20 mL de agua, se colocó el matraz de forma que con el calor del agua evaporó el hexano. Al obtener la grasa total se pesó cada matraz de bola esmerilado en una balanza analítica. Al finalizar todo el procedimiento se utilizó la siguiente fórmula de la AOAC 1995 para calcular el porcentaje de grasa.

$$\% \text{ de grasa} = \frac{W_i + W_f}{g_m} * 100$$

Donde:

$W_i$ : peso en gramos del matraz a peso constante

$g_m$ : peso en gramos de la muestra

$W_f$ : peso en gramos del matraz después de la extracción de 4 h

#### **7.5.4 Determinación de proteína por el método de Kjeldhal**

##### **7.5.4.1 Digestión**

Se pesaron 0.5 g de cada muestra seca y desengrasada, se colocaron en un matraz Kjeldhal junto con 0.8 g de mezcla digestora y 5 mL de ácido sulfúrico concentrado. La digestión se llevó a cabo en una campana de extracción, donde se realizó la digestión de la muestra durante 2 h aproximadamente a temperatura de 300°C, hasta que la muestra tomó un color verde esmeralda claro.

##### **7.5.4.2 Destilación**

Los matraces Kjeldhal se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se añadió 12 mL de agua destilada para disolver la solución (primero 6 mL y luego 6 mL). Se colocó la solución en un tubo sobre el aparato de destilación, se colocó en la salida del refrigerante una probeta con 5 mL de ácido bórico al 4 % e indicador (Wesslow). Al equipo de destilación se le añadió 12 mL de hidróxido de sodio al 40 %. Se realizó la destilación, una vez recuperado 8 mL de destilado se retiró la probeta y se apagó el equipo

#### 7.5.4.3 Titulación:

Se valoró la muestra con una solución de ácido clorhídrico al 0.1N, hasta que se observó el viraje inicial del indicador. Se realizaron los cálculos correspondientes para determinar el porcentaje de proteína de acuerdo a la fórmula de la AOAC 1995.

$$\% \text{ de proteína} = \frac{mL \text{ gastados} * N * (0.014) * Factor * 100}{gm}$$

Donde:

*gm*: gramos de muestra

*N*: normalidad de HCl

*Factor*: se usa el factor universal de proteína según sea el alimento

#### 7.5.5 Determinación de cenizas

Se colocaron crisoles en la estufa durante 24 h, pasado ese tiempo se llevaron por 15 min en un desecador para tener a temperatura ambiente. Se pesó cada crisol en una balanza analítica, se añadió 1 g de muestra seca, posteriormente en un mechero se colocó el crisol sobre la flama, esto dentro de una campana de extracción, hasta que el crisol no desprendiera humo. Se colocaron los crisoles a una mufla por 4 h a 550°C, después se llevaron a un desecador durante 15 min y se pesaron en una balanza analítica, finalmente se realizaron los cálculos de acuerdo a la AOAC 1995.

Se aplicó la siguiente fórmula para determinar el % de cenizas.

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{W_i + W_f}{g_m} * 100$$

Donde:

*W<sub>i</sub>*: peso en gramos del crisol en peso constante

*g<sub>m</sub>*: peso en gramos de la muestra

*W<sub>f</sub>*: peso en gramos del crisol con la muestra después de incinerarla

### 7.5.6 Determinación de carbohidratos

Para la determinación de carbohidratos se realizó de acuerdo a la AOAC 1995 por medio de diferencia de 100 respecto a la sumativa de la humedad, cenizas, proteínas y grasa.

### 7.5.7 Análisis de Digestibilidad

Se utilizó muestra desengrasada que se obtuvo de la determinación de soxhlet, posteriormente en un matraz de 250 mL se agregó 0.1 g de muestra, 150 mL de HCl 0.075 N y pepsina al 0.2%, se incubó a 45°C durante 16 h a 110 rpm, pasado el tiempo se filtró la muestra haciendo un lavado de H<sub>2</sub>O y 10 ml de acetona, posteriormente se realiza una digestión, destilación y titulación por medio del método de kjeldahl, finalmente se realizaron los cálculos de acuerdo a la AOAC 971.09.

$$\% \text{ digestibilidad} = \frac{\% N \text{ residual}^{\text{ác}} - N \text{ residual pepsina}}{\% N \text{ residual}^{\text{ác}}} \times 100$$

Donde:

$\% N \text{ residual}^{\text{ac}}$ : Nitrógeno total no soluble

$N \text{ residual pepsina}$ : Nitrógeno residual después de la digestión con pepsina

## 7.6 Educación ambiental de *Danaus plexippus plexippus*

La recolección de la cría fue por medio del método mixto consta de la recolección de huevos, larvas y adultos en áreas abiertas, para críalos en condiciones óptimas en un ambiente aislado de la naturaleza. Por lo que la recolección fue en el Jardín Botánico de la BUAP, se llevaron al área de cría y se realizó el mismo procedimiento de cría explicado en el apartado 7.3.5.

Al tener la cría establecida se realizaron dos talleres de educación ambiental impartidas a 35 estudiantes y visitantes del Jardín Botánico de la BUAP donde

se aplicaron dos encuestas antes y después de cada taller (ANEXO 1) con el objetivo de conocer si existe diferencia significativa entre ambas encuestas y si incrementa el conocimiento al impartir el taller, también conocer si cambia su perspectiva al interactuar con los organismos debido a que las preguntas esenciales de la encuesta son sobre conceptos de lepidópteros, diferencias entre mariposas diurnas y nocturnas, características morfológicas, importancia en el ecosistemas, así como los principales alimentos y comportamientos biológicos. Estos datos se evaluaron a través del paquete estadístico Statgraphics Centurion 16.103, con una t-Students para la comparación de dos medias poblacionales para datos cuantitativos de muestras pareadas.

Fue importante que los talleres estuvieran acompañados de una buena planeación enfocada al público deseado, debido a que el uso de tecnicismos, material didáctico y actividades fueron fundamentales para atraer la mayor atención posible del oyente, logrando que la información sea más fácil de entender y lograr una reflexión positiva sobre el cuidado de insectos. Se diseñó un diagrama de contenido sobre el temario enfocado a estudiantes y trabajadores de la BUAP de entre 19 a 28 años por lo que se muestran temas específicos de los organismos, adjuntando información científica en la presentación, material didáctico y actividades que se utilizó durante el taller, así como se muestra en la figura 7.

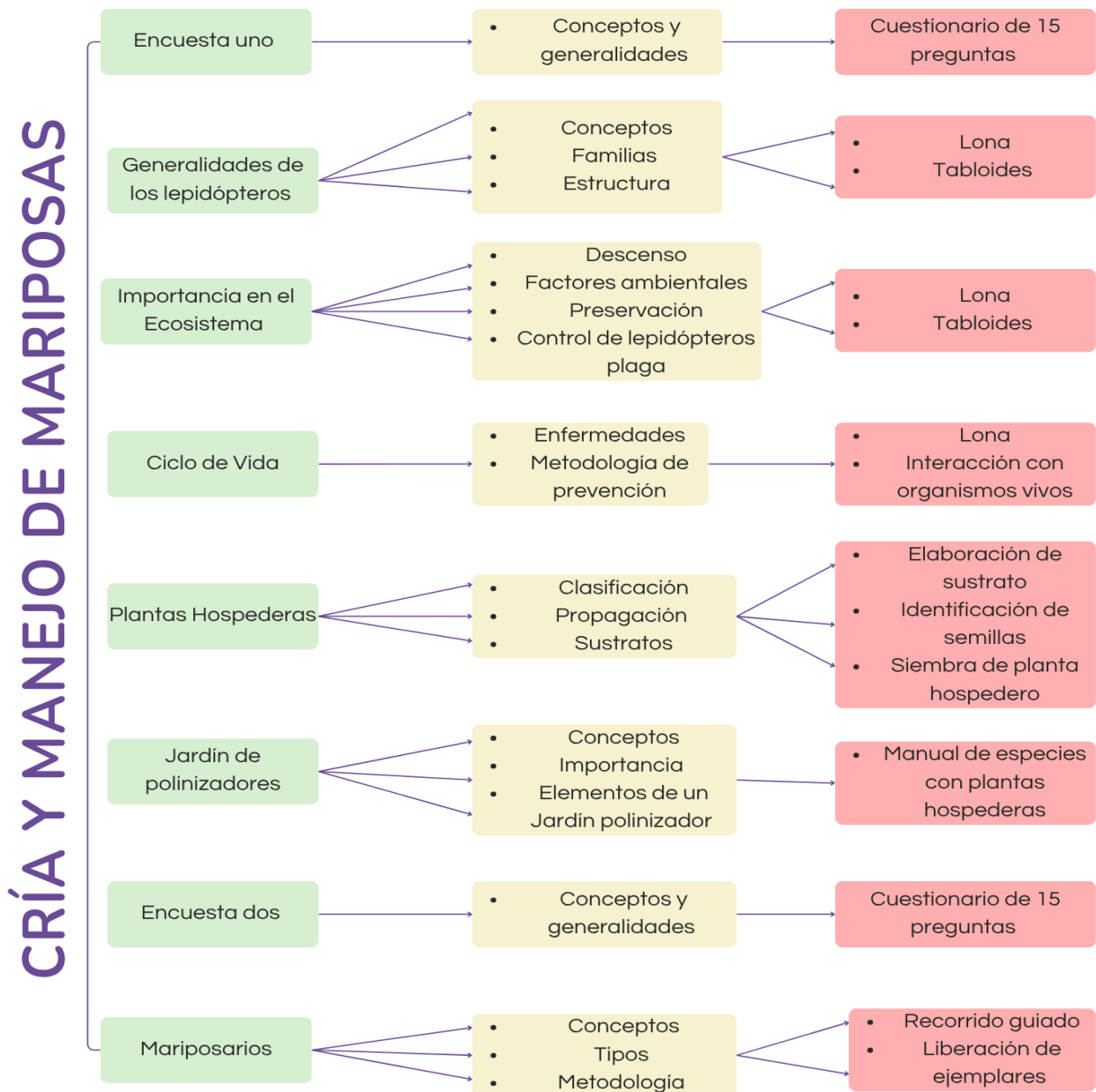


Figura 7. Diagrama de planificación de taller "Cría de Lepidópteros".

## VIII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Mariposario

#### 8.1.1 Automatización

Se hicieron los cambios de las tres secciones modificando el plástico de policarbonato a sarán figura 8, también se instalaron 12 micro aspersores colocando 4 en cada sección, con válvulas solenoides de 100 W, estos estaban conectados a un sensor de temperatura y humedad relativa marca LEFOO que se colocó en el centro, éste, se cubrió por plástico lo que favoreció que el registro de humedad y temperatura fuera exacto debido a que las rendijas se encuentran en forma de sombrilla calculando los datos por la parte inferior. Este sensor se colocó en una base de tres niveles, con el objetivo de que pueda ajustarse y tener mayor flexibilidad. Se colocaron dos ventilas louvers en los laterales del acceso para que existiera una recirculación de aire junto con el extractor, todo el sistema se controló por un gabinete industrial Nema 1 automático y manual.

La temperatura registrada antes de la activación del sistema de riego y el extractor fue de  $31 \pm 1^{\circ}\text{C}$  con Humedad Relativa del  $26 \pm 10\%$ , después de realizar las modificaciones se controló a  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $85 \pm 5\%$  de Humedad Relativa en área de cría y exhibición.

El número de mariposas en la sección de exhibición se determinó a partir del volumen disponible ( $47.13 \text{ m}^3$ ) y por la densidad alta de producción en espacios controlados ( $4 \text{ mariposas/m}^3$ ), liberando 189 mariposas en la sección de exhibición, aprovechando eficientemente el espacio disponible, así como las condiciones óptimas.

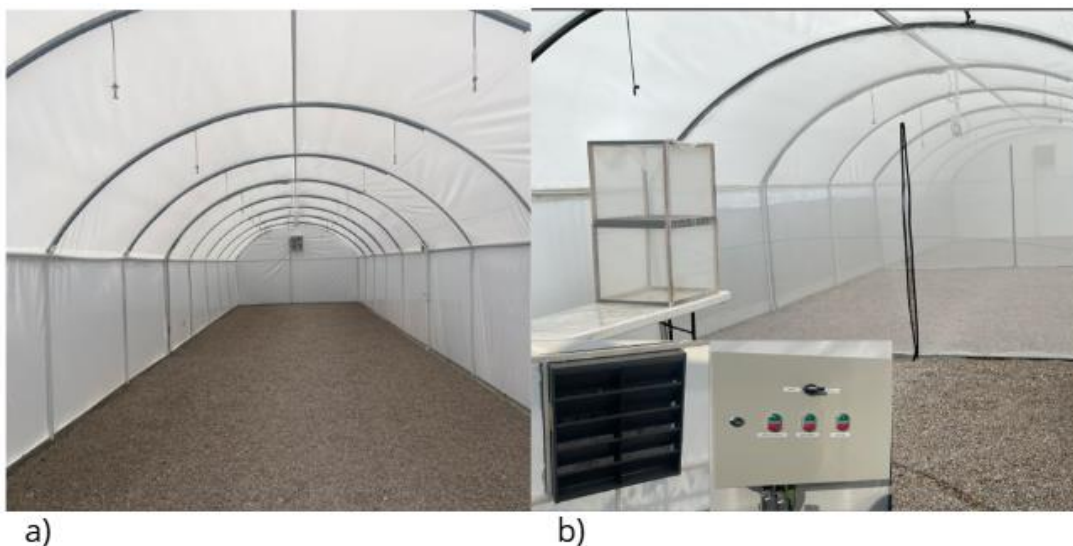


Figura 8. Modificación de mariposario a) antes b) después con equipo instalado.

### 8.1.2 Propagación de plantas hospederas

En la primera sección del mariposario se sembraron 200 semillas de *Tropaeolum majus* (mastuerzo) a una temperatura de  $35 \pm 1^\circ\text{C}$  con humedad relativa del  $55 \pm 5\%$ , al tener una medida de 30 cm de alto y un tamaño de diámetro de 6 cm de la hoja se utilizaron para la alimentación de la cría de *L. aripa* estas estuvieron disponibles en cuatro meses.

Para el caso de *Asclepia curassavica* (algodoncillo) también se propagaron en la sección uno 200 semillas, al tener una altura de 45 cm con una coloración verdosa y aproximadamente los tamaños del largo de la hoja de 7 cm se utilizaron para la cría de *D. plexippus*, el tiempo de crecimiento fue de cuatro meses.

## 8.2 Morfología larval de *Danaus plexippus plexippus*

### 8.2.1 Identificación de especie

Los ejemplares que se colectaron en el Jardín botánico de la BUAP, se trasladaron al laboratorio de Entomología del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la BUAP, donde se procedió a identificar macho y hembra por medio de la coloración y tamaño, las hembras suelen tener la envergadura alar más amplia a comparación del macho, el rango de la envergadura alar de la hembra va desde 83.42 – 85.25 mm y para los machos es 78.65 – 80.48 mm, otra característica distintiva es su abdomen siendo más amplio, así como la coloración de las alas es más intenso y no muestran escamas androconias pronunciadas en las alas posteriores como los machos (figura 9).

El aparato reproductor las hembras suelen tener sus valvas en la parte inferior del abdomen a diferencia del macho que su aparato reproductor está en la parte final del abdomen donde se presenta como una pinza.

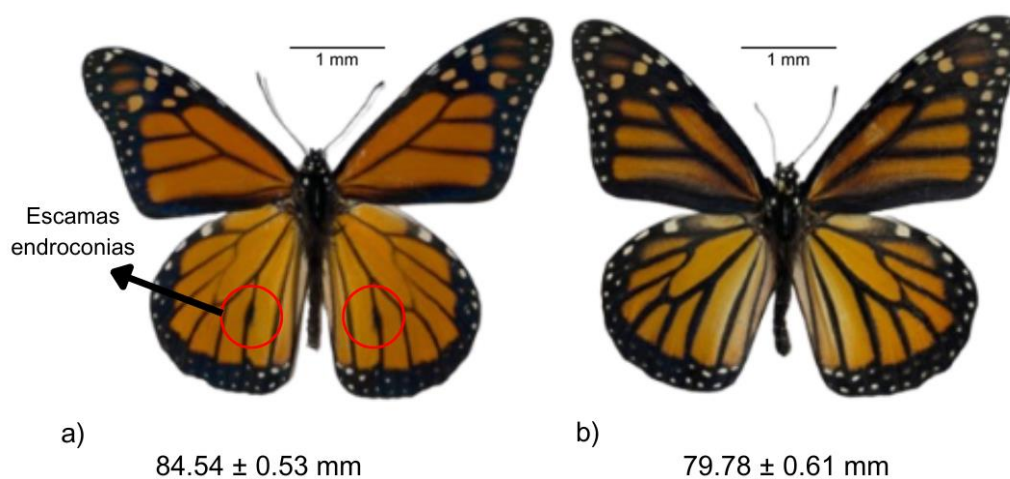


Figura 9. Diferencia entre macho y hembra, a) promedio de envergadura alar (n=20) de macho b) promedio de envergadura alar (n=20) hembra.

Para la determinación taxonómica de la especie se trasladaron ocho ejemplares con el Dr. Jorge Enrique Llorente Bousquets que se encuentra en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, donde se determinó la especie por medio de análisis morfológico y mediante la comparación con especies de colección.

### 8.2.2 Morfología larval de *Danaus plexippus plexippus* criadas a nivel de laboratorio

De acuerdo a los datos analizados por el software ImageJ 64-bit Java 8., en el cuadro 3 se muestran los promedios de talla y peso de los diferentes instares larvales, en la figura 10 se presenta la capsula cefálica de *D. plexippus plexippus* en los diferentes instares de desarrollo.

Cuadro 3. Tamaño y peso de los cinco instares larvales de *Danaus plexippus plexippus*.

| Instar | Largo de la larva (mm) | Ancho (mm)  | Cápsula Cefálica | Peso (g)     | Tiempo Días |
|--------|------------------------|-------------|------------------|--------------|-------------|
| I      | 1.92 ± 0.31            | 0.40 ± 0.05 | 0.48 ± 0.04      | 0.005 ± 0.06 | 1.5 ± 0.5   |
| II     | 4.73 ± 0.75            | 0.40 ± 0.05 | 0.67 ± 0.10      | 0.080 ± 1.35 | 2 ± 0.05    |
| III    | 12.73 ± 0.26           | 2.68 ± 0.54 | 1.81 ± 0.44      | 0.41 ± 0.08  | 2.5 ± 0.5   |
| IV     | 29.46 ± 1.01           | 5.30 ± 0.24 | 3.42 ± 0.26      | 0.86 ± 0.04  | 2 ± 0.5     |
| V      | 35.71 ± 0.99           | 6.90 ± 0.79 | 3.73 ± 0.05      | 1.23 ± 0.17  | 3 ± 0.5     |

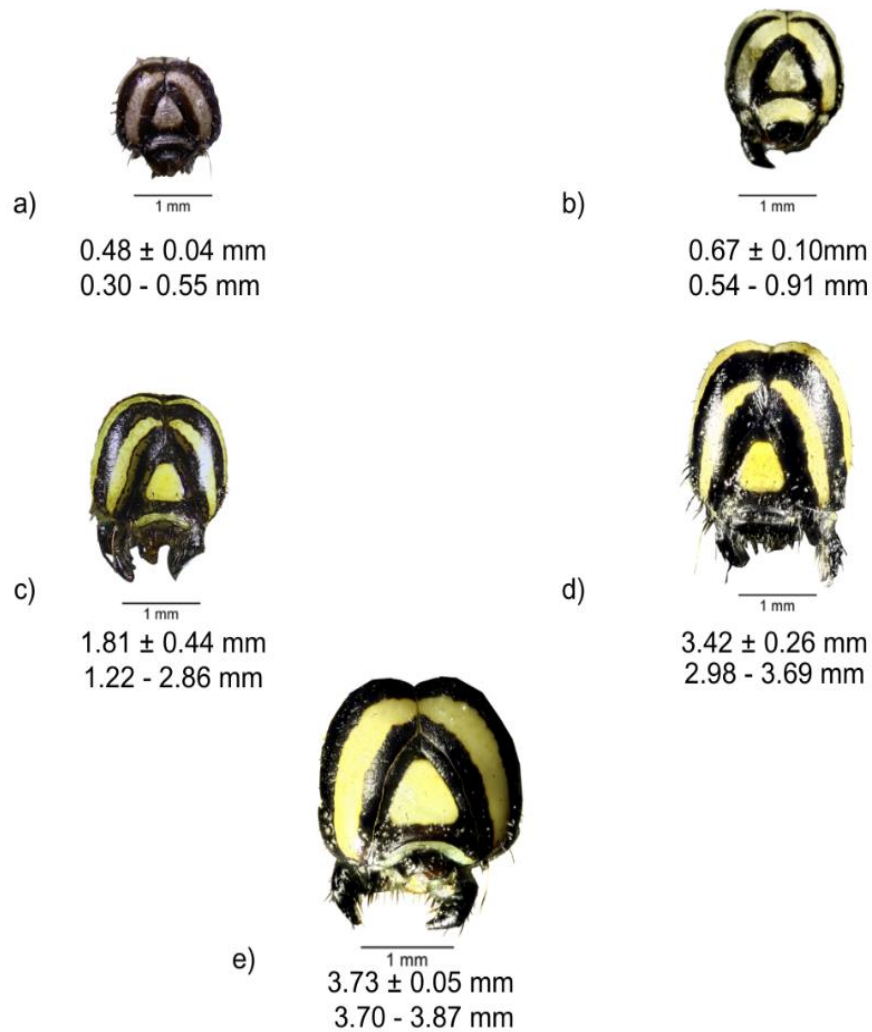


Figura 10. Capsula cefálica de *Danaus plexippus plexippus* a) L1, b) L2, c) L3, d) L4 y e) L5.

Conocer la morfología de *D. plexippus plexippus* es importante debido a que se logra comprender la estructura, así como la función del organismo, por tal motivo actualizarla con herramientas precisas ayuda a tener una información confiable. Así se tiene que al comparar los resultados de este trabajo con los reportados por Oberhauser y Kuda (1997) se encontró una diferencia en rangos del largo de la larva para cada instar de L1= 0.51 - 3.24; L2= 2.47 - 2.2; L3= (-1.69) - 1.01; L4= (-15.1) -

(-6.43); L5= (-9.44) - 7.5, esta diferencia se debe al método de medición debido a que fue con un calibrador con precisión de 0.1 milímetro. Se observa una diferencia entre el ancho del cuerpo y el tamaño de la capsula cefálica con los datos obtenidos en este trabajo, se comprueba que la herramienta que se utiliza para tomar mediciones de este tipo si influye debido a que existe diferencia de medidas en cada uno de los instares larvales. Por otra parte de La Pava y Sepúlveda (2012) utilizan en los primeros dos instares una mini escala (ref 4828 M, 5 mm long increments of .1 mm) y para los instares restantes utilizan una regla de precisión por lo que la diferencia de datos reportados a los de esta investigación son; L1=  $2.33 \pm 0.09$ ; L5=  $4.29 \pm (-0.89)$  para el caso de capsula cefálica en L1=  $0.11 \pm 0.01$ ; L2=  $0.23 \pm 0$ ; L3=  $(-0.41) \pm (-0.34)$ ; L4=  $(-1.42)$ ; L5=  $(-0.23)$  esto en condiciones de laboratorio con un rango de temperatura de 24 – 27 °C y humedad relativa del 76 – 79 % lo que también puede influir en su crecimiento.

Por otro lado, Díaz (2012) solo reporta en una muestra (n5) que en el instar I la longitud va desde 4.78 - 5.27 mm con un promedio de 5.0 mm, en el instar II la longitud mide de 7.44 - 8.5 mm y promedio de 7.8 mm, en el instar III el rango en longitud es 10.3 - 13.42 mm con promedio de 11.48 mm, en el IV instar el rango es 20.48 - 25.87 mm con promedio de 23.81 mm y en el V instar la longitud es de 35.4 – 40.62 mm con promedio de 37.67 mm, la cría estuvo en un mariposario con una temperatura de 22 – 28 °C con humedad relativa del 70%. A pesar de solo reportar la longitud muestra una descripción larval completa, donde describe detalladamente la estructura de la larva desde aparato bucal, quetotaxia de capsula cefálica, setas posteriores, tórax, abdomen, quetotaxia de torax y abdomen, etc.

A lo largo del crecimiento de los diferentes instares las larvas no presentaron melanismo, al emerger del huevo la coloración fue tenue por lo que no se distinguían las bandas transversales (figura 11), posteriormente en los diferentes instares se observaron tonos claros en las bandas transversales de color amarillo y negro. Sobre esto Heyden and Jiménez (2013) comentan que la temperatura no influye en la coloración larval debido a que encontraron larvas oscuras y claras en los mismos

lugares a temperaturas similares en condiciones no controladas, sin embargo, Solensky and Larkin (2003) reportan que los colores oscuros absorben más radiación solar que los colores claros, por lo que la temperatura influye en el color del organismo, la cría que se mantuvo en un rango de 16 a 6 °C tuvo mayor proporción de pigmento negro a comparación de la cría que estuvo en un rango de 27 a 17 °C (a menor temperatura mayor melanismo). En cambio, Davis *et al.* (2005) mencionan que el melanismo larval fue mayor a una temperatura de 19°C a comparación de una temperatura de 26° C por lo que al comparar las temperaturas de los autores con las de este trabajo ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ ) se observa que la temperatura esta fuera del rango de presencia de melanismo.

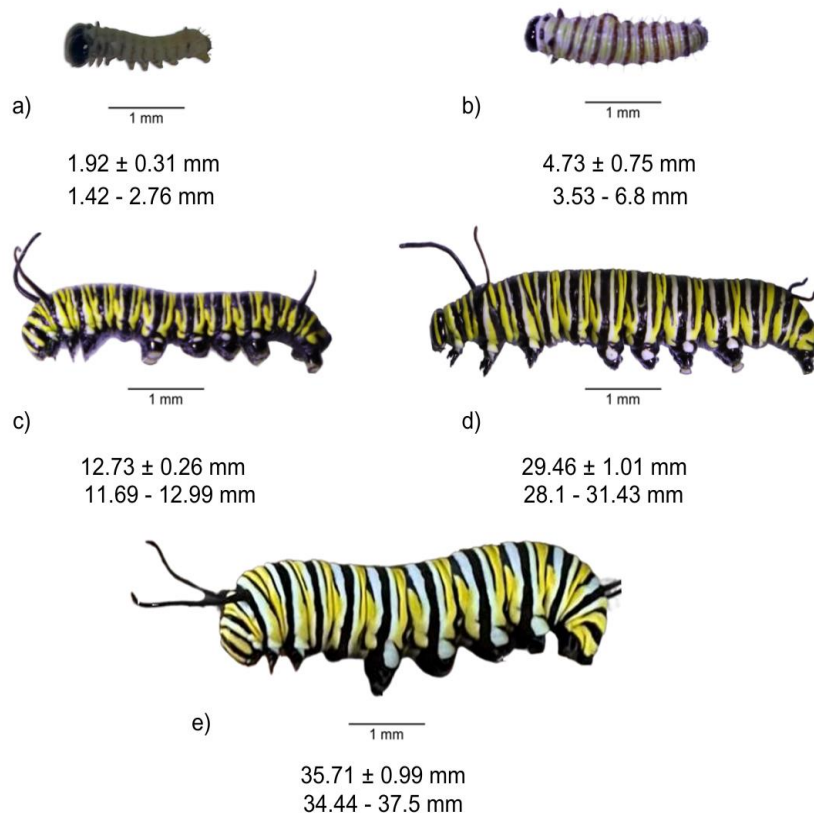


Figura 11. Medida de promedio y rangos de *Danaus plexippus plexippus* a) Instar I, b) Instar II, c) Instar III, d) Instar IV y e) Instar V.

## 8.6 Análisis químico proximal

El análisis químico proximal se realizó en base seca de 100 g en el cuadro 4 se presentan los datos obtenidos de la Humedad, Cenizas, Grasas y proteínas.

Cuadro 4. Análisis químico proximal de *Leptophobia aripa*.

| Parámetro       | Valores (%)  |
|-----------------|--------------|
| Humedad (%)     | 12.82 ± 1.73 |
| Cenizas (% bs)  | 10.90 ± 0.53 |
| Grasas (% bs)   | 37.61 ± 0.27 |
| Proteína (% bs) | 37.65 ± 3.03 |
| CHOS            | 1.02         |

La proteína digerible es de 15.98 g/100 g lo que indica una digestibilidad del 43% en la enzima de pepsina, por otra parte, por medio de cálculo indirecto se determinó el valor energético de 493.16 Kcal/100g lo que indica que es superior al de harinas convencionales de cereales, lo cual atribuye principalmente a su alto contenido lipídico. Sin embargo, es menor a alimentos de frutos secos, semilla, grasas y aceites.

Para que un insecto se considere comestible además de la digestibilidad se busca que contenga un alto contenido de proteína, en el caso de *L. aripa* se observa en el cuadro cuatro que contiene en promedio 37.61%, lo que indica un aporte considerable, estos valores se encuentran dentro de lo establecido por Avendaño et al. (2020) donde estos autores mencionan que los lepidópteros contienen entre el 13 y 64 % de contenido proteico. Por otro lado, en el cuadro 5 se muestran los valores en porcentaje proteico de dos lepidópteros comúnmente consumidos donde *L. aripa* se encuentra en el valor intermedio tanto de proteína como en grasas.

Cuadro 5. Porcentaje de grasa y proteína de algunos lepidópteros.

| Especie                                                                            | Proteína (%) | Grasas (%) |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
| <i>Comadia redtembacheri</i> (gusano rojo de maguey) (Rostro <i>et al.</i> , 2012) | 31.23        | 58.54      |
| <i>Leptophobia aripa</i> (mariposa blanca)                                         | 37.65        | 37.61      |
| <i>Arsenura polyodonta</i> (cuecla) (Ramos y Osorio, 1994)                         | 55.02        | 10.86      |

Por otra parte, en el análisis de grasas indica que es elevado en aporte lipídico, lo que incrementa la densidad energética, sin embargo, en la desviación estándar en proteínas varían las mediciones individuales respecto al promedio, mientras que el coeficiente de variación es del 3.03% arrojando que los datos son homogéneos. Los resultados obtenidos muestran que esta especie puede ser considerada como posible fuente alternativa de proteínas y lípidos en alimentos de base seca como en la elaboración de algún bioproducto biotecnológico. Siempre y cuando se cumplan las normativas de la NOM 251 SSA1-2009, así como, regulaciones sanitarias, higiene y saneamiento, control de la materia prima, procesamiento adecuado (eliminación de impurezas, tratamientos térmicos o deshidratación evitando riesgo microbiano), control de calidad (pruebas de contaminantes, así como verificar pruebas de microorganismos patógenos).

## 8.7 Educación ambiental

Se realizaron dos talleres a 35 estudiantes de la BUAP, cada taller se dividió en dos secciones donde la primera era teórica y la segunda práctica, al inicio de cada taller se aplicó el primer cuestionario y al finalizar las actividades se realizó el segundo. El primer taller se impartió a 15 estudiantes de la Licenciatura en Biotecnología este consistió en una presentación en Power Point (figura 12a) donde se explicaron los

siguientes temas: Encuesta 1, generalidades de los lepidópteros, importancia de los lepidópteros, ciclo de vida, plantas hospederas y Jardines de polinizadores, posteriormente los estudiantes elaboraron un separador de libros con estructuras alares de mariposa y frases donde expresan lo que simbolizan estos organismos en su vida. Posteriormente se realizó la actividad de la propagación *A. curassavica* donde los alumnos prepararon el sustrato, así como la siembra de la semilla (figura 12b). En la segunda sección del taller se realizó la liberación de organismos, así como se dio un recorrido del mariposario.

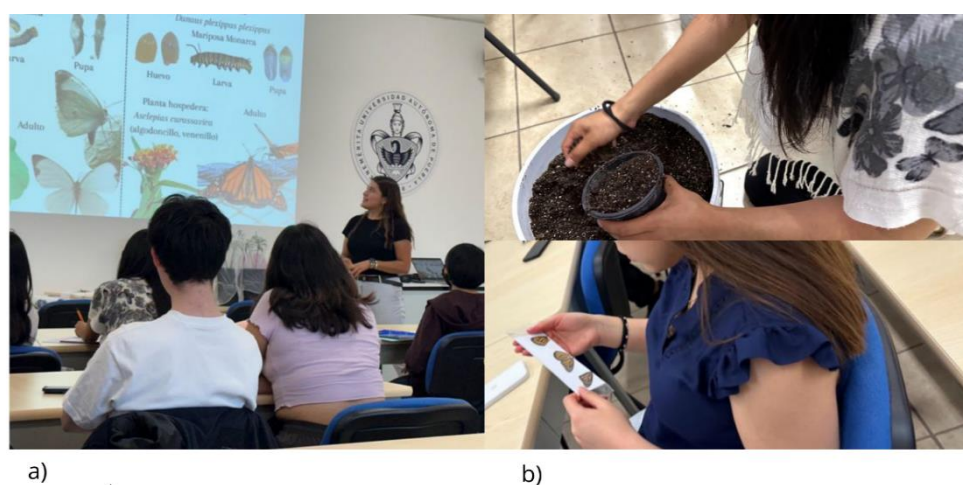


Figura 12. Asistentes del primer taller a) presentación en aula b) propagación y manualidades.

El segundo taller se impartió a un grupo de 15 estudiantes que se encontraban de visita en el jardín botánico (figura 13a). En la primera sección se expusieron los siguientes temas: generalidades de los lepidópteros, importancia de los lepidópteros, ciclo de vida, plantas hospederas y Jardines de polinizadores esto con ayuda de lonas representativas al ciclo de vida, folletos, tabloides y manuales de cría de insectos (ANEXO 2). En la segunda sección interactuaron con larvas de *D. plexippus plexippus* cambiando su alimento, después prepararon sustrato para la siembra de semilla de *A. curassavica*, finalmente se realizó un recorrido en el mariposario liberando ejemplares (figura 13b).



Figura 13. Segundo taller a) exposición con material didáctico b) alimentación y liberación organismos.

Para analizar la distribución de la variable de los dos cuestionarios aplicados a 35 estudiantes se realizó para cada encuesta una tabla de frecuencias, donde se agruparon los datos en intervalos, calculando la frecuencia ( $f$ ) y la frecuencia absoluta ( $F$ ). Esta estructura permitió sintetizar la información y detectar patrones en los datos. En el cuadro 6 se analizaron los resultados de la encuesta 1 aplicada antes de iniciar el taller, en el cuadro 7 los resultados de la encuesta 2 aplicada al finalizar el taller, donde la calificación fue evaluada de 0 a 100.

Cuadro 6. Calificación de conocimiento de la primera encuesta.

| Calificación | $f$ | $F$ |
|--------------|-----|-----|
| 20           | 1   | 1   |
| 26           | 4   | 5   |
| 33           | 2   | 7   |
| 40           | 4   | 11  |
| 46           | 12  | 23  |
| 53           | 4   | 27  |
| 60           | 4   | 31  |
| 66           | 1   | 32  |
| 73           | 2   | 34  |
| 80           | 1   | 35  |

Nota:  $f$ = frecuencia,  $F$ = frecuencia acumulada

Cuadro 7. Calificación de conocimiento de la segunda encuesta.

| Calificación | $F$ | FA |
|--------------|-----|----|
| 53           | 2   | 2  |
| 60           | 2   | 4  |
| 66           | 1   | 5  |
| 73           | 9   | 14 |
| 80           | 11  | 25 |
| 86           | 6   | 31 |
| 93           | 3   | 34 |
| 100          | 1   | 35 |

Nota:  $f$ = frecuencia,  $F$ = frecuencia acumulada

Se aplicó una prueba  $t$  de Student para muestras pareadas con el fin de evaluar el efecto del taller de educación ambiental sobre los puntajes de 35 estudiantes. Los resultados mostraron una diferencia estadísticamente significativa ( $t = -10.4488$ ,  $p$

< 0.0001) con un nivel de confianza del 95%, observándose que los estudiantes tuvieron un aprendizaje positivo una vez que tomaron el taller (figura 14).

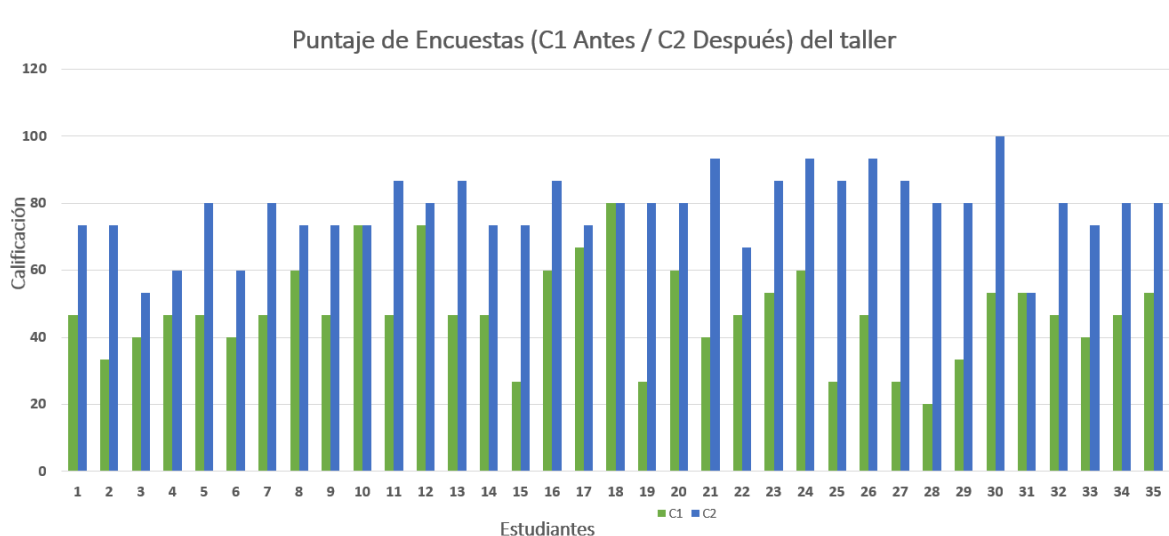


Figura 14. Diferencia significativa del puntaje posterior al taller está por encima al puntaje anterior.

Por otra parte, dentro del cuestionaron también se preguntó si les interesaría criar lepidópteros donde al inicio solo el 38.7% respondió positivamente, un 54.8% respondió con un talvez y el 6.5% respondió un rotundo no, al terminar el taller incrementó el porcentaje de aceptación a un 73.3% y un 26.7% respondió que solo lo harían en caso de que alguna especie se encuentre en riesgo, por lo que se observa que la perspectiva de los estudiantes cambió positivamente. Así mismo se les preguntó si les gustaría conocer e interactuar más con este orden de insectos y el 100% estuvo de acuerdo.

De acuerdo con Salvadó y Novo (2025) reportan que el abordar temas como el declive de la biodiversidad urbana, el concepto de una salud y educación ambiental utilizando un mariposario como iniciativa para mitigarlo tiene un reconocimiento positivo, así como un valioso recurso educativo y eficaz para mitigar el declive de la biodiversidad urbana, donde aumenta la conexión de las personas con la naturaleza. El uso de jardín de mariposas ofrece conocimientos sobre alfabetización

ambiental teniendo mejoras en el bienestar, siendo fundamental para un aprendizaje pedagógico profundo y significativo. Por otra parte, Butler et al. (2024) mencionan que la conexión de la naturaleza y fortaleza en la relación de una persona es importante en las acciones en favor de la naturaleza, por lo que tener mayor vínculo beneficia positivamente.

La implementación de mariposarios en jardines botánicos cumple funciones ecológicas, educativas, científicas y sociales donde su objetivo es la preservación de lepidópteros que no solo benefician al ecosistema sino a todo el entorno, buscando la conservación de su hábitat natural como de especies locales, ampliar el conocimiento de estos organismos a través de la educación ambiental, conocer nuevos modelos de control de plagas evitando daños colaterales, hasta cambiar paradigmas sociales sobre su fisonomía, no dejando a un lado la oportunidad de interactuar de manera directa promoviendo experiencias educativas significativas que favorecen la comprensión de los procesos ecológicos con el objetivo de que exista una reflexión, respeto y empatía hacia las mariposas.

Estos espacios no solo permiten la cría de los organismos sino la reproducción de plantas hospederas y nectaríferas por lo que al propagarlas también sirven como alimento, refugio de otros insectos que contribuyen a mantener el equilibrio ecológico. Es importante incitar a la sociedad visitar estos espacios no solo por la preservación si no para tener una experiencia enriquecedora con la naturaleza la cual brinda un equilibrio integral entre la naturaleza mente y cuerpo.

## IX CONCLUSIONES

Se diseñó y automatizó un mariposario a temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $85 \pm 5\%$ , se dividió en tres secciones (propagación, cría y exhibición) adaptado un microambiente óptimo, El número de mariposas en la sección de exhibición se determinó a partir del volumen disponible ( $47.13 \text{ m}^3$ ) y por la densidad alta de producción en espacios controlados ( $4 \text{ mariposas/m}^3$ ), liberando 189 mariposas en la sección de exhibición, aprovechando eficientemente el espacio disponible, así como las condiciones óptimas.

En la morfología larval de *Danaus plexippus plexippus* criadas a nivel de laboratorio, se obtuvieron los promedios de la longitud de la larva, ancho, capsula cefálica. Los pesos oscilaron entre (L1)  $0.005 \pm 0.06 \text{ gr}$  y (L5)  $1.23 \pm 0.17 \text{ gr}$ . La envergadura alar promedio en hembras fue de  $79.78 \pm 0.6$  y en machos  $84.65 \pm 0.53$ .

La larva de *L. aripa* tiene 37% de proteína en 100 g de muestra seca, así mismo, se obtuvo el porcentaje de grasas y digestibilidad.

Los alumnos tuvieron un aprendizaje positivo, una vez que tomaron el taller de educación ambiental con los temas: generalidades de los lepidópteros, importancia en el ecosistema, ciclo de vida, plantas hospederas, jardines polinizadores y mariposarios.

## **X RECOMENDACIONES**

A partir de los resultados obtenidos de esta investigación se proponen las siguientes recomendaciones:

Dar seguimiento y mantenimiento al mariposario para aumentar la cría de lepidópteros, así como realizar estudios a largo plazo que evalúen la estabilidad del control de temperatura, humedad relativa y riego en las diferentes estaciones del año, con el fin de determinar que especies pueden criarse para cada estación.

Se sugiere realizar análisis químico proximal y de digestibilidad de las larvas de *L. aripa* en dieta de col y brócoli para observar si existe diferencia en porcentaje de proteína como el de grasa, así como, pruebas de indicadores de calidad para la posible fabricación de un emulsificante.

Se sugiere implementar programas permanentes de educación ambiental enfocada a la preservación de los lepidópteros en el jardín botánico BUAP, destacando la importancia ecológica, cultural y nutricional con actividades dirigidas a estudiantes y visitantes.

## XI LITERATURA CITADA

- Avendaño, C., Sánchez, M. y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de nutrición*. 47(6), 1029-1037.
- Bernal, G. I. C., Cruz, C. N., García, E. A., Ramos, C. Z. G. y Omaña, C. A. (2019). Análisis químico proximal (AQP) de productos de la colmena de un apiario de Tulancingo, Hidalgo. *Educación y Salud. Boletín Científico. Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. 7(14), 65-69.
- Butler, C. W., Hamlin, I., Richardson, M., Lowe, M. y Fox, R. (2024). Connection for conservation: The impact of counting butterflies on nature connectedness and wellbeing in citizen scientists. *Biological Conservation*. 292. 110497.
- Brower, A. V. y Jeansonne, M. M. (2004). Geographical populations and “subspecies” of new world monarch butterflies (Nymphalidae) share a recent origin and are not phylogenetically distinct. *Annals of the Entomological Society of America*. 97(3), 519-523.
- Callejas, D. D. y Rivera, H. O. (2021). El Mariposario, espacio de ciencia y educación. Portal, comunicación Veracruzana. Jardín botánico Francisco Javier Clavijero, Instituto de Ecología A.C. El Mariposario, Espacio de Ciencia y Educación. - Portal Comunicación Veracruzana. [https://elportal.mx/princ/el-mariposario-espacio-de-ciencia-y-educacion/?fbclid=IwY2xjawPbznhleHRuA2FlbQlXMQBicmlkETF5a2dCTHFpbzZrZmIxeTlyc3J0YwZhchBfaWQQMjlyMDM5MTc4ODlwMDg5MgABHnBPmyhVmBFUSw-TleA4SJjaIscApt1A7bx2ledMsR3MMkBoh1N68\\_7roZXP\\_aem\\_p3d3ADqwmTA8r--CEy0THw](https://elportal.mx/princ/el-mariposario-espacio-de-ciencia-y-educacion/?fbclid=IwY2xjawPbznhleHRuA2FlbQlXMQBicmlkETF5a2dCTHFpbzZrZmIxeTlyc3J0YwZhchBfaWQQMjlyMDM5MTc4ODlwMDg5MgABHnBPmyhVmBFUSw-TleA4SJjaIscApt1A7bx2ledMsR3MMkBoh1N68_7roZXP_aem_p3d3ADqwmTA8r--CEy0THw).

Colección Nacional de Insectos. CNIN. (2007). *Danaus plexippus plexippus* (Linnaeus 1758) Portal de datos abiertos. Colecciones biológicas. Departamento de Zoología, Instituto de Biología. UNAM. Recuperado septiembre 18 2025. <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:CNIN:LE43494>.

Colección Nacional de Insectos. CNIN. (2013). *Leptophobia aripa elodia* (Boisduval, 1836). Portal de datos abiertos. Colecciones biológicas. Departamento de Zoología, Instituto de Biología. UNAM. <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:CNIN:LE18593>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.CONABIO. (2012) Proyecto de Evaluación de las Unidades de Manejo para la Conservación de vida silvestre (UMA) (1997-2008). Resultados de la Fase I: Gestión y Administración. Proyectos CONABIO: HV003, HV004, HV007, HV012 y HV019. México. Recuperado 12 de agosto 2024. [www.biodiversidad.gob.mx/media/1/planeta/cites/files/informe-conabio-proyecto-uma-fase-i.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/planeta/cites/files/informe-conabio-proyecto-uma-fase-i.pdf).

Cuevas, S. M. I., Rodríguez, U. U. X. T., Romero, N. C. A. y Romero, N. J. M. (2013). Reproducción de *Danaus plexippus* L. residente (Lepidoptera:Nymphalidae Danainae) bajo condiciones de laboratorio. Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.). 53, 299–309.

Cuevas, S. M. I. (2021). Rescate de la mariposa monarca. *Inventio*.9(17), 37–40.

Davis, A. K., Farrey, B. D.y Altizer, S. (2005). Variation in thermally induced melanism in monarch butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae) from three North American populations. *Journal of Thermal Biology*. 30(5), 410-421.

- De la Maza, E. R. G. (1995). La monarca del vuelo. Ciencias. Revista de la facultad de ciencias de la UNAM. 37, 4–18.
- De La Pava, N. y Sepúlveda P. (2012). Aspectos del desarrollo de *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Nymphalidae) sobre *Calotropis procera* (Apocynaceae) bajo condiciones de laboratorio. Boletín Científico del Museo de Historia Natural. 16 (1), 266-272.
- Díaz, V. J., Barraza, V, A., Yáñez, E. L. y Hernández, C. L. (2021). Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México. Salud Publica de México. 63 (4), 486-497.
- Díaz, R. M. A. (2012). Hábitos Reproductivos y de Alimentación de Lepidópteros Diurnos de Bosque Mesófilo de Montaña, Puebla, México. Tesis–Licenciatura Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 79 p.
- Galindo, B. Y. T. y García, L. E. R. (2024). El estudio del comportamiento migratorio de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) y su aporte en la comprensión de su historia de vida. Tesis de Maestría en ciencias naturales. Universidad Pedagógica Nacional. 232 p.
- Galindo, C. y Rendón, S. E. (2005). Danaidas: Las maravillosas mariposas monarca. WWF México-Telcel. 1, 82.
- Herbario Histórico. (2016). El herbario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (HUAP). Colegio del Estado de Puebla BUAP. Recuperado 24 de agosto de 2024. [http://www.herbariohistorico.buap.mx:8181/apps/hce\\_mod/es/historia.xql](http://www.herbariohistorico.buap.mx:8181/apps/hce_mod/es/historia.xql).

- Heras, F. (2023). La educación ambiental y los estilos de vida sostenibles. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente: Ecosistemas.32, 2470-2470.
- Hernández, R. A. M. (2021). Lepidópteros comestibles: pasado, presente y futuro. Alimentos Ciencia e Ingeniera. 28(2), 34-44.
- Hernández, J. G. P. (2004). Análisis químico proximal de cuatro marcas comerciales de harina de maíz nixtamalizado. Repositorio de Licenciatura en Nutrición. Universidad Autónoma de Querétaro. 60 p.
- Heyden, T. V. y Jiménez, D. (2013). Larval colour morphs of *Danaus Plexippus* (Linnaeus, 1758) in Costa Rica (Lepidoptera: Nymphalidae, Danainae). Shilap-revista De Lepidopterologia. 41, 565-568.
- Huey, O. M. A. (2022). Cría de *Leptophobia aripa* (Lepidoptera: Pieridae) mediante tres dietas a nivel de laboratorio. Tesina de Licenciatura. Universidad Politécnica de Puebla. 50 p.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. INECC. (2022). Estudios sobre el uso de plaguicidas en México complicación 1980-2018. Medio Ambiente, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. Recuperado noviembre 15 del 2024. R[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/728079/141\\_2022\\_Estudios\\_plaguicidas\\_Mexico\\_1980-2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/728079/141_2022_Estudios_plaguicidas_Mexico_1980-2018.pdf).
- Llorente, B. J., Vargas F. I., Martínez. L. M., Martínez L. A., Trujano O. M., Hernández M. B. C. y Warren D. A. (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. Revista Mexicana de Biodiversidad de Lepidoptera en México.85, 353-371.

- Mariposario en México. (2022). Mariposario Sia Tikuva La Experiencia de Liberar. Recuperado mayo 23 del 2025. <https://www.mariposariosiatikuva.com>.
- Montero, J. J. M. R. (2007). Manual para el manejo de mariposarios. Diana Ávila Solera, 1<sup>a</sup> ed. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad. INBio. 204.
- Muñoz, C. T. P., Hernández, C. M., Hernández, C. C. y Cuitiva, A. C. (2023). Ensino da metamorfose em insetos utilizando como modelo o ciclo de vida da *Leptophobia aripa* Boisduval, 1836 baseado nos modelos mentais dos alunos da nona série do Camilo Torres XIII ENPEC Nacional external college (IED). XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.1-12.
- Navarro, C. A. R., Ávila, S. S.R., Aguilar, A. P., Vera, L. O. y Dávila, M. R. M. (2011). Estudio de la composición nutricional de cuchamá (*Paradirphia fumosa*) de la mixteca poblana. Ciencia y Mar. XV (43) 13-21.
- Nava, B. A. (2022). Estado del arte del conocimiento de biodiversidad de los polinizadores de México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 93. 1-76.
- Neder, R. L. E y Arce, M. G (1983). Desarrollo ontogenético, morfología y biología *Leptophobia aripa* BSD (Lepidóptera: pieridae). Acta Zoológica Lilloana. 37(1), 77-85.
- Oberhauser, K. y Kuda, K. (1997). Guía para la identificación de orugas de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*). Department of Ecology, Evolution and Behavior; University of Minnesota; Upper Buford Circle; St. Paul MN, 55108 Minnesota: National Sciences Foundation, 14.
- Pfeiler, E., Nazario, Y. N. O., Pérez, G. F., Chávez M. C. A., Loustalot L. M. R, Rendón S. E. y Markow T. A. (2017). Population Genetics of Overwintering

Monarch Butterflies, *Danaus plexippus* (Linnaeus), from Central Mexico Inferred from Mitochondrial DNA and Microsatellite Markers. *The Journal of Heredity*. 108(2), 163-175.

Quezada, M. A. J. S. (2024). Ecoturismo para la conservación del entorno: una revisión bibliográfica. *Revista Ecúmene de ciencias sociales*.1(9), 137-149.

Ramírez, O. J. C., Lozano, P. M., Aguilar, C. G., Gutiérrez, M. A., Yanes, G. G., Jiménez, M. F. J., Sánchez, O. S., y Carrillo, A. U. (2023). Mariposas de la región central del estado de Puebla, México: un acercamiento a su conocimiento e importancia. *LUM*. 4 (2), 64-75.

Ramos, L. M. y Osorio H. E. (1994). Elaboración de la harina de Cuetla y su posible adición a los alimentos. (Doctoral dissertation, Tesis profesional Puebla de Zaragoza).

Ramos, E. J., Pino, J. M., y Morales de León, J. (2002). Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. *Folia entomológica mexicana*. 41(1), 15-29.

Rostro, B. R., Salazar, B. Q., Ramos, E. J., Moreno, J. M. P., Campos, S. C. A., Pérez, A. G., y García, V. D. B. (2012). Análisis químico y nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el estado de México. *Interciencia*. 37(12), 914-920.

Rodríguez, R. R. A. y Suárez, A. C. A. (2020). Primer reporte de infección causada por el protozoario *Ophryocystis elektroscirrha* McLaughlin y Myers (Neogregarinida: Ophryocystidae) en la mariposa monarca *Danaus plexippus megalippe f. portoricensis* A. Clark (Lepidoptera: Nymphalidae) en Puerto Rico. *Revista chilena de entomología*. 46(3), 521-523.

Sánchez, B. F. y Wyckhuys K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*. 232, 8-27.

Sánchez, A. y Reyes, M. (2021). Los insectos en la escuela: una alternativa en la enseñanza de las ciencias para la construcción de una educación ambiental, reflexiva y contextual. *Educación y Ciudad*. 40, 147-164.

Salvadó, Z. y Novo, M. (2025). Dealing with Urban Biodiversity Through Butterfly Gardens: A Project-Based Learning Proposal for Pre-Service Teachers Training. *Sustainability*.17(5), 2195.

Secretaría de Salud. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado 4 de noviembre 2025. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>.

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2013). Monitoreo de las colonias de hibernación de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Dirección de evaluación y seguimiento. CONANP. Recuperado 4 de octubre. 2024. [https://www.wwf.org.mx/nuestro\\_trabajo/ecosistemas\\_terrestres/conservacion\\_de\\_la\\_mariposa\\_monarca/monitoreo\\_cientifico/](https://www.wwf.org.mx/nuestro_trabajo/ecosistemas_terrestres/conservacion_de_la_mariposa_monarca/monitoreo_cientifico/).

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2019). Plan de Acción para la Conservación de la Mariposa Monarca en México, 2018–2024. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Plan de acción para la Conservación de la

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2024). Disminuye la presencia de mariposa Monarca en los bosques mexicanos de hibernación. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <https://www.gob.mx/conanp/prensa/disminuye-la-presencia-de-mariposas-monarca-en-los-bosques-mexicanos-de-hibernacion>

Solensky, M. y Larkin, E. (2003). Temperature-induced Variation in Larval Coloration in *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 96, 211–216.

Valverde, R. A., Villanueva, M. N., Briceño, Y. H., y Cornejo, M. A. (2021). Susceptibilidad de estadios larvales de *Leptophobia aripa* Boisduval (Lepidoptera: Pieridae) a los entomopatógenos. *CIENCIA UNEMI*. 14(36), 12-20.

Yang, Y., Ding, L., Wang, T., Liao, H. y Tang, C. (2024). Morphological characterization of the antenna and scent patch of three *Danaus* species (Papilionoidea: Nymphalidae, Danainae). *Insects*, 15(2), 121.

## **XII ANEXOS**

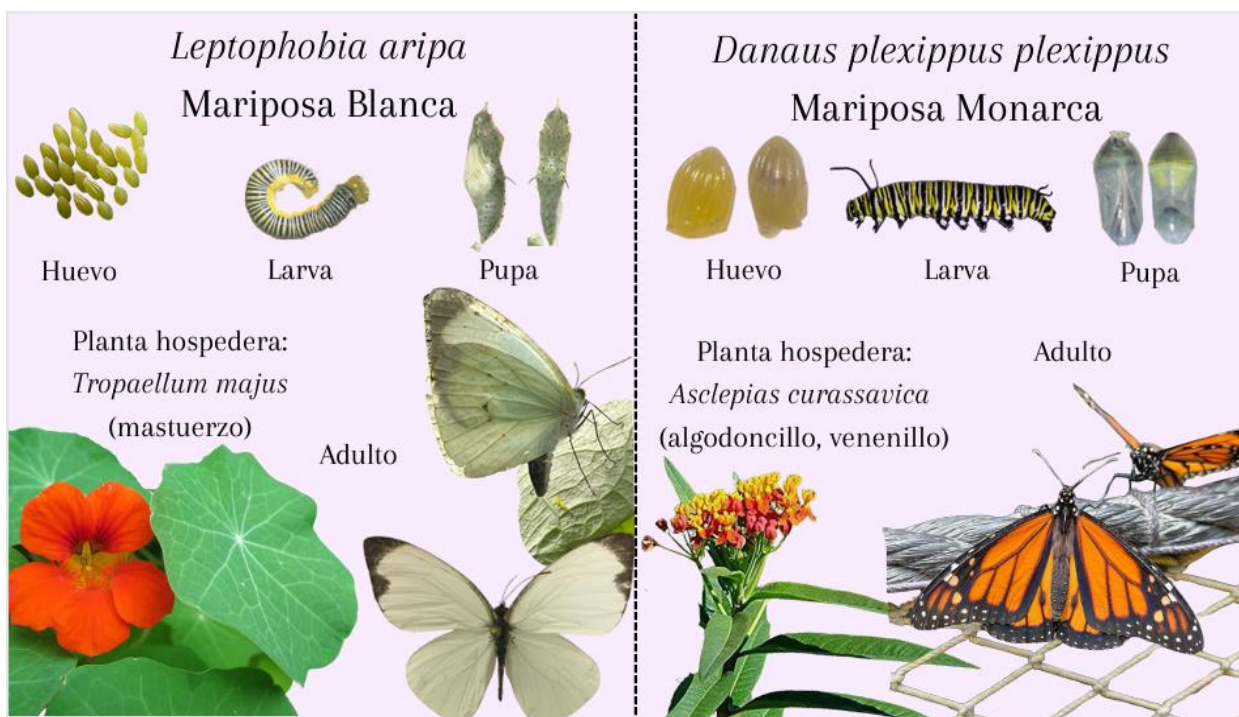
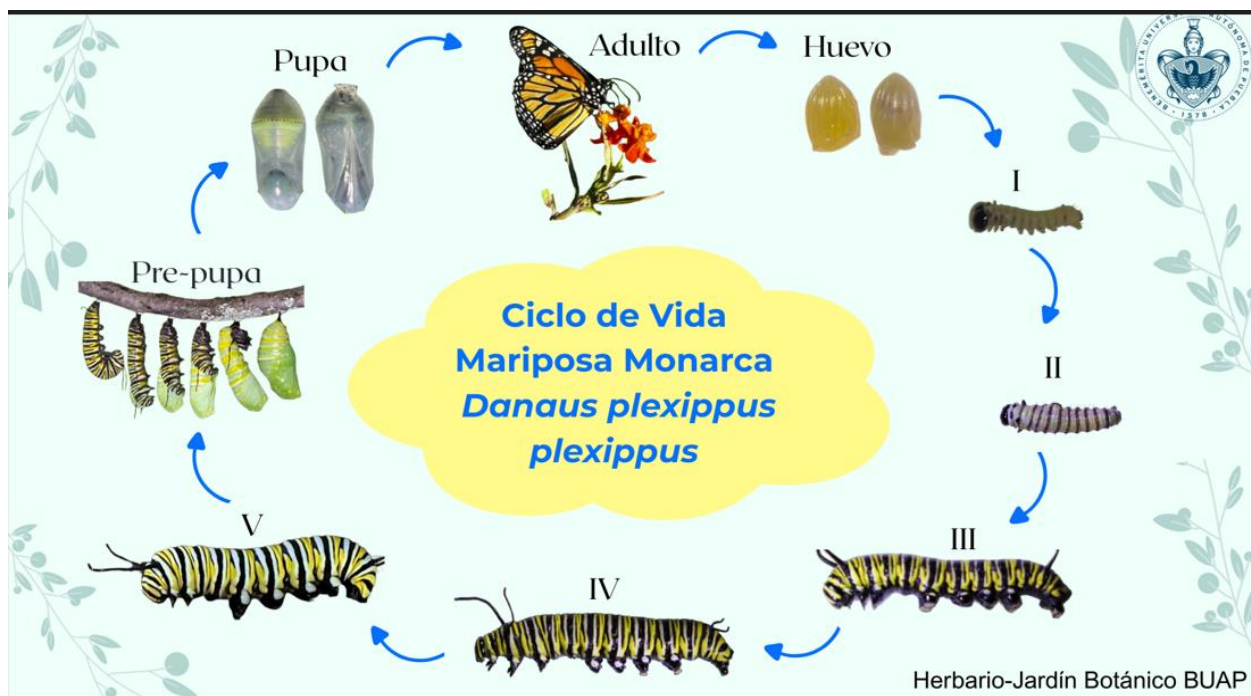
### **Anexo 1. Encuestas de talleres**

| Encuesta de introduccion a los lepidópteros                                   |       |       |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|---|---|
| Nombre:                                                                       | Edad: | sexo: | F | M |
| 1. ¿ Sabes que son los lepidópteros?                                          |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 2. ¿Sabes diferenciar entre Mariposas Diurnas y Nocturnas ?                   |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 3. ¿Sabes de que se alimenta una mariposa ?                                   |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                      c) tal vez              |       |       |   |   |
| 4. ¿Puedes identificar las larvas de mariposa?                                |       |       |   |   |
| a) si                      b)no                      c) algunas               |       |       |   |   |
| 5. ¿Conoces de que se alimentan las alrvas de mariposa ?                      |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 6. ¿Te causan miedo el tocar alguna larva?                                    |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                      c) aveces               |       |       |   |   |
| 7. ¿ Conoces la importancia de un lepidóptero en nuestro ecosistema ?         |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 8 . ¿Conoces el ciclo de vida de una mariposa?                                |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 9. ¿Conoces la importancia de un jardín polinizador?                          |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 10. ¿Conoces algún lepidoptero comestible?                                    |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 11. Durante el ciclo de vida de una mariposa ¿ Pueden presentar enfermedades? |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 12. ¿El declive anual de mariposas afecta a nuestro ecosistema?               |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 13. Los mariposarios son espacios para la exhibición                          |       |       |   |   |
| a) cierto                      b) falso                                       |       |       |   |   |
| 14. ¿ Sabes que es la entomofagia?                                            |       |       |   |   |
| a) no                      b) si                                              |       |       |   |   |
| 15. ¿ Las mariposas son plaga ?                                               |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 16. Haz visitado algun mariposario                                            |       |       |   |   |
| a) si                      b) no                                              |       |       |   |   |
| 17. ¿Te gustaria criar mariposas en casa?                                     |       |       |   |   |
| a) no                      b) si                                              |       |       |   |   |
| 18. ¿Las mariposas tienen escamas?                                            |       |       |   |   |
| a) no                      b)si                                               |       |       |   |   |

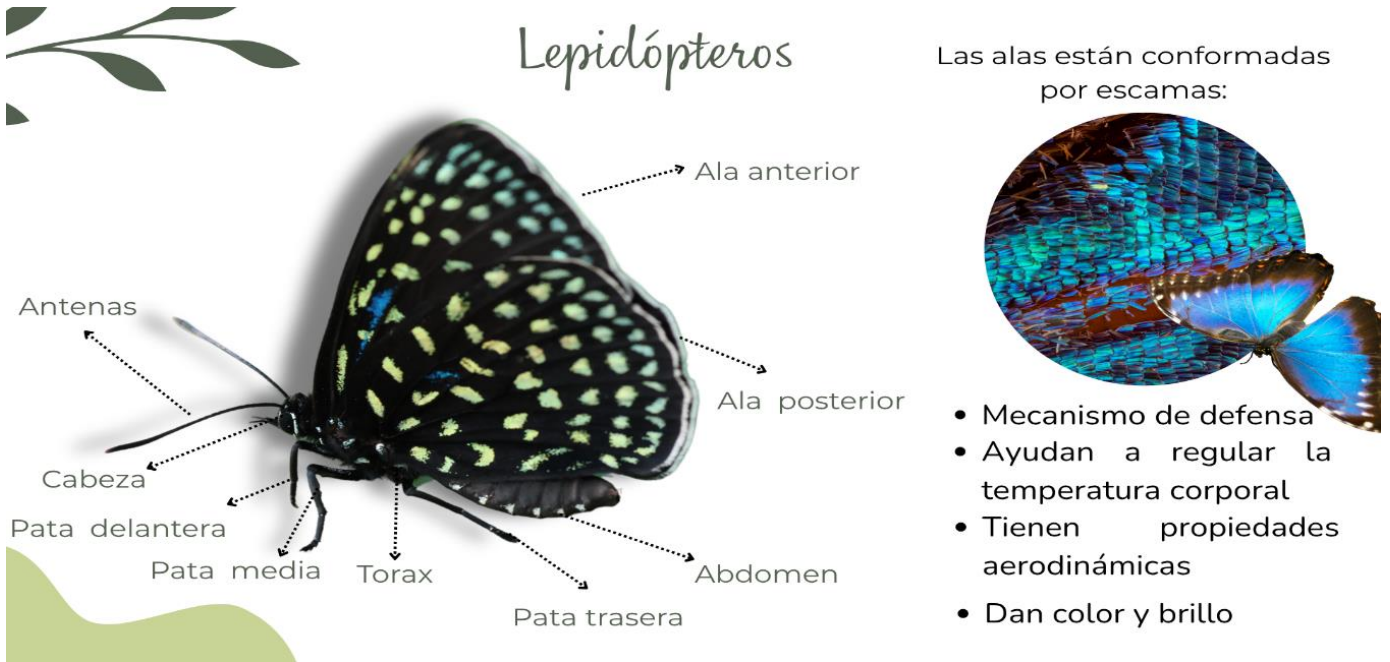
| Encuesta de lepidópteros                                                                                                                                                               |  |       |                                                                                           |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Nombre:                                                                                                                                                                                |  | Edad: | sexo:                                                                                     | F | M |
| 1. ¿ Qué son los lepidópteros ?                                                                                                                                                        |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) Insectos mejor conocidos como mariposas que forman parte del orden de coleoptera                                                                                                    |  |       | b) Insectos mejor conocidos como mariposas que forman parte del orden de los lepidopteros |   |   |
| 2. ¿La mariposa Monarca y la mariposa blanca son Mariposas Diurnas ?                                                                                                                   |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b) no                                                                                                                                                       |  |       |                                                                                           |   |   |
| 3. ¿Las mariposas se alimentan solo de plantas melíferas ?                                                                                                                             |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) no, también se alimentan del néctar de frutas y soluciones dulces.                                                                                                                  |  |       | b) si, se alimentan del polen de plantas como lo es lavanda, manzanilla, hinojo, etc.     |   |   |
| 4. ¿ Las larvas pueden presentar diferente morfología?                                                                                                                                 |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b)no                      c) algunas                                                                                                                        |  |       |                                                                                           |   |   |
| 5. ¿El alimentos hospederos de las larvas es especificos ?                                                                                                                             |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b) no                                                                                                                                                       |  |       |                                                                                           |   |   |
| 6. ¿Todas las larvas de lepidópteros te generan urticaria cuando las tocas ?                                                                                                           |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b) no                                                                                                                                                       |  |       |                                                                                           |   |   |
| 7. El tener un jardin polinizador beneficia a los agricultoresy al ecosistema                                                                                                          |  |       |                                                                                           |   |   |
| Cierto                      Falso                                                                                                                                                      |  |       |                                                                                           |   |   |
| 8 . ¿ Las mariposas son de metamorfosis completa?                                                                                                                                      |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b) no                                                                                                                                                       |  |       |                                                                                           |   |   |
| 9. ¿Qué plantas son indispensables para un jardín polinizador ?                                                                                                                        |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) lavanda, manzanilla, hinojo, margaritas, etc                                                                                                                                        |  |       | b) árboles, helechos, pinos                                                               |   |   |
| 10. ¿ Qué es un zocriadero de mariposas?                                                                                                                                               |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) son espacios modificados para la reproducción y adaptación de mariposas, con el objetivo de preservar, exhibir, propagar plantas hospederas, asi como la re inserción de organismos |  |       | b) son espacios modificados para la cría, venta y exhibición de mariposas                 |   |   |
| 11. ¿Los lepidópteros entran en el listado de insectos comestibles?                                                                                                                    |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b) no                                                                                                                                                       |  |       |                                                                                           |   |   |
| 12. Los colores de las escamas de las mariposas son un mecanismo de defensa para los depredadores                                                                                      |  |       |                                                                                           |   |   |
| Cierto                      Falso                                                                                                                                                      |  |       |                                                                                           |   |   |
| 13. La copula de una mariposa monarca llega a durar hasta 12 horas                                                                                                                     |  |       |                                                                                           |   |   |
| Cierto                      Falso                                                                                                                                                      |  |       |                                                                                           |   |   |
| 14. Existen especies NO MIGRATORIAS de la mariposa monarca                                                                                                                             |  |       |                                                                                           |   |   |
| Cierto                      Falso                                                                                                                                                      |  |       |                                                                                           |   |   |
| 15. Uno de los factores del declive de mariposas es por el uso indiscriminado de insecticidas usado para el control de estos organismos en cultivos                                    |  |       |                                                                                           |   |   |
| Cierto                      Falso                                                                                                                                                      |  |       |                                                                                           |   |   |
| 16. ¿ Te gustaría criar mariposas?                                                                                                                                                     |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b) no                      c) solo si se encuentran en riesgo                                                                                               |  |       |                                                                                           |   |   |
| 17. ¿ Te gustaría aprender más sobre lepidópteros?                                                                                                                                     |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) si                      b) no                                                                                                                                                       |  |       |                                                                                           |   |   |
| 18. ¿Cuál es la variabilidad de proteínas en lepidópteros?                                                                                                                             |  |       |                                                                                           |   |   |
| a) 13-64%                      b) 31- 120%                                                                                                                                             |  |       |                                                                                           |   |   |

Anexo 2. Diseño de estructura de adulto para tabloides.

Material didáctico para la impresión de lonas



## Diseño de material didáctico para la impresión de tabloides



## Diseño de trípticos informativos.

