

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola



"FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA MULTIPLICACIÓN DEL HOSPEDERO (*Diatraea saccharalis* Fabricius) SOMETIDO A DIFERENTES DIETAS ARTIFICIALES EN LABORATORIO - AREQUIPA"

Tesis presentada por la Bachiller:

Valdivia Meza, Fernanda Gabriela

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniera Agrónoma y Agrícola

Asesora:

Mg. Sc. Ing. Mamani Gutiérrez, Dina

Arequipa - Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA AGRONOMICA Y AGRICOLA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 25 de Noviembre del 2022

Dictamen: 005256-C-EPIAyA-2022

Visto el borrador del expediente 005256, presentado por:

2014203972 - VALDIVIA MEZA FERNANDA GABRIELA

Titulado:

**FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA MULTIPLICACIÓN DEL HOSPEDERO (DIATRAEA
SACCHARALIS FABRICIUS) SOMETIDO A DIFERENTES DIETAS ARTIFICIALES EN
LABORATORIO- AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2150 - COLOMA DONGO FROY ENGELBERT
DICTAMINADOR**



**2339 - TORRES LIZARRAGA JOSE MIGUEL
DICTAMINADOR**



**2728 - DIAZ VENTO INGRIND MIRNA
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

A dios por iluminar mi recorrido profesional y ser mi compañero leal en el trayecto de mi vida.

A mis queridos padres, Carmen y Ferdinan por ser un soporte incondicional y por su amor infinito, con quienes estaré eternamente agradecida por ser mis amigos y fomentar en mi la resiliencia para afrontar las adversidades.

A mi querido hermano, por ser desde que nació mi motivación e impulso constante.

A mi querido abuelo Willy Valdivia quien me heredó la pasión por la agricultura y que seguramente está velando por mi bienestar desde el cielo.

A mis amados amigos Xiomara Valdivia, Raphael Ferrel y Katherín Zúñiga por ser cómplices de aventura estos años, y brindarme una amistad incomparable que estoy segura que perdurará para toda nuestra vida.

Al ser que me inspiró y acompañó durante todo este proceso.

Finalmente, a todas las personas que hoy en sus vidas les aqueja una enfermedad mental, para que batallen y encuentren su propio camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi querida familia por su incondicional amor, inmensa paciencia y constante apoyo a lo largo de esta etapa.

A mi queridísima asesora Mag. Dina Beatriz Mamani Gutiérrez, por la confianza en mí y que con su inmensurable dedicación me oriento durante todo este proceso.

También al Ing. Guillermo Linares Quiroz y Mag. José Miguel Torres Lizárraga, por sus aportaciones y cooperación para hacer posible este proyecto.

De mi más preciada estima a mi querida Escuela profesional De Ingeniería Agronómica y Agrícola, y mis estimados docentes, que compartieron sus conocimientos y fueron fuente de inspiración durante mis 5 años profesionales. Gracias a cada uno de ustedes por sus consejos y su guía a lo largo de este camino.

A mi entrañable promoción las Semillitas Agrícolas, a quienes recuerdo con melancolía por todos los momentos alegres que compartimos. Dejaron en mí, inolvidables recuerdos. Les deseo éxito a cada uno de ustedes.

Al Dr. Carlos Azabache por su constante disposición para brindarme la orientación pertinente durante el desarrollo investigativo.

A mi querido jurado, que oportunamente me brindo aportes objetivos durante el proceso de planteamiento y experimentación del proyecto.

Infinita Gratitude para todos ustedes.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Sanidad II de la Escuela de Ingeniería Agronómica y Agrícola en el fundo La Banda Huasacache, Distrito Hunter, Provincia y Región Arequipa.

El objetivo principal de este proyecto fue el de Diseñar, fabricar, instalar y poner en funcionamiento un prototipo de crianza con condiciones controladas sometido a diferentes dietas artificiales para la crianza del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius). Para ello se trabajaron con equipos que proporcionen la conservación de los parámetros de T° y HR%. Esto permitió establecer la relación costo/beneficio de la construcción del prototipo de crianza con otras cámaras comerciales. Para la prueba del funcionamiento se requirió elaborar y evaluar diferentes dietas artificiales para la crianza del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius). Se trabajó con un diseño experimental DCA con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Los parámetros evaluados fueron, contaminación de Dietas, consumo de dieta, sobrevivencia de larva y tamaño de larva. De los resultados se pudo concluir que la parcela P1(Prototipo de crianza) fue la de mejor respuesta y contribuyó en el desarrollo larval de *Diatraea saccharalis* Fabricius; en donde el grado de consumo promedio de dieta fue de 70.67 gr en y mostró valores superiores en la interacción con la subparcela S1(Dieta 1), obteniendo así valores de 2.68 cm de longitud y un porcentaje de sobrevivencia del 67.4%. Por lo que se demostró que la oferta del prototipo de crianza con ambiente controlado, permite el desarrollo larval del hospedero *Diatraea saccharalis* Fabricius con características deseadas.

Palabras clave: Prototipo de Crianza, Hospedero, Crianza, Temperatura y Humedad

SUMMARY

The present research work was carried out in the Health Laboratory II of the School of Agronomic and Agricultural Engineering in the La Banda Huasacache estate, Hunter District, Arequipa Province and Region.

The main objective of this project was to design, manufacture, install and put into operation a breeding prototype with controlled conditions subjected to different artificial diets for the raising of the host (*Diatraea saccharalis* Fabricius). For this, they worked with equipment that provides the conservation of the parameters of T° and HR%. This allowed to establish the cost/benefit ratio of the construction of the breeding prototype with other commercial chambers. For the performance test, it was required to develop and evaluate different artificial diets for raising the host (*Diatraea saccharalis* Fabricius). A DCA experimental design was used with a split plot arrangement with three replications. The parameters evaluated were diet contamination, diet consumption, larval survival and larval size. From the results it was possible to conclude that plot P1 (prototype for breeding) was the one with the best response and contributed to the larval development of *Diatraea saccharalis* Fabricius; where the degree of average diet consumption was 70.67 gr in and showed higher values in the interaction with subplot S1 (Diet 1), thus obtaining values of 2.68 cm in length and a survival rate of 67.4%. Therefore, it was shown that the offer of the controlled environment breeding prototype allows the larval development of the *Diatraea saccharalis* Fabricius host with desired characteristics.

Keywords: Breeding Prototype, Host, Breeding, Temperature and Humidity

INTRODUCCIÓN

Los barrenadores del tallo pertenecientes al género *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) han sido, en general, las plagas de mayor importancia en el cultivo de la caña de azúcar en América. Su manejo se ha basado en el control biológico, principalmente en la liberación de las moscas *Paratheresia claripalpis* y *Metagonistylum minense* (Diptera: Tachinidae), que en su estado de larva parasitan las larvas del barrenador y se alimentan de ellas contribuyendo a reducir las poblaciones de la plaga y, por ende, su daño (Borja, 2006).

La utilización del barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius) como hospedero para diferentes controladores biológicos, se ha convertido en una práctica con alta demanda. En los laboratorios entomológicos, se suele realizar crianzas masivas de esta plaga, para posteriormente inocularlas con parasitoides, y estos últimos son liberados en campo para controlar la plaga. Para la eficiente crianza, se hace uso de dietas naturales y artificiales, donde las últimas son las que permiten mejor eficiencia y rentabilidad.

El sistema de crianza utilizado en algunos centros de investigación (Universidades, Institutos Tecnológicos, Institutos de Investigación, empresas privadas, etc.) para proveerse de insectos en sus diferentes estadios, es alimentándolos con “dietas naturales”, con las consiguientes desventajas: indisponibilidad del alimento fresco y oportuno, sobredimensionamiento de jaulas y ambientes debido al volumen de los mismos y contaminación biológica (entomopatógenos) y química (residuos de pesticidas); pues los objetivos de tales crianzas son básicamente la investigación en biología. Así, la crianza de insectos utilizando dietas artificiales se convierte en uno de los componentes importantes de la entomología tanto básica cuanto aplicada (Cerna et. al., 2021).

En los laboratorios entomológicos de gran escala se suele trabajar el proceso de crianza con dietas artificiales en cuartos de desarrollo que cuentan con condiciones climáticas controladas, y les permite realizar todo el proceso sin problema. Sin embargo, existen las cámaras climáticas que son capaces de reproducir en su interior condiciones climáticas de temperatura, humedad relativa e iluminación y fotoperiodo, así como realizar cambios de condiciones y repetir ciclos automáticos programados para reproducir o simular el día y la noche, así como las fases de orto, ocaso, crepúsculo, etc. (MPCControl, 2022).

Este tipo de cámara climática se utiliza mayoritariamente en laboratorios, centros de I+D, universidades y empresas de producción donde se requiera investigar o acelerar procesos de cultivo, desarrollo y crecimiento de plantas, algas, vegetales, insectos y otros organismos vivos.(MPControl, 2022)

Esto último revela la complejidad de realizar una crianza sin equipos que faciliten la crianza de hospederos para parasitoides en los laboratorios entomológicos. En el Valle de Tambo de la provincia de Islay, tienen como cultivo industrial a la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius), este es un cultivo importante para los productores de la zona, sin embargo, para el control de su principal plaga, que es el barrenador de la caña de azúcar, no han logrado abastecer la demanda de liberación de controladores en campo, por la complejidad de las cadenas de crianza.

Por tal razón, la fabricación de un prototipo de crianza, cumpliría la misma función que los cuartos de desarrollo y las cámaras bioclimáticas comerciales, para que puedan realizar la crianza, y a su vez la utilización de dietas artificiales que contengan un alto contenido nutricional da aportes en el desarrollo del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 5 |
| SUMMARY | 6 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| ÍNDICE | 9 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 12 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 12 |
| ÍNDICE DE CUADROS | 12 |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | 13 |
| ÍNDICE DE ANEXOS | 13 |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | 14 |
| CAPITULO I..... | 1 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1. Enunciado del Problema..... | 1 |
| 1.2. Descripción del Problema. | 1 |
| 1.3. Justificación..... | 2 |
| 1.3.1. Aspecto general. | 2 |
| 1.3.2. Aspecto tecnológico. | 2 |
| 1.3.3. Aspecto social. | 3 |
| 1.3.4. Aspecto económico. | 3 |
| 1.3.5. Importancia..... | 3 |
| 1.4. Objetivos. | 4 |
| 1.4.1. Objetivo General. | 4 |
| 1.4.2. Objetivo Específicos. | 4 |
| 1.5. Hipótesis..... | 4 |
| CAPITULO II..... | 5 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1. Análisis bibliográfico. | 5 |
| 2.1.1. Bibliografía principal. | 5 |
| 2.1.1.1. Prototipo. | 5 |
| 2.1.1.2. Evaluación de prototipos. | 5 |
| 2.1.1.3. Componentes Principales del prototipo de la cámara de multiplicación.. | 7 |
| 2.1.1.4. Programación del sistema eléctrico Arduino..... | 10 |
| 2.1.1.5. Cámara de bioclimatación (Climacell)..... | 10 |
| 2.1.1.6. Organización de laboratorio para la producción eficiente de larvas del hospedero <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 11 |
| 4. Área de procesos de producción..... | 12 |
| 2.1.1.7. Temperatura y humedad relativa de las salas de crianza de <i>Diatraea</i> <i>saccharalis</i> Fabricius..... | 13 |
| 2.1.1.8. Crianza de insectos en laboratorio..... | 14 |
| b. Recolecta con fines de crianza en el laboratorio material necesario y procedimiento | 15 |
| 2.1.1.9. Requerimientos para la crianza de Insectos..... | 17 |
| 2.1.1.10. Equipos y áreas en Laboratorio para crianza de insectos..... | 19 |

| | |
|---|----|
| b. Cámara Aséptica. | 19 |
| 2.1.1.11. Insectos hospedantes. | 20 |
| 2.1.1.12. Características del insecto hospedante. | 21 |
| 2.1.1.13. Control de Calidad en la producción masiva de insectos. | 21 |
| 2.1.1.14. Establecimiento de un programa de control de calidad. | 22 |
| 2.1.1.15. Obstáculos en la producción masiva de insectos. | 22 |
| 2.1.1.16. Barreno de la Caña de Azúcar. | 23 |
| 2.1.1.17. Método de cría de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 30 |
| 2.1.1.18. Componentes de las dietas de los insectos. | 33 |
| a. Aspectos nutricionales. | 33 |
| b. Aspectos físico-químicos. | 35 |
| 2.1.1.19. Crianza Masiva De <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 36 |
| 2.1.1.20. Clasificación taxonómica de la Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) | 38 |
| 2.1.1.21. Importancia de la caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) en Perú. | 38 |
| 2.1.1.22. Impacto de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius en Arequipa. | 39 |
| 2.1.2. Estadísticas climatológicas. | 39 |
| 2.2. Antecedentes de Investigación. | 40 |
| 2.2.1. Revisión de tesis universitarias. | 40 |
| 2.2.2. Revisión de artículos de investigación. | 43 |
| CAPITULO III | 45 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS. | 45 |
| 3.1. Materiales de campo. | 45 |
| 3.1.1. Localización del trabajo. | 45 |
| 3.1.1.1. Espacial. | 45 |
| 3.1.1.2. Temporal. | 45 |
| 3.1.2. Materiales biológicos. | 46 |
| 3.1.3. Materiales de laboratorio. | 46 |
| 3.1.4. Materiales de escritorio. | 46 |
| 3.1.5. Equipos. | 47 |
| 3.1.6. Otros materiales. | 47 |
| 3.2. Métodos: | 47 |
| 3.2.1. Muestreo: | 47 |
| c. Procedimiento de muestreo. | 48 |
| 3.2.2. Recopilación de la información. | 48 |
| 3.2.2.1. En el laboratorio. | 48 |
| 3.2.2.2. En la biblioteca. | 48 |
| 3.2.2.3. En otros ambientes generadores de la información científicos. | 48 |
| 3.2.3. Variables de respuesta. | 48 |
| 3.2.3.1. Variables independientes. | 48 |
| 3.2.3.2. Variables dependientes. | 49 |
| 3.3. Evaluación estadística. | 49 |
| 3.3.1. Diseño Experimental. | 49 |
| 3.3.1.1. Unidades experimentales. | 49 |
| 3.3.1.2. Unidades experimentales. | 51 |
| 3.4. Metodología: | 52 |
| 3.4.1. Metodología de la instalación. | 52 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| a. | Diseño y Construcción de Prototipo de Multiplicación: | 52 |
| b. | Sistema eléctrico: | 53 |
| c. | Construcción Estructural: | 55 |
| d. | Acondicionamiento y Desinfección del Área de Trabajo. | 59 |
| 3.4.2. | Metodología de la experimentación. | 62 |
| a. | Acondicionamiento y Desinfección. | 62 |
| b. | Preparación de las dietas artificiales. | 62 |
| c. | Siembra de Posturas: | 70 |
| d. | Instalación de frascos en el prototipo y cámara bioclimática..... | 72 |
| e. | Control y Cosecha del hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius): | 72 |
| f. | Evaluaciones finales de consumo, sobrevivencia y tamaño de larva (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius): | 74 |
| 3.5. | Características Evaluadas:..... | 75 |
| 3.5.1. | Contaminación de Dieta: | 75 |
| 3.5.2. | Consumo de Dieta: | 75 |
| 3.5.3. | Sobrevivencia de Larvas: | 75 |
| 3.5.4. | Tamaño de Larva:..... | 75 |
| 3.5.5. | Beneficio/Costo:..... | 76 |
| CAPITULO IV | | 77 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 77 |
| 4.1. | RESULTADOS:..... | 77 |
| 4.1.1. | Costo de Prototipo de Crianza:..... | 77 |
| 4.1.1.1. | Presupuesto para la Construcción del prototipo de crianza:..... | 77 |
| 4.1.1.2. | Inversión para la comprobación del funcionamiento del Prototipo de Crianza: | 78 |
| 4.1.1.3. | Análisis De Costo-Beneficio del Prototipo de Crianza Entomológica:.. | 79 |
| 4.1.2. | Consumo de Dieta del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius): | 80 |
| 4.1.3. | Sobrevivencia de Larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius): | 83 |
| 4.1.4. | Tamaño de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius):..... | 86 |
| 4.1.5. | Contaminación de Dietas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius): 90 | |
| 4.2. | DISCUSIÓN: | 91 |
| 4.2.1. | Costo- Beneficio del Prototipo de Crianza:..... | 91 |
| 4.2.2. | Consumo de Dieta del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius): | 91 |
| 4.2.3. | Sobrevivencia de Larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) | 92 |
| 4.2.4. | Tamaño de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius):..... | 94 |
| CAPITULO V | | 96 |
| CONCLUSIONES | | 96 |
| CAPÍTULO VI | | 97 |
| RECOMENDACIONES | | 97 |
| CAPITULO VII | | 98 |
| REFERENCIAS | | 98 |
| ANEXOS | | 104 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Esquema de Relé. | 8 |
| Figura 2: Cámara Aséptica..... | 19 |
| Figura 3: Ciclo Biológico de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 24 |
| Figura 4: Periodo de incubación del huevo y desarrollo del embrión de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 25 |
| Figura 5: Desarrollo Larval de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 26 |
| Figura 6: Estado Pupal de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 27 |
| Figura 7: Placas setales de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius..... | 27 |
| Figura 8: Genitales del macho de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius..... | 28 |
| Figura 9: Genital masculino de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 29 |
| Figura 10: Ciclo de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 37 |
| Figura 11: Ubicación del Área experimental. | 45 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Temperatura y humedad relativa de las salas de Crianza. | 13 |
| Tabla 2: Variaciones climáticas Estación Pampa Blanca - Cocachacra 39 | 39 |
| Tabla 3: Descripción de los tratamientos 49 | 49 |
| Tabla 4: Descripción de los componentes para la realización de cada una de las dietas artificiales para alimentación de las larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius en Laboratorio 50 | |
| Tabla 5: Medidas de Prototipo de Crianza 52 | 52 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1: Variaciones climáticas Estación Pampa Blanca- Cocachacra. | 40 |
| Cuadro 15: Presupuesto del Prototipo de Crianza. | 77 |
| Cuadro 16: Costos de materiales para la comprobación del Prototipo de Crianza..... 78 | 78 |
| Cuadro 17: Análisis de Costos de Cámara de Crianza. | 79 |
| Cuadro 2: Análisis de Varianza (ANVA) para Consumo de Dietas Artificiales del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) en diferentes condiciones climáticas con tres tipos de dietas artificiales. | 80 |
| Cuadro 3: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Consumo de Dieta (gr) del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius) a nivel de parcelas (Prototipo y Cámara bioclimática)..... 80 | 80 |
| Cuadro 4: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Consumo de Dieta (gr) del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius) a nivel de subparcelas (D1, D2 y D3)..... 81 | 81 |
| Cuadro 5: Análisis de varianza (ANVA) para los efectos simples del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius). | 82 |
| Cuadro 6: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el efecto de la interacción de parcelas (P1 y P2) y subparcelas (D1, D2 y D3) en el Consumo de Dieta (gr) del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius). | 83 |
| Cuadro 7: Análisis de Varianza (ANVA) para Supervivencia de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) en diferentes condiciones climáticas con tres tipos de dietas artificiales. | 84 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 8: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Supervivencia de larvas del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius) a nivel de parcelas (Prototipo y Cámara bioclimática)..... | 84 |
| Cuadro 9: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Supervivencia de larvas del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius) a nivel de subparcelas (D1, D2 y D3)..... | 85 |
| Cuadro 10: Análisis de Varianza (ANVA) para tamaño de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) en diferentes condiciones climáticas con tres tipos de dietas artificiales. | 87 |
| Cuadro 11: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Supervivencia de larvas del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius) a nivel de parcelas (Prototipo y Cámara bioclimática)..... | 87 |
| Cuadro 12: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Supervivencia de larvas del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius) a nivel de subparcelas (D1, D2 y D3)..... | 88 |
| Cuadro 13: Análisis de varianza (ANVA) para los efectos simples del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) | 89 |
| Cuadro 14: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el efecto de la interacción de parcelas (P1 y P2) y subparcelas (D1, D2 y D3) en el Consumo de Dieta (gr) del hospedero (<i>Diatraea sacharalis</i> Fabricius)..... | 89 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Consumo de Dietas (gr) del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) a nivel de parcela. | 81 |
| Gráfico 2: Consumo de Dietas (gr) del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) a nivel de subparcela..... | 82 |
| Gráfico 3: Efectos de la interacción del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) | 83 |
| Gráfico 4: Supervivencia de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) a nivel de parcela. | 85 |
| Gráfico 5: Supervivencia de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) a nivel de subparcela..... | 86 |
| Gráfico 6: Supervivencia de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) a nivel de parcela. | 87 |
| Gráfico 7: Supervivencia de larvas del Hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) a nivel de subparcela..... | 88 |
| Gráfico 8: Efectos de la interacción del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (<i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius) | 89 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1: Manual del Prototipo de Multiplicación. | 104 |
| Anexo 2: Desinfección del área de trabajo. | 108 |
| Anexo 3: Alcohol al 70%..... | 108 |
| Anexo 4: Desinfección de laboratorio de sanidad I. | 109 |
| Anexo 5: Desinfección de la Cámara de Flujo Laminar | 109 |
| Anexo 6: Llenado con Agua destilada. | 110 |
| Anexo 7: Instalado de Olla Autoclave. | 110 |
| Anexo 8: Apertura de válvula de aire. | 111 |
| Anexo 9: Colocación de frascos. | 111 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 10: Colocación de Dietas artificiales..... | 112 |
| Anexo 11: Dietas esterilizadas..... | 112 |
| Anexo 12: Pesaje de levadura seca | 113 |
| Anexo 13: Pesaje de Ácido ascórbico..... | 113 |
| Anexo 14: Pesaje de Amoxicilina..... | 114 |
| Anexo 15: Pesaje Levadura de Cerveza. | 114 |
| Anexo 16: Pesaje Caña de azúcar. | 115 |
| Anexo 17: Pesaje de Metilparabeno. | 115 |
| Anexo 18: Pesaje de Carragenato. | 116 |
| Anexo 19: Posturas de tercer día. | 116 |
| Anexo 20: Posturas de octavo día..... | 117 |
| Anexo 21: Posturas de sexto día. | 117 |
| Anexo 22: Posturas preparadas para siembra | 118 |
| Anexo 23: Posturas en Microscopio | 118 |
| Anexo 24: Preparación de Sulfato de Cobre..... | 118 |
| Anexo 25: Formol..... | 119 |
| Anexo 26: Vasos precipitados, pipeta y pinza..... | 119 |
| Anexo 27: Retiro de Papel Kraft em frascos. | 120 |
| Anexo 28: Pesaje de dietas artificiales. | 120 |
| Anexo 29: Medición de larvas. | 120 |
| Anexo 30: Recopilación de Datos de consumo de dietas. | 121 |
| Anexo 31: Recopilación de datos de sobrevivencia de larvas. | 121 |
| Anexo 32: Recopilación de datos de tamaño de larvas. | 122 |
| Anexo 33: Costos de Dietas artificiales..... | 124 |
| Anexo 34: Vista con medidas de la parte frontal del Prototipo de Crianza | 125 |
| Anexo 35: Vista con medidas externas del Prototipo de Crianza..... | 125 |
| Anexo 36: Vista tridimensional de la parte frontal del Prototipo de crianza..... | 126 |
| Anexo 37: Vista tridimensional de la parte trasera del prototipo de crianza..... | 127 |
| Anexo 38: Vista tridimensional de la parte lateral del Prototipo de Crianza..... | 127 |
| Anexo 39: Huevos eclosionadas de <i>Diatraea saccharalis</i> Fabricius. | 128 |
| Anexo 40: Larvas eclosionando..... | 128 |
| Anexo 41: Larvas II instar. | 128 |
| Anexo 42: Larvas III instar. | 129 |
| Anexo 43: Larvas en cámara bioclimática..... | 129 |
| Anexo 44: Larvas en dietas artificiales..... | 129 |
| Anexo 45: Larvas del III instar. | 130 |
| Anexo 46: Larvas en prototipo de crianza. | 130 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|--|----|
| Fotografía 1: Prototipo de Crianza instalada en el Laboratorio..... | 52 |
| Fotografía 2: Material Estructural. | 52 |
| Fotografía 3: Material Eléctrico..... | 53 |
| Fotografía 4: Esquema de programación. | 53 |
| Fotografía 5 A, B, C, D: Ensamblaje de la caja de control. | 54 |

| | |
|---|----|
| Fotografía 6: Estructura del Prototipo de Multiplicación | 55 |
| Fotografía 7: Plegado de planchas de Yeso. | 55 |
| Fotografía 8 A, B: Instalación de Ventiladores | 56 |
| Fotografía 9 A, B: Instalación de la Calefacción y Humificación..... | 57 |
| Fotografía 10 A, B, C: Instalación del Sensor Dht22..... | 57 |
| Fotografía 11 A, B: Sellado de las paredes..... | 57 |
| Fotografía 12 A, B: Pintado y acabados. | 58 |
| Fotografía 13: Prototipo de multiplicación en el Laboratorio de Sanidad II. | 58 |
| Fotografía 14 A, B, C, D: Limpieza del Laboratorio de Sanidad II. | 59 |
| Fotografía 15 A, B, C, D: Esterilización del Prototipo y Cámara bioclimática. | 60 |
| Fotografía 16 A, B, C: Calibración de Equipos..... | 61 |
| Fotografía 17 A, B: Pesaje de Insumos. | 63 |
| Fotografía 18 A, B, C, D: Preparación del medio- Dieta 1 | 64 |
| Fotografía 19 A, B, C: Disolución del Carragenato. | 65 |
| Fotografía 20 A, B, C, D: Preparación del medio Dieta 2 y disolución del Carragenato. | 66 |
| Fotografía 21 A, B, C: Preparación del medio Dieta 3 y disolución del Carragenato. | 67 |
| Fotografía 22 A, B, C, D, E, F: Enfriamiento y Gelificación | 69 |
| Fotografía 23 A, B, C, D: Siembra de posturas y transporte de Frascos..... | 71 |
| Fotografía 24 A, B: Ingreso de frascos en equipos..... | 73 |
| Fotografía 25: Identificación de instares..... | 73 |
| Fotografía 26 A, B, C, D: Evaluación de parámetros..... | 74 |

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Enunciado del Problema.

En la provincia de Islay, se dedican a la siembra de cultivos tales como maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), los cuales son de gran importancia en la agricultura del sector. Una de las principales plagas que afecta el rendimiento y migra entre estos tres cultivos, es el barrenador de tallo de caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius). Es por ello que en el Laboratorio Entomológico El Canto de la Central Azucarera Chucarapi-Pampa Blanca S. A., se ha dedicado a la crianza de diversos controladores biológicos, entre los cuales destaca el parasitoide *Billaea claripalpis*, sin embargo han presentado dificultades en la crianza de este, por lo que tienen la intención de introducir nuevos parasitoides que permitan mejorar el control de esta plaga. En reiteradas oportunidades han pretendido realizar la multiplicación del estadio larval del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius), para ser inoculados con nuevos parasitoides, pero no tuvieron éxito por afecciones climatológicas y alimenticias. Por lo cual la presente investigación tiene la intención de fabricar un prototipo que proporcione un ambiente controlado, sometido a la prueba de diferentes dietas artificiales, necesarias para realizar la multiplicación del barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius), con el fin de contribuir con el laboratorio y los agricultores de la provincia de Islay.

1.2. Descripción del Problema.

La Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. es la principal productora de la caña de azúcar, esta empresa no utiliza pesticidas para controlar las plagas, y es la única que cuenta con un laboratorio entomológico que realiza crianza de controladores biológicos en la zona, por lo que se han visto en la necesidad de encontrar parasitoides efectivos que mitiguen esta plaga. Es por ello, que tienen la intención de realizar la multiplicación del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius), el que ha mostrado excelentes resultados al ser inoculados con parasitoides tales como *Billaea claripalpis* y *Cotesia flavipes*. El principal obstáculo para la realización de ello, son las condiciones del laboratorio; hasta el momento manejan el factor de temperatura con una implementación rústica, a base de estufas para brindar la calefacción, lo que implica un elevado costo. Mientras que el factor de humedad no cuenta con un manejo.

Además, no tienen una dieta artificial establecida para la multiplicación del hospedero, por lo que utilizan mazorcas de maíz (*Zea mays*), siendo un material de fácil deterioro. Actualmente para controlar al barrenador, están utilizando al controlador biológico *Billaea claripalpis*, pero la población no es suficiente y tienen muchas pérdidas con el sistema bajo crianza en su huésped artificial *Galleria mellonella*.

1.3. Justificación.

1.3.1. Aspecto general.

La Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. es la única que cuenta con un laboratorio entomológico que realiza crianza de controladores biológicos en la zona, por lo que se han visto en la necesidad de encontrar parasitoides efectivos que mitiguen esta plaga. Actualmente tienen la intención de realizar la multiplicación del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius), el que ha mostrado excelentes resultados al ser inoculados con parasitoides tales como *Billaea claripalpis* y *Cotesia flavipes*. El principal obstáculo para la realización de ello, son las condiciones del laboratorio y la alimentación; por lo que la presente investigación experimental tiene la intención de fabricar un prototipo que proporcione un ambiente controlado para realizar la multiplicación del barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius), comparándola con el escenario real de la provincia de Islay mediante la utilización de una cámara de bioclimática, así también se determinará que dieta artificial se adecúa mejor a las condiciones controladas, con el fin de se pueda tener una producción masiva del hospedero. Al establecer un ambiente controlado con una alimentación óptima, no solo serviría para la crianza de nuevos controladores como *Cotesia flavipes*, si no también contribuiría en las crianzas del Laboratorio Entomológico El Canto como el del parasitoide *Billaea claripalpis* que necesita el mismo hospedero. Estos controladores ayudarían a mitigar la plaga *Diatraea saccharalis* Fabricius en la provincia de Islay.

1.3.2. Aspecto tecnológico.

No existen actualmente condiciones de ambiente controlado en el Laboratorio Entomológico El Canto, dado que carecen de infraestructura e implementación tecnológica; debido a ello las intenciones de crianza del Barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius), para ser parasitado por un controlador biológico, han sido truncadas. Por tal razón, el presente trabajo pretende mitigar ese problema, generando la mejora tecnológica con la creación de un

prototipo de cámara de crianza, el cual se encontrará equipado con un sistema que brinde temperatura y humedad relativa en su entorno de forma controlada y constante, lo que favorecerá la crianza no sólo del barrenador, si no de diversas inoculaciones con parasitoides. Además de ello, se establecerá una dieta artificial con componentes que proporcione una alimentación óptima y completa para contribuir con el desarrollo larval hasta el tercer instar; edad suficiente para ya poder ser inoculado con parasitoides.

1.3.3. Aspecto social.

En el Laboratorio Entomológico El Canto de la Central Azucarera Chucarapi-Pampa Blanca S. A., se tiene la intención de realizar la crianza del hospedero *Diatraea saccharalis* Fabricius, el que es necesario como hospedero para inocularlo con diferentes parasitoides. Al establecer una crianza del hospedero, se podría ingresar nuevos controladores biológicos y producciones masivas de los que ya se utilizan, lo que generaría una ayuda a la empresa y agricultores productores de los diferentes cultivos de la provincia de Islay, contribuyendo con la reducción de pesticidas que afectan el medio ambiente y a la sociedad.

1.3.4. Aspecto económico.

Por medio del trabajo investigativo, se busca optimizar las condiciones ambientales para la crianza del hospedero *Diatraea saccharalis* Fabricius mediante un prototipo de crianza y establecer una dieta artificial que se adapte a dicho entorno; lo que contribuirá en la reducción de inversión que realiza el Laboratorio entomológico de la zona. Con esta experimentación también se pretende aportar en el aumento de rendimiento y producción de la caña de azúcar, arroz y maíz, que son los responsables del crecimiento económico de la provincia de Islay.

1.3.5. Importancia

El trabajo experimental no solo tendrá un impacto local, debido a que este prototipo de crianza podrá utilizarse para diferentes especies, con solo modular los niveles de temperatura y humedad requeridos para cada una, lo que permitirá contribuir con los laboratorios de toda la región de Arequipa, que no cuenten con recursos para realizar este proceso. Además, las pruebas de dietas artificiales, facilitarán la crianza masiva del hospedero para así poder introducir nuevos controladores biológicos que mitiguen la plaga que afecta a la provincia de Islay.

1.4.Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

- Diseñar, fabricar, instalar y poner en funcionamiento un prototipo de crianza con condiciones controladas sometido a diferentes dietas artificiales para la crianza del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

1.4.2. Objetivo Específicos.

- Establecer costo/beneficio de la construcción del prototipo de crianza
- Realizar un comparativo entre la crianza del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en el prototipo de crianza (escenario ideal) y la cámara bioclimática (escenario real).
- Elaborar y evaluar la dieta artificial que sea la más adecuada para la crianza del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en el prototipo de crianza.

1.5.Hipótesis.

Dado que las condiciones ambientales y alimentación necesarias para una crianza son manejadas en un laboratorio entomológico, es posible diseñar, fabricar y poner en funcionamiento un Prototipo de Crianza con condiciones ambientales controladas y establecer una dieta artificial para la crianza del Barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Análisis bibliográfico.

2.1.1. Bibliografía principal.

2.1.1.1. Prototipo.

Un prototipo puede tomar la forma de un producto, proceso, servicio o modelo de negocio el cual se diseña y construye con el objeto de validar la viabilidad de producción y por ende comercialización o transferencia al mercado. Los prototipos sirven como punto de partida para el desarrollo de futuros modelos, los cuales se pueden ir perfeccionando y modelando a partir de la retroalimentación que pueda brindar el mercado. En los procesos de innovación la construcción de un prototipo se convierte en una pieza fundamental para lograr medir y minimizar los riesgos. Por lo general, un prototipo no sale a la venta a menos que sea un producto o tecnología que independientemente de su estado de desarrollo sea de interés para el cliente final, siendo este cliente quien se encargue de refinar el prototipo hasta tenerlo listo en el mercado, por tanto, se puede afirmar que cuando un prototipo impacta el mercado este se convierte en un prototipo innovador (Sarraipa, 2017).

Un prototipo es un modelo, representación, demostración o simulación fácilmente ampliable y modificable. Se hace uso de un prototipo para usarlo con fines demostrativos y así poder detectar fallas o prever acciones de interacción con el producto, permitiendo tomar decisiones y realizar ajustes antes de poner en marcha el producto final. En esta presentación mencionaremos sobre los tipos, fases y consideraciones para la implementación de prototipos (Angeles, 2019).

2.1.1.2. Evaluación de prototipos.

- Confirmación del prototipo: en este punto se define si en efecto existe un prototipo, acorde con la definición previamente dada, también se determina cuáles son las partes del prototipo que se desea evaluar y de igual forma se establece la clase de prototipo frente a la que nos encontramos: si este es un prototipo rápidamente obtenible o si se requiere elaborar lentamente pues para ello se deben generar cambios culturales; si es un prototipo desechable o si es evolutivo e incremental (Sarraipa, 2017).

- Generación de preguntas: al respecto se elaboran preguntas, determinando cuáles serán los indicadores para probar los prototipos. Estas preguntas recaen sobre el prototipo, con miras a establecer su efectividad, viabilidad, soporte y escalabilidad, también recaen sobre el reto a superar, para lo cual se piensa en qué se está aprendiendo del reto y se analiza si el mismo se puede extender a otro contexto y, a su vez, se estudian las enseñanzas que obtiene el equipo interviniente en la generación del prototipo, en el sentido de definir si, por ejemplo, es un equipo adverso al riesgo o si tiene tolerancia a él (Sarraipa, 2017).
- Diseño del método de evaluación: para evaluar un prototipo se deben tener en cuenta principios tales como el de relevancia, de tal manera que se respondan preguntas que den lineamientos y permitan que el equipo que está creándolo pueda realizar ajustes; también se debe aplicar el principio de credibilidad, para que el equipo que está creando el prototipo sienta confianza y tenga en cuenta los resultados de la retroalimentación, por último, se deben aplicar los principios de oportunidad y calidad, de tal forma que los resultados se proporcionen en tiempo real y puedan realizarse ajustes sobre el prototipo y que las evaluaciones cumplan con estándares de calidad (Sarraipa, 2017).
- Implementación y adaptación: es importante tener en consideración que en esta etapa se pueden realizar ajustes sobre el método de evaluación, si por ejemplo se detecta que las preguntas no están profundizando sobre el prototipo o si, por ejemplo, el prototipo evoluciona (Sarraipa, 2017).
- Toma de decisiones: una vez tienen lugar las anteriores etapas, el equipo puede tomar alguna de las siguientes decisiones: descartar el prototipo (en caso de que los resultados sean desfavorables y se determine que no vale la pena continuar invirtiendo en él); evolucionar y adaptar el prototipo (adaptándolo a un nuevo contexto); pasar a una fase piloto (si se determina que el prototipo se debe probar en un contexto más global); realizar el escalamiento (en cuyo caso se desarrollará la capacidad de operar con volúmenes significativos comercialmente y costos competitivos); continuar en las pruebas (si los resultados de la evaluación no permiten tomar una decisión) (Sarraipa, 2017).

El diseño y la construcción de los prototipos son producto de las observaciones realizadas durante el proceso de indagación, en el que tuvimos en cuenta el posible desempeño de acuerdo a los criterios de asequibilidad, usabilidad y sostenibilidad dentro de la situación y el problema identificado. Cada prototipo fue una respuesta objetual para los entornos o situaciones

seleccionadas y su relación con los usuarios, razón por lo cual la evaluación contemplara dos aspectos: formal y relacional (Los Orgánicos Andos, 2015).

- Descripción formal: Comprende la descripción del prototipo, tipo de fuerzas que operan en el para su funcionamiento y el tipo de materiales (Los Orgánicos Andos, 2015).
- Descripción Relacional: Comprende el desarrollo de las posibles formas de uso, el espacio con la relación usuario- función y por último la estética (Los Orgánicos Andos, 2015).

2.1.1.3. Componentes Principales del prototipo de la cámara de multiplicación.

- **Arduino Nano:** El Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328(chip microcontrolador creado por Atmel), que se usa conectándola a una protoboard (placa de pruebas o inserción). No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar. El nano fue diseñado y está siendo producido por Gravitech. El Arduino Nano puede ser programado con el software de Arduino, tiene algunos métodos para la comunicación con un PC, otro Arduino, u otros microcontroladores, el cual permite una comunicación vía serie (Compel, 2008).
- **Relé para temperatura y humedad:** Un relé es un dispositivo electromecánico que nos permite la conmutación de una línea eléctrica de media o alta potencia a través de un circuito electrónico de baja potencia. La principal ventaja y el motivo por el que se usa bastante en electrónica es que la línea eléctrica está completamente aislada de la parte electrónica que controla el relé. Es decir, podemos construir un circuito electrónico (un temporizador, una fotocélula, etc.) y, a través de un relé, controlar cualquier tipo de aparato conectado a la red eléctrica (Arduinove, 2022).

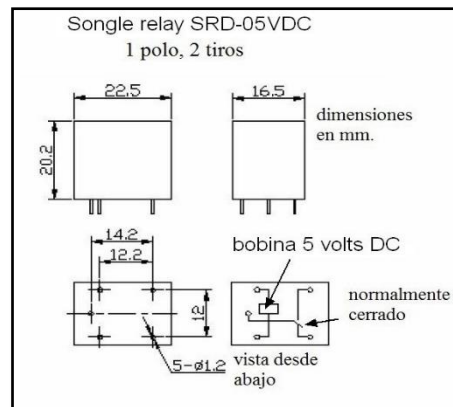


Figura 1: Esquema de Relé.

Fuente : Tomada de Arduinove (2022).

- Pantalla LCD:** La pantalla LCD de 16×2 basada en el controlador HD44780 de Hitachi es un periférico muy común, con adaptador basado en el PCF8574 que permite conectar la pantalla al Arduino usando solamente dos líneas digitales a través del bus I2C. Dichos pines, pueden además ser compartidos por otros periféricos como el RTC o memorias EEPROM. El adaptador para LCD con Arduino nos permite ahorrar bastante tiempo en las conexiones, pues ya incluye el potenciómetro para regular el contraste de la pantalla. También incluye todo lo necesario para el funcionamiento del backlight (retroiluminación), pudiendo incluso controlar esta función a través de software. Si no queremos soldar el adaptador a la pantalla, podemos utilizar un protoboard para realizar la conexión entre ambas piezas, tal como se muestra a continuación (Electronics, 2022).
- Humidificador Ultrasónico:** El humidificador ultrasónico se puede utilizar para aumentar la humedad relativa en ambientes muy secos como: en hogares en zonas andinas, o en cámaras frigoríficas para mantener la frescura de los alimentos. Para el funcionamiento del humidificador es necesario una fuente de alimentación (no incluida) de 24VDC y mínimo 1A (se puede usar fuentes de mayor capacidad de corriente sin problema), tener cuidado de no invertir la polaridad del dispositivo. Para su uso con sistemas digitales como Arduino/PIC/ESP8266 solo debemos agregar un módulo relay o SSR a modo de driver entre el Arduino y el Humidificador (Mechatronics, 2021).

- **Calefactor Heather:** Placa de calentamiento Mica es un elemento calefactor único de hacer que la resistencia gire en la lámina de mica de aislamiento. La placa calentadora Mica (banda calentadora) utiliza buena propiedad de aislamiento mica y propiedad resistente al calor, placa mica (hoja) como capa de soporte y aislamiento, placa de acero inoxidable como cáscara de protección de soporte, se puede hacer como forma de placa, forma de hoja, forma de columna, forma de contenedor, forma de banda, etc. diferentes formas elemento calefactor. Se puede diseñar de alta potencia como 1000W, temperatura máxima 600 °C (Beno, 2022).
- **Potenciómetro:** Los potenciómetros limitan el paso de la corriente eléctrica (Intensidad) provocando una caída de tensión en ellos como en una resistencia, más en un caso así el valor de la corriente y la tensión en el potenciómetro las podemos cambiar solo con mudar el valor de su resistencia. En una resistencia fija estos valores serían siempre y en toda circunstancia exactamente los mismos. Podemos utilizar un potenciómetro para supervisar el nivel de luz, más asimismo para supervisar el volumen en audífonos, radios y amplificadores, el nivel de calor en un radiador, nivel de iluminación de una televisión, apuntar el nivel de gasolina en un vehículo (Electrónica, 2021).
- **Sensor De Temperatura Y Humedad Relativa Dht22:** El DHT22 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de buen rendimiento y bajo costo. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones de control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más. Utilizar el sensor DHT22 con las plataformas Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu es muy sencillo tanto a nivel de software como hardware. A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo "Single bus". En cuanto al hardware, solo es necesario conectar el pin (Mechatronics, DHT22, 2021).
- **Ventilador axial:** Un ventilador axial es un tipo de ventilador muy habitual en aplicaciones diarias, como aires acondicionados y ordenadores. Hace que tanto el aire como el gas (según la aplicación) fluyan directamente a través de él en dirección axial a diferentes velocidades. Permite que el flujo de aire sea axial y tanto la entrada como

la salida. Las versiones más comunes suelen tener menos aspas que un ventilador tubular o centrífugo convencional con un funcionamiento similar (RS, 2022).

2.1.1.4. Programación del sistema eléctrico Arduino.

Para programar la placa de Arduino junto con el circuito electrónico se requiere de un software de IDE (Integrated Development Environment) que quiere decir entorno de desarrollo integrado, el cual es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. La programación de Arduino debe llevar una estructura básica para poder comenzar a insertar instrucciones que permitan que el proyecto se ejecute con éxito (Carrillo, 2021).

Arduino también se puede programar por bloques y su lenguaje se puede adaptarse a Scratch. Otro software para Arduino es MakeBlock, el cual está especializado en los manejos de los robots basados en Arduino. Otros más son, MindPlus, Mindblock, Ardublock, Google Blockly. Las herramientas de programación gráfica se utilizan empleando diagramas de bloques, instrumentos virtuales y conectores. La mayoría de estos entornos gráficos son para principiantes que tengan el deseo de aprender a programar sus primeros proyectos y robots con Arduino. Arduino ha logrado que se aplique la electrónica al alcance de cualquier persona para que puedan crear proyectos de educación, arte, entretenimiento y para soluciones industriales que ayudan en la construcción. Algunos proyectos que se han realizado con Arduino son, sensores de voz, reconocimiento facial, semáforo inteligente, control de calefacción de un hogar entre otros más (Carrillo, 2021).

- **Código Fuente:** Le daremos el nombre de código fuente a los programas que escribamos en un determinado lenguaje de programación, que simplemente estará compuesto por instrucciones escritas por un programador. El código fuente no constituye software propiamente dicho, pero es una instancia mediante la cual se llega al Software (Francisco, 2020).

2.1.1.5. Cámara de bioclimatación (Climacell).

Las cámaras de climatización de la línea CLIMACELL proporcionan todas las condiciones para la simulación precisa y reproducible de las condiciones climáticas diferentes. Por ejemplo, para las pruebas de la estabilidad de piezas, envases de alimentos o productos químicos. La investigación de los gérmenes, cultivos vegetales o de tejidos y de insectos. Estos aparatos

proporcionan una alternativa interesante a las caras cámaras y salas de ensayo. Un sistema de humidificación y deshumidificación controlado por microprocesador, junto con un sistema de iluminación altamente eficaz, garantizan parámetros homogéneos excelentes para las pruebas y las condiciones del crecimiento (MMGroup, 2022).

Especificaciones:

- Volumen interior: 111, 222, 404, 707, 1212 litros
- Rango de temperatura: sin humedad: desde 0 °C hasta 100 °C
- Con humedad: desde 10 °C hasta 90 °C
- Rango hasta 70 °C para el volumen de 1212 litros
- CLC EVO como equipamiento opcional hasta -20 °C
- CLC EVO como equipamiento opcional descontaminación de la cámara hasta 160 °C (excepto volumen 1212 litros)
- Gas refrigerante: R134a (R449a)
- Fluido de entrada para el desarrollo de la humedad: agua desmineralizada
- Rango de la humedad: 10% – 98% RH
- Humedad controlada por un microprocesador
- Concentración de CO₂
- (CLC EVO como equipamiento opcional): 0,2% hasta 20%
- Puerta de cristal interior
- Cámara interior: acero inoxidable DIN 1.4301 (AISI 304) (MMGroup, 2022).

2.1.1.6. Organización de laboratorio para la producción eficiente de larvas del hospedero *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Se requieren estantes ubicados en un espacio pequeño, fresco (21 °C a 24 °C) y que no reciba luz durante la noche para evitar que se afecte la oviposición de las hembras. (Borja, 2006)

1. Área de administración.

Es el área donde el técnico tiene su oficina con sus respectivos archivos, y donde atiende a los visitantes. No requiere medidas estrictas de asepsia. Por conveniencia, puede estar ubicada en la entrada al laboratorio. (Borja, 2006)

2. Área de lavado.

Es el área donde se eliminan los desechos orgánicos resultantes de la cría de las larvas, y donde se lava y desinfecta el material utilizado. Debido a que en esta área abundan las fuentes de contaminación, se sugiere que esté lo más apartada posible de las áreas de almacenamiento y producción. Conviene dividir el área de lavado en tres zonas: una para mantener en remojo el material sucio, otra para lavar y desinfectar el material, y otra para dejar escurrir y secar el material lavado. Se recomienda disponer de mesones de acero inoxidable y cajones para guardar detergentes y desinfectantes (Borja, 2006).

3. Área de almacenamiento.

En esta área se guardan los equipos, ingredientes y materiales sin esterilizar, que no van a ser utilizados inmediatamente. (Borja, 2006)

4. Área de procesos de producción.

En esta área es donde se llevan a cabo los diferentes procesos de producción. Está dividida en cuatro cuartos, cada uno de los cuales requiere condiciones ambientales y de asepsia específicas de acuerdo con las características del proceso que en ellos se realiza (Borja, 2006).

- **Cuarto de infestación.** En este cuarto se realiza la infestación de las copas con posturas, tarea que se lleva a cabo en la cámara aséptica. Exige condiciones especiales de asepsia. Es conveniente que la temperatura se mantenga entre 21 °C y 24 °C. El acceso a este cuarto es restringido y sólo debe permanecer la persona que realiza la labor (Borja, 2006).
- **Cuarto de desarrollo de las larvas.** En este cuarto se almacenan, organizadas en estantes, las hojas con posturas, las copas infestadas y las larvas empacadas para la venta. La asepsia en este cuarto debe ser rigurosa y sólo se permite la entrada a la persona que revisa el material. Para favorecer el desarrollo de las larvas se debe instalar un calefactor que mantenga la temperatura del aire entre 30 °C y 32 °C, y un humidificador que conserve la humedad relativa en 75%. Se sugiere instalar sensores para el control automático de la temperatura y la humedad (Borja, 2006).

- **Cuarto de pesaje y preparación de dieta.** En este cuarto se pesan los ingredientes y se prepara la dieta. Los requerimientos de asepsia son intermedios. Se recomienda instalar un extractor de aire y encenderlo durante la preparación y la esterilización de la dieta. Temperatura entre 21 °C y 24 °C (se recomienda aire acondicionado) (Borja, 2006).
- **Cuarto de traslado.** En este cuarto se realizan la selección y empaque de larvas tanto para el pie de cría como para la producción de taquínidos. Se debe disponer de un mesón grande y de cajones para guardar las cajas tratadas, secas y listas para usar. Se requiere un nivel de asepsia intermedio y no debe haber corrientes de aire. La temperatura recomendada durante la labor oscila entre 25 °C y 28 °C (Borja, 2006).

2.1.1.7. Temperatura y humedad relativa de las salas de crianza de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Las diferentes etapas del ciclo biológico de *Diatraea saccharalis* Fabricius requieren de Temperatura (° C) y Humedad Relativa (%) adecuadas, por lo que las diferentes salas de crianza están sujetas a rangos. (Campo, s.f.)

Tabla 1: Temperatura y humedad relativa de las salas de Crianza.

| SALA | Temperatura (° C) | Humedad Relativa (%) |
|---|----------------------|-------------------------|
| Material biológico de campo | 26 ± 1 | 60 – 70% |
| Producción de adultos de <i>Diatraea saccharalis</i> | 27 ± 1 | 60 – 70% |
| Producción de posturas de <i>Diatraea saccharalis</i> | 19 ± 1 | 60 – 70% |
| Dieta artificial para <i>Diatraea saccharalis</i> | - | - |
| Sembrado de posturas y desarrollo larval | 28 ± 1 | 60 – 70% |
| Producción de “hembras vírgenes” | 27 ± 1 | 60 – 70% |
| Extracción e inoculación de larvas | - | - |

Nota: Adaptado de Manejo y procedimientos para la crianza masiva de *Billaea claripalpis* y *Trichogramma exiguum*, Temperatura y humedad relativa de las salas de crianza de *Diatraea saccharalis* Fabricius, Laboratorio Entomológico Superintendencia Técnica Gerencia de Campo, s.f.

2.1.1.8. Crianza de insectos en laboratorio.

Al implementar el manejo integrado de plagas es necesario considerar todos los aspectos que componen el agroecosistema del cultivo de interés, en ocasiones, cuando se incursiona en el biocontrol de alguna especie que se ha trabajado poco se hace indispensable el muestreo en campo para introducir insectos plaga al laboratorio con el fin de efectuar ensayos que permitan determinar con cuáles condiciones ambientales (altitud, temperatura, humedad, pH, entre otras) se desarrolla mejor la cría del organismo plaga. Por otra parte, al establecer una metodología de crianza en laboratorio se pueden identificar insectos parasitoides, hiperparasitoides, microorganismos (hongos y bacterias) y virus que amplíen la gama de especies con actividad biocontroladora, no obstante, sería ventajoso analizar y determinar las condiciones óptimas de desarrollo de los ejemplares biocontroladores para poder criarlos masivamente (Cohen, 2014).

La primera crianza o multiplicación se hace en la sala de cuarentena. Luego de un plazo prudente y de efectuadas las pruebas, el material purificado se traslada hasta las salas de crianza. En el mismo insectario se suele tener salas para mantener la provisión base y otras para masificar la crianza. Las salas están acondicionadas con reguladores de temperatura) humedad, luz 1 etc., que permiten producir material abundante) de muy buena calidad genética y morfológica, y con capacidad de sobrevivencia prolongada en el campo. Antes de iniciar la reproducción y crianza de ácaros, insectos o patógenos benéficos) es necesario preparar el medio apropiado para ello, considerando, al menos las siguientes fases sincronizadamente: (Zúñiga, 1987).

- **Obtención del sustrato:** se denomina sustrato al medio en que se pueden multiplicar los insectos plagas u hospederos de alternativa que servirán de alimento en la multiplicación y crianza de sus enemigos naturales. Este puede ser una planta o parte de ella, o bien dietas artificiales o harinas, dependiendo de la especie que se va a reproducir. Por ejemplo, las escamas y conchuelas se multiplican en frutos de cucurbitáceas (zapallo cacho, alcayota), los ácaros y pulgones en plantas en maceta, las polillas sobre dictas artificiales (Zúñiga, 1987).
- **Infestación del sustrato:** es el proceso de contaminación del sustrato con colonias del insecto plaga u hospederos de laboratorio; se debe evitar introducir otros organismos indeseables para la crianza. (Zúñiga, 1987)

→ **Crianza del insecto plaga:** denominado también presa u hospedero, se cría en el sustrato apropiado dentro de cajas, jaulas, baterías o invernaderos. La vigilancia diaria de esta fase asegura una producción permanente y de buena calidad. (Zúñiga, 1987)

Dadas las condiciones establecidas, se llega al objetivo final, la reproducción y crianza de los organismos benéficos, que necesitan un cuidado especial para obtener una proporción adecuada de machos y hembras con condiciones para adaptarse en el campo donde serán liberados (Zúñiga, 1987).

a. Cuidados en la cría de insectos.

Son pocos los insectos difíciles de criar. Entre estos están algunas mariposas y escarabajos cuyas dietas y hábitos no se conocen o cambian al estar en cautiverio. Hay que tener cuidado con el canibalismo. El canibalismo ocurre en algunos casos cuando las jaulas están sobrepobladas por lo que hay tenerles siempre suficiente espacio. Otras, por ejemplo, las larvas de muchos *Noctuidae* (*Lepidoptera*) son caníbales, aun en la naturaleza, así que en una cría artificial deben mantenerse con mucho espacio y si es posible criarlos individualmente, es decir, en jaulas individuales. Hay que tener cuidado de que la jaula y el ambiente donde ellas están, se encuentren en condiciones sanitarias óptimas, ya que una jaula o ambiente sucio y deficiente en salubridad, la falta de alimento o sobrepoblamiento, dentro de las jaulas, causarían muertes en los individuos. Así mismo, se causará muerte al introducir un individuo enfermo o al dañar los insectos cuando se introduce la planta o el alimento o cuando se limpia la jaula. Las jaulas deben ser limpiadas frecuentemente y eliminados todos los ejemplares muertos o enfermos. Si es necesario transferir los insectos de una planta a otra, debe hacerse con sumo cuidado para no dañarlos (Salinas, 2019).

b. Recolecta con fines de crianza en el laboratorio material necesario y procedimiento.

La recolecta de inmaduros con fines de crianza es bastante laboriosa y exige, además del material general ya indicado, otros más: frascos plásticos de varios tamaños, neveras de isopor o polipropileno, hipergel reciclado o hielo seco, etiquetas adhesivas, elásticos, bramante, periódicos, etc. (Costa, 2014).

- **Recolecta de larvas:** Se deben colocar las larvas recolectadas en frascos individuales de tamaño proporcional al de la larva. Eso se debe observar aun cuando sabemos que no se trata de especie depredadora, pues se previene que larvas que se han juntado accidentalmente, se dañen entre sí. Cada frasco se debe etiquetar con el mismo número que se ha utilizado en el cuaderno de campo. Se coloca junto a un poco del sustrato donde fue encontrada la larva y se completa el frasco con papel absorbente, ligeramente humedecido. La madera utilizada como sustrato debe cortarse en fragmentos bastante pequeños para evitar dañar la larva durante el transporte. Cuando se trate de larvas fitófagas, xilófagas etc., es necesario llevar un suministro extra de sustrato para dar continuidad al mantenimiento en el laboratorio. Ese sustrato deberá ponerse en bolsas plásticas, que recibirán etiquetas con el mismo número del frasco de la larva. Si es posible, se deben buscar pequeños brotes o primordios de la planta huésped para depositarlas en floreros o en un refrigerador en el laboratorio y garantizar el alimento de las larvas fitófagas. Esquejes, troncos y raíces atacados por taladradoras deben cortarse arriba y abajo de los agujeros que hace la barrenadora, debido a la probabilidad de que contengan larvas o pupas y deben acondicionarse en bolsas plásticas y transportarse al laboratorio (Costa, 2014).
- **Recolecta de pupas:** Por lo común las pupas se encuentran dentro de las cámaras pupales, puparios, crisálidas, etc. En esa fase, son muy débiles y deben colocárselas en pomos individuales, junto con papel absorbente ligeramente humedecido. En el caso de las especies que forman cámaras pupales, es necesario observar con cuidado para encontrar la última exuvia larval, que normalmente se encuentra en uno de los rincones de la cámara. Se debe poner la exuvia dentro de un frasco pequeño, separado de la pupa y ambos deben recibir una etiqueta con el mismo número. Es de extrema importancia encontrar la última exuvia larval, porque por medio de ella, pueden identificarse larvas de muchas especies raras, difíciles de criar (Costa, 2014).

c. Técnicas de cría en el laboratorio.

La importancia de la crianza de insectos inmaduros es considerar que ésta es la forma de poder estudiar el ciclo de vida e identificar los estadios larvales por medio del adulto que se obtenga. El éxito de ello dependerá de que las condiciones artificiales se asemejen al máximo a las condiciones naturales. Hay instituciones científicas que poseen insectarios altamente

sofisticados para la crianza de larvas, otras que poseen cámaras de crianza más modestas, etc. Podemos criar muchas larvas sin grandes dificultades usando para ese fin recipientes de vidrio o de plástico de varios tamaños, cubiertos o no con telas de “nylon”. Hay larvas gregarias que pueden criarse juntas en un mismo local, mientras que otras, depredadoras principalmente, necesitan de recipientes individuales. Todos los recipientes deben recibir una etiqueta numerada con el mismo número de una ficha donde el observador anotará todas las modificaciones que ocurran al insecto. Las cajas de crianza deben estar suficientemente cerradas para que no dejen escapar a los insectos, además de estar provistas de ventilación necesaria para que el recipiente no se quede con exceso de humedad (Costa, 2014).

El objetivo de todo sistema de crianza masiva de entomófagos es producir la mayor cantidad de organismos, particularmente hembras, con el menor costo de producción y un mínimo de esfuerzo de trabajo y espacio. La cría masiva involucra la propagación que sostiene a la especie huésped, la manutención de la población de este y el mantenimiento de las especies benéficas; para seguir esto, es necesario conocer la biología; ecología, el comportamiento de los entomófagos y sus huéspedes, así como el apareamiento y los factores que afectan la fecundidad, longevidad, preferencia por huéspedes, entre otros (Finney y Fissher, 1964, como se citó en Salomon, 2015).

El control de calidad en la cría de insectos involucra aspectos de colonización, del proceso de producción y su efecto en los insectos reproducidos; materiales y personal; desarrolla e implementa técnicas de monitoreo, los resultados se evalúan periódicamente y se hacen recomendaciones para mejorar el sistema (Leppla, 1984, como se citó en Salomon, 2015).

2.1.1.9. Requerimientos para la crianza de Insectos.

a. Alimentación.

En la cría de insectos, la selección del alimento depende de los insectos que se crían. Hay insectos que comen una gama amplia de alimentos que incluye hasta materia orgánica muerta o en descomposición, por ejemplo, las cucarachas, hormigas y grillos. Mientras que otros son muy restringidos en su alimentación, en algunos casos se limitan a una sola especie de planta o animal. Para los insectos fitófagos, se debe mantener la provisión de plantas lo más frescas posible. Si es posible, lo mejor es mantener los especímenes sobre la planta viva, es decir, no cortada (Salinas, 2019).

Los insectos comedores de granos y productos almacenados (harina, cueros, tabaco, etc.) son más fáciles de criar porque no necesitan tanto cuidado como los otros. Se dejan en el recipiente con el producto, el cual se cambia cuando ya esté por consumirse totalmente. Algunos insectos son capaces de alimentarse de carne cruda, en trozos pequeños, que deben cambiarse frecuentemente. Muchos insectos, especialmente larvas, se crían fácilmente en dietas artificiales hechas sobre la base de los requisitos de alimentación de la especie en particular, ya que hay que proveer todos los nutrientes incluyendo carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales, vitaminas, etc. Hay algunas dietas comercializadas por casas especializadas (Salinas, 2019).

b. Humedad, temperatura y luz.

Cuando se crían insectos en ambiente cerrados, hay que estar seguro de que las condiciones de temperatura y humedad son las correctas y satisfactorias, es decir, lo más parecidas a las condiciones naturales donde vive el insecto y que tienen suficiente alimento y agua. Algunas pupas de insectos requieren poca o nada de humedad, al igual que la mayoría de los insectos de los granos almacenados (gorgojos, polillas, etc.). A muchos insectos como las orugas comedoras de hojas, se les debe dar comida fresca con frecuencia, esto significa darles comida fresca cada día (más o menos) o tener alguna forma de mantener grandes cantidades de follaje fresco en la jaula, por varios días. Si el insecto necesita agua, se le debe proporcionar con un recipiente dentro de la jaula, por ejemplo, con un frasco pequeño o con una placa de Petri, también se usa un tubo lleno de agua con un tapón de algodón y puesto de lado dentro de la jaula, o con una esponja empapada en agua, o con otros medios parecidos. También se hacen aspersiones de agua con los aspersores caseros (como los que vienen con líquidos limpiadores) (Salinas, 2019).

Si las pupas son de medio húmedo se les coloca en arena, aserrín, musgo o algo similar, humedecidos. La temperatura no es un problema en los países tropicales, ya que no hay variaciones tan drásticas como los países templados, con inviernos con temperaturas bajo 0 °C y veranos con temperaturas por encima de 40 °C. Por la misma razón, la luz no es problema, ya que nuestros periodos diarios de luz y oscuridad, son más o menos iguales (12 horas de luz y 12 de oscuridad), a diferencia de países donde van hasta más de 16 horas de luz y 8 de oscuridad en verano y lo contrario en invierno (Salinas, 2019).

2.1.1.10. Equipos y áreas en Laboratorio para crianza de insectos.

a. Jaulas para cría de insectos.

Para criar insectos, lo más conveniente es simular en la jaula de cría, lo más parecido posible, el ambiente natural donde vive el insecto. Casi cualquier recipiente servirá como jaula para mantener insectos en cautiverio por poco tiempo, o para criar algunas especies de insectos (Salinas, 2019).

Para observación detallada de insectos en la casa o laboratorio, así como para estudios de oviposición, de dispersión, de alimentación, comportamiento y otros similares, se usan jaulas especiales, casi siempre diseñadas por el investigador. (Salinas, 2019)

b. Cámara Aséptica.

Es una caja de madera construida para la crianza. La cámara aséptica debe ser desinfectada todos los días con Tego® al 2% y alcohol al 70%, y cada 15 días con 5 ml de formaldehído al 37% evaporado mediante un baño María. Esta cámara tiene una lámpara de luz ultravioleta que permanece encendida toda la noche (Borja, 2006).



Figura 2: Cámara Aséptica.

Fuente: Tomada de Borja (2006).

c. Medidas generales de asepsia.

Las medidas de asepsia son indispensables para mantener una cría sana y una producción de larvas constante. Dentro de esta categoría se incluyen aspectos generales de limpieza del personal, cuartos y mesas de trabajo y desinfección de los equipos utilizados. (Borja, 2006)

- Limpieza del personal: El personal que trabaja en laboratorio de cría de insectos debe cumplir normas de asepsia para evitar llevar contaminantes a la colonia. Antes de iniciar cualquier actividad de manipulación de insectos, los operarios deben lavar sus brazos y manos con jabón, refregarse las uñas con un cepillo, enjuagarse con abundante agua y, después de secarse, friccionar sus brazos y manos con alcohol al 70%. El uso de mascarilla debe ser permanente durante los procesos de pesaje de los ingredientes y preparación de la dieta, en la infestación de las copas de vidrio con masas de huevos, el traslado de larvas, la obtención de crisálidas y el registro de adultos (Borja, 2006).
- Desinfección de cuartos y mesas de trabajo: Las mesas de trabajo se asperjan y limpian con Tego al 2% en la mañana antes de iniciar las labores y en la tarde al finalizarlas. En el caso de los cuartos, una vez por la mañana y una vez por la tarde se asperja esta solución en el ambiente y se limpia la estantería (Borja, 2006).
- Desinfección de equipos, utensilios y materiales: Las pinzas y demás herramientas utilizadas durante el proceso de cría se deben lavar frecuentemente con alcohol al 96% para evitar que se acumule material orgánico en ellas. (Borja, 2006)

2.1.1.11. Insectos hospedantes.

Los insectos hospedantes utilizados en la producción masiva de entomófagos, pueden ser divididos en dos categorías: naturales y artificiales. El primer grupo generalmente es atacado en la naturaleza por los insectos benéficos, sucediendo lo contrario con los hospedantes artificiales ; sin embargo, el potencial biocontrolador de algunos insectos es a veces impredecible o incierto por cuanto en muchos de ellos se desconocen los ciclos biológicos y las condiciones y/o requerimientos climáticos ideales para el normal desarrollo de su ciclo de vida, tanto del hospedante como del biocontrolador lo que trae como consecuencia un limitante al pensar en producciones masivas de éstos benéficos. Es aquí donde radica la importancia de criar en laboratorio insectos y conocer bajo condiciones controladas las características biológicas del

hospedante, su enemigo natural y, por ende, el potencial que el controlador tiene per se y además el potencial de su producción masiva en aquellas especies que presenten un desarrollo poblacional exitoso en el laboratorio (Castro, 2008).

Los insectos benéficos parasitoides a diferencia de los insectos benéficos depredadores, son monófagos en general y son más pequeños que el insecto plaga. En su estado inmaduro se alimentan y se desarrollan dentro o sobre el cuerpo del huésped o insecto plaga hospedero, que es un solo insecto, huevo, larva o pupa, al que van matando lentamente. Cuando han terminado su desarrollo larvario matan al hospedero y forman una pupa dentro o fuera del mismo (Forlín, 2012).

2.1.1.12. Características del insecto hospedante.

Las características ideales del insecto hospedante bajo condiciones de laboratorio, es el que posee las siguientes características: (Cohen, 2014)

- Es fácilmente aceptado por las especies benéficas que van a ser cultivadas.
- Puede ser cultivado con facilidad sobre el medio del huésped, el cual está bien adaptado a procedimientos de insectario.
- Posee un grado rápido de incremento (fecundidad alta o ciclos cortos de vida, o ambos).
- Sea uniparental o no, presenta problemas serios de apareo.
- No produce subproductos dañinos, tales como secreciones melosas, seda o cera.
- Tiene hábitos alimenticios no especializados (se puede usar más de un huésped como medio).
- Es inmune a enfermedades.
- Presenta poca actividad interna (Cohen, 2014).

2.1.1.13. Control de Calidad en la producción masiva de insectos.

Para el control de calidad se ha definido la calidad como: “El grado en el cual un producto satisface los requerimientos del cliente”. Aplicado a la crianza masiva de insectos vendría a ser como: “El grado en el cual un insecto cumple con la función esperada”. El rol del control de calidad viene a ser entonces proveer y coordinar un sistema de producción que nos asegure la producción de un número adecuado y de óptima calidad de insectos a un mínimo de costo. Dos aspectos muy importantes deben tenerse en cuenta (SENASA, 2015):

1. La calidad debe ser diseñada y estructurada dentro del producto. (SENASA, 2015)
2. La calidad no puede ser llevada a cabo simplemente por eliminación de productos defectuosos, (SENASA, 2015)

El control de calidad trata con todo el sistema de producción y con todos los métodos que son utilizados para establecer y lograr patrones. El objetivo es identificar las causas de las deficiencias y eliminarlas con apropiadas acciones correctivas. (SENASA, 2015)

2.1.1.14. Establecimiento de un programa de control de calidad.

Los pasos cronológicos para establecer un programa de control de calidad son:

1. Definir los objetivos: definir con qué propósitos los insectos son criados e identificar los requerimientos. (SENASA, 2015)
2. Establecer patrones: especificar los atributos requeridos de los insectos producidos, de preferencia en forma cuantitativa. (SENASA, 2015)
3. Diseñar y probar los métodos de producción que satisfagan las especificaciones. (SENASA, 2015)
4. Implementar el control de calidad para asegurar, dentro de límites de confianza requeridos, que el producto final esté conforme con las especificaciones (vía monitoreo y acciones correctivas). El objetivo de las liberaciones de enemigos naturales es controlar las plagas, por lo tanto, el objetivo del control de calidad será determinar si un enemigo natural producido en laboratorio está en condiciones de efectuar el control de la plaga (SENASA, 2015).
5. Pretender mantener la calidad de las poblaciones en crianzas masivas idénticas a aquellas de las colectadas en campo es una ilusión; porque debemos considerar que en la mayoría de las características están implicados factores externos. (SENASA, 2015)

2.1.1.15. Obstáculos en la producción masiva de insectos.

1. Deterioro genético por lo que los enemigos naturales pueden perder su efectividad. (SENASA, 2015)
2. Canibalismo entre depredadores. (SENASA, 2015)
3. Superparasitismo en el caso de los parasitoides. (SENASA, 2015)

4. Cambio de comportamiento como resultado de crianzas en condiciones no naturales, sobre un hospedero no natural o medio artificial. (SENASA, 2015)
5. Lo anterior puede reducir el vigor como resultado de un inadecuado suplemento nutricional por el medio artificial u hospedero no natural. (SENASA, 2015)
6. La crianza puede ser infectada por patógenos como hongos, bacterias, virus, etc. (SENASA, 2015)

2.1.1.16. Barreno de la Caña de Azúcar.

a. Clasificación taxonómica del Barreno de la Caña Azúcar.

Clase: *Insecta*

Orden: *Lepidóptera*

Familia: *Pyralidae*

Género: *Diatraea*

Especie: *saccharalis*

Nombre Científico: *Diatraea saccharalis*

Nombre Vulgar: Barrenador del tallo. (Ludeña, 2014)

b. Ciclo Biológico.

El insecto plaga presenta cuatro generaciones durante 6 meses, pasando cada una por los estados de desarrollo de huevo, larva, prepupa, pupa y adulto, la duración fluctúa entre 41,3 días a 51, 58 días, en diferentes condiciones ambientales. (Cornejo, 2010, como se citó en Alvarez, 2016)

Las hembras adultas de *Diatraea saccharalis* ovipositan en las hojas de las plantas hospederas. Después de la eclosión de los huevos de 6 a 9 días, las larvas de primer instar se alimentan de las hojas, a veces perforan la nervadura central de la hoja para alimentarse de este; generan un sin número de perforaciones del grosor de un alfiler, siendo esto lo característico de una infestación de *Diatraea saccharalis*. Dentro del tallo son muy móviles y pueden desplazarse hacia arriba o abajo. Una sola larva puede crear excepcionalmente un túnel través de dos o tres entrenudos sobre todo en tallos suaves y variedades susceptibles. En regiones frías, las larvas pueden entrar en diapausa y pasan el invierno en sus túneles (Crop Protection Compendium, 2011).

La etapa larval puede durar de 28 a 35 días, por lo que, antes de finalizar esta preparar un orificio de emergencia de adultos, y luego se convierte en pupa dentro de la galería. El estado

de pura dura de 6 a 8 días, después de la emergencia del adulto deja el tallo (Crop Protection Compendium, 2011).

La Incubación puede tener una duración de 6 a 10 días, mientras que el estado larval irá de 24 a 50 días, el estado Pupal estará de 9 a 17 días. Siendo así un total de 26 a 73 días. (Vásquez, 2012)

Los huevos son de forma ovalada y aplanada, recién puestos son de color blanco cremoso y cuando están próximos a la eclosión se tornan rojizos o anaranjados, con una puntuación negra. El periodo de incubación tarda de 4 a 5 cinco días. La fase larval comprende cinco instares, con una duración total de 18 a 25 días. Su coloración es blanca cremosa, con numerosas puntuaciones de color castaño a lo largo del cuerpo y el cabeza marrón oscuro. La pupa o crisálida presenta una coloración marrón o castaño oscuro. En este periodo permanece de 10 a 14 días, al final del cual emerge la mariposa (CINCAE, 2013).

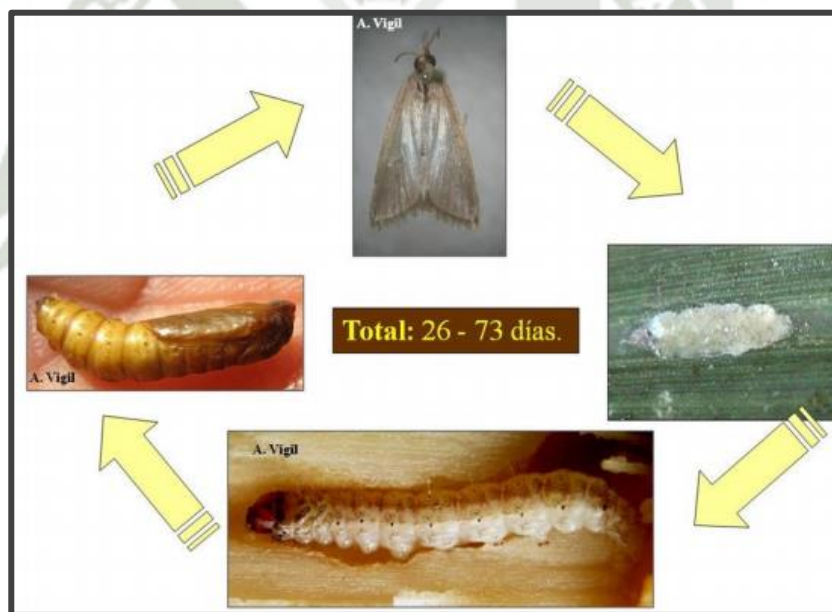


Figura 3: Ciclo Biológico de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Fuente: Tomada de Vásquez (2012).

El adulto de este insecto es una polilla, tiene un ciclo de vida variable, puede durar entre 37 – 60 días dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales, especialmente la temperatura. El número de huevos por postura, según la especie, puede variar entre 3-5 y 17-30 huevos. La duración del estado larval está entre 22- 38 días y el de pupa ente 7 - 11 días. La duración en días del adulto está entre 3 a 6 días, tiempo en el cual puede copular varias veces y poner entre 300 y 400 huevos (ICA, 2016).

c. Morfología.

- **Huevos:** Son de color verde amarillento, transparente y forma oval achatada. Son ovopositores usualmente en grupos de 10 a 60 huevos con los márgenes parcialmente superpuestos, dando el aspecto de un tejado. Próximos a la eclosión se tornan de un color amarillo rojizo. (Mamani, 2011) .Contiene una media igual a 30 *Diatraea saccharalis*. Al tercer día de haber sido puestos, los huevos de *Diatraea saccharalis* muestran una coloración amarilla. (Orozco, 2014)

Las hembras depositan cerca de 300 huevos, en posturas con 5 a 50 huevos amarillentos dispuestos de forma imbricada, generalmente en el limbo foliar y con mayor frecuencia en la parte dorsal de la hoja. La duración de esta fase es muy variable (en función principalmente de la temperatura), promediando entre 1 y 2 semanas (Argueta, 2011).

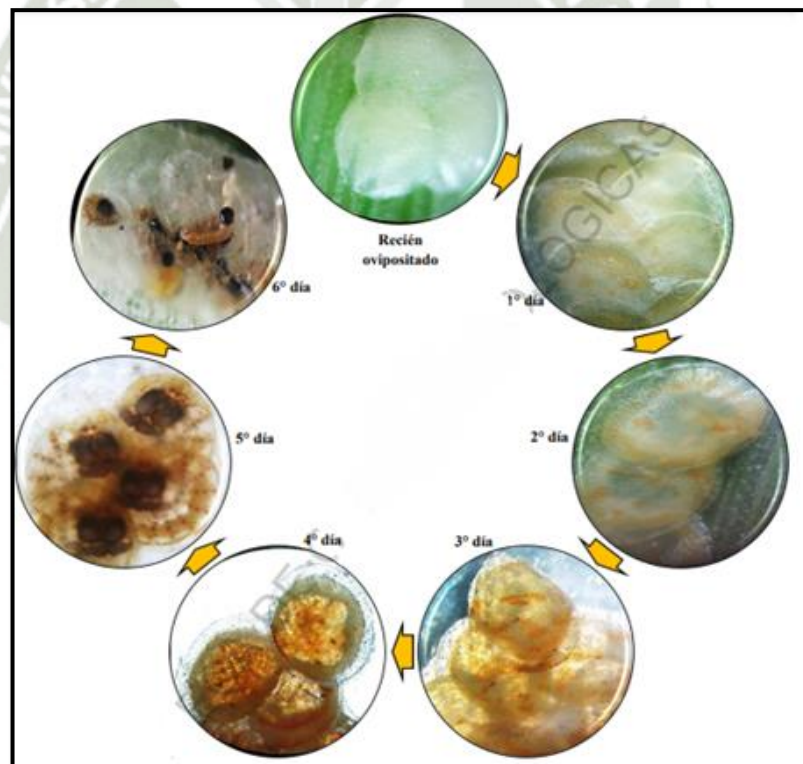


Figura 4: Periodo de incubación del huevo y desarrollo del embrión de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Nota: Información proporcionada de la tesis Ciclo biológico y algunos aspectos del comportamiento de *Diatraea saccharalis* Fabricius en caña de azúcar, Valle del Chira, Piura, 2016 realizado por Castro, H.

- **Larvas:** Son de color blanco cremosas con la cabeza y escudo protorácico marrón amarillento. Presentan tubérculos setíferos pálidos o marrones claros provistos de pelos; alcanzan su máximo desarrollo hasta 30 mm de longitud. (Mamani, 2011). Después de la eclosión, las orugas bien pequeñas se mueven de una hoja a otra, colgando de un fino hilo de seda; caminan por las hojas y pasan a alimentarse del parénquima foliar, y hacen galerías en la nervadura central alimentándose de la parte interna de la vaina. Después de hacer las primeras galerías penetran en el tallo, buscando siempre la parte más blanda (en la base del cartucho o vaina y en la región de las yemas). La oruga presenta el cuerpo de color amarillento con pequeñas puntuaciones o manchas marrones, que asemejan dos líneas dorsales. En *Diatraea saccharalis*, pueden existir franjas longitudinales, pero estas pueden tener un color variable, pero más claras y predominando el violeta (Orozco, 2014). Normalmente cuando el ataque se produce en las proximidades de la región de crecimiento de la planta, muere la yema apical. Se reconoce fácilmente por el amarillamiento de las hojas más nuevas “corazón muerto”. (Bonzi, 2008, como se citó en Argueta & Hernandez, 2011)

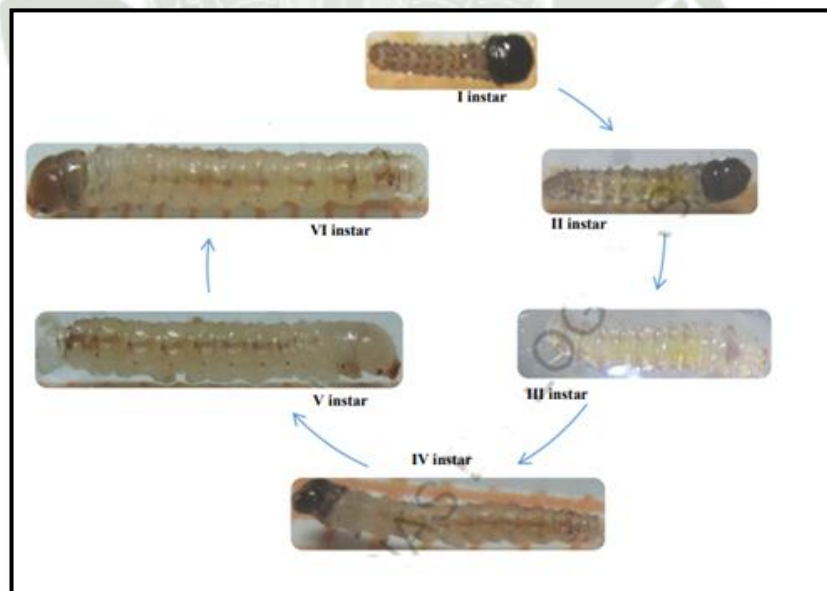


Figura 5: Desarrollo Larval de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Nota: Información proporcionada de la tesis Ciclo biológico y algunos aspectos del comportamiento de *Diatraea saccharalis* Fabricius en caña de azúcar, Valle del Chira, Piura, 2016 realizado por Castro, H.

- **Pupa:** Es obtecta de color bruno oscuro, presenta dos protuberancias en forma de cuernos en la cabeza y en el extremo caudal el cremaster, formado por un conjunto de espinas en forma de dientes. Alcanzan hasta 22 mm de longitud en su máximo esplendor. Después de 6 estadios la larva abre un orificio hacia el interior y empupa pegada a delgada película para salir al exterior la corteza del tallo, de tal forma que el adulto al emerger sólo tiene que empujar una delgada película para salir al exterior (Orozco, 2014).



Figura 6: Estado Pupal de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Fuente: Tomada de Vásquez (2012).

Las placas setales de *Diatraea saccharalis* están bien delimitadas por una coloración más oscura o por un contraste en el brillo del tegumento, y, por lo tanto, se distinguen claramente, a veces a simple vista. Además de esta característica, la forma de las proyecciones con forma de cuernos cuernos cefálicos en *Diatraea saccharalis* es puntiagudo (Orozco, 2014).



Figura 7: Placas setales de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Fuente: Tomada de Orozco (2014).

- **Adultos:** Dura un promedio de 7 días. Los adultos de *Diatraea saccharalis* son de color amarillo paja, con cerca de 25 mm de largo; las alas anteriores forman líneas diagonales en forma de W invertida, más nítidamente observables en los machos. Es un insecto que presenta desarrollo holometabólico (pasa por las fases de huevo, larva, pupa y adulto). Las hembras son más grandes que los machos (Bonzi, 2008, como se citó en Argueta & Hernandez, 2011).

Son polillas de color pajizo amarillento, siendo los machos algo más oscuros y un tanto más pequeño. Miden en reposo 15 a 20 mm de longitud y expansión alar 30 mm. Presentan palpos labiales muy desarrollados. Cuando están en reposo pliegan las alas en forma de un techo inclinado a dos aguas. Son de hábitos nocturnos, durante el día permanecen en reposo. Ovipositan en el haz de las hojas inferiores y sobre la nervadura central, durante 3 a 4 días. Capacidad de oviposición 300 huevos/ hembras (Mamani, 2011).

A primera vista, los adultos de *Diatraea tabernella* se caracterizan por ser de mayor tamaño, poseen una coloración más oscura (particularmente los machos). Los adultos de *Diatraea saccharalis* muestran una posición de las alas en reposo convexa y los palpos labiales presentan una mayor densidad (Orozco, 2014).

El uncus de *Diatraea saccharalis* es de forma triangular, la región interna del gnathos está recubierta con espinas, el tegumen presenta lóbulos grandes y redondeados y el proceso sub-basal es redondeado (Orozco, 2014).

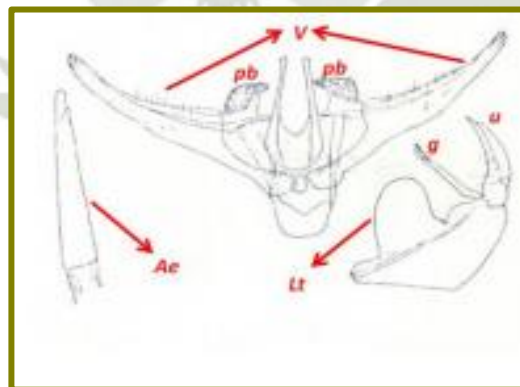


Figura 8: Genitales del macho de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Fuente: Tomada de Orozco (2014).

La genitalia femenina de *Diatraea saccharalis* se caracteriza porque las láminas antevaginales y postvaginales forman crestas, en tanto que en *Diatraea indigenella* estas crestas son indetectables. La forma del corpus bursae en *Diatraea indigenella* es más ovalado y su tamaño es dos veces más largo que ancho y se extiende más allá del octavo segmento abdominal. En *Diatraea saccharalis* el tamaño del corpus bursae no supera el octavo segmento abdominal y tiene una forma irregular (Urbano, 2018). En cuanto al genital masculino en la especie *Diatraea saccharalis*, el lóbulo lateral del tegumen es tan largo como ancho con bordes redondeados mientras que la superficie del lóbulo basal de la costa de la valva es deprimida y con muescas. En *Diatraea indigenella* el ápice del uncus es ligeramente espatulado. El lóbulo lateral del tegumen es delgado con bordes triangulares. El lóbulo basal de la costa de la valva es capitado con superficie posterior uniformemente redondeada y carente de depresión, liso y sin muescas (Urbano, 2018).

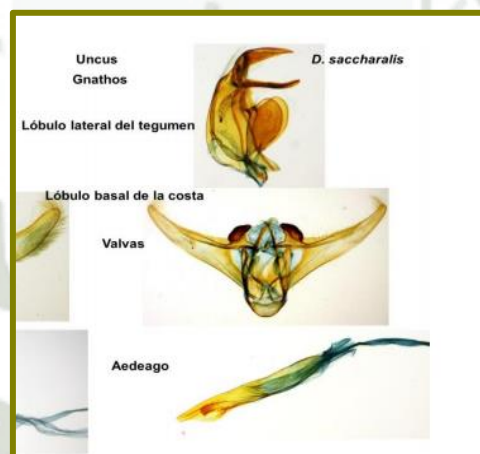


Figura 9: Genital masculino de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Fuente: Tomada de Urbano (2018).

d. Ecología:

- Temperatura y Humedad: favorable todo el año, siendo más agresivo en verano. (Vásquez, 2012)
- Alimento: No tiene restricciones. Los daños son mayores en caña planta que en caña soca. Se vuelve más agresivo cuando coexiste control biológico adecuado. Presentan hiperpárasitos a final de campaña: *Tissanus sp* y *Melitobia sp*. (Vásquez, 2012)

Hábitos:

Los adultos son de hábitos nocturnos. Las hembras colocan los huevos sobre las hojas o adheridos al tallo, en grupos de 5 a 50 huevos, colocados en forma imbricada (semejante a escamas de peces) Las larvas en sus primeros instares se alimentan de los tejidos tiernos en el cogollo y posteriormente descienden hacia las axilas de las hojas para convertirse en barrenador del tallo. La larva completa su desarrollo dentro del tallo y antes de empupar abre un orificio en la pared del tallo para facilitar la emergencia de la mariposa. Las mayores infestaciones se presentan en caña planta, siembras tardías y en cultivos enmalezados. Otros cultivos como maíz, arroz y sorgo y, varias malezas gramíneas son hospederos de esta plaga (CINCAE, 2013).

2.1.1.17. Método de cría de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Los métodos de cría de *Diatraea spp.* se caracterizan, fundamentalmente, por el tipo de alimento suministrado a las larvas durante su desarrollo. Puede ser natural, cuando se utilizan plantas o parte de ellas que normalmente son hospederas del insecto en la naturaleza, o artificial, cuando el alimento suministrado ha sido elaborado por el hombre (Angeles M. M., 2008).

a. Cría en alimento natural.

Este método consiste en colocar las puestas o posturas (huevos) de la plaga, a punto de emerger, o las larvas recién eclosionadas sobre partes de plantas frescas que faciliten su alimentación y desarrollo. Generalmente, las larvas son confinadas en recipientes de diferentes dimensiones y tipos, estos pueden ser de cristal, plástico o latón. Desde el punto de vista práctico, resulta más conveniente criar las larvas en dos fases: una colectiva, en recipientes de dimensiones mayores se colocan todas las puestas colectadas de los adultos, en la misma fecha, en los cuales las larvas estén a punto de emerger. En estos recipientes las larvas se alimentan hasta que alcanzan la segunda o tercera fase. Luego, en una segunda etapa, las larvas se individualizan en recipientes menores hasta la conclusión del período larval, para evitar la competencia por el alimento y el canibalismo entre las larvas. Las pupas son colectadas y se dejan en reposo hasta que eclosionan, para iniciar un nuevo ciclo de apareamiento y colecta de las puestas de los adultos. Se requieren temperaturas promedio entre 26 y 28°C y humedades relativas entre 75 y 85%, por lo que es conveniente, a veces, adecuar los locales de cría a estas condiciones (Angeles M. M., 2008).

b. Cría con alimentación artificial.

Se denomina alimento artificial a toda preparación fabricada por el hombre y diferente a la vez por la presentación, características físicas y composición química del alimento disponible en la naturaleza. Entre los alimentos artificiales para los lepidópteros fitófagos se distinguen los medios sintéticos, enteramente constituidos por sustancias químicas definidas (aminoácidos, glúcidos, sales minerales, vitaminas y otros) y los medios semisintéticos que contienen una proporción variable de cuerpos químicos conocidos. También existen sustancias complejas cuyas estructuras químicas están más o menos definidas (materiales vegetales, proteínas, levadura de cerveza y otros). Estos últimos son, precisamente, los que han permitido criar el mayor número de insectos. Se indica que la primera referencia de un alimento artificial para insectos data de 1908, y en los últimos 20 años se han producido dietas para más de 750 especies, de las cuales la mayor parte pertenece a los órdenes Lepidóptera, Coleóptera y Díptera. Se señala como ventajas principales de la crianza de insectos sobre dietas artificiales, las siguientes: La crianza en general es más fácil (Angeles M. M., 2008).

El comportamiento y la biología pueden ser estudiados en forma precisa con menos esfuerzos. Se pueden criar en gran número, simultánea y económicamente en un espacio limitado. Los insectos pueden ser criados de modo ininterrumpido, todo el año, aun cuando no se encuentren o no se consigan los elementos naturales donde viven. Una buena dieta artificial debe presentar las siguientes características: proporcionar alto grado de supervivencia, producir vigorosos adultos, proveer desarrollo uniforme sin prolongadas etapas larvales, ser poco costosa, de fácil preparación, de materiales prontamente aprovechables, de calidad uniforme, de una buena conservación, por lo que debe evitarse el desarrollo de hongos, bacterias y virus; por último, debe mantenerse un pH estable (Angeles M. M., 2008).

c. Tipos de dietas.

- **Dietas sólidas:** Comparadas con las primeras dietas semisólidas a base de agar, el desarrollo de dietas sólidas, empleando agentes texturizantes o de volumen, disminuyó los costos de producción e incrementó los niveles de operatividad sin comprometer la calidad de los insectos producidos. Entre los principales agentes texturizantes empleados en la cría masiva de tefrítidos se encuentran el polvo de zanahoria, germen de trigo, soya texturizada, bagazo de betabel, salvado de arroz,

bagazo de caña, alfalfa, harina de maíz, triturado de maíz y polvo de olote, entre otros. Este tipo de dietas son hasta el momento, las más utilizadas por los centros de producción masiva de moscas de la fruta. Una ventaja importante de las dietas sólidas a nivel de cría masiva, es que el efecto de la densidad larvaria y del calor metabólico producido permite que la dieta, al final del desarrollo larvario, adquiera un estado “espolvoreado”, es decir, que finalice con una baja humedad y sin compactación (Christenson,1956, como se citó en Hernández & Aceituno, 2020).

- **Dietas semisólidas o tipo gélicas:** Las dietas artificiales para el desarrollo de tefrítidos iniciaron como formulaciones semisólidas a base de agar cuyo manejo y escalamiento era difícil debido principalmente al empleo de altas temperaturas. Entre las ventajas que ofrece una dieta semisólida tipo iniciadora a nivel de cría masiva, es que permite la optimización de espacios a través del confinamiento de pequeñas charolas con dieta sembradas con una alta densidad larvaria. Las dietas tipo gel o de agar pierden rápidamente el calor generado, lo que puede disminuir considerablemente la mortalidad larvaria por incrementos de temperatura en el medio de desarrollo (Hernández & Aceituno, 2020).
- **Dietas líquidas:** Las dietas líquidas han demostrado ser exitosas para la cría artificial a pequeña escala de varias especies de moscas de la fruta. Las dietas líquidas tienden a secarse, lo que requiere un manejo adicional, como rociar periódicamente la dieta agregar agua directamente a la dieta o aumentar el nivel de humedad en las áreas de confinamiento. Las dietas líquidas para larvas también presentan heterogeneidad; los componentes de la dieta se separan a medida que los ingredientes más densos se asientan en el fondo de la charola generando al menos dos fases, una diluida, menos nutritiva, en la parte superior y la otra concentrada, más nutritiva, en el fondo de la charola (Hernández & Aceituno, 2020).

2.1.1.18. Componentes de las dietas de los insectos.

a. Aspectos nutricionales.

- **Aminoácidos:** Son necesarios para la producción de proteínas estructurales y enzimas. Normalmente están presentes en la dieta como proteínas, ya que están formadas por enlaces de aminoácidos (enlaces peptídicos). Por lo tanto, el valor de cualquier proteína ingerida por un insecto depende de su contenido de aminoácidos, pero sobre todo de la capacidad del insecto para digerirlo. Esto significa que las proteínas en las dietas deben ser digeribles y los productos digeridos deben estar en una matriz adecuada para la absorción. En general, los insectos necesitan al menos 10 aminoácidos esenciales para el crecimiento y desarrollo (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano y valina), y los otros se sintetizan a partir de éstos. Los 10 aminoácidos esenciales también son necesarios para la producción de huevos en insectos adultos (Hernández & Aceituno, 2020).
- **Vitaminas:** Son sustancias orgánicas, necesarias en pequeñas cantidades en la dieta, ya que no pueden ser sintetizadas. Actúan en los procesos metabólicos como factores de crecimiento y de enzimas. Las vitaminas hidrosolubles (vitaminas del complejo B) son esenciales prácticamente en todos los insectos. Por lo tanto, la tiamina, la riboflavina, el ácido nicotínico, la piridoxina, y el ácido pantoténico son esenciales para la mayoría de los insectos. (Hernández & Aceituno, 2020). Como fuente de vitamina B se utiliza la mezcla de vanderzant, el jarabe Cluvisol y otras marcas comerciales, levaduras y germen de trigo (Salomon, 2015).
- **Sales minerales:** Se sabe muy poco sobre nutrición inorgánica en insectos debido a la dificultad de manipular estos componentes en la formulación de dietas artificiales. Es sabido que los insectos necesitan cantidades considerables de potasio, fosfato y magnesio, pero no así de calcio, sodio y cloro, para su crecimiento y desarrollo la presencia de sales minerales en la dieta artificial son factores clave como amortiguadores del pH, estabilizadores y agentes fagoestimulantes. Por ejemplo, la adición de fosfato de potasio en lugar de fosfato de sodio podría incrementar el efecto fagoestimulador de la dieta para muchas especies de insectos que muestran preferencia por dietas con mayores concentraciones de potasio que de sodio (Hernández & Aceituno, 2020).

- **Carbohidratos:** Son la principal fuente de energía para los insectos. Se pueden convertir en grasas para almacenamiento y contribuir a la producción de aminoácidos. Por lo tanto, los carbohidratos, los lípidos y las proteínas están involucrados en ciclos de reacciones para la producción de energía. La mayoría de los insectos pueden usar los azúcares comunes y la omisión de un azúcar o un polisacárido digerible pueden perjudicar su desarrollo y aptitudes (Hernández & Aceituno, 2020).
- **Lípidos:** Son ésteres de uno o más ácidos grasos y glicerol, que se forman a partir de la hidrólisis enzimática en el intestino del insecto. Los insectos sintetizan los lípidos a partir de proteínas y carbohidratos. Sin embargo, algunos ácidos grasos, como los ácidos linoleico y linolénico, no son sintetizados por los insectos. Las grasas son la principal forma de almacenamiento de energía, pero excepto en casos específicos y en pequeñas cantidades, normalmente no forman parte de los componentes esenciales de la dieta (Hernández & Aceituno, 2020).
- **Geles:** En una dieta artificial la formación de un gel es el estado ideal para que se mantenga hidratada y firme a la vez, para soportar el peso del insecto durante la alimentación. El producto más popular para esto es el agar, un éster sulfúrico de polisacárido complejo extraído de *Gelidium* y otras algas. El agar combina ordinariamente con otros iones metálicos tales como sodio, potasio, calcio y magnesio que interaccionan con los grupos sulfúricos de la molécula de agar y causan gelificación. Usualmente el agar es un componente no nutricional de la dieta y es el agente preferido para solidificar dietas de lepidópteros (Salomon, 2015).
- **Agua:** Mantener el contenido apropiado de agua en dietas es causa de dificultades en la cría de insectos. Las dietas hidratadas tienden a perder agua por evaporación lo que causa 35 diferentes concentraciones de agua dentro de la dieta y cambios en la textura y sabor. El cubrir con una delgada capa de parafina la superficie de la dieta es un medio para impedir que el agua se pierda por evaporación y la dieta se seque demasiado rápido, prologando así su vida útil (Salomon, 2015).
- **Estabilizadores de la dieta y Antimicrobiales:** Para evitar el deterioro de la dieta se utilizan una variedad de métodos de los que se pueden mencionar el calentamiento para desactivar enzimas, congelación para almacenamiento prolongado, adición de antioxidantes para preservar compuestos inestables, uso de compuestos microbiales, esterilización mediante autoclave o UV y manejo de pH para retardar el crecimiento microbial. Algunos antimicrobiales que son utilizados en dietas son: ácido ascórbico,

benzoato de sodio, propianato de sodio o calcio, formaldehído, metilparabeno y antibióticos de amplio espectro (Salomon, 2015).

b. Aspectos físico-químicos.

- **Estímulos físicos:** Las propiedades físicas de la dieta como la consistencia, dureza, homogeneidad, contenido de agua y textura, juegan un papel muy importante como estimulantes. La consistencia de una dieta puede ser difícil de ajustar porque la mayoría de los insectos requieren de un alto contenido de agua, pero también un medio con una viscosidad adecuada, que no permita que el huevo se asfixie, y en el caso de las larvas, que les permita succionar para mover el fluido desde el medio artificial, hacia las piezas bucales y finalmente al interior del intestino. Entre mayor sea la viscosidad de la dieta, la ingestión se vuelve más difícil, y una mayor succión será necesaria y, en consecuencia, la energía obtenida por el alimento podría no ser suficiente para compensar la energía gastada en el trabajo de ingerir y digerir los nutrientes (Hernández & Aceituno, 2020).
- **Estímulos químicos:** Se ha mencionado que existen componentes de la dieta que actúan como fagoestimulantes, tal es el caso de la sacarosa. Además de la sacarosa, existen otros compuestos nutritivos que estimulan la alimentación de los insectos y aquí se incluyen a los aminoácidos, sales minerales, vitaminas, compuestos y ácidos orgánicos. Adicionalmente, los compuestos no nutritivos, (metabolitos secundarios o aleloquímicos) incluidos flavonoides, fenoles, quinonas, taninos, ligninas, fenilpropanos, isoprenoides, triterpenos, pueden actuar como atrayentes y estimulantes de los alimentos o como diasuasivos y repelentes. La interacción entre nutrientes y no nutrientes puede ser un factor importante para el éxito o fracaso de la formulación de un medio artificial. Otro de los factores químicos que puede influir en el éxito o fracaso de un medio artificial es el valor de pH. Diversos mecanismos son influenciados por el pH, incluyendo efectos de textura, palatabilidad, cambios en olores y sabores, además de reacciones e interacciones entre micro- y macronutrientes dentro del medio, que pueden aumentar o disminuir la biodisponibilidad de nutrientes importantes como las proteínas (Hernández & Aceituno, 2020).
- **Preparación de dieta artificial:** El operario de laboratorio prepara la dieta artificial. Los ingredientes son mezclados en una batidora industrial; en donde, conforme se van mezclando, se va agregando agua hervida fría hasta obtener una masa pastosa (300 –

500 ml aprox.) durante 10 – 15 minutos, para una mejor homogenización. La dieta artificial se distribuirá en frascos de vidrio (envase de espárrago de 50 x 180 mm), llenando hasta un tercio de su capacidad, luego se sellará con una tapa confeccionada de algodón industrial forrado con papel Kraft. Posteriormente, se esterilizarán los frascos con dieta en la autoclave a una temperatura de 120° C y a una presión de 15 PSI, durante 20 minutos; luego se saca y se deja enfriar durante 24 horas, al cabo de este periodo queda lista para ser sembrados con las posturas (Campo, s.f.).

2.1.1.19. Crianza Masiva De *Diatraea saccharalis* Fabricius.

- **Producción de adultos y posturas de *Diatraea saccharalis*:** El operario de laboratorio luego de 4 a 5 días después del acondicionamiento de las crisálidas, deberá revisar los tapers diariamente para coleccionar los adultos de *Diatraea saccharalis* (“mariposas”), que serán acondicionados en cámaras de apareamiento y oviposición (cilindro de cedazo revestido de papel Kraft doblado en forma de acordeón), en la proporción de 1:2 (hembra: macho), con la finalidad de obtener posturas y continuar con la crianza masiva de *Diatraea saccharalis*. El operario de Laboratorio coleccionará las posturas diariamente, retirando primero el papel Kraft de la cámara de apareamiento y oviposición, luego con una navaja o tijera procederá a cortar la porción de papel donde se encuentra adherida las posturas y las colocará en una placa Petri (Campo, s.f.).
- **Desinfección y Sembrado de posturas de *Diatraea saccharalis*:** El operario de laboratorio desinfectará las posturas con una solución durante 3 minutos, luego las lavará con agua destilada estéril y las colocará en placas Petri conteniendo en el fondo papel filtro, previamente esterilizadas en la estufa. Esta labor se realizará dentro de una Cámara Aséptica para desinfección. Las placas con posturas desinfectadas se acondicionan en la Cámara de Incubación; donde permanecerán de 4 a 6 días (período de incubación) a una temperatura de 26 - 28° C, y a una HR de 60 a 80%. (Campo, s.f.) El operario de laboratorio sembrará las posturas de *Diatraea saccharalis* en los frascos con dieta artificial en una cámara aséptica previamente desinfectada con alcohol y esterilizada con rayos UV, colocando de 3 a 4 posturas embrionadas, en la fase de “cabecita negra”, conteniendo aproximadamente 80 individuos, utilizando para esto una pinza entomológica de punta fina, teniendo un mechero de alcohol al momento de la siembra para esterilizar pinzas, boca y tapón del frasco, por cada siembra. Al término de la siembra, el operario de laboratorio colocará los frascos con “dieta sembrada” en

tapers de plástico y luego colocarlos en estantes por un lapso de tiempo. Larvas de 18 – 20 días serán destinadas para la recria (obtención de crisálidas de *Diatraea saccharalis*); larvas de 19 – 21, para la inoculación con maggots de *Billaea claripalpis* y larvas de 21 – 23 días para la producción de “hembras vírgenes” de *Diatraea saccharalis* para el Monitoreo y Control Etológico de la caña de azúcar (Campo, s.f.).



Figura 10: Ciclo de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

Nota: Información proporcionada por el Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A., 2022.

2.1.1.20. Clasificación taxonómica de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Commelinidae*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Subfamilia: *Panicoideae*

Tribu: *Andropogoneae*

Género: *Saccharum*

Especie: *Officinarum*. (Linneo, 1753, como se Cito en Puma, 2014)

2.1.1.21. Importancia de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Perú.

El Perú se ubica en un lugar expectante. Este produciría 1,45 millones de toneladas, derivándose en 10,5 millones de toneladas anuales de caña en alrededor de 85 mil hectáreas.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Perú es el país que obtiene mejores rendimientos agrícolas del mundo en caña de azúcar, con 121,8 toneladas por hectárea en promedio³ al año 2018, seguido de Guatemala (118,5 t/ha), Senegal (114,9 t/ha), Egipto (111,3 t/ha), Nicaragua (93,6 t/ha), Portugal (89,6 t/ha), Colombia (88,8 t/ha), entre otros (MIDAGRI, 2020).

La principal empresa productora de azúcar en el Perú es Casa Grande, con una participación del 23% del total producido, seguido de Laredo (14%), Cartavio (14%), Paramonga (11%), San Jacinto (9%), Pomalca (7,4%) y Agro Olmos (9,8%). Todas estas empresas concentran en conjunto el 88,3% de la producción nacionales A nivel de regiones o departamentos, las que tienen un porcentaje mayor de participación son La Libertad y Lambayeque. En cuanto al dinamismo de las regiones, Piura (89,4%), Áncash (4,1%) y La Libertad 3,2%) han mostrado un mayor incremento de su producción en el 2020; sin embargo, aquellos departamentos donde la producción disminuyó fueron Lambayeque (-12,5%), Lima (-7,4%) y Arequipa (-5%). Las paralizaciones sindicales en las empresas azucareras a inicios del año 2020 generaron una

menor dinámica en la producción de azúcar. Posteriormente, las medidas de emergencia sanitaria nacional (MIDAGRI, 2020).

2.1.1.22. Impacto de *Diatraea saccharalis* Fabricius en Arequipa.

El *Diatraea saccharalis*, es el insecto dañino de mayor importancia económica en los cultivos de maíz, arroz, caña de azúcar y otras gramíneas, en todos los climas tropicales y subtropicales del mundo; pero hasta el año 1961 se le desconocía por completo en el valle de Tambo, en que por primera vez se le introdujo, causando serios daños a los cultivos, desorientación en los agricultores y desconfianza de inversión en las instituciones crediticias. Con el objeto de complementar el control de los insectos-plagas de Arequipa, en marzo de 1966 se instaló el Laboratorio Entomológico de La Curva, ubicado en el distrito de Dean Valdivia, provincia de Islay, orientándolo principalmente a la cría y liberación de *Trichogramma minutum* y *Paratheresia claripalpis*, parásitos de huevos y larvas de *Diatraea saccharalis* Fabr. (González, 1968).

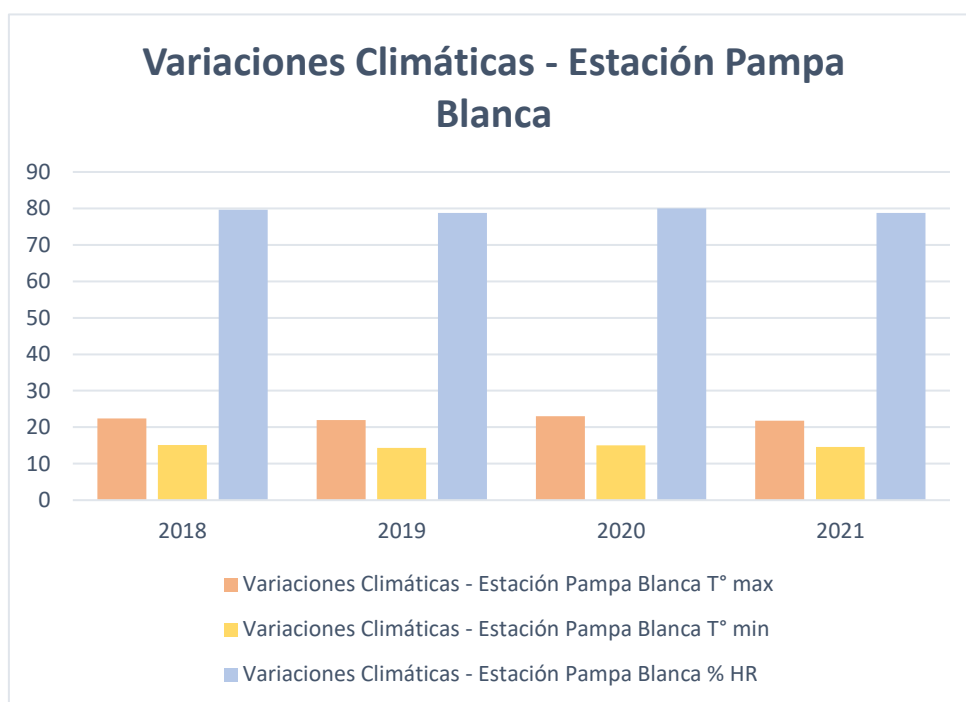
2.1.2. Estadísticas climatológicas.

Tabla 2: Variaciones climáticas Estación Pampa Blanca – Cocachacra.

| Variaciones Climáticas - Estación Pampa Blanca | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Año | T° max | T° min | % HR |
| 2018 | 22 | 15 | 80 |
| 2019 | 22 | 14 | 79 |
| 2020 | 23 | 15 | 80 |
| 2021 | 22 | 15 | 79 |
| Promedio | 22 | 15 | 79 |

Fuente: SENAMHI – DRD/ Elaboración Propia.

Cuadro 1: Variaciones climáticas Estación Pampa Blanca- Cocachacra.



Fuente: SENAMHI – DRD/ Elaboración Propia.

2.2. Antecedentes de Investigación.

2.2.1. Revisión de tesis universitarias.

- a. **Ludeña V. (2014)**, realizó la investigación que tuvo como objetivo general obtener un desarrollo vigoroso de la *Diatraea saccharalis* Fabricius para que pueda ser parasitado mediante la dieta artificial. Donde concluyó que a nivel de laboratorio la *Diatraea saccharalis* Fabricius se adapta aceptablemente a la dieta artificial, en la temporada de verano hay baja producción de *Cotesia flavipes* esto se debe a que los cocones sufren un retraso en su desarrollo y con alimento natural (rodajas de choclo tierno), el índice de mortalidad de la *Diatraea saccharalis* Fabricius es menor. Sin embargo, se recomendó que para aumentar la producción artificial de *Diatraea saccharalis* Fabricius en forma homogénea, se podría acondicionar la temperatura del cuarto de desarrollo y así evitar la descomposición de los huevos.

- b. **Castro H. (2016)**, realizó la investigación donde el objetivo fue determinar la duración del ciclo biológico y algunos aspectos del comportamiento de *Diatraea saccharalis* Fabricius, El ciclo biológico de *Diatraea saccharalis* Fabricius, desde

huevo hasta la emergencia del adulto, fue en promedio de $42,12 \pm 0,26$ días, a $35,58 \pm 2^\circ\text{C}$ y $54,41\%$ HR, y $53,75$ días, a $34,20 \pm 2^\circ\text{C}$ y $44,88\%$ HR, en la caseta y jaula respectivamente. La longevidad del adulto hembra y macho, en la caseta, fue de $3,83 \pm 0,39$ días y $3,15 \pm 0,36$ días. La longevidad del adulto hembra y macho, en la jaula, fue de $4,75$ y $4,50$ días respectivamente.

- c. **Chancayauri A. (2014)**, realizó la investigación donde se concluyó que los mayores tamaños de pupas los presentaron las dietas base de harina de caña de azúcar (D2) y a base de harina de maíz (D1) con 15 ± 0 y $14 \pm 0,81$ milímetros respectivamente. En cuanto al porcentaje de sobrevivencia de pupas y adultos la dieta a base de harina de maíz (D1) es superior presentando un $34 \pm 4,32$ y $28 \pm 4,0\%$ respectivamente, mientras la dieta a base de harina de caña de azúcar (D2) fue mejor al obtener $36,5 \pm 3,0\%$ de sobrevivencia de larvas. Basándose en estos resultados y tomando en consideración el destino de los individuos criados como es el mantenimiento de la crianza de *Parathesia claripalpis*, la dieta que presentó los mejores resultados fue la dieta a base de harina de caña de azúcar (D2) y la dieta a base de harina de maíz (D1), cabe mencionar que la primera podría destinarse a la cría exclusiva de larvas para la inoculación mientras que la segunda podría utilizarse para mantener el pie de cría en el laboratorio.
- d. **Calderón K. (2015)**, los barrenadores del tallo han sido una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de caña de azúcar en América. La especie *Diatraea saccharalis* Fabricius sigue siendo una de las más perjudiciales en el cultivo de la caña de azúcar en el Ecuador. La producción de larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius con dietas artificiales, constituye una de las grandes alternativas para la producción de sus enemigos naturales en forma eficiente y con menores costos. La presente investigación se realizó en el Ingenio azucarero Valdez, con el objetivo de seleccionar una dieta que cumpla con los requisitos nutricionales para el desarrollo de las larvas del barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis* Fabricius). Se probaron cinco dietas artificiales (Dieta Higsfeldt & Parra, Dieta La Troncal, Dieta San Carlos, Dieta Valdez 1 y Dieta Valdez 2) y una dieta natural (maíz en estado de choclo). Para las dietas, cada unidad experimental estuvo constituida por un frasco de vidrio de 200 cc y para la dieta natural un frasco de vidrio tipo caramelero de 4 L. capacidad. Como repeticiones se utilizaron 10 frascos en el caso de las dietas y 10 choclos en la dieta

natural. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorio y para la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey, al 0,05 de probabilidad. De acuerdo con los resultados, la dieta natural (choclo) presentó los mejores índices de producción de larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius, lográndose mayor recuperación de larvas, mayor sobrevivencia larval y menos días para cumplir su ciclo de vida, en las dos generaciones evaluadas. Dentro de las dietas artificiales, las dietas La Troncal y Valdez mostraron mejor desempeño, constituyéndose en una buena alternativa para la obtención de larvas *Diatraea saccharalis* Fabricius que se utilizan en los programas de producción de parasitoides larvales de esta plaga.

- e. **Gómez, I. (2022)**, mediante la elaboración de 3 dietas artificiales se busca incrementar la producción de larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius en condiciones de laboratorio, con el fin de ser utilizados para cría masiva como hospederos del controlador biológico *Cotesia flavipes*. La investigación se realizó en la empresa Agrícola y Comercial Catamayo AGROCATSA, localizada en la provincia de Loja, cantón Catamayo, con el objetivo evaluar la calidad nutricional de 3 diferentes dietas artificiales para la producción de *Diatraea saccharalis* Fabricius y determinar el ciclo de vida del gusano barrenador *Diatraea saccharalis* Fabricius y su parasitoide *Cotesia flavipes* sometidas a las dietas artificiales en condiciones de laboratorio. Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y diez repeticiones. Los resultados indicaron que, la dieta 1 fue la que mejor alternativa mostro al momento de incrementar el número de larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius, debido a su composición por proteínas, carbohidratos y vitaminas que actúan como factores de crecimiento, estos cubren las necesidades nutricionales y disminuye los riesgos de enfermedades por contaminación de patógenos en larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius, de igual manera en el porcentaje de parasitismo de *Cotesia flavipes* en larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius la dieta 1 presento mejor comportamiento ya que se obtuvo un número total de 4730 individuos adultos de *Cotesia flavipes*. La dieta 1 influyó de manera positiva en cuanto al ciclo de vida de los individuos reduciendo de una manera rápida el desarrollo en cuanto al ciclo de vida de *Diatraea saccharalis* Fabricius (30 días) como también de *Cotesia flavipes* (11 días) en larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius, lo cual nos permite realizar diferentes estudios de una manera más rápida y eficaz.

- f. **Toledo, C. (1999)**, su trabajo consistió en la evaluación de cinco dietas artificiales para la crianza en laboratorio de *Diatraea crambidoide*, con el propósito de determinar la mejor para proporcionar un manejo seguro de las colonias del insecto. Las dietas evaluadas fueron a base de grano de frijol, caseína, raíz de zanahoria, hojas de maíz, fibra de caña y la dieta natural de elote tiernos (Testigo). Los resultados se analizaron por medio de un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. Las variables de respuesta fueron: La cantidad de dieta consumida por las larvas, peso de las larvas, porcentaje de adultos emergidos, capacidad de reproducción, contaminación de las dietas, sobrevivencia de las larvas, ciclo de vida y costo de la dieta. Según los resultados con la dieta a base de granos de frijol se obtuvo comparativamente de un buen peso y sobrevivencia de larvas, pero, en la capacidad de reproducción se podría presentar problemas. Con la dieta a base de caseína se obtuvieron larvas sanas; pero así también una alta contaminación bacteriana y los mayores costos de inversión. Para la dieta a base de frijol se recomienda evaluar la capacidad reproductiva de los adultos obtenidos varias generaciones consecutivas, debido al efecto negativo que tuvo en la capacidad de reproducción.

2.2.2. Revisión de artículos de investigación.

- a. **Souza, A. Ávila, C. & Parra, J. (2001)**, en su trabajo tuvo como objetivo de este trabajo fue determinar la temperatura más adecuada entre 25 y 30°C para la crianza *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), *Diatraea saccharalis* (Fabr.) y *Heliothis virescens* (Fabr.) en dieta artificial, mediante medidas de ingesta y utilización de alimentos. Se estudiaron 50 larvas por especie, individualizados en recipientes de 8,5 cm de largo y 2,5 cm de diámetro y mantenidas a las temperaturas 25 y 30°C, 60±10% HR, y fotofase de 14 horas. Se determinó el peso del gusano en su máximo desarrollo, el alimento consumido y las heces eliminadas en ambos y los índices nutricionales: tasa de consumo relativo (RCR), tasa de crecimiento relativo (RGR), tasa metabólica relativa (RMR), digestibilidad aproximada (AD), eficiencia de conversión de alimento ingerido (ECI) y eficiencia de conversión de alimento digerido (ECD). La temperatura adecuada para *Spodoptera frugiperda* fue de 30°C ya que proporcionó mayor peso en el máximo desarrollo, mayor aumento de peso, mayor índice de crecimiento, mayor

ECI, mayor ECD y menor costo metabólico. Por otro lado, no se observaron diferencias en cuanto a las tasas nutricionales para *Heliothis virescens* y *Diatraea saccharalis* Fabricius evaluada en las mismas condiciones térmicas. Se recomienda la temperatura más alta (30°C) para el mantenimiento en laboratorio de *Spodoptera frugiperda*. Como para el resto de especies, la crianza a 25 o 30°C es indiferente.

- b. **Reguilón C., Medina P., Ordano M., Salvatore A., Barros M., Morsolotto E. & Vicente M., (2014)** indicó que el control biológico aumentativo de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) requiere la cría masiva del parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron (Braconidae: Microgastrinae) y por ello, es necesario el desarrollo de dietas artificiales eficientes. El objetivo fue examinar los efectos de distintos tipos de dieta sobre parámetros biológicos de *Diatraea saccharalis* y su impacto en la producción de cocones de *Cotesia flavipes*. Se sembraron 46136 huevos de *Diatraea saccharalis* en once combinaciones de dietas artificiales, con dos tipos de harinas y tres tipos de antibióticos. Los resultados mostraron que la composición de la dieta afectó los parámetros biológicos de ambas especies. La mayor eficiencia en la cría se obtuvo con el empleo de combinaciones de harina de poroto y ampicilina. Sin embargo, si se considera la relación entre costos de producción y parámetros biológicos, la dieta con harina de poroto, oxitetraciclina y estreptomycin resulta más adecuada para la cría masiva.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Materiales de campo.

3.1.1. Localización del trabajo.

El trabajo de investigación se llevará a cabo en el Módulo de Sanidad II entomológico del Fundo “La Banda” Huasacache de la Universidad Católica de Santa María, Distrito de J.D. Hunter, Provincia y Región Arequipa.

3.1.1.1. Espacial.

Ubicación Geográfica:

- ✓ Latitud: 16°27'28.63"S.
- ✓ Longitud: 71°33'58.01"O.
- ✓ Altitud: 2209 msnm.

Ubicación Política

- ✓ Departamento: Arequipa.
- ✓ Provincia: Arequipa.
- ✓ Distrito: Jacobo Hunter, P.T. Huasacache.

3.1.1.2. Temporal.



Figura 11: Ubicación del Área experimental.

Fuente: Google Earth.

3.1.2. Materiales biológicos.

- Masas de huevos de *Diatraea saccharalis* Fabricius del Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A.

3.1.3. Materiales de laboratorio.

- Papel toalla
- Pipetas
- Placas Petri
- Pinzas punta fina
- Alcohol al 70% y 96%
- Hipoclorito de sodio al 5%
- Algodón
- Mechero
- Bisturí
- Jarra
- Mandil
- Olla
- Lupa
- Papel Kraft
- Agua destilada

3.1.4. Materiales de escritorio.

- Laptop
- Calculadora
- Libreta de apuntes
- Hojas papel bond
- Regla
- Lapiceros
- Etiquetas

3.1.5. Equipos.

- Microscopio o Estereoscopio
- Calefactor
- Humidificador
- Termohigrómetro
- Refrigeradora
- Cocina
- Licuadora
- Olla autoclave
- Balanza Analítica
- Cámara de Flujo Laminar
- Cámara bioclimática (Climacell 111)

3.1.6. Otros materiales.

- Frascos de vidrio
- Prototipo de Crianza
- Plantilla de Excel.

3.2.Métodos:

3.2.1. Muestreo:

- ✓ Muestreo aleatorio Simple

a. Universo:

Se instalará un DCA con arreglo de parcelas divididas con 3 repeticiones, a nivel de parcelas se tiene 2 tratamientos, y de subparcelas un total de 3 tratamientos con 3 repeticiones, procedimiento que se repetirá tres veces a nivel de parcelas.

b. Tamaño de muestra:

Parcela:

Prototipo de cámara de crianza.

- ✓ Largo: 1,24 m.
- ✓ Ancho 0.62m

- ✓ Altura: 0.61 m.

Cámara bioclimática (Climacell 111).

- ✓ Largo: 0.75 m.
- ✓ Ancho: 0.76 m.
- ✓ Altura: 1.14 m.

Subparcela: 3 Dietas Artificiales.

- ✓ Por dieta: 3 frascos
- ✓ Por frasco: Masas de huevos con un rango de 50 huevos.

c. Procedimiento de muestreo.

Se realizará la crianza del barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius), a nivel de parcelas se ubicarán un total de 3 frascos por cada subparcela aleatoriamente dentro del prototipo de crianza, y a su vez 3 frascos por cada subparcela aleatoriamente en la cámara bioclimática (Climacell 111), mientras que a nivel de subparcelas se tendrán 3 dietas artificiales donde se colocará una cantidad específica de dieta por frasco para una masa de huevos de un rango de 50 a 120 huevos, donde cada subparcela tendrá un total de 3 frascos.

3.2.2. Recopilación de la información.

3.2.2.1. En el laboratorio.

Se evaluará la eficacia del prototipo para las crianzas de larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius.

3.2.2.2. En la biblioteca.

Recopilación de antecedentes de trabajos realizados en otras zonas que presentan el mismo problema que en la zona de estudio.

3.2.2.3. En otros ambientes generadores de la información científicos.

3.2.3. Variables de respuesta.

3.2.3.1. Variables independientes.

- Fabricación del Prototipo.
- Cámara Bioclimática (Climacell 111).

3.2.3.2. Variables dependientes.

- Crianza del barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* Fabricius).
- Dietas Artificiales.

3.3. Evaluación estadística.

3.3.1. Diseño Experimental.

Para la ejecución se utilizó el diseño experimental completo al azar DCA con arreglo de parcelas divididas; a nivel de parcela serán 2 tratamientos, con prototipo (escenario ideal) y una cámara bioclimática (escenario real), mientras que a nivel de subparcela serán 3 diferentes dietas artificiales con ingredientes que se visualizarán en la tabla 3, con 3 repeticiones. Se realizaron tres crías para las repeticiones a nivel de parcelas.

3.3.1.1. Unidades experimentales.

Se obtuvo un total de 18 unidades experimentales con una distribución aleatoria, con un Análisis de Varianza (ANVA) a un nivel de significación del 5%. Para la significancia entre los tratamientos se aplicará la Prueba de comparación de medias de Duncan.

Tabla 3: Descripción de los tratamientos.

| | PARCELA | | SUBPARCELA | |
|-----------|---------|--|------------|--|
| T1 | 1 | Con prototipo de cámara de crianza (Escenario Ideal) | 1 | Dieta artificial del Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A. (Tabla N°2) |
| T2 | 1 | Con prototipo de cámara de crianza (Escenario Ideal) | 2 | Dieta artificial con modificaciones (Parra et al. ,2010, como se citó en Chancayauri,2014) (Tabla N°2) |
| T3 | 1 | Con prototipo de cámara de crianza (Escenario Ideal) | 3 | Dieta artificial con modificaciones (Ludeña, 2014) (Tabla N°2) |
| T4 | 2 | Con prototipo Cámara bioclimática (Escenario real) | 1 | Dieta artificial del Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A. (Tabla N°2) |
| T5 | 2 | Con prototipo Cámara bioclimática (Escenario real) | 2 | Dieta artificial con modificaciones (Parra et al. ,2010, como se citó en Chancayauri,2014) (Tabla N°2) |

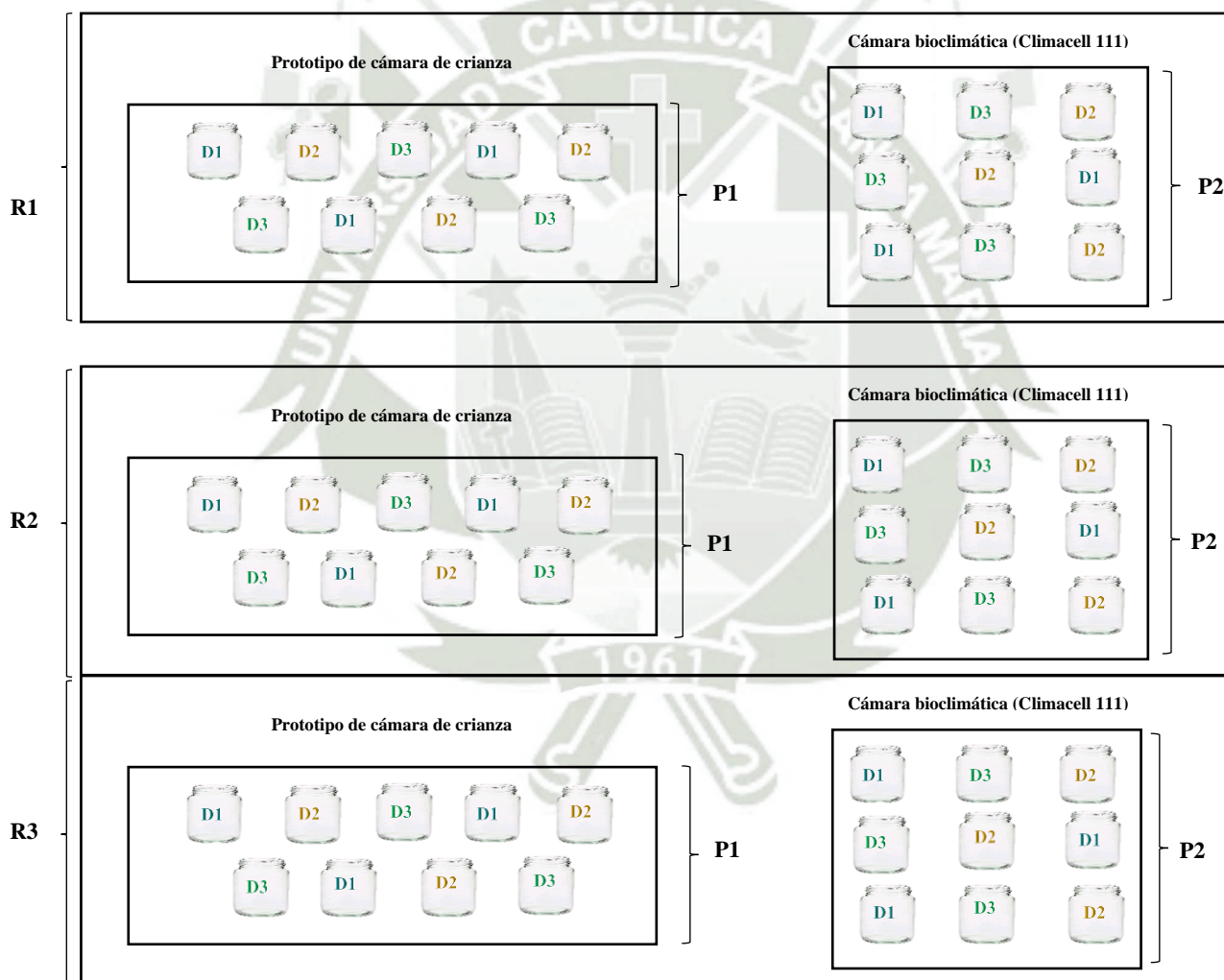
| | | | | |
|-----------|---|--|---|--|
| T6 | 2 | Con prototipo Cámara bioclimática (Escenario real) | 3 | Dieta artificial con modificaciones (Ludeña, 2014) (Tabla N°2) |
|-----------|---|--|---|--|

Tabla 4: Descripción de los componentes para la realización de cada una de las dietas artificiales para alimentación de las larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius en Laboratorio.

| N° | Símbolo | Descripción | Cantidad/Dosis |
|-----------|--|----------------------------------|-----------------------|
| 1 | Dieta artificial del Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A. | Harina de Maíz amarillo | 140gr |
| | | Germen de Trigo | 40gr |
| | | Levadura seca granulada | 37gr |
| | | Agar o Carragenato | 18gr |
| | | Ácido Ascórbico | 5gr |
| | | Metilparabeno | 1.25gr |
| | | Ácido Benzoico | 1.25gr |
| | | Complejo B | 0.25gr |
| | | Ácido Sórbico | 0.5gr |
| | | Cloranfenicol | 0.25gr |
| | | Amoxicilina | 0.22gr |
| | | Agua destilada para agar | 500 ml |
| | | Agua destilada para ingredientes | 500 ml |
| 2 | Dieta artificial con modificaciones (Parra et al. ,2010, como se citó en Chancayauri,2014) | Harina de Maíz amarillo | 140gr |
| | | Germen de Trigo | 35gr |
| | | Levadura de cerveza | 37.50 gr |
| | | Agar o Carragenato | 25gr |
| | | Ácido Ascórbico | 5gr |
| | | Ácido Sórbico | 0.2gr |
| | | Ácido Benzoico | 1.25gr |
| | | Agua destilada | 400 ml |
| | | Agua destilada para agar | 600 ml |
| 3 | Dieta artificial con modificaciones (Ludeña, 2014) | Harina de Maíz amarillo | 140gr |
| | | Germen de Trigo | 35gr |
| | | Levadura de cerveza | 37,50 gr |
| | | Agar o Carragenato | 25gr |

| | |
|--------------------------|--------|
| Ácido Ascórbico | 7.3gr |
| Ácido Sórbico | 1gr |
| Ácido Benzoico | 1gr |
| Metilparabeno | 1gr |
| Amoxicilina | 0.22gr |
| Bagazo de Caña de azúcar | 10gr |
| Agua destilada | 500 ml |
| Agua destilada para agar | 500 ml |

3.3.1.2. Unidades experimentales



3.4. Metodología:

3.4.1. Metodología de la instalación.

a. Diseño y Construcción de Prototipo de Multiplicación:

- Se estableció el diseño del Prototipo de Multiplicación como se puede observar en la Fotografía 1, con las siguientes medidas.

Tabla 5: Medidas de Prototipo de Crianza.

| | |
|----------------|---------------|
| Altura: | 0.61 m |
| Largo: | 1.24 m |
| Ancho: | 0.62 m |



Fotografía 1: Prototipo de Crianza instalada en el Laboratorio.

- Se realizó la compra de materiales necesarios para el equipamiento del prototipo, incluyendo la parte estructural y eléctrica, como se puede observar en la Fotografía 2 y 3.



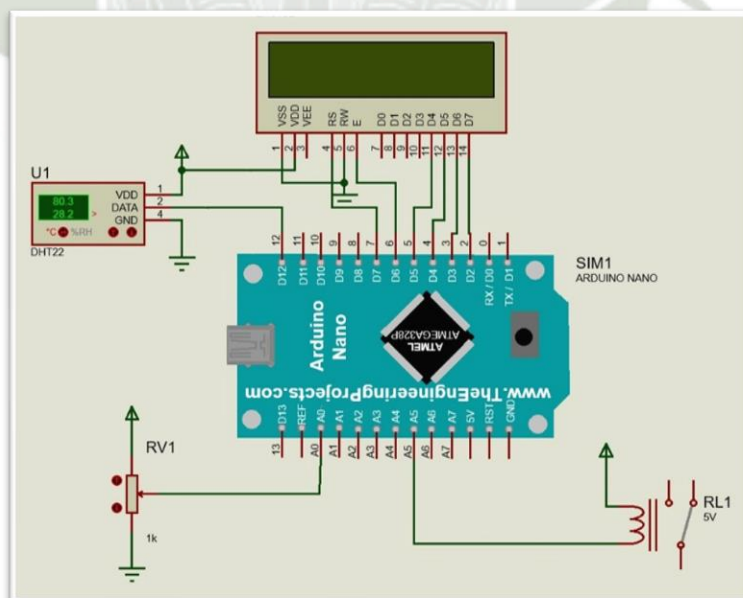
Fotografía 2: Material Estructural.



Fotografía 3: Material Eléctrico

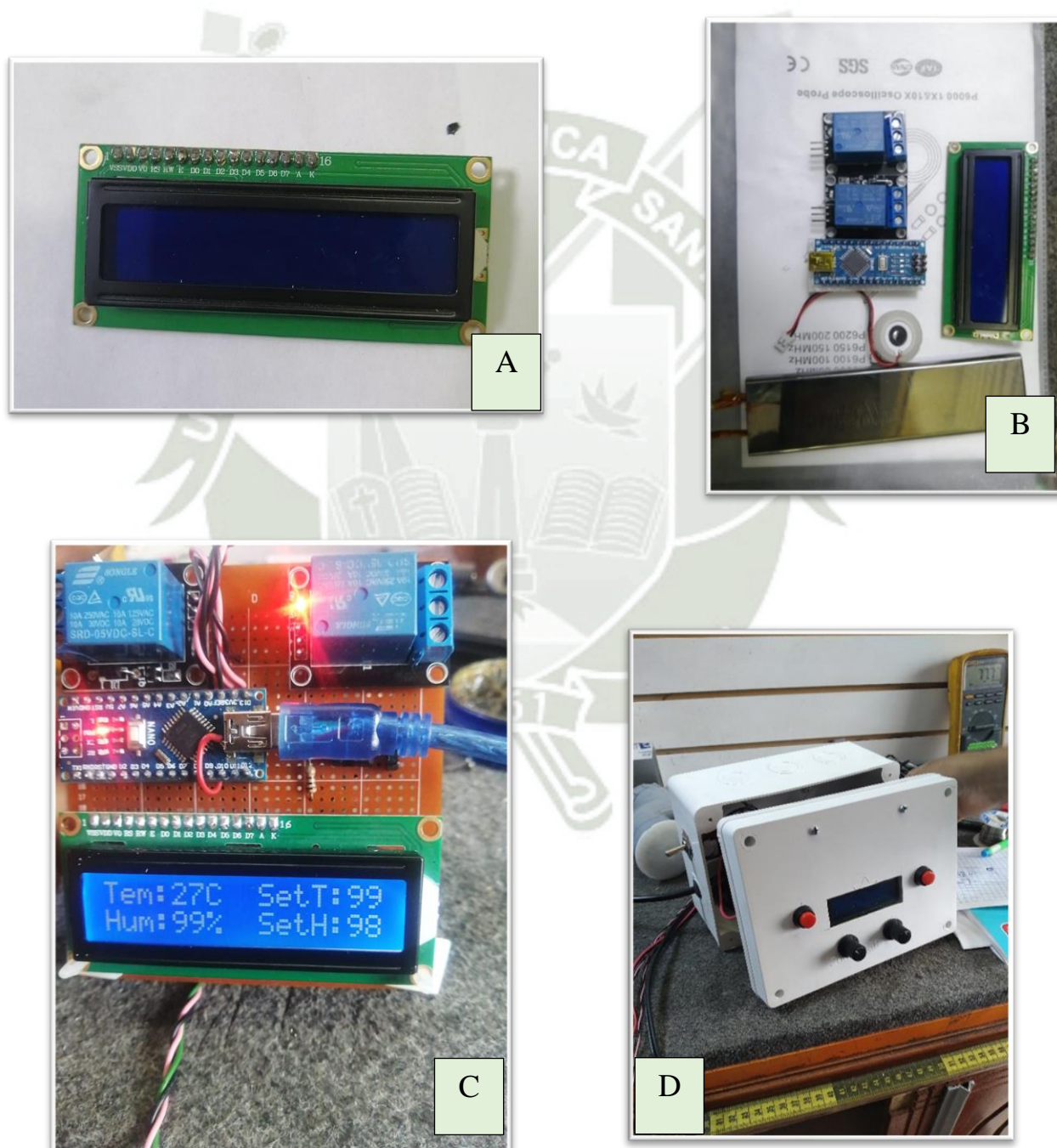
b. Sistema eléctrico:

- Se estableció el código de programación del sistema de humedad y temperatura, considerando los rangos deseados.



Fotografía 4: Esquema de programación.

- Se realizó el equipamiento de la placa del Arduino con los potenciómetros, Pantalla LCD, etc. Como se puede observar en la Fotografía 5, C.
- Se realizó el sellado de la caja de control, para instalar los conectores y equipos dentro del prototipo de multiplicación. Como se puede observar en la Fotografía 5, D.



Fotografía 5 A, B, C, D: Ensamblaje de la caja de control.

c. Construcción Estructural:

- En base al diseño se realizó el ensamblaje de los rieles para tener construir la estructura del prototipo y así lograr la firmeza deseada. Como se puede observar en la Fotografía 6.



Fotografía 6: Estructura del Prototipo de Multiplicación

- Se realizó el corte y plegado de las placas de yeso a la estructura de acuerdo a las medidas. Como se puede observar en la Fotografía 7.



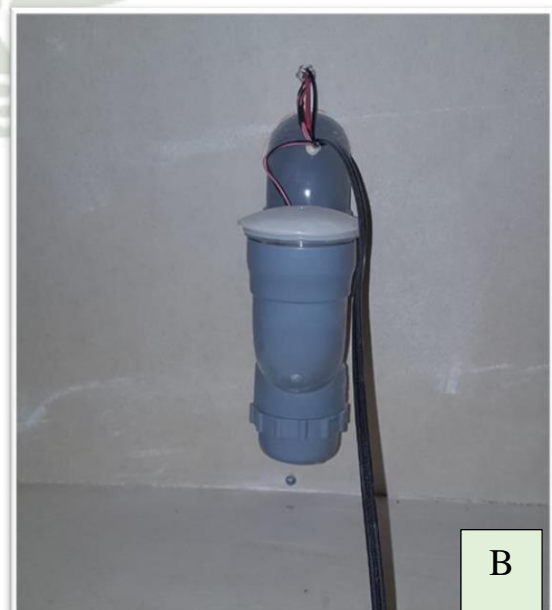
Fotografía 7: Plegado de planchas de Yeso.

- Se realizó la instalación de los cuatro ventiladores con su cableado correspondiente. Como se puede observar en la Fotografía 8.



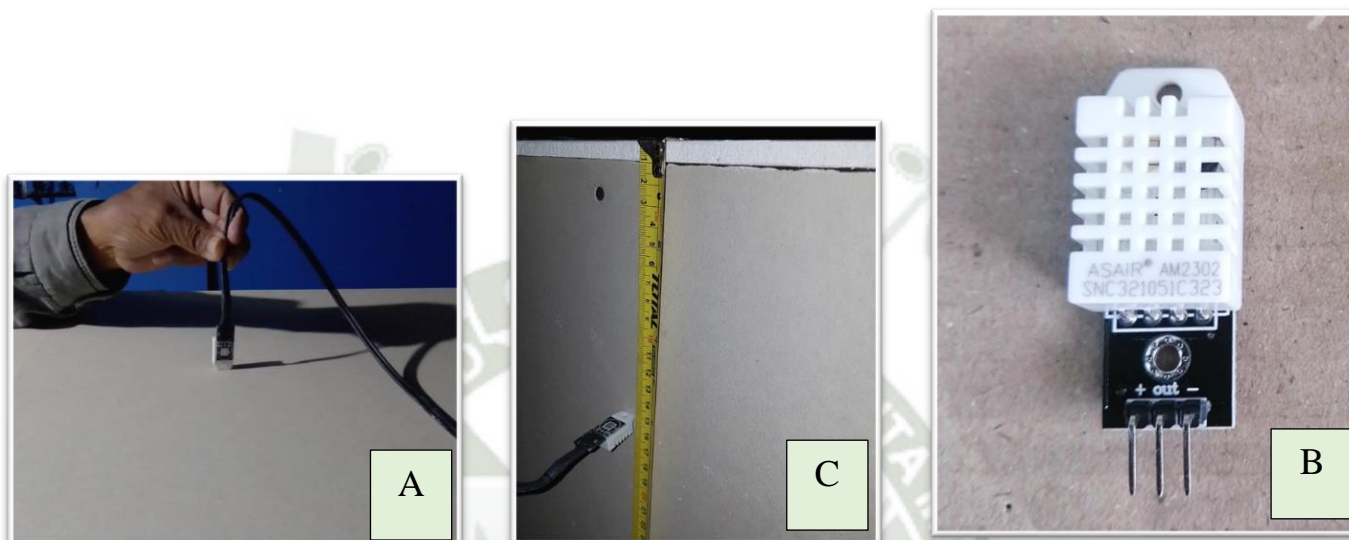
Fotografía 8 A, B: Instalación de Ventiladores

- Se instaló el equipo de calefacción y humificación. Como se puede observar en la Fotografía 9.



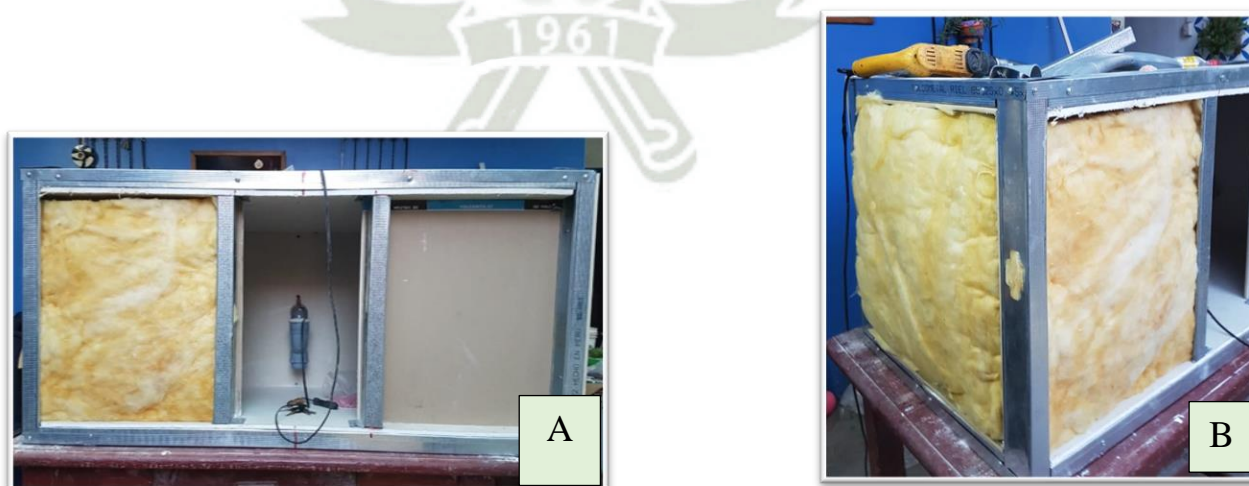
Fotografía 9 A, B: Instalación de la Calefacción y Humificación

- Se ubico el lector Dht22 de T° y HR% dentro del prototipo de multiplicación. Como se puede observar en la Fotografía 10.



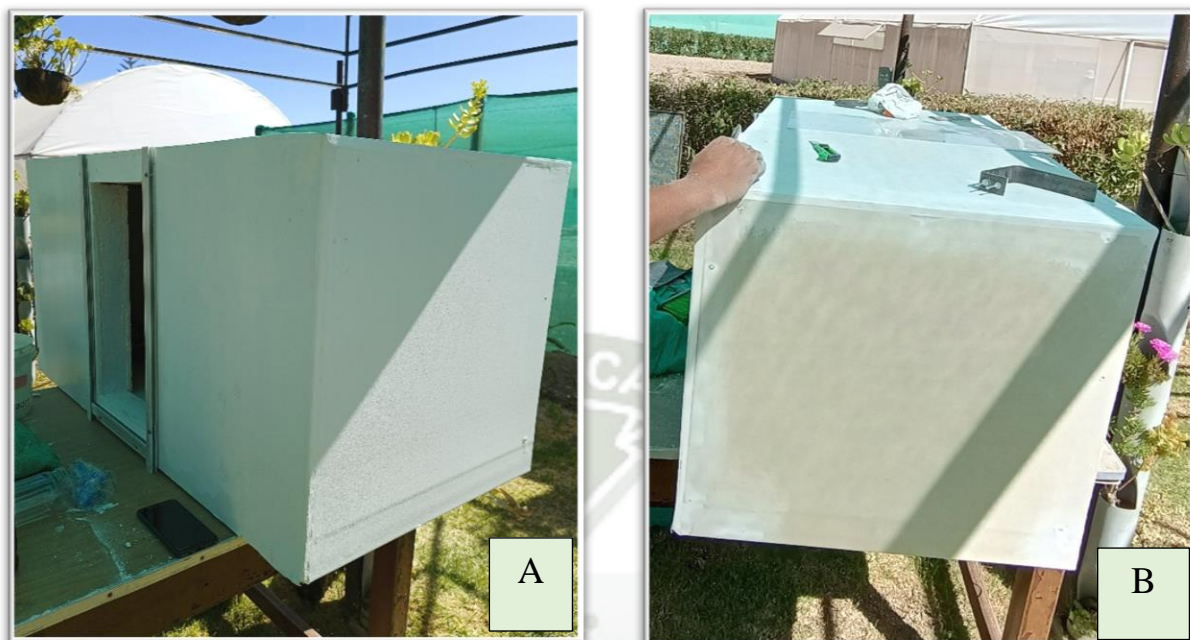
Fotografía 10 A, B, C: Instalación del Sensor Dht22.

- Se procedió al sellado de las paredes con fibra de vidrio y placas de yeso. Como se puede observar en la Fotografía 11, B.
- Se realizó la instalación de la puerta para la inserción de material. Como se puede observar en la Fotografía 11, A.



Fotografía 11 A, B: Sellado de las paredes.

- Se procedió a realizar pintado y acabados externos. Como se puede observar en la Fotografía 12.



Fotografía 12 A, B: Pintado y acabados.

- Se procedió a conectar todos los dispositivos en la caja de control, para su posterior utilización.
- Se trasladó el prototipo de multiplicación al Laboratorio de Sanidad II en el Fundo “La Banda” en Huasacache con previa desinfección del área que se detallará en el acondicionamiento del área de trabajo. Como se puede observar en la Fotografía 13.

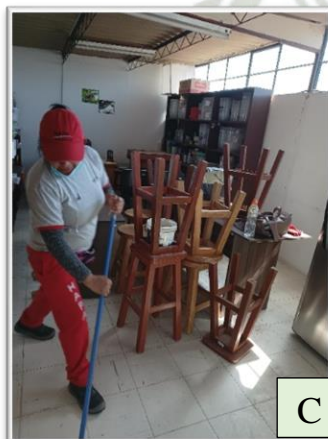
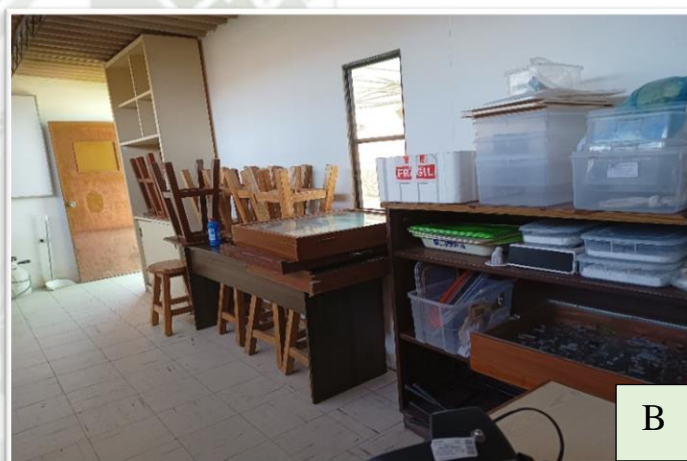
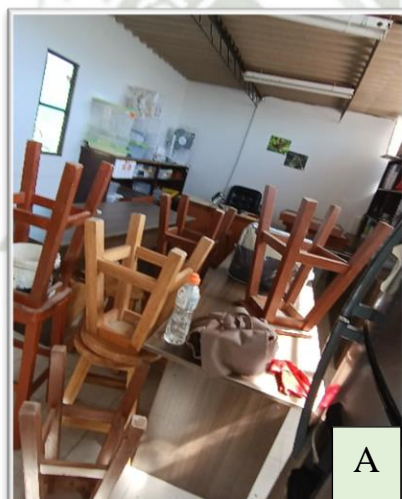


Fotografía 13: Prototipo de multiplicación en el Laboratorio de Sanidad II.

d. Acondicionamiento y Desinfección del Área de Trabajo.

- Asepsia del Laboratorio de Sanidad II:

Se realizó la correspondiente desinfección de las superficies y material que se encuentran en el laboratorio de Sanidad II y I con hipoclorito de sodio al 5%, para poder trasladar el prototipo de multiplicación. Esto debido a que el medio generalmente está cargado de microorganismos, por lo tanto, se mantendrá el debido cuidado e higiene durante todo el procedimiento de multiplicación del hospedero. Para conseguir la asepsia deseada, se procedió a lavar todos los envases, desinfectar los materiales de vidrio, limpiar superficies externas e internas de las mesas de trabajo, así como también la esterilización de los equipos (refrigerador, estereoscopio, etc.). Como se puede observar en la Fotografía 14.



Fotografía 14 A, B, C, D: Limpieza del Laboratorio de Sanidad II.

- **Esterilización de Equipos:**

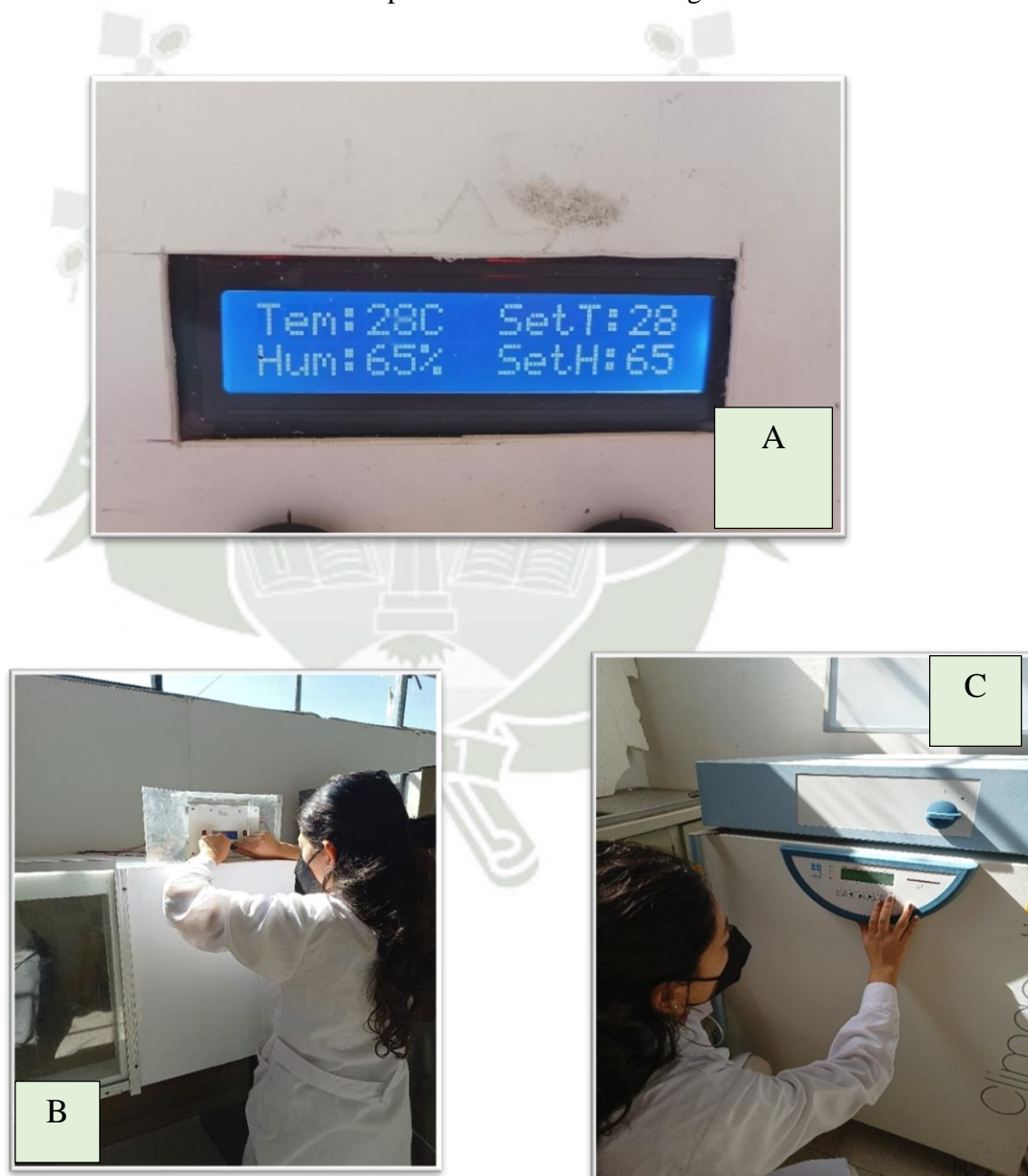
Se desinfectó el prototipo de multiplicación y cámara bioclimática con alcohol al 70%, para evitar contaminación con patógenos puesto que podrían afectar el desarrollo larval y la inocuidad de las dietas. Para la correspondiente esterilización se retirarán las repisas de la cámara para realizar una limpieza profunda interna y en el caso del prototipo se realizó esterilización de las rejillas portátiles y de los equipos internos instalados. Como se puede observar en la Fotografía 15.



Fotografía 15 A, B, C, D: Esterilización del Prototipo y Cámara bioclimática.

- **Calibración de Equipos:**

Se procedió a calibrar la cámara bioclimática y prototipo de multiplicación, estableciendo los rangos de HR% y T° en cada una de ellas, previas a la primera instalación. En el caso del prototipo de multiplicación trabajo con rangos ideales de 28 ± 2 °C y 65 ± 3 % de HR, mientras que la cámara bioclimática trabajo con un promedio de la temperatura máx. y min del valle de tambo siendo 18 ± 2 °C y con 79 ± 3 % de HR. Esta calibración tiene una duración de 48 horas. Como se puede observar en la Fotografía 16.



Fotografía 16 A, B, C: Calibración de Equipos.

3.4.2. Metodología de la experimentación.

a. Acondicionamiento y Desinfección.

- **Desinfección del Laboratorio de Sanidad I:**

Para mantener el área en estado de asepsia, se procedió a realizar la desinfección de las superficies y materiales. Este procedimiento es indispensable para evitar una posible contaminación de las posturas y preparación de dietas. En el medio ambiente existe la presencia de microorganismos entomopatógenos flotando en el aire, presentes en paredes, techos, puertas, ventanas, etc. Para evitar que tengan un efecto negativo en la experimentación se realiza una desinfección minuciosa. Como se puede observar en el Anexo 2, 3 y 4.

- **Preparación de Cámara de flujo Laminar:**

La cámara de Flujo Laminar es una cabina que proporciona un área estéril mediante un flujo de aire filtrado libre de patógenos. Para realizar la desinfección antes de iniciar el trabajo en este equipo, se debe limpiar con algodón y alcohol al 70% toda la superficie de la cámara, como se puede observar en el anexo 5. De 24 a 48 horas, se recomienda tener prendida la luz ultravioleta para poder esterilizar toda la superficie.

- **Esterilización de instrumental e ingredientes:**

Para la correspondiente esterilización, se debió colocar agua destilada entre 3 a 4 L de la olla autoclave, como se puede observar en el Anexo 6, 7, 8 y 9. Dependiendo del material del instrumento se determinó el tiempo y presión necesaria para el procedimiento, en el caso de los recipientes de vidrio con tapa de papel aluminio, donde irán las dietas, se colocaron a 120° C durante 15 minutos a 15 psi, mientras que, para ciertos ingredientes de las dietas, colocadas en bolsas de aluminio estuvieron a 120°C por 30 minutos a 15 psi. Este proceso se realizó de la misma forma para las 3 repeticiones en la preparación. Como se puede observar en el Anexo 10 y 11.

b. Preparación de las dietas artificiales.

Pesaje de insumos:

- ✓ Se procede a realizar el pesaje de los insumos de origen vegetal tales como Harina de maíz amarillo, germen de trigo, levadura seca granulada, adicionándole los medicamentos como complejo B, cloranfenicol y amoxicilina, estos ingredientes se colocaron dentro de bolsas de aluminio para

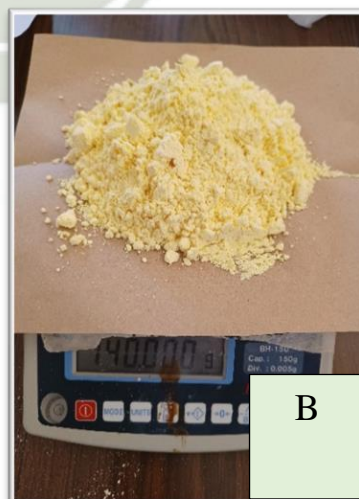
poder ser esterilizadas en la autoclave. Este proceso será el mismo para todas las dietas.

- ✓ Para los ácidos tales como el ascórbico, benzoico, sórbico y metilparabeno, se procederá a reservar, luego del pesaje. Este proceso será el mismo para todas las dietas.
- ✓ También se realizó el pesaje de agar y se reservó hasta tener todos los insumos listos para licuar. Este proceso será el mismo para todas las dietas. (Fotografía 17). En el Anexo 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, podemos observar más fotografías del pesaje.

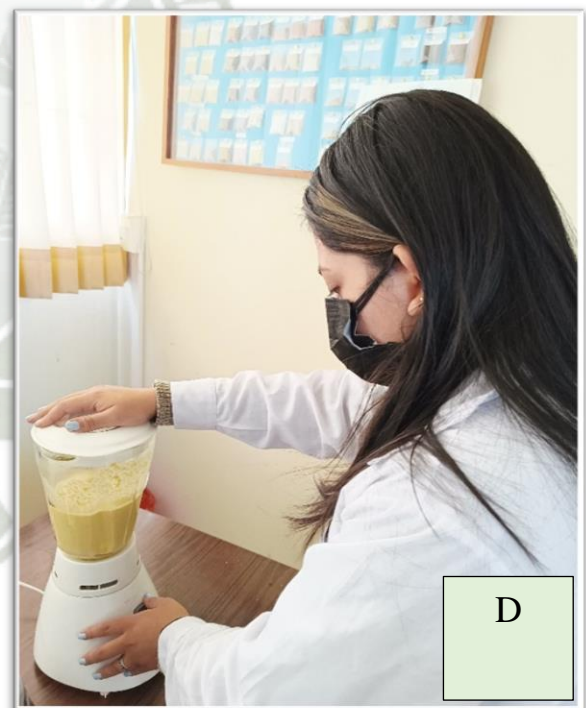
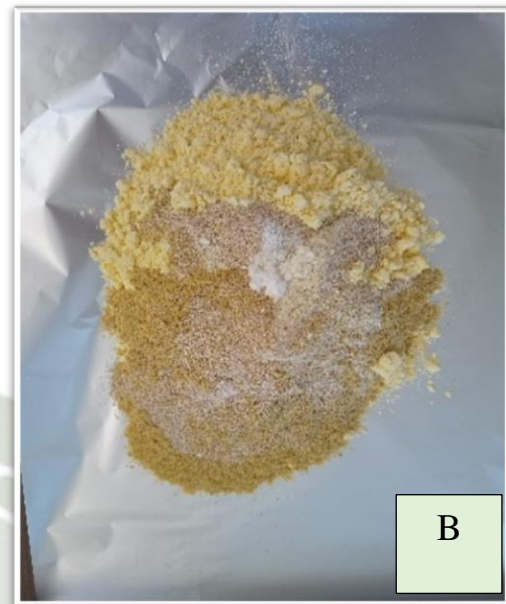
- **Preparación de Medio Dieta 1:**

- ✓ Se procedió a colocar todos los ingredientes secos en la licuadora, para luego añadirle 500 ml de agua tibia. Se mantendrá licuando durante unos minutos continuos, como se puede observar en la Fotografía 18 A, B, C, D.
- ✓ **Preparación del medio:**

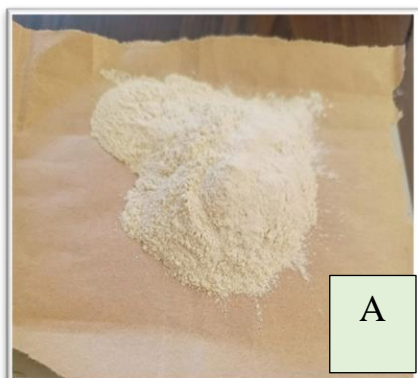
Este medio es de origen comercial, conocido como carragenato. Para su preparación se necesitó disolver 18gr en 500 ml de agua. Se colocó agua en una olla hasta una temperatura tibia a fuego lento, se vertió el carragenato y con una varilla se movió hasta que se disuelva. Como se puede observar en la Fotografía 19 A, B, C.



Fotografía 17 A, B: Pesaje de Insumos.



Fotografía 18 A, B, C, D: Preparación del medio- Dieta 1



A



B



C

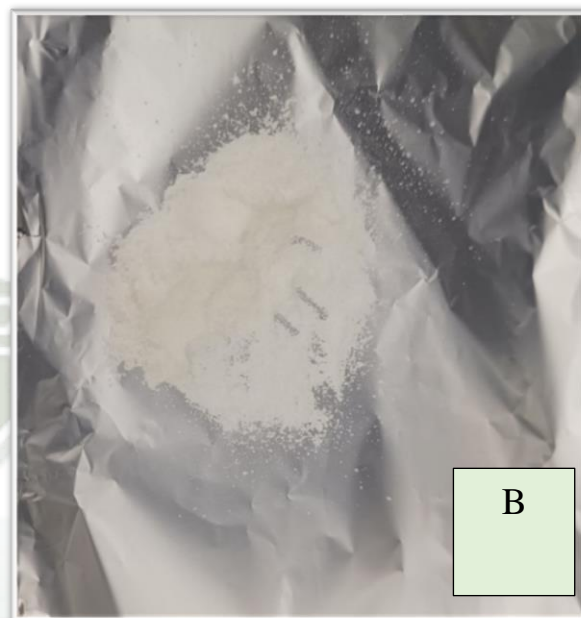
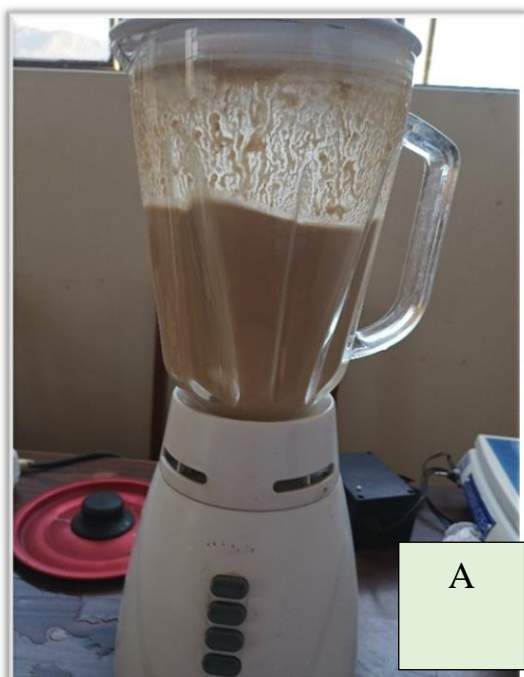
Fotografía 19 A, B, C: Disolución del Carragenato.

- **Preparación de Medio Dieta 2:**

Se procedió a colocar todos los ingredientes secos en la licuadora, para luego añadirle 400 ml de agua tibia. Se mantendrá licuando durante unos minutos continuos. Como se puede observar en la Fotografía 20 A, B, C.

✓ **Preparación del medio:**

Este medio es de origen comercial, conocido como carragenato. Para su preparación se necesitó disolver 25gr en 600 ml de agua. Se colocó agua en una olla hasta una temperatura tibia a fuego lento, se vertió el carragenato y con una varilla se movió hasta que se disuelva. Como se puede observar en la Fotografía 20 D.



Fotografía 20 A, B, C, D: Preparación del medio Dieta 2 y disolución del Carragenato.

- **Preparación de Medio Dieta 3:**

- ✓ Se procedió a colocar todos los ingredientes secos en la licuadora, para luego añadirle 500 ml de agua tibia. Se mantendrá licuando durante unos minutos continuos. Como se puede observar en la Fotografía 21 A, C.

- ✓ **Preparación del medio:**

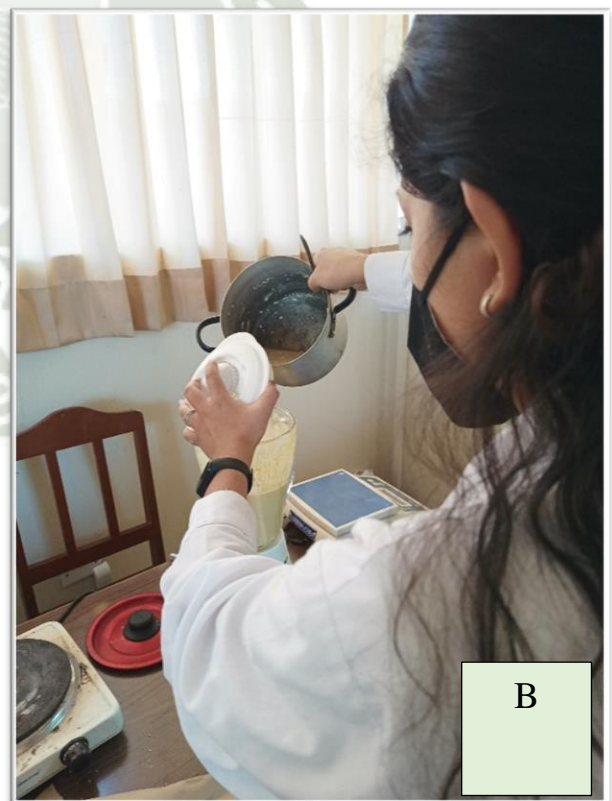
Este medio es de origen comercial, conocido como carragenato. Para su preparación se necesitó disolver 25gr en 500 ml de agua. Se colocó agua en una olla hasta una temperatura tibia a fuego lento, se vertió el carragenato y con una varilla se movió hasta que se disuelva. Como se puede observar en la Fotografía 21 B.

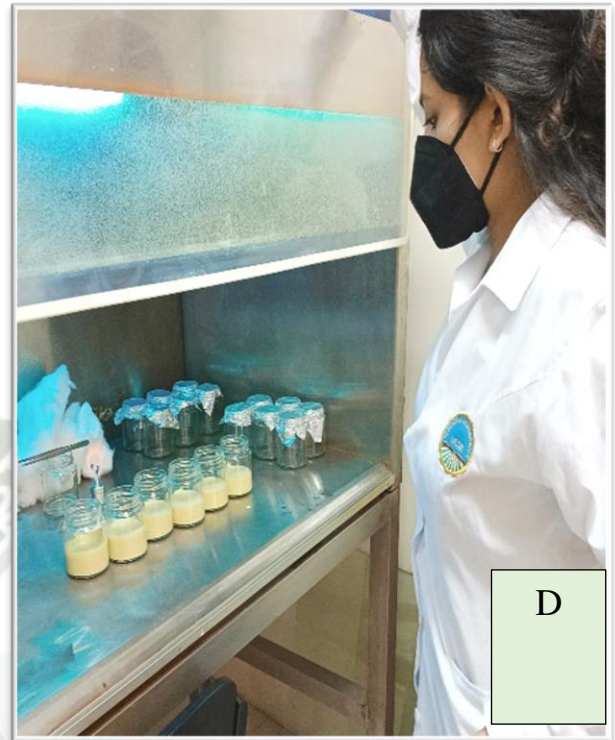


Fotografía 21 A, B, C: Preparación del medio Dieta 3 y disolución del Carragenato.

- **Proceso de enfriamiento y gelificación:**

- ✓ Se procedió a verter el carragenato en la licuadora donde estaba la mezcla inicial y se mantiene licuando durante 5 minutos para lograr la integración de los ingredientes. Eso se realizó para las tres dietas. Como se puede observar en la Fotografía 22 B, C.
- ✓ Posteriormente, se vertieron las dietas en sus frascos de vidrio que fueron esterilizados previamente en autoclave y luego durante 48 horas en rayos ultravioleta en la cámara de flujo laminar, para su correspondiente enfriamiento y gelificación. Sólo se vertió una totalidad de 100 ml de cada dieta en su frasco correspondiente. Como se puede observar en la Fotografía 22 A, E.
- ✓ Se obtuvo un total de 6 frascos por de la dieta 1,2 y 3.
- ✓ Finalmente, los frascos se colocan en la cámara de flujo laminar durante 30 minutos con UV, durante este tiempo está prohibido el ingreso del personal a la sala. Como se puede observar en la Fotografía 22 D, F.





Fotografía 22 A, B, C, D, E, F: Enfriamiento y Gelificación

c. Siembra de Posturas:**- Obtención e Identificación de posturas:**

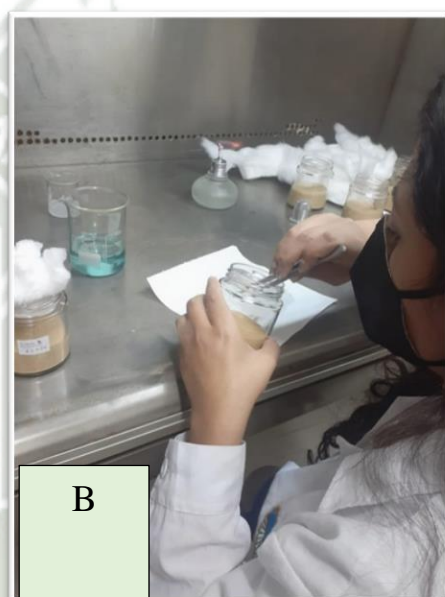
- ✓ Se adquirieron las posturas del laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A. Estas tendrán 3 días desde la colocación de la postura, lo que nos dará un tiempo de 3 días para realizar la siembra.
- ✓ Se realizó un conteo cuidadoso del número de huevos por cada postura con ayuda del microscopio. Las posturas tendrán una coloración amarilla en estado inmaduro, una coloración anaranjada en estado semimaduro y una coloración negra en estado maduro, este último es el idóneo para realizar la siembra. Como se puede observar en el Anexo 19, 20, 21, 22 y 23.

- Colocación de Posturas:

- ✓ Se procedió a recortar el área del papel Kraft donde estas las posturas del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) sea lo más pequeña posible.
- ✓ **Para la asepsia:** se procedió a preparar la cámara de flujo laminar, dentro de ella se encontrará un mechero y un recipiente con alcohol al 95 % para la desinfección de boca de frascos y pinza. Como se puede observar en la Fotografía 23 A.
- ✓ **Preparación de soluciones:** las posturas de huevos de hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius), se desinfectaron, utilizando 3 depósitos. En uno se colocó se mide 5 ml de formol al 40%, en el segundo deposito solo se colocó 130 ml agua hervida fría libre de insumos químicos y en el tercer deposito se colocó 20 ml de 12.5 gramos de sulfato de cobre disuelto en 625 ml de agua. Como se puede observar en el Anexo 24, 25, 26 y 27.
- ✓ Al tener todo el material, se procedió hacer uso de la cámara de flujo, colocando las posturas en cada depósito durante 3 minutos en el orden indicado anteriormente.
- ✓ Al estar secas las posturas, se realizó la siembra cuidadosamente, dentro de cada frasco de la dieta 1,2 y 3. Como se puede observar en la Fotografía 23 B.

- **Cierre y transporte:**

- ✓ Para el cierre hermético, se taparon los frascos con algodón, el cual permite tener una buena aireación.
- ✓ Al finalizar el cierre de todos los frascos, se deberán rotular con el peso, el número de huevos de las posturas y numeración de la dieta.
- ✓ Para transportar la dieta deberá colocarse dentro de un táper con cierre hermético para así llevarlo al Laboratorio de Sanidad II, donde se realizará la crianza. Como se puede observar en la Fotografía 23 C, D.



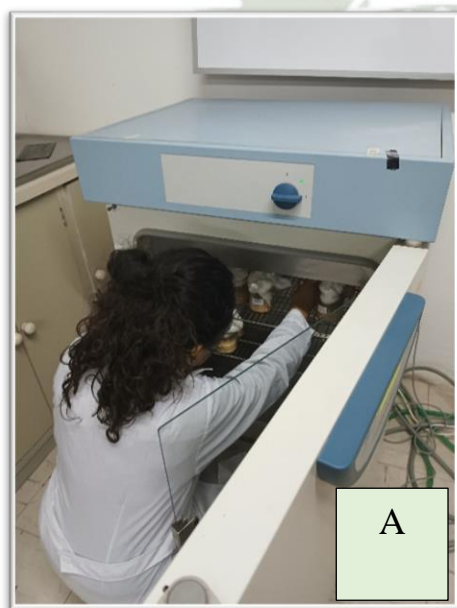
Fotografía 23 A, B, C, D: Siembra de posturas y transporte de Frascos.

d. Instalación de frascos en el prototipo y cámara bioclimática.

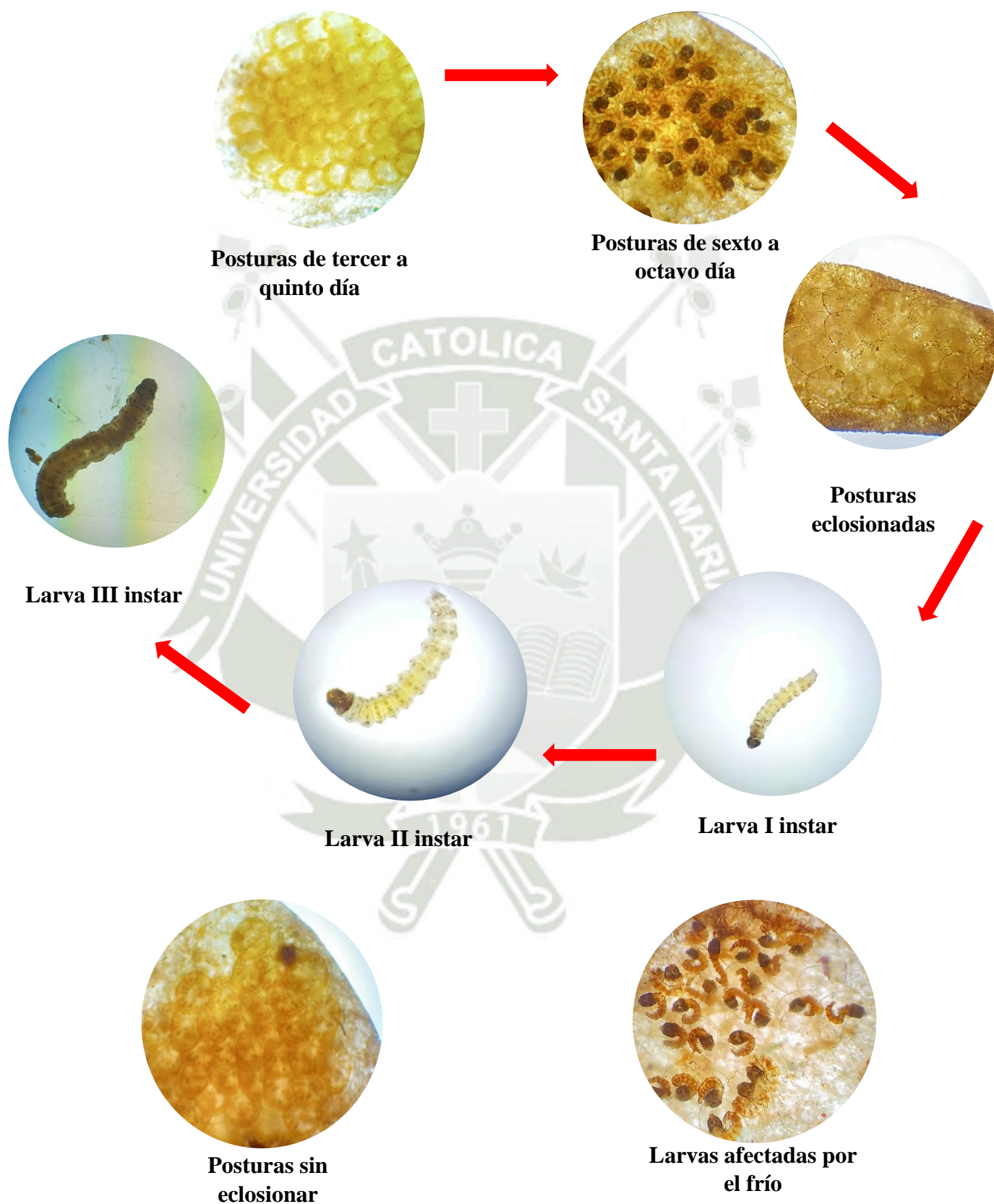
- ✓ Se procedió a colocar en forma aleatoria los frascos dentro de la cámara bioclimática a 18 ± 2 °C con 79 ± 3 % de HR. Y en el prototipo de multiplicación a 28 ± 2 °C con 65 ± 3 % de HR. Como se puede observar en la Fotografía 24 A, B.
- ✓ Permanecerán dentro de cada equipo por una duración total de 14 días.
- ✓ A los 2 días de la instalación se procedió a retirar el papel Kraft donde estaban las posturas, con la presencia de un mechero. Se retiró el algodón con cuidado y al finalizar se volvió a dar el cierre hermético. Como se puede observar en el Anexo 28.

e. Control y Cosecha del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

- ✓ En la verificación de posibles infecciones fungosas, se realizó un seguimiento externo.
- ✓ Al finalizar los 14 días se procedió a retirar los frascos con los individuos tanto del prototipo como de la cámara bioclimática. Aquí se realizó la identificación de los instares. Como se puede observar en la Fotografía 25.



Fotografía 24 A, B: Ingreso de frascos en equipos.



Fotografía 25: Identificación de instares.

f. Evaluaciones finales de consumo, sobrevivencia y tamaño de larva (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

- ✓ Se procedió a realizar el retiro de las larvas de los frascos, para colocarlos en un recipiente y proceder a tomar las medidas de cada uno de los individuos, como se puede observar en la Fotografía 25 A, B.
- ✓ Conforme se realizó la medida de las larvas, se contabilizó el número de individuos por frasco según el tipo de dieta donde se desarrolló. Como se puede observar en la Fotografía 25 D.
- ✓ Finalmente, se realizó el pesaje de dietas con una balanza gramera. Como se puede observar en la Fotografía 25 C.



Fotografía 26 A, B, C, D: Evaluación de parámetros.

3.5. Características Evaluadas:

El procedimiento de evaluación de las características fue de la siguiente manera.

3.5.1. Contaminación de Dieta:

Para la evaluación de contaminación de cada una de las dietas, se realizó cada 2 días de forma externa. Para el seguimiento se debió realizar una desinfección de las manos y zapatos al ingresar al laboratorio de Sanidad II. Posteriormente, se realizó una desinfección manual con alcohol al 70% y se procedió a abrir la puerta del prototipo para poder evaluar visualmente la presencia de alguna contaminación. De igual forma se realizó para la cámara bioclimática.

3.5.2. Consumo de Dieta:

Esta evaluación se realizó a los 14 días, luego de culminar la crianza, se debió de retirar las larvas con sumo cuidado, para poder realizar el pesado de lo restante de la dieta en cada uno de los frascos. Se realizará en relación al peso inicial por cada tratamiento para compararlo con el peso final. Se estableció esta cantidad de días debido a que con una buena cadena de crianza según el Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A, 2022, al día 14 debe encontrarse en el III instar.

3.5.3. Supervivencia de Larvas:

Se tomaron registros mediante contabilización del total de larvas por frasco sobrevivientes al momento de la cosecha. Las hembras colocan los huevos sobre las hojas o adheridos al tallo, en grupos de 5 a 50 huevos (CINCAE, 2013). Según el Laboratorio Entomológico La Canto de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A, 2022, por cada masa hay un promedio de 60 huevos a más en ambientes óptimos, así que la evaluación se realizó en el III instar a los 14 días.

3.5.4. Tamaño de Larva:

Se midieron las larvas a los 14 días, es decir al finalizar el III instar. Este procedimiento con cuidado para no lastimar a las larvas. Según el Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A, 2022, las larvas del *Diatraea saccharalis* Fabricius tiene de 18 a 25 mm de longitud al llegar al III instar.

3.5.5. Beneficio/Costo:

Se realizó un análisis del costo/ beneficio de las cámaras bioclimáticas de crianza y prototipo de crianza para ofertar a los laboratorios entomológicos.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1.RESULTADOS:

4.1.1. Costo de Prototipo de Crianza:

4.1.1.1.Presupuesto para la Construcción del prototipo de crianza:

En el Cuadro 15, se muestra el presupuesto para la construcción del prototipo de crianza donde se observa que el costo total es de S/. 1,289.99 (Mil doscientos ochenta y nueve con 99/100 soles), dicho monto está sujeto a modificaciones de acuerdo a necesidad, como la incorporación de otros componentes, necesarios para la crianza de otra especie.

Cuadro 2: Presupuesto del Prototipo de Crianza.

| <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>Unidad de Medida</i> | <i>Cantidad</i> | <i>Costo Unitario S/.</i> | <i>Costo Total S/.</i> |
|--|-------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| SISTEMA ELÉCTRICO DEL PROTOTIPO | | | | |
| Calefactor Heather | U. | 1 | S/150.00 | S/150.00 |
| Humidificador ultrasónico | U. | 1 | S/130.00 | S/130.00 |
| Relé de T° y % HR | U. | 2 | S/50.00 | S/100.00 |
| Arduino nano | U. | 1 | S/50.00 | S/50.00 |
| Lcd | U. | 1 | S/40.00 | S/40.00 |
| Potenciómetros | U. | 2 | S/50.00 | S/100.00 |
| Ventiladores | U. | 4 | S/25.00 | S/100.00 |
| Cables | U. | 7 | S/1.00 | S/7.00 |
| Manguera | U. | 1 | S/3.00 | S/3.00 |
| Caja - Cabezal | U. | 1 | S/20.00 | S/20.00 |
| | | | <i>SUBTOTAL</i> | <i>S/700.00</i> |
| FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO | | | | |
| Placa de yeso 3/8 | U. | 3 | S/13.33 | S/39.99 |
| Riel 65x3 | U. | 3 | S/10.50 | S/31.50 |
| Riel 64x3 | U. | 3 | S/12.50 | S/37.50 |
| Retazos Lana | U. | 2 | S/11.50 | S/23.00 |
| Conectores | U. | 50 | S/0.16 | S/8.00 |
| Fibra de Vidrio | U. | 1 | S/50.00 | S/50.00 |
| Pintado | U. | 1 | S/40.00 | S/40.00 |
| Colocación de sistema | U. | 1 | S/50.00 | S/50.00 |
| Mano de Obra | U. | 1 | S/310.00 | S/310.00 |
| | | | <i>SUBTOTAL</i> | <i>S/589.99</i> |
| | | | <i>TOTAL</i> | <i>S/1,289.99</i> |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2. Inversión para la comprobación del funcionamiento del Prototipo de Crianza:

En el Cuadro 16, se muestra la inversión para la comprobación del funcionamiento del prototipo de crianza, así como el costo en material biológico y los costos necesarios para la elaboración de dietas artificiales, donde se observa un monto total es de S/. 606.22 (Seiscientos seis con 22/100 soles), dicho monto está sujeto a modificaciones de acuerdo a necesidad, como la incrementación de insumos.

Cuadro 3: Costos de materiales para la comprobación del Prototipo de Crianza.

| <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>Cantidad</i> | <i>Costo Unitario S/.</i> | <i>Unidad de Medida</i> | <i>Costo Total S/.</i> |
|--|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| MATERIAL BIOLÓGICO del Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A. | | | | |
| <i>Posturas del Hospedero (Diatraea saccharalis Fabricius)</i> | <i>120 huevos x postura</i> | 80 | 2.5 | 200 |
| LABORATORIO Y EQUIPOS | | | | |
| Papel toalla | 2 | S/4.00 | U. | S/8.00 |
| Placas Petri | 4 | S/2.00 | U. | S/8.00 |
| Pinzas | 1 | S/30.00 | Pinzas | S/30.00 |
| Alcohol 96% | 1 | S/10.00 | Litro | S/10.00 |
| Alcohol 70% | 1 | S/8.00 | Litro | S/8.00 |
| Papel kraft | 3 | S/1.50 | U. | S/4.50 |
| Hipoclorito de Sodio | 1 | S/9.50 | U. | S/9.50 |
| Algodón 500 gr | 2 | S/20.00 | U. | S/40.00 |
| Rotulador | 1 | S/4.00 | U. | S/4.00 |
| Libreta de campo | 1 | S/5.00 | U. | S/5.00 |
| Frascos de Vidrio 250 ml | 12 | S/3.50 | U. | S/42.00 |
| Etiquetas | 60 | S/0.20 | U. | S/12.00 |
| Agua destilada | 40 | S/2.00 | Litro | S/80.00 |
| Lapicero | 1 | S/2.00 | U. | S/2.00 |
| SUBTOTAL | | | | S/263.00 |
| DIETAS ARTIFICIALES | | | | |
| Dieta artificial del Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A. | | | | S/67.44 |
| Dieta artificial con modificaciones (Parra et al. ,2010, como se citó en Chancayauri,2014) | | | | S/20.94 |
| Dieta artificial con modificaciones (Ludeña, 2014) | | | | S/54.84 |
| TOTAL S/. | | | | S/606.22 |

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar inversión detallada. en dietas artificiales, en el anexo 33.

4.1.1.3. Análisis De Costo-Beneficio del Prototipo de Crianza Entomológica:

Se muestra el costo de cámaras bioclimáticas de Climacell 111 ECO y Climacell 222 ECO, estas fueron diseñadas para ofertar la simulación de condiciones climáticas estables, para uso farmacéutico, investigación de gérmenes, cultivos vegetales e insectos. Cuentan con un sistema integrado de humificación, iluminación y garantizan parámetros homogéneos.

- A. **Climacell 111 ECO:** Cuenta con una capacidad de 111 L dimensiones internas (fondo: 370 mm x ancho: 540 mm x altura: 530 mm), dimensiones externas (fondo: 750mm x ancho: 760mm y altura: 1140 mm), con una distancia mínima entre bandejas de 70 mm con una superficie de almacenamiento de 520 x 335 mm. Con un costo promedio de la Cámara Climacell 111 ECO USD 22,302 o S/. 88,561.24 (USD 1 = S/. 3.97).
- B. **Climacell 222 ECO:** Cuenta con una capacidad de 222 L dimensiones internas (fondo: 520 mm x ancho: 540 mm x altura: 760 mm), dimensiones externas (fondo: 895 mm x ancho: 760mm y altura: 1370 mm), con una distancia mínima entre bandejas de 70 mm con una superficie de almacenamiento de 520 x 485 mm. Con un costo promedio de la Cámara Climacell 111 ECO USD 24,705 o S/. 98,103.56 (USD 1 = S/. 3.97).
- C. **Prototipo de Crianza:** Fabricada a base de Drywall con dimensiones externas 1.24 m x 0.62m x 0.61m y componentes tales como humidificador, calefactor y ventilador. Con un costo promedio de S/1,289.99 sujeto a modificaciones de acuerdo a necesidad. El Manual de manipulación del Prototipo de Crianza se puede observar en el Anexo 1.

Cuadro 4: Análisis de Costos de Cámara de Crianza.

| Detalle | Cantidad | Costo Unitario (S/.) | Imprevistos | Arrendamiento (S/.) | B/C |
|----------------------|----------|----------------------|-------------|---------------------|------|
| Climacell 111 ECO | 1 | 88,561.24 | 10% | 1,800.00 | 0.24 |
| Climacell 222 ECO | 1 | 98,103.56 | 10% | 2,200.00 | 0.27 |
| Prototipo de Crianza | 1 | 1,289.99 | 10% | 850.00 | 7.76 |

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2. Consumo de Dieta del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

Los valores del consumo de dieta del hospedero, según el análisis de varianza (ANVA) mostraron diferencias significativas entre las dietas (D1, D2 y D3) a nivel de subparcela y tuvieron una influencia en el grado de consumo producido por los niveles de T° y HR% a nivel de parcela (Interacción entre los factores P y S) con un coeficiente de variabilidad del 10.4 % y 5.0 % respectivamente, como se muestra en el Cuadro 2. A su vez se puede observar que en el Cuadro 3, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para consumo de dietas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de parcelas se mostró una mejor respuesta de la P1(Prototipo de crianza) con un promedio de 55.70 gr de consumo en comparación de la P2(Cámara bioclimática) con 24.11gr de consumo.

Cuadro 5: Análisis de Varianza (ANVA) para Consumo de Dietas Artificiales del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en diferentes condiciones climáticas con tres tipos de dietas artificiales.

| <i>F de V</i> | <i>G de L</i> | <i>S de C</i> | <i>C Me</i> | <i>F cal.</i> | <i>F tab.</i> | <i>Sig.</i> |
|-------------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|-----------------------|
| <i>Parcela</i> | 1 | 4,491.41 | 4,491.41 | 261.82 | 7.71 | * |
| <i>Error</i> | 4 | 68.62 | 17.15 | | | |
| <i>Total en P</i> | 5 | 4,560.03 | 912.01 | | | |
| <i>Subparcela</i> | 2 | 974.98 | 487.49 | 121.68 | 4.46 | * |
| <i>P*S</i> | 2 | 297.79 | 148.90 | 37.17 | 4.46 | * |
| <i>Error</i> | 8 | 32.05 | 4.01 | | | |
| <i>Total</i> | 17 | 5,864.85 | | | | |
| <i>C.V.</i> | <i>P</i> | | 10.4 % | | | * = Significativo |
| | <i>S</i> | | 5.0 % | | | NS = No significativo |

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 31 se observan las tablas de recopilación de datos de la variable consumo de dietas Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en diferentes condiciones climáticas (Prototipo de crianza y cámara bioclimática).

Cuadro 6: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Consumo de Dieta (gr) del hospedero (*Diatraea sacharalis* Fabricius) a nivel de parcelas (Prototipo y Cámara bioclimática).

| Condiciones climáticas | Consumo de Dieta (gr) | |
|---------------------------------|-----------------------|----------|
| | \bar{X} | |
| P1(Prototipo de Crianza) | 55.70 | a |
| P2(Cámara bioclimática) | 24.11 | b |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

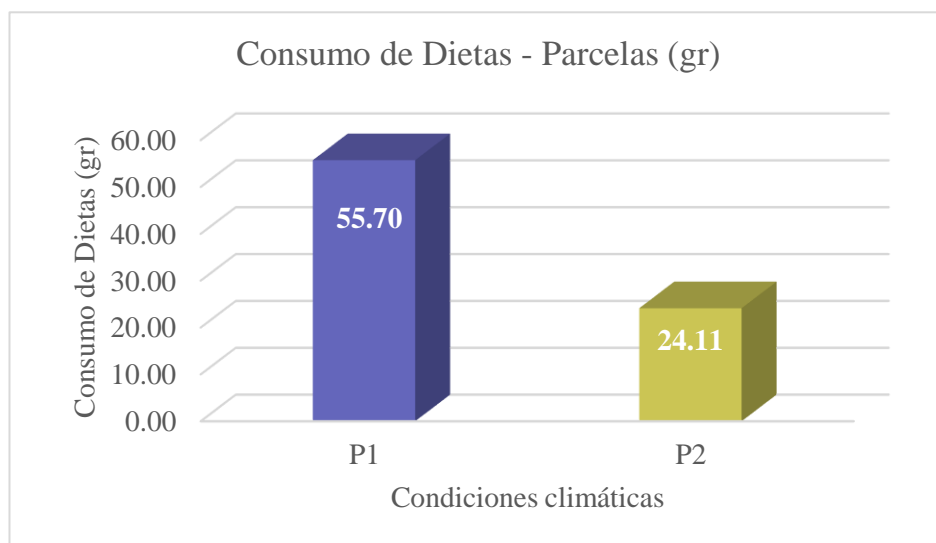


Gráfico 1: Consumo de Dietas (gr) del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de parcela.

En el Cuadro 4, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan a un nivel de significancia del 5% para consumo de dietas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de subparcelas se mostró una mejor respuesta de la D1 con un promedio de 49.72 gr de consumo, seguido por la D2 con 38.00 gr y finalmente la D3 con 32.00 gr.

Cuadro 7: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Consumo de Dieta (gr) del hospedero (*Diatraea sacharalis* Fabricius) a nivel de subparcelas (D1, D2 y D3).

| Dietas Artificiales | Consumo de Dieta (gr) | |
|---------------------|-----------------------|----------|
| | \bar{X} | |
| D1 | 49.72 | a |
| D2 | 38.00 | b |
| D3 | 32.00 | c |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

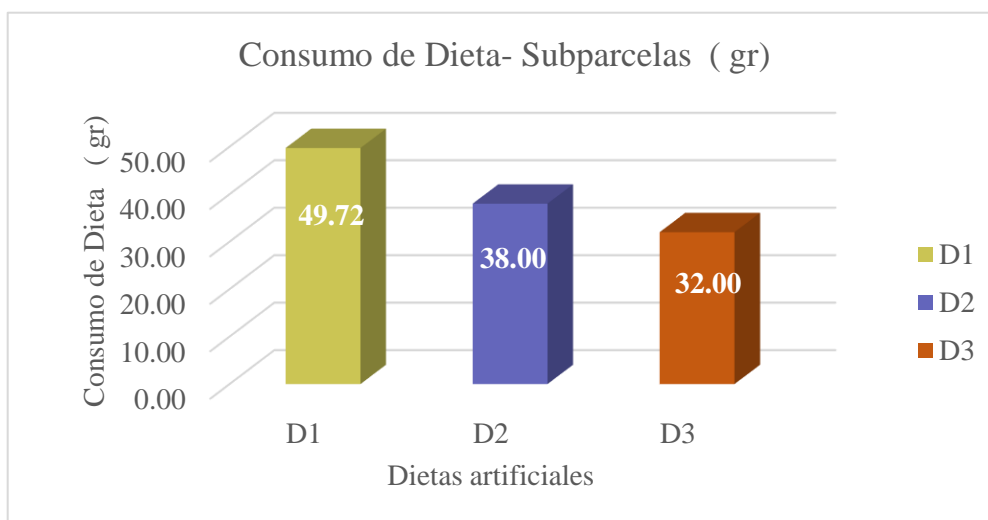


Gráfico 2: Consumo de Dietas (gr) del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de subparcela.

En cuadro 5, se muestra la Prueba de rango múltiple de Duncan para efectos simples para los niveles de parcelas y subparcelas. Estos muestran las interacciones que hubo en P*S, en el cual el Factor P (Prototipo y cámara bioclimática), tuvo significancia para las Dietas artificiales (D1, D2 y D3), donde la interacción de la P1(28 ± 2 °C en T° y 65 ± 3 % en HR%) y S1(Dieta 1) obtuvieron un promedio más alto de 70.67 gr, seguido por la interacción de P1* S2 con 53.44 gr y P1*S3 con 43.00 gr. En el caso en la interacción de la P2(18 ± 2 °C en T° con 79 ± 3 % de HR%) y S1 se obtuvo el promedio más elevado con 28.78 gr, seguido por la interacción de P2* S2 con 22.56 gr y P2*S3 con 21.00gr como se ve en el cuadro 6.

Cuadro 8: Análisis de varianza (ANVA) para los efectos simples del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

| <i>F de V</i> | <i>G de L</i> | <i>S de C</i> | <i>C Medios</i> | <i>F cal</i> | <i>F tab</i> | <i>Sig.</i> |
|----------------|---------------|---------------|-----------------|--------------|--------------|-------------|
| <i>P en S1</i> | 1 | 2632.019 | 2632.019 | 656.991 | 7.709 | * |
| <i>P en S2</i> | 1 | 1431.185 | 1431.185 | 357.245 | 7.709 | * |
| <i>P en S3</i> | 1 | 726.000 | 726.000 | 181.220 | 7.709 | * |
| <i>S en P1</i> | 2 | 1171.136 | 585.568 | 146.166 | 3.739 | * |
| <i>S en P2</i> | 2 | 101.630 | 50.815 | 12.684 | 3.739 | * |

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el efecto de la interacción de parcelas (P1 y P2) y subparcelas (D1, D2 y D3) en el Consumo de Dieta (gr) del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

| | Consumo de Dieta (gr) | |
|-----------|-----------------------|---------------------|
| | Prototipo | Cámara Bioclimática |
| | \bar{X} | \bar{X} |
| D1 | 70.67 a | 28.78 a |
| D2 | 53.44 b | 22.56 b |
| D3 | 43.00 c | 21.00 c |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

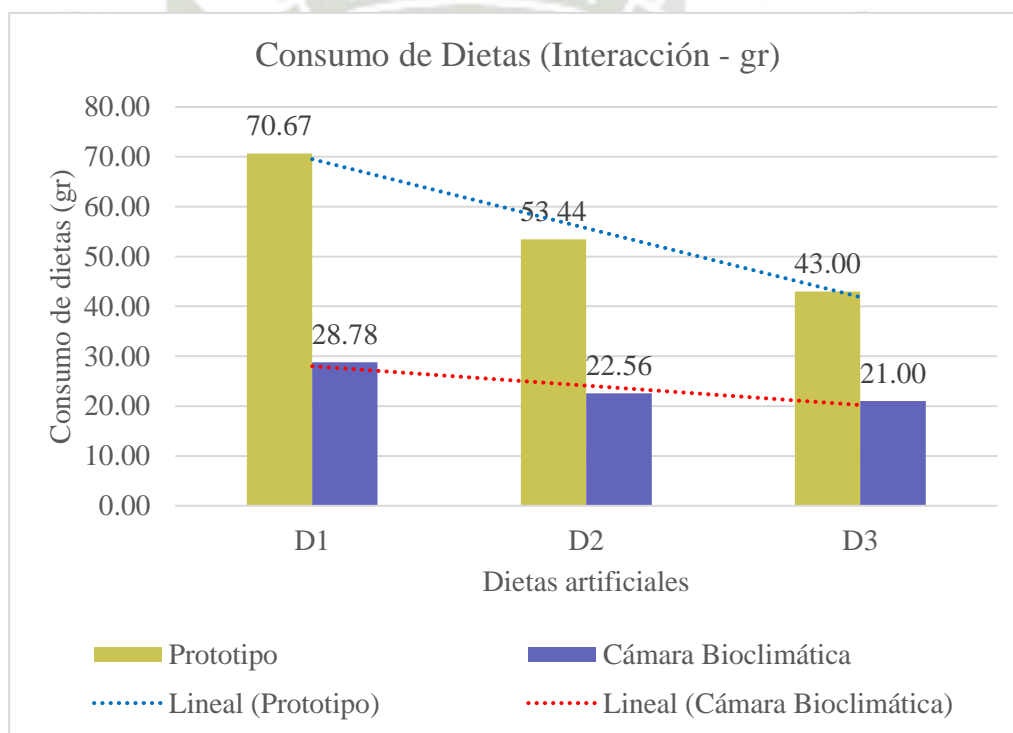


Gráfico 3: Efectos de la interacción del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

4.1.3. Sobrevivencia de Larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

Los valores del consumo de dieta del hospedero, según el análisis de varianza (ANVA) mostraron diferencias significativas entre parcelas (Prototipo de crianza y cámara bioclimática) y a nivel de subparcelas en las dietas artificiales (D1, D2 y D3) con un coeficiente de variabilidad del 28.6 % y 8.1 % respectivamente, como se muestra en el Cuadro 7. A su vez se puede observar que en el Cuadro 8, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para

sobrevivencia de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de parcelas se mostró una mejor respuesta de la P1(Prototipo de crianza) con un porcentaje promedio de 67.4 % en comparación de la P2(Cámara bioclimática) con 38 %, la cual indica un considerable grado de mortalidad.

Cuadro 10: Análisis de Varianza (ANVA) para Supervivencia de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en diferentes condiciones climáticas con tres tipos de dietas artificiales.

| <i>F de V</i> | <i>G de L</i> | <i>S de C</i> | <i>C Me</i> | <i>F cal</i> | <i>F tab</i> | <i>Sig.</i> |
|-------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-----------------------|
| <i>Parcela</i> | 1 | 3881.7840 | 3881.7840 | 17.0679 | 7.7086 | * |
| <i>Error</i> | 4 | 909.7284 | 227.4321 | | | |
| <i>Total en P</i> | 5 | 4791.5123 | 958.3025 | | | |
| <i>Subparcela</i> | 2 | 1543.3086 | 771.6543 | 42.6357 | 4.4590 | * |
| <i>P*S</i> | 2 | 36.4938 | 18.2469 | 1.0082 | 4.4590 | NS |
| <i>Error</i> | 8 | 144.7901 | 18.0988 | | | |
| <i>Total</i> | 17 | 6516.1049 | | | | |
| <i>C.V.</i> | <i>P</i> | | 28.6 % | | | * = Significativo |
| | <i>S</i> | | 8.1 % | | | NS = No significativo |

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 32, se observan las tablas de recopilación de datos de la variable supervivencia del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en diferentes condiciones climáticas a nivel de parcelas (Prototipo de crianza y cámara bioclimática).

Cuadro 11: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Supervivencia de larvas del hospedero (*Diatraea sacharalis* Fabricius) a nivel de parcelas (Prototipo y Cámara bioclimática).

| Condiciones climáticas | Sobrevivencia de Larvas (%) |
|---------------------------------|------------------------------------|
| | \bar{X} |
| P1(Prototipo de Crianza) | 67.4 a |
| P2(Cámara bioclimática) | 38.0 b |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

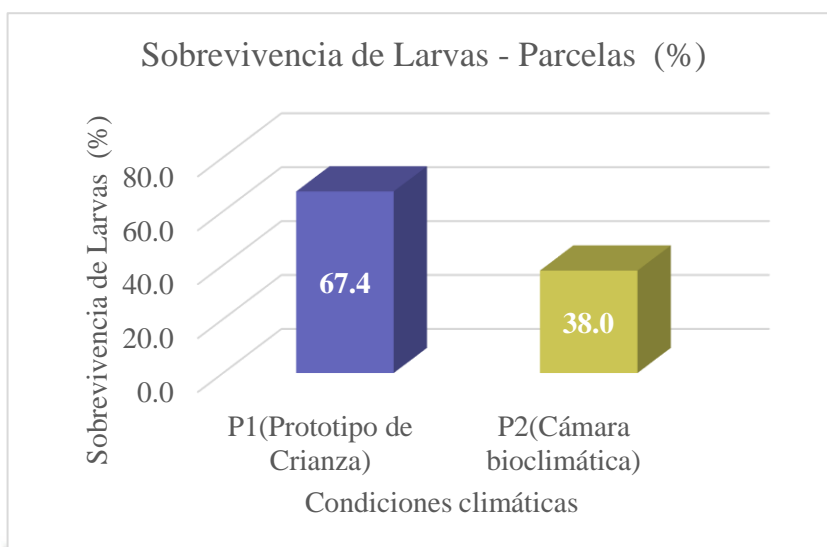


Gráfico 4: Sobrevivencia de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de parcela.

En el Cuadro 9, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan a un nivel de significancia del 5% para sobrevivencia de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de subparcelas se mostró una mejor respuesta de la D1 con un porcentaje promedio de 65.3 %, seguido por la D2 con 49.5% y finalmente la D3 con 43.3%.

Cuadro 12: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Sobrevivencia de larvas del hospedero (*Diatraea sacharalis* Fabricius) a nivel de subparcelas (D1, D2 y D3).

| Dietas Artificiales | Sobrevivencia de Larvas (%) |
|---------------------|-----------------------------|
| | \bar{X} |
| D1 | 65.3 a |
| D2 | 49.5 b |
| D3 | 43.3 c |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

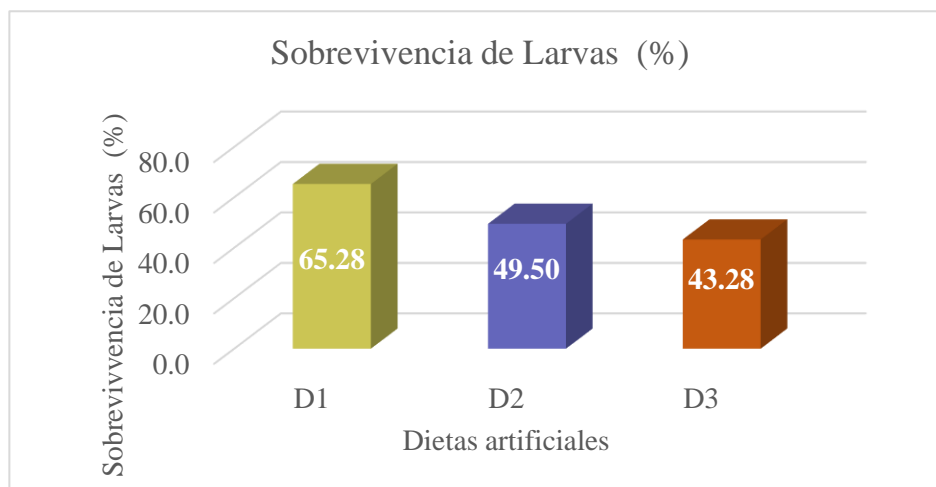


Gráfico 5: Sobrevivencia de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de subparcela.

4.1.4. Tamaño de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

Los valores del consumo de dieta del hospedero, según el análisis de varianza (ANVA) mostraron diferencias significativas entre las dietas (D1, D2 y D3) a nivel de subparcela y tuvieron una influencia en el grado de consumo producido por los niveles de T° y HR% a nivel de parcela (Interacción entre los factores P y S) con un coeficiente de variabilidad del 4.5 % y 4.2 % respectivamente, como se muestra en el Cuadro 10. A su vez se puede observar que en el Cuadro 11, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para consumo de dietas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de parcelas se mostró una mejor respuesta de la P1 (Prototipo de crianza) con una longitud promedio de 1.8 cm a diferencia de la P2(Cámara bioclimática) con 0.8 cm de longitud promedio.

Cuadro 13: Análisis de Varianza (ANVA) para tamaño de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en diferentes condiciones climáticas con tres tipos de dietas artificiales.

| <i>F de V</i> | <i>G de L</i> | <i>S de C</i> | <i>C Me</i> | <i>F cal</i> | <i>F tab</i> | <i>Sig.</i> |
|-------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| <i>Parcela</i> | 1 | 3.9449 | 3.9449 | 1145.7124 | 7.7086 | * |
| <i>Error</i> | 4 | 0.0138 | 0.0034 | | | |
| <i>Total en P</i> | 5 | 3.9587 | 0.7917 | | | |
| <i>Subparcela</i> | 2 | 4.5390 | 2.2695 | 746.8945 | 4.4590 | * |
| <i>P*S</i> | 2 | 0.4866 | 0.2433 | 80.0674 | 4.4590 | * |
| <i>Error</i> | 8 | 0.0243 | 0.0030 | | | |
| <i>Total</i> | 17 | 9.0086 | | | | |

| | | | |
|-------------|----------|-------|-----------------------|
| <i>C.V.</i> | <i>P</i> | 4.5 % | * = Significativo |
| | <i>S</i> | 4.2 % | NS = No significativo |

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 33, se observan las tablas de recopilación de datos de la variable tamaño de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en diferentes condiciones climáticas a nivel de parcelas (Prototipo de crianza y cámara bioclimática).

Cuadro 14: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Supervivencia de larvas del hospedero (*Diatraea sacharalis* Fabricius) a nivel de parcelas (Prototipo y Cámara bioclimática).

| Condiciones climáticas | Tamaño de Larvas (cm) |
|---------------------------------|------------------------------|
| | \bar{X} |
| P1(Prototipo de Crianza) | 1.8 a |
| P2(Cámara bioclimática) | 0.8 b |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

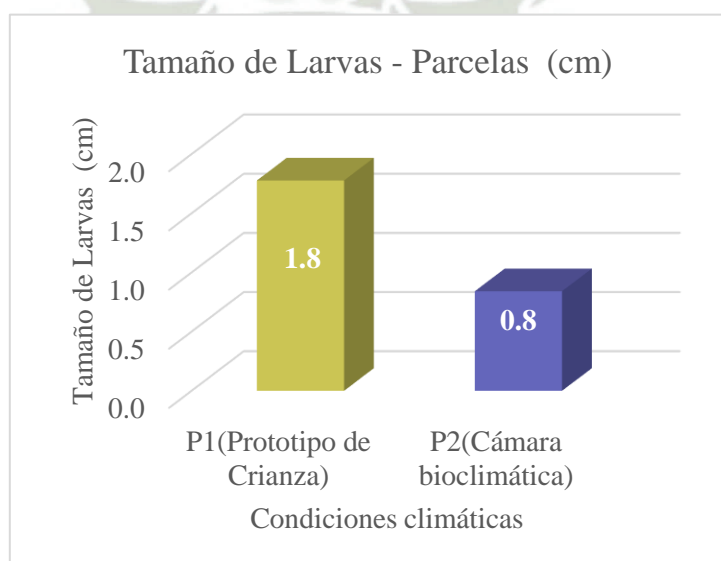


Gráfico 6: Sobrevivencia de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de parcela.

En el Cuadro 12, según la Prueba de Rango Múltiple de Duncan a un nivel de significancia del 5% para consumo de dietas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de subparcelas se mostró una mejor respuesta de la dieta 1 con un promedio de 2.00 cm de longitud de consumo, seguido por la D2 con 1.12 cm y finalmente la D3 con 0.81 cm.

Cuadro 15: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Supervivencia de larvas del hospedero (*Diatraea sacharalis* Fabricius) a nivel de subparcelas (D1, D2 y D3).

| Dietas Artificiales | Tamaño de Larvas (cm) |
|---------------------|-----------------------|
| | \bar{X} |
| D1 | 2.00 a |
| D2 | 1.12 b |
| D3 | 0.81 c |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

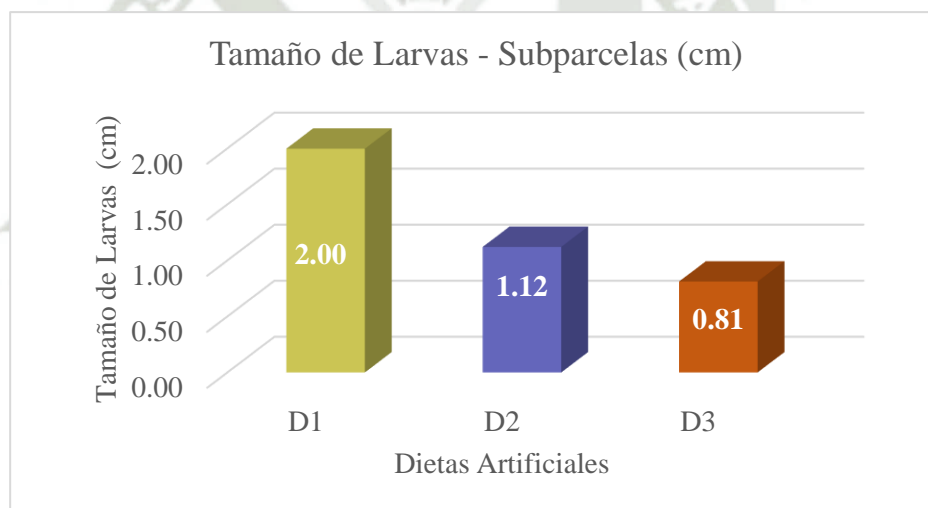


Gráfico 7: Sobrevivencia de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) a nivel de subparcela.

En cuadro 13, se muestra la Prueba de rango múltiple de Duncan para efectos simples para los niveles de parcelas y subparcelas. Estos muestran las interacciones que hubo en P*S, en el cual el Factor P (Prototipo y cámara bioclimática), tuvo significancia para las Dietas artificiales (D1, D2 y D3), donde la interacción de la P1(28 ± 2 °C en T° y 65 ± 3 % en HR%) y S1(Dieta 1) obtuvieron un promedio de longitud de 2.68 cm, seguido por la interacción de P1* S2 con 1.54 cm y P1*S3 con 1.10 cm. En el caso en la interacción de la P2(18 ± 2 °C en T° con 79 ± 3 % de HR%) y S1 se obtuvo el promedio más elevado con 1.31 cm, seguido por la interacción de P2* S2 con 0.70 cm y P2*S3 con 0.52 cm como se ve en el cuadro 14.

Cuadro 16: Análisis de varianza (ANVA) para los efectos simples del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius)

| <i>F de V</i> | <i>G de L</i> | <i>S de C</i> | <i>C</i> | | | |
|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|
| | | | <i>Medios</i> | <i>F cal</i> | <i>F tab</i> | <i>Sig.</i> |
| <i>P en S1</i> | 1 | 2.8382 | 2.8382 | 1277.0819 | 7.7086 | * |
| <i>P en S2</i> | 1 | 1.0809 | 1.0809 | 486.3671 | 7.7086 | * |
| <i>P en S3</i> | 1 | 0.5124 | 0.5124 | 230.5414 | 7.7086 | * |
| <i>S en P1</i> | 2 | 3.9941 | 1.9970 | 898.5851 | 4.4590 | * |
| <i>S en P2</i> | 2 | 1.0315 | 0.5157 | 232.0629 | 4.4590 | * |

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 17: Prueba de Rango Múltiple de Duncan para el efecto de la interacción de parcelas (P1 y P2) y subparcelas (D1, D2 y D3) en el Consumo de Dieta (gr) del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

| | Tamaño de Larvas (cm) | |
|-----------|-----------------------|---------------------|
| | Prototipo | Cámara Bioclimática |
| | \bar{X} | \bar{X} |
| D1 | 2.68 | 1.31 a |
| D2 | 1.54 | 0.70 b |
| D3 | 1.10 | 0.52 c |

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

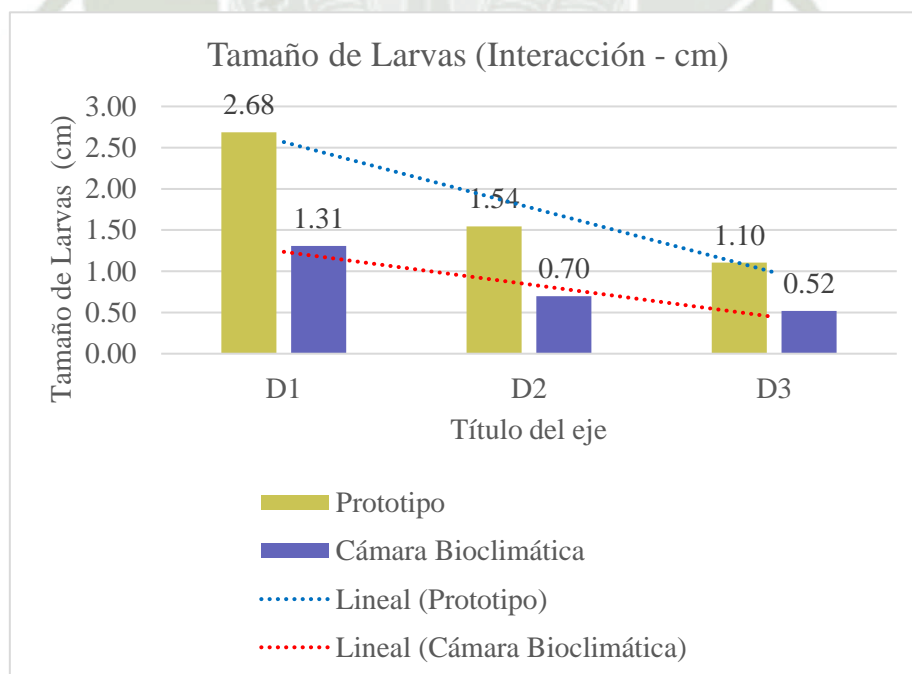


Gráfico 8: Efectos de la interacción del Consumo de Dietas artificiales del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

4.1.5. Contaminación de Dietas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

No se encontró presencia de infestación de patógenos ni a nivel de parcelas P1(Prototipo de Crianza) y P2(Cámara Bioclimática), ni a nivel de subparcelas en las dietas artificiales (D1, D2 y D3) desde la fecha de instalación hasta el momento de cosecha de larvas en el III instar.



4.2.DISCUSIÓN:

La presente investigación tuvo como propósito; fabricar un prototipo para la multiplicación del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) sometido a diferentes dietas artificiales en laboratorio en el fundo la banda Huasacache de la Universidad Católica de Santa María. Para la comprobación del funcionamiento del equipo se realizó una crianza del hospedero en tres tipos de dietas artificiales, cada una de ellas presentó diferente composición nutricional y tuvo como propósito asegurar la sobrevivencia, tamaño y peso de las larvas para que estas, estén aptas para ser utilizadas como hospedero.

4.2.1. Costo- Beneficio del Prototipo de Crianza:

La relación de beneficio- costo del prototipo de crianza tuvo un B/C de 7.76 en relación a la cámara de Climacell de 111 con 0.24 y Climacell 222 con 0.27. Esta relación se asumió, con el panorama de prestar alquiler del dispositivo con montos mensuales de S/. 850.00, S/. 1,800.00 y S/. 2,200.00 respectivamente. Estos valores ofertaron utilidad anual distinta para cada dispositivo, puesto que cada uno de ellos cuenta con diferente dimensión y equipamiento.

Según Castro (2016), obtuvo un desarrollo larval I, II, III, IV, V y VI instar con una duración de 3,80; 3,96; 4,16; 4,68; 5,44 y 6,40 días respectivamente. La duración total de este desarrollo fue de $28,44 \pm 0,22$ días a una temperatura de $35,58 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 54,41 % HR. Por lo que Ludeña (2014) dice que para aumentar la producción artificial de *Diatraea saccharalis* Fabricius en forma homogénea, se podría acondicionar la temperatura del cuarto de desarrollo. Por todo lo mencionado la fabricación de este prototipo de crianza que contó con los parámetros idóneos para una crianza masiva del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) en los rangos de T° y HR%, estos rangos solo brindarán beneficios para las provincias que necesiten este hospedero para la producción de controladores biológicos, si no es un dispositivo que tiene la cualidad de ser versátil, es decir se puede modificar la composición de sus equipos de acuerdo a la necesidad del laboratorio.

4.2.2. Consumo de Dieta del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

La ejecución de la instalación de dietas se realizó para cada uno de los equipos en la misma proporción, las condiciones climáticas eran diferentes por lo tanto el objetivo era el de identificar en base a estos rangos, cuál de las tres dietas respondería mejor. Este parámetro se

evaluó a los 14 días contados desde la fecha de instalación, para lo cual se realizó el pesado de lo restante de la dieta en cada uno de los frascos por cada una de las dietas. A nivel de parcelas se observa que hubo diferencia significativa donde la P1(Prototipo de crianza) con rangos de 28 ± 2 °C en T° y 65 ± 3 % en HR% tuvo un promedio total de consumo de 55.70 gr siendo superior al de la P2(Cámara bioclimática) con rangos de 18 ± 2 °C y 79 ± 3 HR% que solo presentó un promedio total de consumo de 24.11 gr. A su vez a nivel de subparcelas se mostró una preferencia por la S1(Dieta 1) con un promedio de 49.72 gr de consumo. Mientras que como producto de la interacción de ambos factores se pudo observar que la mejor respuesta se obtuvo con el tratamiento P1(28 ± 2 °C en T° y 65 ± 3 % en HR%) y el tratamiento S1(Dieta 1) donde se obtuvo el promedio más alto de 70.67 gr. En el caso en la interacción de la P2(18 ± 2 °C en T° con 79 ± 3 % de HR%) y S1 se obtuvo el promedio más elevado con 28.78 gr. Lo que nos indica que hubo una mayor preferencia por el consumo de la Dieta 1, pero la influencia de las condiciones climáticas determina el grado de consumo del alimento de las larvas del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).

Según Toledo (1999), indicó que todas las dietas tienen la propiedad de ser consumidas por las larvas en igual cantidad, aunque la cantidad y calidad de los ingredientes de cada dieta son distintos entre ellas, sin embargo, no encontró diferencia significativa entre las dietas. Mientras que en la experimentación si se presentó una marcada diferencia a nivel de dietas artificiales (D1, D2 y D3), donde la que presentó mejor respuesta fue la dieta 1, la cual tenía en su composición ingredientes como complejo B, cloranfenicol, levadura seca, metilparabeno entre otras.

De acuerdo con Souza et. al. (2001), hay una tendencia para *Diatraea saccharalis* Fabricius a los 30°C siendo la temperatura más adecuada, ya que en esta condición el insecto consumía menos y ganaba el mismo peso que cuando se mantiene a 25°C . En el trabajo se presentó una mejor influencia del tratamiento P1 con 28 ± 2 °C en T° y 65 ± 3 % en HR%, estas condiciones climáticas influyeron en un adecuado consumo de las dietas artificiales, asegurando el crecimiento y desarrollo larval completo.

4.2.3. Supervivencia de Larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius)

Esta variable se estimó en relación al porcentaje de supervivencia de las larvas de acuerdo al margen de eclosión de huevos por postura y larvas cosechas al momento de culminación del III instar. Para las parcelas se observa que hubo diferencia significativa donde se mostró una mejor

respuesta de la P1 (Prototipo de crianza) con rangos de 28 ± 2 °C en T° y 65 ± 3 % en HR% con un porcentaje promedio de 67.4 % en comparación de la P2 (Cámara bioclimática) con rangos de 18 ± 2 °C y 79 ± 3 HR% con 38 %, la cual indica un considerable grado de mortalidad de larvas. En el caso de las subparcelas se mostró una preferencia por la S1 (Dieta 1) con un porcentaje promedio de sobrevivencia del 65.3 %, seguido por la S2 (Dieta 2) con 49.5%. Lo que nos indica que hay una menor tasa de mortalidad en larvas que consumieron la Dieta 1. Con esto se muestra que hay una influencia directa de las condiciones climáticas en la sobrevivencia de larvas, teniendo el hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) preferencia por las temperaturas elevadas y humedad promedio. Sin embargo, no se encontró un impacto en la interacción de ambos factores (P*S), por lo que se entiende que las dietas artificiales y condiciones climáticas en conjunto no aseguran la tasa de sobrevivencia, pero por separado sí.

Ángeles (2008), dice que una buena dieta artificial debe presentar las siguientes características: proporcionar alto grado de supervivencia, producir vigorosos adultos, proveer desarrollo uniforme sin prolongadas etapas larvales, ser poco costosa, de fácil preparación, de materiales prontamente aprovechables, de calidad uniforme, de una buena conservación, por lo que debe evitarse el desarrollo de hongos, bacterias y virus; por último, debe mantenerse un pH estable.

Chancayauri (2014), indicó que el mejor porcentaje de sobrevivencia de larvas lo presentó la dieta a base de hojas de caña de azúcar (D2) con un $56.5 \pm 3.0\%$, mientras que la dieta a base de harina de maíz (D1) presentó mejores porcentajes de sobrevivencia en los estados de pupa y adulto con un 34 ± 4.32 y $28 \pm 4.0\%$ respectivamente.

Para la investigación de Gómez (2022), se encontraron diferencias significativas entre la comparación de dietas, teniendo a las dietas artificiales 1 y 2 con el mayor porcentaje de larvas viables (98.5 % y 93 %, respectivamente). Mientras que para Calderón (2015), el análisis de varianza en la dieta Natural obtuvo un mayor índice de sobrevivencia de larvas con 40,5%, seguidos de la dieta La Troncal, Valdez 1 Higsfeldt Parra y Valdez 2 con 34,2, 33, 29,2, 23,6 y el menor porcentaje fue en la dieta San Carlos de 15,8%. Estos resultados comprueban los resultados obtenidos en el prototipo de crianza donde el impacto de las dietas artificiales es eficiente en la sobrevivencia de las larvas bajo una crianza masiva en laboratorio.

Borja (2006), indica que para favorecer el desarrollo de las larvas se debe instalar un calefactor que mantenga la temperatura del aire entre 30 °C y 32 °C, y un humidificador que conserve la humedad relativa en 75%. Se sugiere instalar sensores para el control automático de la temperatura y la humedad. Mientras que Campo, s.f. dice que para el Sembrado de posturas y

desarrollo larval $28 \pm 1^\circ \text{C}$ y $60 - 70\%$. A su vez de Gómez (2022), indicó que para la cría masiva de larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius, se consideró la asepsia y la temperatura óptima dentro del cuarto de desarrollo y así evitar mortalidad y contaminación. También Calderón (2015), requirió una temperatura máxima en la sala crecimiento de larvas de *Diatraea saccharalis* Fabricius en su primera generación de 27.5°C y la mínima 26.1°C como una temperatura máxima en la sala crecimiento de larvas *Diatraea saccharalis* Fabricius en la segunda generación de 29.0°C y la mínima de 24.0°C .

Respecto a las condiciones climáticas obtenidas en el prototipo de crianza, fueron las que más se asemejaron a las que usualmente trabajan en laboratorios entomológicos, por lo tanto, con estos rangos se logró tener una alta tasa de sobrevivencia.

4.2.4. Tamaño de larvas del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius):

En el caso de esta variable fue estimada en relación al tamaño final de las larvas desde el día 0 hasta el día 14 al momento de culminación del III instar. Para las parcelas se observa que hubo diferencia significativa donde se mostró una mejor respuesta de la P1 (Prototipo de crianza) con rangos de $28 \pm 2^\circ \text{C}$ en T° y $65 \pm 3\%$ en HR% con una longitud promedio de 1.8 cm en comparación de la P2 (Cámara bioclimática) con rangos de $18 \pm 2^\circ \text{C}$ y $79 \pm 3\%$ HR% con 0.8 cm la cual indica que no se llegó a alcanzar el III instar. En el caso de las subparcelas se mostró una preferencia por la S1 (Dieta 1) con un promedio de longitud de 2.00 cm. Para la interacción de ambos factores se pudo observar que la mejor respuesta se obtuvo con el tratamiento P1 ($28 \pm 2^\circ \text{C}$ en T° y $65 \pm 3\%$ en HR%) y el tratamiento S1 (Dieta 1) donde se presentó una longitud promedio de 2.68 cm. Sin embargo, para el caso de la interacción de P2 ($18 \pm 2^\circ \text{C}$ en T° con $79 \pm 3\%$ de HR%) con S1 sólo se obtuvo un promedio 1.31 cm de longitud, aunque este valor es inferior al deseado, es superior a las demás interacciones con esta parcela. Con esto se puede interpretar que la influencia de ambos factores determina la adquisición de una longitud idónea de las larvas del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius). Además, la interacción de las condiciones climáticas óptimas con un buen alimento como complemento, contribuyen en la obtención de larvas listas para ser utilizadas como hospederos de algún controlador.

Para Castro (2016), la larva en el instar III presentó una longitud promedio del cuerpo de 3,27 mm y el ancho de la cápsula cefálica 0,531 mm. Donde hay cambios en el diámetro de su cuerpo, las mandíbulas son fuertes; las patas torácicas, pseudopatas abdominales y anales son notoria.

Gómez (2022), observó que sí existieron diferencias significativas entre dietas en relación al peso y longitud de larvas, teniendo a la dieta 1 con el significativamente mejor resultado tanto para peso como para longitud (0, 31g y 2, 81cm, respectivamente), mientras que la dieta 3 presentó los valores significativamente más bajos en relación a las demás dietas (0, 17g y 1, 84cm).

Respecto a la investigación se logró visualizar que se presentó una buena longitud en aquella dieta que tuvo mejor valor nutricional, sin embargo, el ciclo de vida se vio afectado por la condición climática. Según el laboratorio entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A., con las condiciones climáticas idóneas se logra obtener una longitud de entre 1.8 a 2.5 cm. Por tal razón, en la interacción de ambos factores se logró obtener una longitud idónea para el hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius).



CAPITULO V

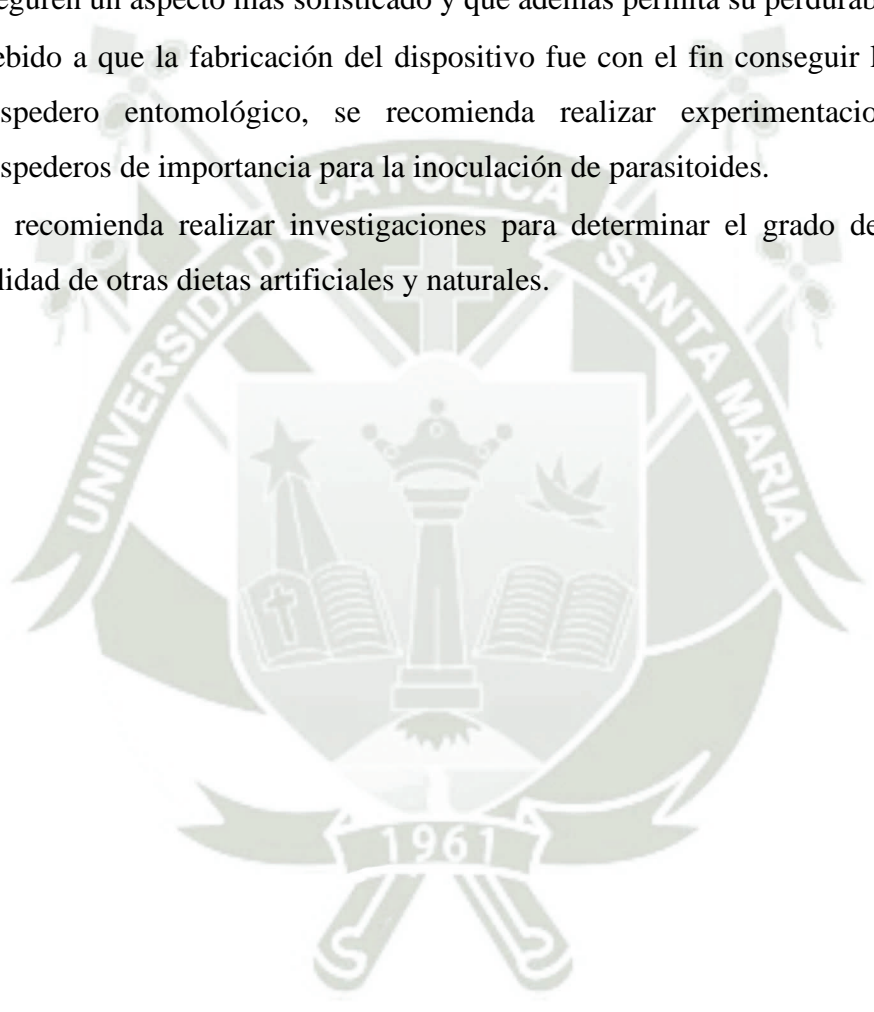
CONCLUSIONES

- En relación al análisis del costo/beneficio para el prototipo de crianza se obtuvo un valor de 7.76, donde las cámaras Climacell comerciales obtuvieron un rango menor, por lo que se puede concluir que la construcción del prototipo oferta un beneficio económico para los laboratorios entomológicos.
- Se logró fabricar y poner en funcionamiento un prototipo de crianza con condiciones controladas para la crianza del hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius). Donde con la utilización del prototipo, se obtuvo un alto consumo de dietas con 55.70 gr, porcentaje de sobrevivencia con 67.4 %, y un tamaño promedio de 1.8 cm, en comparación al escenario de la cámara bioclimática que dió resultados inferiores.
- En la evaluación de dietas artificiales, se obtuvo una mejor respuesta de la Dieta 1, la cual tuvo 65.3 % de sobrevivencia larval, 2.00 cm de longitud larval y un consumo de dieta de 49.72 gr. Mientras que, en los resultados con la utilización del prototipo de crianza, se logró obtener hasta un 70.67 gr de consumo de dieta y una longitud promedio de 2.68 cm.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Por ser un dispositivo que resulta económico, se recomienda utilizar materiales que aseguren un aspecto más sofisticado y que además permita su perdurabilidad.
- Debido a que la fabricación del dispositivo fue con el fin conseguir la crianza de un hospedero entomológico, se recomienda realizar experimentaciones con otros hospederos de importancia para la inoculación de parasitoides.
- Se recomienda realizar investigaciones para determinar el grado de impacto en la calidad de otras dietas artificiales y naturales.



CAPITULO VII

REFERENCIAS

- Alvarez, H. (2016).** Ciclo Biológico y algunos aspectos del comportamiento de *Diatraea saccharalis* Fabricius en caña de azúcar. Universidad Nacional De Trujillo.
- Angeles, M. (2019).** Prototipar Soluciones Tecnológicas. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Angeles, M. M. (2008).** Evaluación de cuatro parasitoides para el control de dos especies de barrenadores *Diatraea saccharalis* Fabricius y *Diatraea crambidoides* Grote en caña de azúcar a nivel de laboratorio. Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala.
- Arduinove. (2022).** Mini Rele SONGLE 12VDC 10A SRD-12VDC-SL-C 5Pines.
Obtenido de
http://www.arduinove.com/index.php?route=product/product&product_id=247
- Argueta, A. & Hernandez, W. (2011).** Parasitoidismo y Control Microbiano del Barrenador (*Diatraea saccharalis* F.) de la Caña De Azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en el Departamento de Sonsonate. San Salvador: Universidad De El Salvador.
- Beno. (2022).** Calentador de tiras de Mica. Obtenido de <http://www.benoheater.com/mica-heater/mica-strip-heater.html>
- Borja, L. A. (2006).** La cría de *Diatraea saccharalis* (F.) para la producción masiva de sus enemigos naturales. Colombia: Cenicaña
- Calderón, K. (2015).** Comparación de cinco dietas artificiales y una natural para la cría de larvas del barrenador del tallo, *Diatraea saccharalis* Fabr. Ecuador, Universidad Técnica Estatal De Quevedo.

- Campo, S. T. (s.f.).** Manejo y procedimientos para la crianza masiva de *Billaea claripalpis* y *Trichogramma exiguum*. Trujillo.
- Carrillo, M. V. (2021).** Introducción de Arduino. Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria, Vol. 9, No. 17, 4-8.
- Castro H. (2016).** Ciclo biológico y algunos aspectos del comportamiento de *Diatraea saccharalis* Fabricius en caña de azúcar, Valle del Chira, Piura, 2016. Trujillo, Universidad Nacional De Trujillo
- Castro, Y. C. (2008).** Desarrollo de una metodología de crianza en laboratorio del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) como hospedante de insectos biocontroladores de interés agrícola. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 16-18.
- Cerna A., Coronado M., Doria M., García P., Fachin G. (2021).** Formulación de dieta artificial para la crianza de *Spodoptera frugiperda* utilizando insumos de la región de San Martín. Revista Agrotecnológica Amazónica, Vol. 1, Núm. 2
- CINCAE. (2013).** Barrenador del Tallo. Obtenido de <https://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/barrenador-del-tallo/>
- Cohen, A. C. (2014).** Insect Diet: Science and Technology. Florida, Estados Unidos de América.: Taylor & Francis Group.
- Compel. (2008).** Arduino Nano. Colombia.
- Crop Protection Compendium (2011).** *Diatraea saccharalis*). Obtenido de <https://www.cabi.org/cpc/>
- Costa, C. (2014).** Recolecta, Crianza e Identificación. Insectos Inmaduros, 3-4.
- Chancayauri, A. M. (2014).** Efecto de dos dietas artificiales en la cría de *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Pyralidae) En El Laboratorio Entomológico El Canto de la Central Azucarera Chucarapi Pampa Blanca S.A. (diciembre 2013 - abril 2014).

Islay-Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín

Electrónica, R. E. (3 de agosto de 2021). Potenciómetro. Obtenido de

<https://www.redeweb.com/actualidad/potenciometro/>

Electronics, U. (2022). Display LCD 16×2 con I2C Fondo Azul. Obtenido de

<https://uelectronics.com/producto/display-lcd-16x2-con-i2c/>

Forlín, L. A. (2012). Identificación de insectos plagas en cultivos hortícolas. República

Argentina: INTA – Estación Experimental Agropecuaria “El Colorado”.

Francisco, U. F. (2020). Introducción a la Programación. Argentina.

González, A. P. (1968). El *Diatraea saccharalis* Fabr. y Su Control Integrado en maíz,

arroz y caña de azúcar en los valles de Arequipa. Revista Peruana De Entomología,

Vol. 11 Nº 1 -9-17.

Gómez, C. I. (2022). “Producción intensiva de *Diatraea saccharalis* en dietas artificiales,

para cría de su parasitoide *Cotesia flavipes*, en condiciones de laboratorio”. Ecuador,

Universidad Nacional de Loja.

Group, M. (2022). Climacell 111. Obtenido de [https://www.mmm-](https://www.mmm-medcenter.es/climacell-112-climacell-111-eco)

[medcenter.es/climacell-112-climacell-111-eco](https://www.mmm-medcenter.es/climacell-112-climacell-111-eco)

Hernández & Medina. (2020). Dietas Artificiales: Evolución, Retos y Tendencias.

Programa Moscafrut SENASICA-SADER, pp. 421-448.

Hernández, M. M. (2015). Preferencia de parasitismo de *Cotesia flavipes* Cameron

(Hymenoptera: Braconidae), sobre diferentes instares de *Diatraea crambidoides* Grote

(Lepidoptera: Crambidae). Guatemala, Universidad De San Carlos De Guatemala.

ICA. (2016). Manejo del gusano (*Diatraea spp.*), en Caña Panelera.

Los Orgánicos Andos, O.-B. O. (2015). Informe de Diseño y Evaluación de Prototipos

Ludeña V. (2014) Producción intensiva de *Diatraea saccharalis* en dieta artificial, para

difusión de sus parásitos *Cotesia flavipes* y *Billaea claripalpis*, Guayaquil,
Universidad De Guayaquil.

Mamani, G. (2011). Guía de Entomología Agrícola. Universidad Nacional de San Agustín:
Área de Entomología.

Mechatronics, N. (2021). Obtenido de DHT22:

<https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html>

Mechatronics, N. (2021). Humidificador Ultrasónico. Obtenido de:

<https://naylampmechatronics.com/actuadores/266-humidificador-ultrasonico-24vdc.html>

MIDAGRI. (2020). Producción y Comercio Mundial. Perú. Obtenido de:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1767326/Commodities%20Az%C3%BAcar%3A%20oct-dic%202020.pdf>

MPCControl (2022). ¿Qué es una cámara climática? Obtenido de:

<https://www.mpcontrol.es/definicioncamaraclimatica/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20llamadas%20simplemente%20c%C3%A1maras%20de,un%20proceso%20productivo%20o%20normativo.>

Orozco, L. A. (2014). Los barrenadores de la Caña de azúcar, *Diatraea spp.*, en el valle del río Cauca: investigación participativa con énfasis en control biológico. Santiago de Cali.

Perdomo, C. T. (1999). “Evaluación de cinco dietas artificiales para la crianza en laboratorio del barrenador de la Caña De Azúcar *Diatraea crambidoide*”. Guatemala: Universidad de San Carlos.

Procaña. (2021). Historia de la Caña. Obtenido de <https://procana.org/site/historia-de-la-cana/>

Puma H. E. (2014). Combinación de herbicidas Pre-emergentes en control de malezas en

Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Central Azucarera Chucarapi – Pampa Blanca S.A.”. UNSA, 10.

Reguilón, C., Medina P., Ordano M., Salvatore A., Barros M., Morsolotto E. & Vicente,

M. (2014). Evaluación de los efectos de la composición de la dieta artificial para la cría de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) y *Cotesia flavipes*

(Hymenoptera: Braconidae). Argentina: Rev. FCA UNCUYO 46(1): 45-57.

RS. (2022). Ventilador Axial. Obtenido de Madrid: [https://es.rs-](https://es.rs-online.com/web/p/ventiladores-axiales/0285513)

[online.com/web/p/ventiladores-axiales/0285513](https://es.rs-online.com/web/p/ventiladores-axiales/0285513)

Salinas, P. J. (2019). Colección, Preservación y Estudio de insectos. Universidad de Los Andes, 165-183.

Salomon, J. E. (2015). Formulación y desarrollo de una dieta merídica a base de bagazo de caña de azúcar para la cría del gusano barrenador de tallo, *Diatraea considerata*.

México: Instituto politécnico Nacional.

Sarraipa, J. (2017). Metodología de Evaluación de Prototipo Innovador. Cofinanciado por el programa Erasmusde de la Unión Europea, 3.

SENASA. (2015). Producción de Insectos Benéficos. Centro de Control Biológico, 4-5

Souza, M., Ávila, C. & Parra, J. (2001). Consumo e utilização de alimento por *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae), *Heliothis virescens* (Fabr.) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas temperaturas. Brazil, Universidade de São Paulo.

Toledo, P. C. (1999). Evaluación de cinco dietas artificiales para la crianza en laboratorio del Barrenador de la caña de azúcar *Diatraea crambidoides* Grote. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Urbano, E. (2018). Reconocimiento de especies de *Diatraea spp.* (Lepidoptera: Crambidae)

y sus enemigos naturales asociadas a Caña Panelera en Nariño. Universidad De Nariño.

Vásquez, I. A. (2012). Manejo integrado de plagas en el cultivo de Caña de Azúcar. Agrobanco.

Zúñiga, E. (1987). Etapas de un proyecto de control biológico. IPA La Platina, 3-4.



ANEXOS

Anexo 1: Manual del Prototipo de Multiplicación.

DATOS GENERALES

El Manual de Instrucciones y Mantenimiento es válido para el prototipo para la multiplicación para que este instalada en un Laboratorio Entomológico procedente de la tesis “Fabricación De Un Prototipo Para La Multiplicación Del Hospedero (*Diatraea saccharalis* Fabricius) Sometido A Diferentes Dietas Artificiales En Laboratorio - Arequipa.”



PRECAUCION

- Es obligatoria la lectura del Manual antes de proceder a la utilización del prototipo para la multiplicación.
- Se debe respetar las instrucciones de seguridad.
- Desconectar de la fuente de energía para realizar cualquier Mantenimiento y Limpieza sobre el prototipo.

MANUAL DEL PROTOTIPO

a. **FUNCIONAMIENTO:** El prototipo de multiplicación está equipado con ventiladores, calefactor y humidificador. Cuenta con una estructura a base de riel, tiene un diseño funcional, con placas de yeso y fibra de vidrio para mantener el ambiente controlado. Tiene medidas exteriores con un acceso frontal para inserción de material. El aire impulsado por los ventiladores permitirá la circulación de humedad y temperatura en el interior del prototipo.

b. **COMPONENTES:**

- **Componentes eléctricos**

| Descripción | Cantidad |
|---------------------------|----------|
| Ventilador | 4 |
| Calefactor heater | 1 |
| Humidificador ultrasónico | 1 |
| Relé de T° y % HR | 2 |

| | |
|--------------------------------|---|
| Arduino nano | 1 |
| Lcd | 1 |
| Potenciometros | 2 |
| Conexión toma Eléctrica | 1 |

- **Componentes estructurales**

| Descripción | Cantidad |
|--|------------------------|
| DIMENSIONES EXTERIORES (LARGO X ANCHO X ALTO) | 1.24 m x 0.62m x 0.61m |
| MATERIAL | Riel x Drywall |

c. INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACION

- El prototipo debería ubicarse en zonas estratégicas distante de entradas, pasillos, ventanas, etc., que afectarían el ambiente controlado del prototipo.
- Debe asegurarse un nivel de asentamiento del prototipo en la superficie.
- Para evitar problemas en el ambiente controlado del prototipo se debe realizar un balance inicial.
- Evitar abrir y cerrar de repente la ventana de acceso para no afectar los flujos de aire en el prototipo.

d. INDICACIONES EN LA PRIMERA CONEXIÓN

- Previa a la conexión a la red eléctrica, se realizará una limpieza y desinfección del prototipo tomando en cuenta las instrucciones.
- Conectar a la red eléctrica

e. ENCENDIDO Y APAGADO

- Al realizar la conexión, se pondrá en marcha el prototipo de multiplicación accionando sobre el interruptor situado en la parte izquierda en la caja de control.
- Para realizar el encendido y apagado de la función de ventiladores, accionar sobre el botón delantero izquierdo en la caja de control.
- Para realizar el reinicio de la caja de control, se deberá accionar sobre el botón delantero derecho.

f. INSTRUCCIONES DE USO

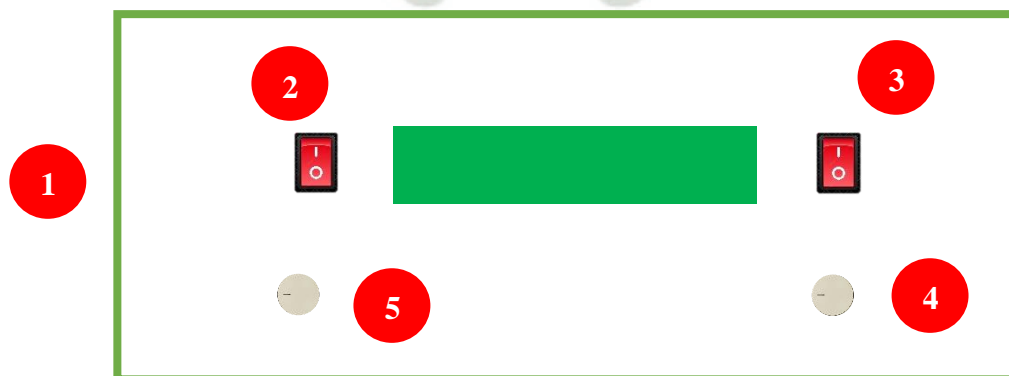
- Mantener la limpieza en el área de ubicación del prototipo.
- Realizar la desinfección cuidadosamente de todos los materiales antes de la introducción en el prototipo.
- Se recomienda el lavado de adecuado de manos, uñas y brazos para evitar contaminación.
- Se debe utilizar mandil para la operación del prototipo
- Poner en marcha el prototipo de multiplicación 48 horas antes de la utilización definitiva de equipo, para calibrar el ambiente controlado.
- Se debe de suministrar agua destilada de acuerdo a la necesidad para el funcionamiento del humidificador.
- Al finalizar la utilización se debe retirar el material y desinfectar toda el área.
- El usuario debe tener cuidado al realizar la apertura del prototipo.

g. DESCRIPCIÓN DE MANDOS

- ✓ 5 mandos

FUNCIONES DE MANDOS

- ✓ Mando N° 1: Encendido/Apagado de caja de control, palanca de on/off
- ✓ Mando N° 2: Control de reinicio de sistema de la caja de controles, botón tipo on/off.
- ✓ Mando N° 3: Control de ventiladores, botón de tipo on/off.
- ✓ Mando N° 4: Control de humidificador, botón de tipo 0-100%.
- ✓ Mando N° 5: Control de calefactor, botón de tipo 0°-100°.

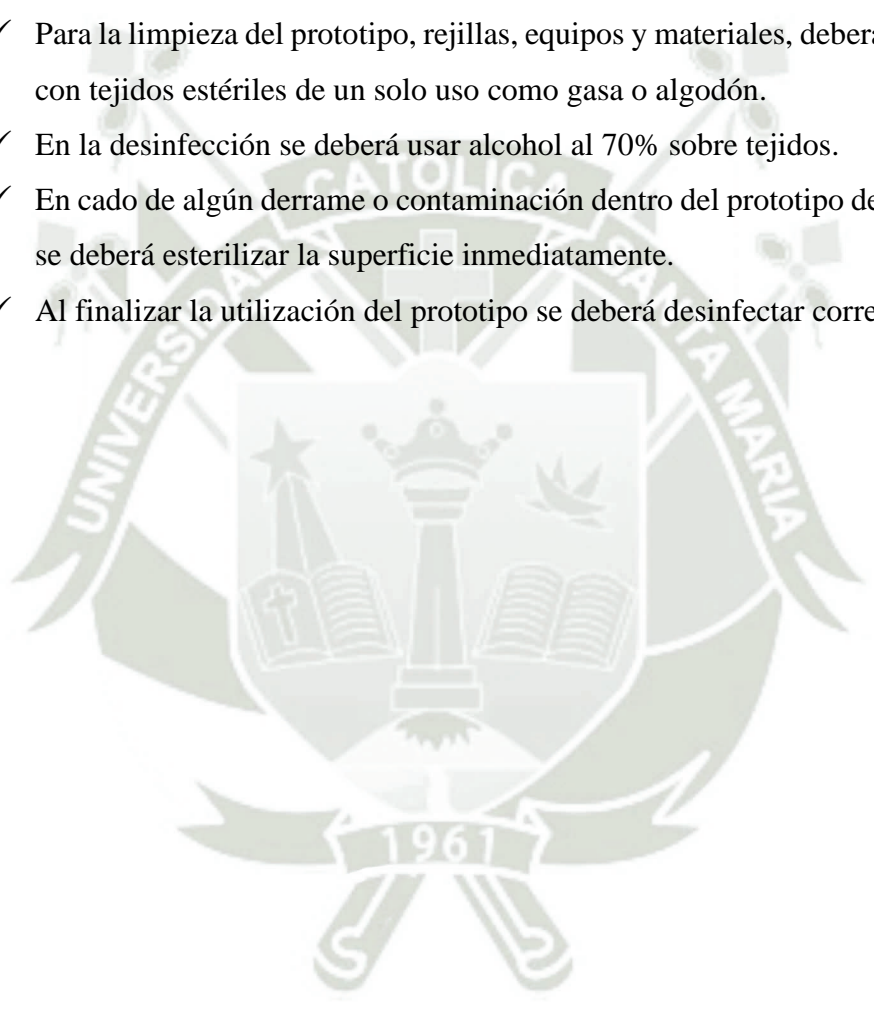


h. DOTACIÓN PARA HUMIFICADOR

Para el funcionamiento del humificador, se recomienda la utilización de agua destilada, la cual será administrada por una manguera que tiene acceso directo a él. Se deberá tener precaución con el suministro de este recurso para evitar percances.

i. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

- ✓ Para la limpieza del prototipo, rejillas, equipos y materiales, deberán ser realizados con tejidos estériles de un solo uso como gasa o algodón.
- ✓ En la desinfección se deberá usar alcohol al 70% sobre tejidos.
- ✓ En caso de algún derrame o contaminación dentro del prototipo de multiplicación, se deberá esterilizar la superficie inmediatamente.
- ✓ Al finalizar la utilización del prototipo se deberá desinfectar correctamente.





Anexo 2: Desinfección del área de trabajo.



Anexo 3: Alcohol al 70%.



Anexo 4: Desinfección de laboratorio de sanidad I.



Anexo 5: Desinfección de la Cámara de Flujo Laminar



Anexo 6: Llenado con Agua destilada.



Anexo 7: Instalado de Olla Autoclave.



Anexo 8: Apertura de válvula de aire.



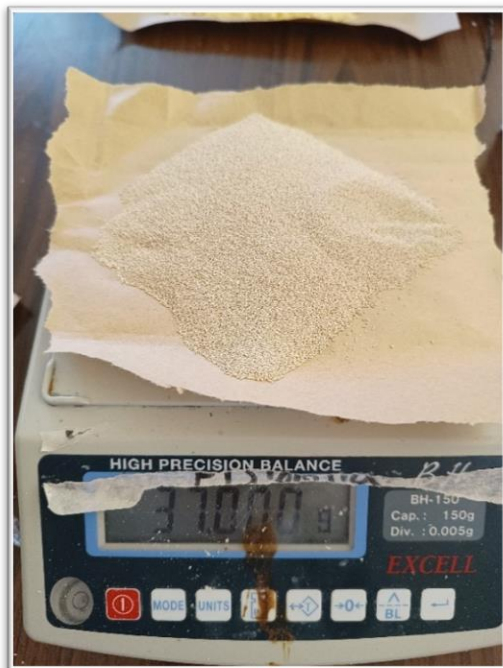
Anexo 9: Colocación de frascos.



Anexo 10: Colocación de Dietas artificiales.



Anexo 11: Dietas esterilizadas.



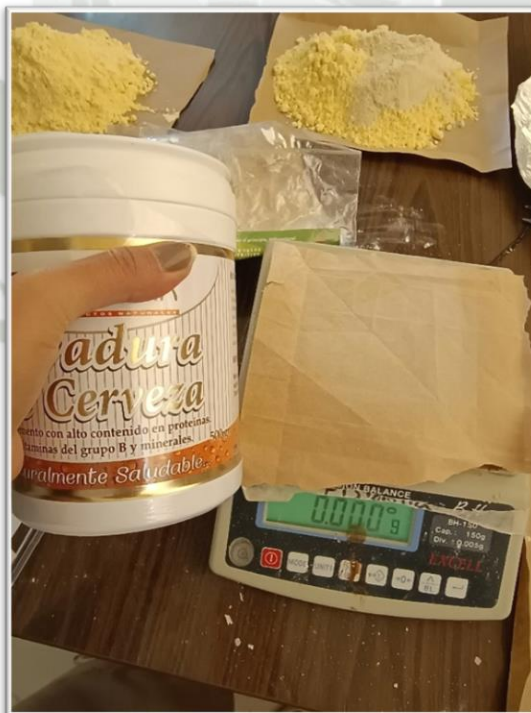
Anexo 12: Pesaje de levadura seca



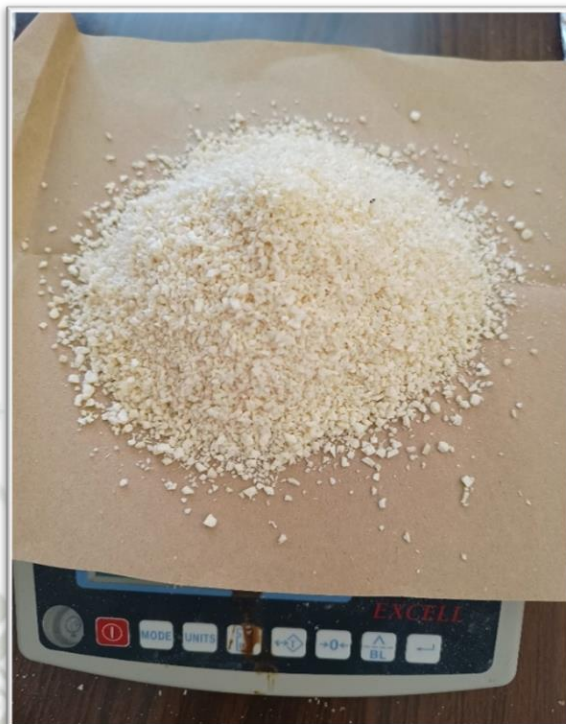
Anexo 13: Pesaje de Ácido ascórbico.



Anexo 14: Pesaje de Amoxicilina.



Anexo 15: Pesaje Levadura de Cerveza.



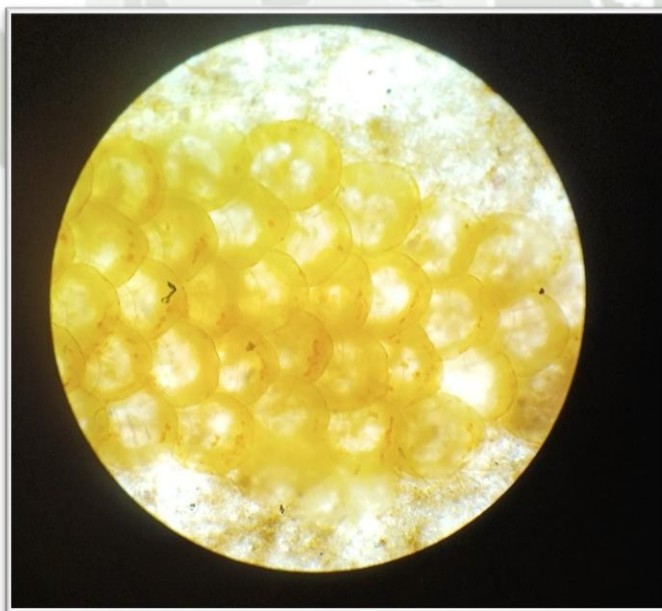
Anexo 16: Pesaje Caña de azúcar.



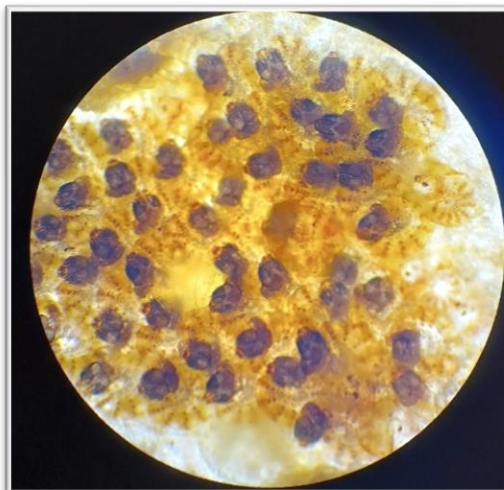
Anexo 17: Pesaje de Metilparabeno.



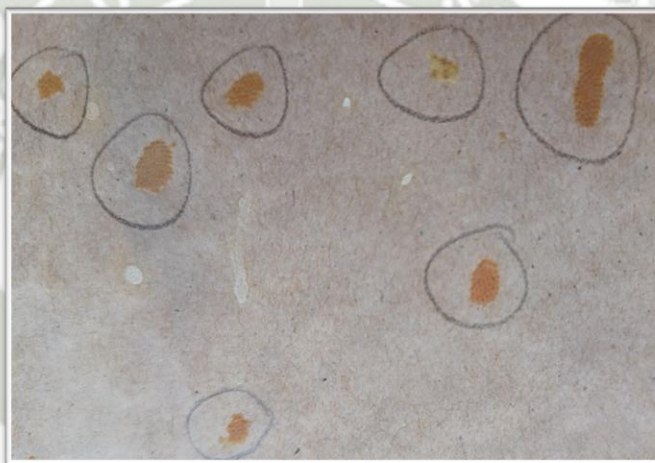
Anexo 18: Pesaje de Carragenato.



Anexo 19: Posturas de tercer día.



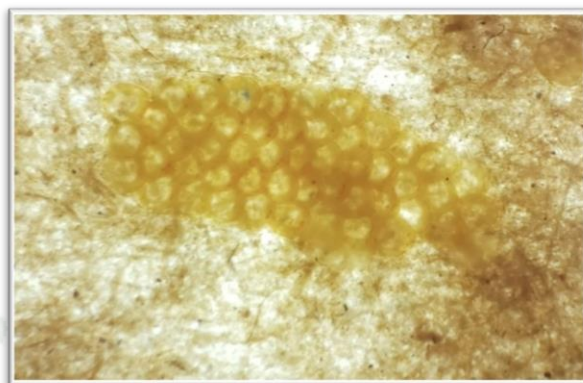
Anexo 20: Posturas de octavo día.



Anexo 21: Posturas de sexto día.



Anexo 22: Posturas preparadas para siembra



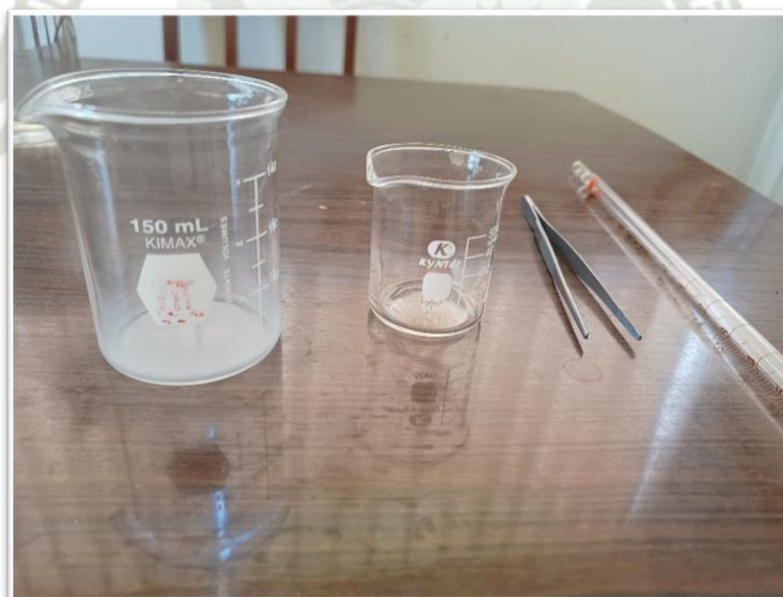
Anexo 23: Posturas en Microscopio



Anexo 24: Preparación de Sulfato de Cobre



Anexo 25: Formol.



Anexo 26: Vasos precipitados, pipeta y pinza.



Anexo 27: Retiro de Papel Kraft em frascos.



Anexo 28: Pesaje de dietas artificiales.



Anexo 29: Medición de larvas.

Anexo 30: Recopilación de Datos de consumo de dietas.

| REPETICIÓN 1 | | |
|---------------------------|----|----|
| PARCELA 1: Prototipo (gr) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 47 | 57 | 58 |
| D2 | D1 | D3 |
| 44 | 67 | 32 |
| D1 | D3 | D2 |
| 75 | 48 | 52 |

| REPETICIÓN 1 | | |
|-------------------------------------|----|----|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (gr) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 26 | 22 | 21 |
| D3 | D1 | D2 |
| 21 | 27 | 22 |
| D2 | D3 | D1 |
| 23 | 21 | 31 |

| REPETICIÓN 2 | | |
|---------------------------|----|----|
| PARCELA 1: Prototipo (gr) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 45 | 52 | 66 |
| D2 | D1 | D3 |
| 55 | 74 | 38 |
| D1 | D3 | D2 |
| 76 | 41 | 41 |

| REPETICIÓN 2 | | |
|-------------------------------------|----|----|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (gr) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 30 | 22 | 21 |
| D3 | D1 | D2 |
| 21 | 29 | 23 |
| D2 | D3 | D1 |
| 22 | 21 | 28 |

| REPETICIÓN 3 | | |
|---------------------------|----|----|
| PARCELA 1: Prototipo (gr) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 49 | 63 | 73 |
| D2 | D1 | D3 |
| 57 | 78 | 45 |
| D1 | D3 | D2 |
| 69 | 42 | 60 |

| REPETICIÓN 3 | | |
|-------------------------------------|----|----|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (gr) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 33 | 24 | 21 |
| D3 | D1 | D2 |
| 21 | 26 | 22 |
| D2 | D3 | D1 |
| 23 | 21 | 29 |

Anexo 31: Recopilación de datos de sobrevivencia de larvas.

| REPETECIÓN 1 | | |
|--------------------------|----|----|
| PARCELA 1: Prototipo (%) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 67 | 80 | 78 |
| D2 | D1 | D3 |
| 57 | 86 | 53 |
| D1 | D3 | D2 |
| 78 | 70 | 71 |

| REPETECIÓN 1 | | |
|------------------------------------|----|----|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (%) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 36 | 17 | 17 |
| D3 | D1 | D2 |
| 9 | 46 | 16 |
| D2 | D3 | D1 |
| 22 | 19 | 47 |

| REPETECIÓN 2 | | |
|--------------------------|----|----|
| PARCELA 1: Prototipo (%) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 63 | 62 | 70 |
| D2 | D1 | D3 |
| 60 | 85 | 57 |
| D1 | D3 | D2 |
| 67 | 53 | 61 |

| REPETECIÓN 2 | | |
|------------------------------------|----|----|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (%) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 69 | 56 | 42 |
| D3 | D1 | D2 |
| 45 | 52 | 46 |
| D2 | D3 | D1 |
| 44 | 38 | 48 |

| REPETICIÓN 3 | | |
|--------------------------|----|----|
| PARCELA 1: Prototipo (%) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 61 | 60 | 61 |
| D2 | D1 | D3 |
| 72 | 92 | 55 |
| D1 | D3 | D2 |
| 85 | 48 | 67 |

| REPETICIÓN 3 | | |
|------------------------------------|----|----|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (%) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 63 | 36 | 31 |
| D3 | D1 | D2 |
| 32 | 57 | 26 |
| D2 | D3 | D1 |
| 38 | 19 | 55 |

Anexo 32: Recopilación de datos de tamaño de larvas.

| REPETICIÓN 1 | | |
|---------------------------|------|------|
| PARCELA 1: Prototipo (cm) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 1.01 | 1.44 | 2.67 |
| D2 | D1 | D3 |
| 1.41 | 2.71 | 1.10 |
| D1 | D3 | D2 |
| 2.74 | 1.12 | 1.52 |

| REPETICIÓN 1 | | |
|-------------------------------------|------|------|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (cm) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 1.33 | 0.42 | 0.58 |
| D3 | D1 | D2 |
| 0.44 | 1.27 | 0.71 |
| D2 | D3 | D1 |
| 0.70 | 0.41 | 1.36 |

| REPETICIÓN 2 | | |
|---------------------------|------|------|
| PARCELA 1: Prototipo (cm) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 1.15 | 1.64 | 2.69 |
| D2 | D1 | D3 |
| 1.52 | 2.74 | 1.11 |
| D1 | D3 | D2 |
| 2.78 | 1.06 | 1.57 |

| REPETICIÓN 2 | | |
|-------------------------------------|------|------|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (cm) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 1.27 | 0.80 | 0.53 |
| D3 | D1 | D2 |
| 0.55 | 1.37 | 0.81 |
| D2 | D3 | D1 |
| 0.70 | 0.58 | 1.28 |

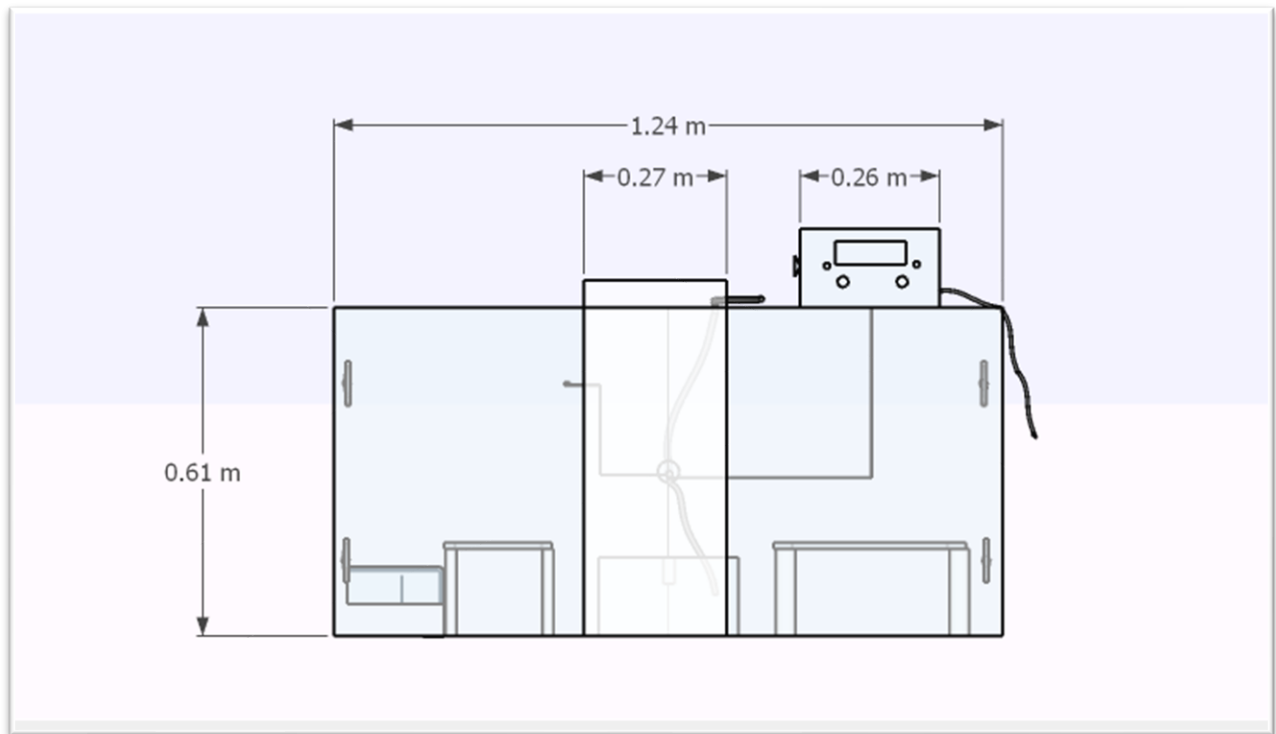
| REPETCIÓN 3 | | |
|---------------------------|------|------|
| PARCELA 1: Prototipo (cm) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D3 | D2 | D1 |
| 1.12 | 1.60 | 2.59 |
| D2 | D1 | D3 |
| 1.65 | 2.56 | 1.09 |
| D1 | D3 | D2 |
| 2.68 | 1.17 | 1.55 |

| REPETCIÓN 3 | | |
|-------------------------------------|------|------|
| PARCELA 2: Cámara Bioclimática (cm) | | |
| SUBPARCELAS | | |
| D1 | D2 | D3 |
| 1.29 | 0.74 | 0.51 |
| D3 | D1 | D2 |
| 0.54 | 1.30 | 0.55 |
| D2 | D3 | D1 |
| 0.83 | 0.53 | 1.31 |

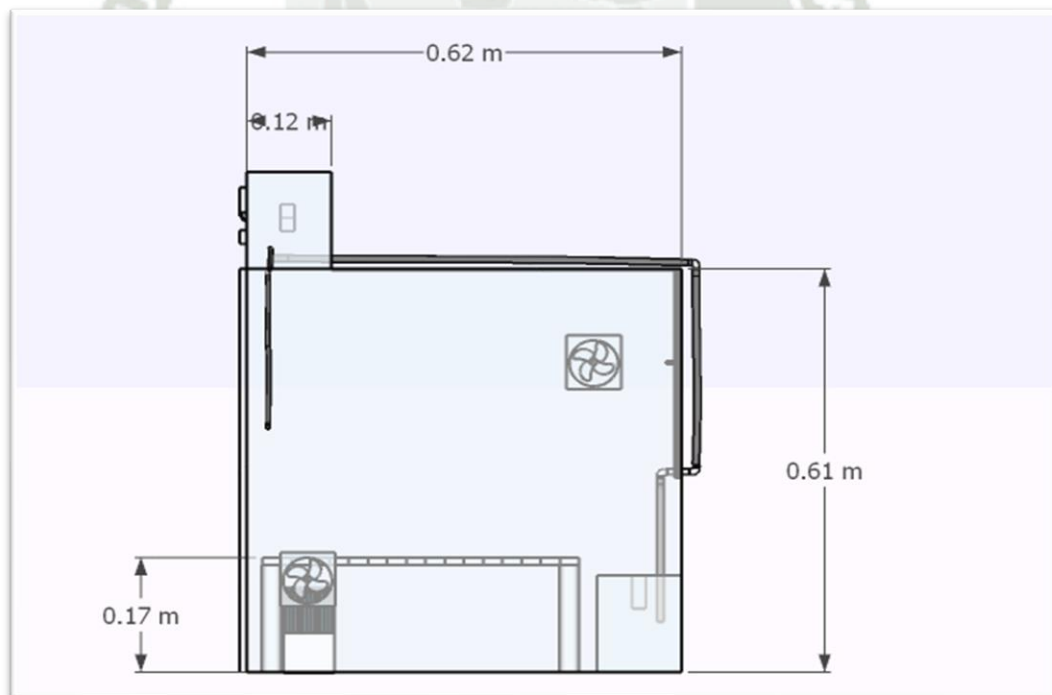


Anexo 33: Costos de Dietas artificiales.

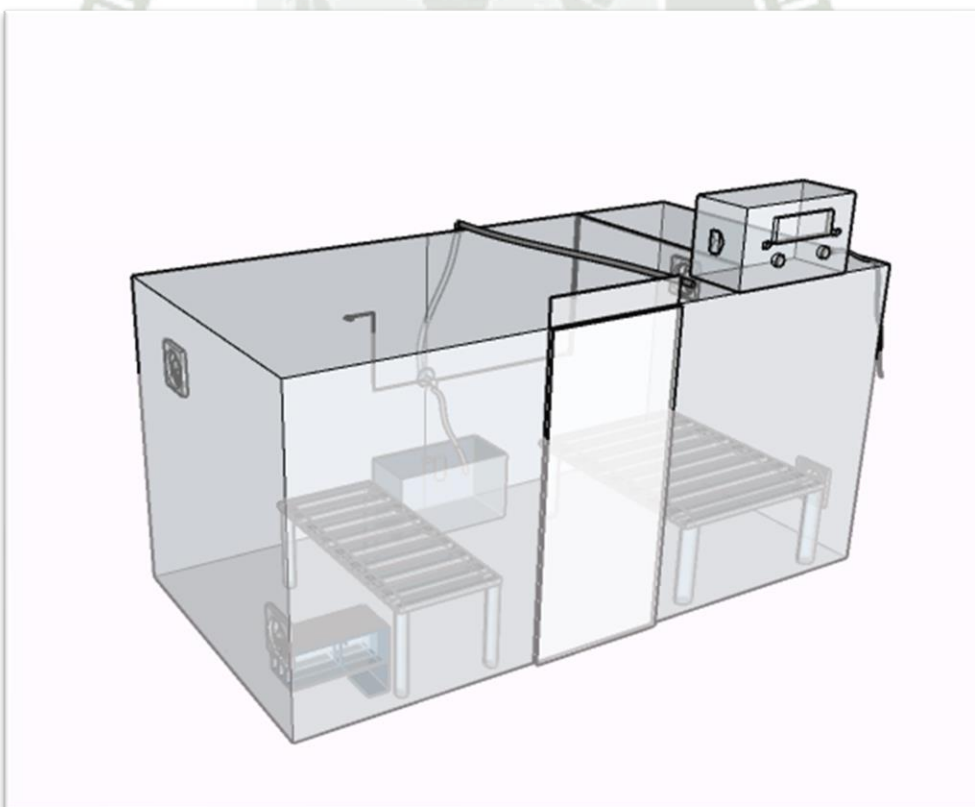
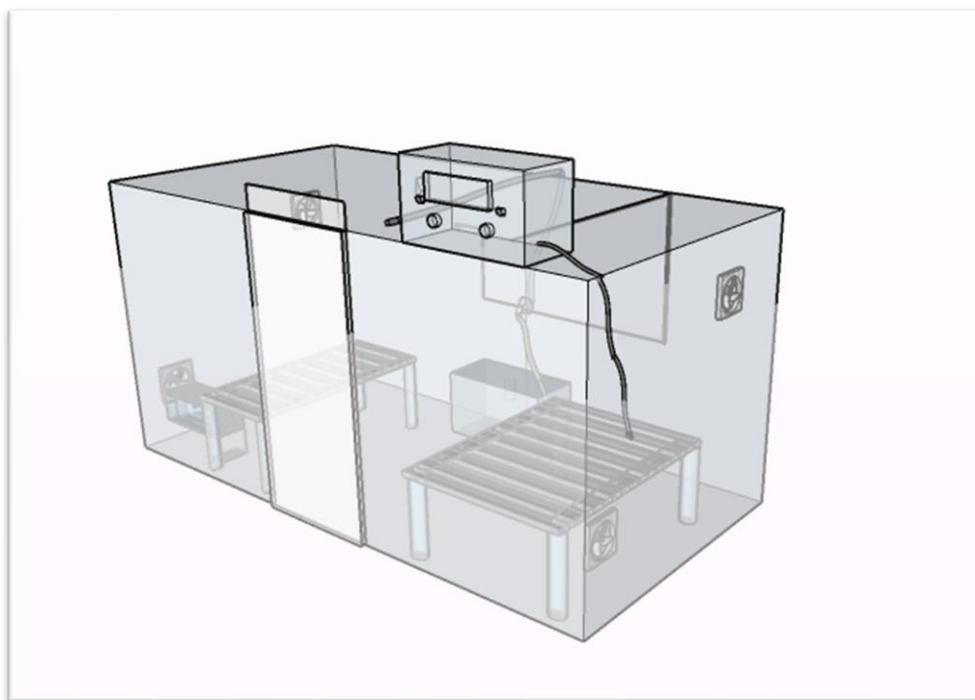
| <i>DESCRIPCIÓN</i> | <i>Capacidad 12 frascos</i> | <i>Cantidad</i> | <i>Costo Unitario S/.</i> | <i>Unidad de Medida</i> | <i>Costo Total S/.</i> |
|--|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <i>Dieta artificial del Laboratorio Entomológico de La Empresa Azucarera Agrolmos S.A.</i> | | | | | |
| Harina de Maíz amarillo | gr | 140 | S/3.40 | kg | S/1.44 |
| Germen de Trigo | gr | 40 | S/18.00 | kg | S/2.40 |
| Levadura seca granulada | gr | 37 | S/3.00 | U. | S/2.40 |
| Agar o Carragenato | gr | 18 | S/60.00 | kg | S/6.00 |
| Ácido Ascórbico | gr | 5 | S/80.00 | kg | S/1.20 |
| Metilparabeno | gr | 1.25 | S/85.00 | kg | S/0.60 |
| Ácido Benzoico | gr | 1.25gr | S/46.00 | kg | S/0.30 |
| Complejo B | gr | 0.25 | S/0.80 | U. | S/4.80 |
| Ácido Sórbico | gr | 0.5 | S/80.00 | kg | S/0.30 |
| Cloranfenicol | gr | 0.25 | S/1.60 | U. | S/9.60 |
| Amoxicilina | gr | 0.22 | S/5.40 | U. | S/32.40 |
| Agua destilada para agar | ml | 500 | S/2.00 | Litro | S/3.00 |
| Agua destilada para ingredientes | ml | 500 | S/2.00 | Litro | S/3.00 |
| <i>SUBTOTAL</i> | | | | | <i>S/67.44</i> |
| <i>Dieta artificial con modificaciones (Parra et al. ,2010, como se citó en Chancayauri,2014)</i> | | | | | |
| Harina de Maíz amarillo | gr | 140 | S/3.40 | kg | S/1.80 |
| Germen de Trigo | gr | 35 | S/18.00 | kg | S/1.89 |
| Levadura de cerveza | gr | 37.5 | S/3.00 | U. | S/2.70 |
| Agar o Carragenato | gr | 25 | S/60.00 | kg | S/6.75 |
| Ácido Ascórbico | gr | 5 | S/80.00 | kg | S/1.20 |
| Ácido Sórbico | gr | 0.2 | S/80.00 | kg | S/0.30 |
| Ácido Benzoico | gr | 1.25 | S/46.00 | kg | S/0.30 |
| Agua destilada | ml | 400 ml | S/2.00 | Litro | S/2.40 |
| Agua destilada para agar | ml | 600 ml | S/2.00 | Litro | S/3.60 |
| <i>SUBTOTAL</i> | | | | | <i>S/20.94</i> |
| <i>Dieta artificial con modificaciones (Ludeña, 2014)</i> | | | | | |
| Harina de Maíz amarillo | gr | 140 | S/3.40 | kg | S/1.80 |
| Germen de Trigo | gr | 35 | S/18.00 | kg | S/1.89 |
| Levadura de cerveza | gr | 37.5 | S/3.00 | U. | S/2.70 |
| Agar o Carragenato | gr | 25 | S/60.00 | kg | S/6.75 |
| Ácido Ascórbico | gr | 7.3 | S/80.00 | kg | S/1.80 |
| Ácido Sórbico | gr | 1 | S/80.00 | kg | S/0.30 |
| Ácido Benzoico | gr | 1 | S/46.00 | kg | S/0.30 |
| Metilparabeno | gr | 1 | S/85.00 | kg | S/0.30 |
| Amoxicilina | gr | 0.22 | S/5.40 | U. | S/32.40 |
| Bagazo de Caña de azúcar | gr | 10 | S/15.00 | Litro | S/0.60 |
| Agua destilada | ml | 500 | S/2.00 | Litro | S/3.00 |
| Agua destilada para agar | ml | 500 | S/2.00 | Litro | S/3.00 |
| <i>SUBTOTAL</i> | | | | | <i>S/54.84</i> |
| <i>TOTAL S/.</i> | | | | | <i>S/143.22</i> |



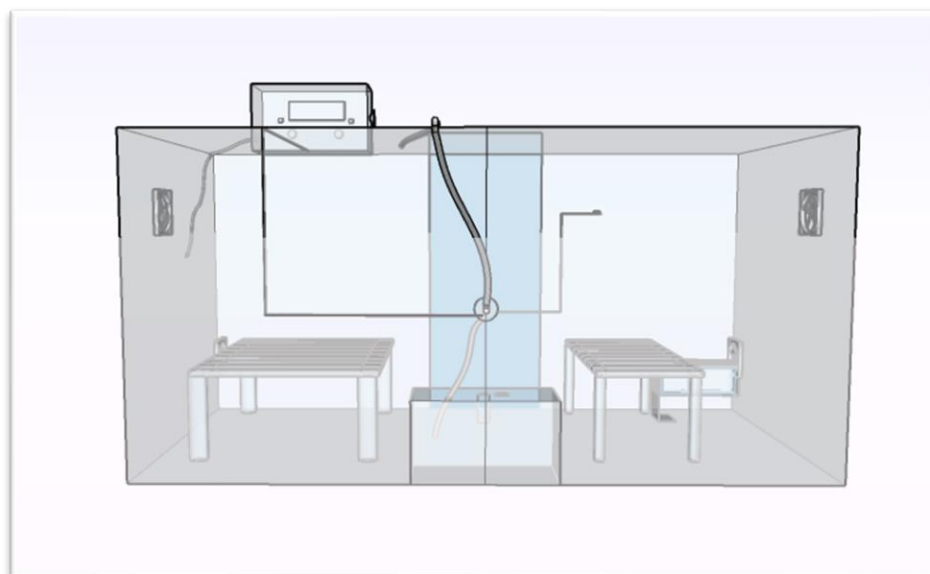
Anexo 34: Vista con medidas de la parte frontal del Prototipo de Crianza



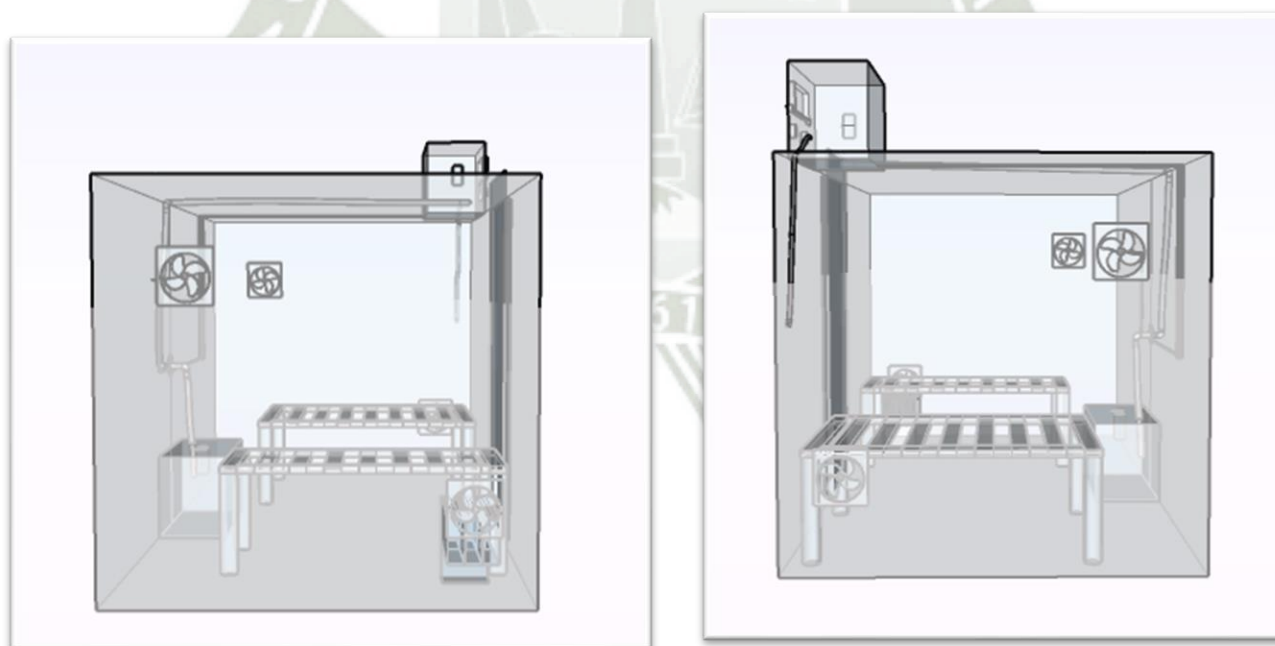
Anexo 35: Vista con medidas externas del Prototipo de Crianza.



Anexo 36: Vista tridimensional de la parte frontal del Prototipo de crianza

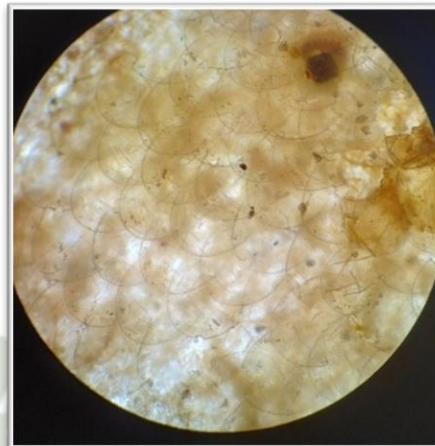
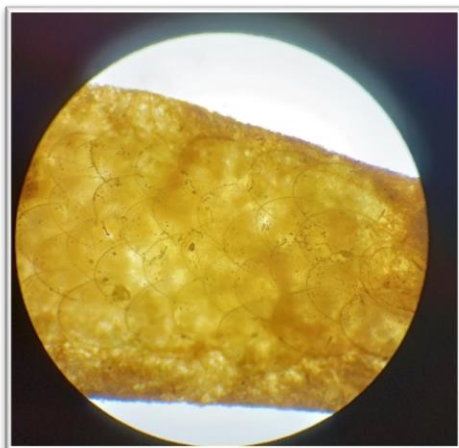


Anexo 37: Vista tridimensional de la parte trasera del prototipo de crianza

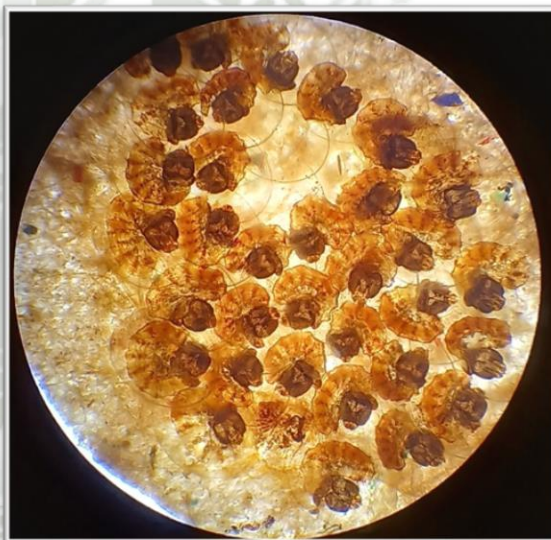


Anexo 38: Vista tridimensional de la parte lateral del Prototipo de Crianza.

Anexo 39: Huevos eclosionadas de *Diatraea saccharalis* Fabricius.



Anexo 40: Larvas eclosionando.



Anexo 41: Larvas II instar.





Anexo 42: Larvas III instar.



Anexo 43: Larvas en cámara bioclimática.



Anexo 44: Larvas en dietas artificiales.



Anexo 45: Larvas del III instar.



Anexo 46: Larvas en prototipo de crianza.