

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

Uso de insectos nativos en el control biológico de las cochinillas algodonosas presentes en las plantas ornamentales de la ciudad de Guayaquil.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Biólogo

Presentado por:

José Alexander Delgado Jiménez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi familia, amigos y al canal Animal Planet cuyos documentales sembraron en mí el gusto por la vida silvestre y la biología.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a la Dra. Lisbeth del Rocío Espinoza Lozano por su confianza y apoyo, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral y su personal docente por forjar mi presente y futuro.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; José Alexander Delgado Jiménez doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



José Alexander Delgado
Jiménez

EVALUADORES

.....
Diego Gallardo Polít

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Lisbeth del Rocío Espinoza Lozano

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Las cochinillas algodonosas son insectos que se alimentan de la savia de las plantas trayendo consigo problemas de infestación, asociados a cambios de temperatura, manejo de áreas verdes ineficientes y la poca diversidad vegetal, en el presente proyecto se busca la presencia de enemigos naturales nativos de la plaga para establecer un plan de crianza de mediante el estudio en condiciones controladas. Se justifica la aplicación de esta solución puesto que puede sustituir las aplicaciones de insecticidas que usa el municipio las cuales provocan la pérdida de biodiversidad entomológica y problemas de bioacumulación. Se delimitaron zonas de estudios en las que se utilizaron claves morfológicas para la identificación de las especies, los enemigos naturales se identificaron evaluando su comportamiento *in situ*, para la crianza se usaron contenedores plásticos y papa como alimento para las cochinillas, se buscó analizar la efectividad de los enemigos naturales en estructuras con mallas de tela, finalmente se realizó el diseño de una instalación de crianza para el controlador biológico. Se reportó la presencia las cochinillas algodonosas *Crypticerya multicatrices*, *Icerya purchasi*, *Crypticerya genistae* *Orthezia* sp. y *Planococcus* sp. Por su parte *Scymnobius ecuadoricus* y *Anovia punica* se reportaron como enemigos naturales de *Orthezia* sp. y *C. multicatrices*. respectivamente. Se logró identificar la presencia del 55% de enemigos naturales en el área estudiada, pero su crianza se vio limitada por la falta de control en variables como la temperatura, humedad o luz. Se recomienda probar con otro tipo de plantas para establecer colonias de cochinillas que permitan el correcto análisis de depredación y una crianza efectiva del controlador.

Palabras Clave: Cochinillas algodonosas, enemigo natural, control biológico, *Anovia punica*, *Scymnobius ecuadoricus*

ABSTRACT

*The cottony mealybugs are insects that feed on plant sap, causing infestation problems associated with changes in temperature, inefficient management of green areas and low plant diversity. In this project, the presence of native natural enemies of the pest is sought to establish a rearing plan by means of a study under controlled conditions. The application of this solution is justified since it can replace the insecticide applications used by the municipality, which cause the loss of entomological biodiversity and bioaccumulation problems. Study areas were delimited in which morphological keys were used to identify the species, natural enemies were identified by evaluating their behavior in situ, plastic containers and potatoes were used as food for the mealybugs for rearing, the effectiveness of the natural enemies was analyzed in structures with fabric mesh, and finally the design of a rearing facility for the biological controller was carried out. The presence of cotton mealybugs *Crypticerya multicatrices*, *Icerya purchasi*, *Crypticerya genistae*, *Orthezia* sp. and *Planococcus* sp. was reported, while *Scymnobius ecuadoricus* and *Anovia punica* were reported as natural enemies of *Orthezia* sp. and *C. multicatrices*. respectively. It was possible to identify the presence of 55% of natural enemies in the area studied, but their breeding was limited by the lack of control of variables such as temperature, humidity, and light cycles. It is recommended to try other types of plants to establish mealybug colonies that allow the correct analysis of predation and effective rearing of the controller.*

Keywords: Mealybugs, natural enemy, biological control, Anovia punica, Scymnobius ecuadoricus

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
CAPÍTULO 1	9
1. Introducción	9
1.1 Descripción del problema	10
1.2 Justificación del problema.....	12
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo General	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 Marco teórico	13
1.4.1 Control Biológico y su clasificación	13
1.4.2 Características de las cochinillas algodonosas	15
CAPÍTULO 2.....	17
2. Metodología	17
2.1 Prototipo del programa de control biológico.....	17
2.2 Delimitación del área de estudio.....	18
2.3 Identificación de las cochinillas algodonosas.....	19
2.4 Identificación de enemigos naturales.....	21

2.5	Evaluación para la crianza de los controladores biológicos.....	23
2.6	Cría de las cochinillas algodonosas.....	23
2.8	Análisis de la depredación y parasitismo del enemigo natural	26
2.9	Prototipo de instalación de crianza	27
CAPÍTULO 3.....		28
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	28
3.1	Cochinillas algodonosas reportadas	28
3.2	Reporte de enemigos naturales.....	33
3.3	Distribución de los enemigos naturales	36
3.4	Análisis del método de crianza aplicado para las cochinillas algodonosas...	37
3.5	Análisis de la depredación del enemigo natural.....	39
3.6	Diseño de instalación de crianza	41
CAPÍTULO 4.....		43
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	43
4.1	Conclusiones	43
4.2	Recomendaciones	44
BIBLIOGRAFÍA.....		46

ABREVIATURAS

DDT	Dicloro difenil tricloroetano
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ODS	Objetivos del Desarrollo Sostenible

SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
m	Metro
°C	Grado Celcius

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Pasos clave para realizar un programa de control biológico.....	17
Figura 2.2 Zona de estudio 1.....	18
Figura 2.3 Zona de estudio 2.....	19
Figura 2.4 Nivel de infestación estimado para la toma de muestras en la planta de croto.....	20
Figura 2.5 Nivel de infestación estimado para la toma de muestras en la planta de mango.....	20
Figura 2.6 Modelo de aspirador entomológico usado en la captura de insectos.	22
Figura 2.7 Contenedor de crianza 1 con 15x6 cm.	23
Figura 2.8 Contenedor de crianza 2 con 40x10 cm.	24
Figura 2.9 Estructura con manga y paredes de tela usado para la crianza del enemigo natural.....	25
Figura 2.10 Papas con cochinillas de alimento para los enemigos naturales.....	25
Figura 2.11 Momia de cochinilla <i>Planococcus ficus</i> tras ser parasitada por la avispa <i>Anagyrus sp.</i>	26
Figura 3.1 Hembra adulta de <i>C. multicatrices</i>	28
Figura 3.2 Hembra adulta de <i>I. purchasi</i>	29
Figura 3.3 <i>I. purchasi</i> en estado de ninfa.....	29
Figura 3.4 Hembra adulta de <i>C. genistae</i>	30
Figura 3.5 Hembra adulta del género <i>Orthezia sp.</i>	30
Figura 3.6 Macho adulto del género <i>Orthezia sp.</i>	31
Figura 3.7 Incidencia de cochinillas en la Zona 1.	32
Figura 3.8 Incidencia de cochinillas en la Zona 2.	32
Figura 3.9 Adulto de <i>S. ecuadoricus</i>	34
Figura 3.10 Larva del coleóptero <i>S. ecuadoricus</i>	34
Figura 3.11 Estadios de los especímenes de <i>A. punica</i> encontrados.....	35
Figura 3.12 Presencia de <i>S. ecuadoricus</i> en la zona de muestreo #1.	36
Figura 3.13 Presencia de <i>A. punica</i> en la zona de muestreo #2.....	37

Figura 3.14 Adaptación y alimentación de <i>Orthezia</i> empleando papas.	37
Figura 3.15 Crianza de <i>Orthezia</i> sp. en mallas de tela.	38
Figura 3.16 Crianza masiva de cochinillas en brotes de papa.	38
Figura 3.17 <i>C. multicatrices</i> junto a pupas y un adulto de <i>A. punica</i>	39
Figura 3.18 <i>S. ecuadoricus</i> depredando de <i>Orthezia</i> en diferentes estadios de vida.	40
Figura 3.19 <i>A. punica</i> depredando larvas y adultos de <i>C. multicatrices</i>	41
Figura 3.20 Modelo de instalación de crianza del enemigo natural.	42

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Las escamas forman un grupo de alrededor de 7.500 especies de insectos perteneciente al orden hemíptera de la superfamilia Coccoidea, dentro de esta superfamilia las especies pertenecientes a la familia Monophlebidae son comúnmente denominadas como cochinillas verdaderas; Se destaca la presencia de otras familias como Ortheziidae, Diaspididae y Acleridae (Prot, 2019). Las cochinillas son insectos fitófagos succionadores, es decir de hábitos herbívoros que se alimentan particularmente del parénquima o floema de las plantas (Entwistle & Longworth, 1963). Estas especies se encuentran distribuidas a nivel global pero con una mayor presencia en las zonas tropicales y subtropicales convirtiéndose en una plaga de importancia económica que puede infestar cultivos de plantas frutales, vegetales y ornamentales (Decuyper et al., 2020).

Como consecuencia de la estación seca y el uso constante de insecticidas que implementa el municipio de Guayaquil para tratar la plaga de las cochinillas, las poblaciones de estos insectos han aumentado en las áreas verdes urbanas (El Universo, 2021a; Inga, 2021), representando un alto riesgo para las principales especies de plantas ubicadas en la ciudad como las palmas, los samanes y árboles frutales como el mango. Existen registros de especies de cochinillas reportadas en Colombia como la *Crypticerya multicatrices*, que cuenta con un rango de aproximadamente 147 especies de plantas hospederas, incluyendo familias de importancia como la Arecaceae, Anacardiaceae, Fabaceae (Cotes, 2018). La presencia de las cochinillas genera gastos económicos a la ciudad al destruir por completo el follaje de los árboles y arbustos hospederos, provocando que las autoridades realicen trabajos de replantación, fumigación o poda intensiva.

El presente proyecto busca generar una línea base para el desarrollo de futuros programas de control biológico aumentativo que se podrán aplicar a los sitios más perjudicados por las infestaciones de la plaga dentro de la ciudad de Guayaquil o toda la zona costera del País. Para ello, se estudió el entorno y áreas afectadas

con el fin de identificar las distintas especies de cochinillas presentes y los posibles enemigos naturales nativos presentes en la ciudad. La aplicación de planes de control biológico traerá consigo beneficios a nivel ambiental evitando la aplicación excesiva de plaguicidas que pueda perjudicar el ecosistema a través de los rastros de compuestos químicos asociados a estos.

1.1 Descripción del problema

Se conoce que como resultado del calentamiento global actualmente las cochinillas están ampliando su rango de distribución al mantenerse en invernaderos o balcones que sirven de hospederos para que las especies puedan establecerse en áreas más templadas (Michl et al., 2020). La cochinilla rosada del hibisco *Maconellicoccus hirsutus* representa un ejemplo de cómo las especies de cochinillas se pueden dispersar a partir de su centro de origen, esta especie originaria de la India se ha introducido accidentalmente a otras partes del mundo como Norte América, el Caribe y África, en Europa se encontró por primera vez en Chipre en el año 2011.

Tras su reporte en varios países ha causado pérdidas económicas sustanciales, en los Estados Unidos se estima que sin el control de la plaga, ésta puede causar pérdidas anuales de 163 millones de dólares solo en el estado de Florida (Milonas & Partsinevelos, 2017). Para ejemplificar las pérdidas económicas causadas por las cochinillas algodonosas, en un estudio realizado por Kansime et al., (2020) en Kenia, se logró cuantificar las pérdidas de cultivos y los impactos económicos relacionados con la cochinilla *Paracoccus marginatus*, a través de una consulta a 404 casas de agricultores determinó que el insecto representaba un total de \$3.000 de pérdidas por hectáreas y \$29 millones a nivel nacional.

Las cochinillas causan daños foliares como necrosis, decoloraciones y finalmente defoliaciones totales en las plantas huéspedes, esto debido a su hábito succionador y a las toxinas que expulsan a través de sus aparatos bucales mientras se alimentan; La deformación asociada la toxina se debe a la extracción de calcio ligada a la degradación de pectina por las pectina

esterasas salivales (Subramanian et al., 2021). Este tipo de insecto se puede alimentar de todas las partes de las plantas, como las ramas, yemas axilares, brotes tiernos y frutas en ciertos casos (Khan, 2021).

Las cochinillas de la familia Pseudococcidae se caracterizan por estar relacionadas a la transmisión de virus, convirtiéndolas en vectores virales de importancia agrícola, por ejemplo, la transmisión de virus por parte de la especie *Phenacoccus aceris* está dificultando la producción en las plantaciones de vid, relacionadas a la producción de vino en Alemania, por otro lado en el sur de Europa, la transmisión se da por diferentes especies de pseudococcidos (Michl et al., 2020). Las cochinillas se han convertido en vectores importantes de virus Fito patogénicos en el Ecuador, por ejemplo, las plantaciones de banano se ven afectadas por la transmisión del virus rayado del Banano (BSV), el cual es un agente que logra transmitirse a través de las especies *Saccharicoccus sacchari* y *Planococcus citri* (Mocha-Cuenca, 2020).

Las cochinillas pueden presentar disminución en la capacidad fotosintética de las plantas al asociarse con hongos del género *Capnodium* que se esparcen en forma de hollín en las hojas limitando la proporción de luz captada, el insecto riega las hifas fúngicas con una mielecilla o melaza dulce que excretan para protegerse de los depredadores (Gavrilov-Zimin, 2017).

Las malas prácticas municipales relacionadas al cuidado del arbolado de la ciudad de Guayaquil, provocó que el pasado 3 de agosto del año 2021 el municipio declarase urgente el realizar acciones para conservar el ornato , formado mesas de trabajo con las municipalidades de los cantones de Samborondón y Daule (El Universo, 2021b). Durante los últimos meses, varias zonas de la ciudad se han visto afectadas por infestaciones de cochinillas, este hecho se focaliza en vías principales como la avenida Francisco de Orellana y Agustín Freire, así como en barrios del norte como la Alborada y Sauces. En la nota realizada por el diario El Universo, se indica que las autoridades tienen previsto plantar 4.000 nuevos árboles en la ciudad, lo que representa un gasto económico adicional con respecto al

presupuesto de Guayaquil, en la nota informativa se menciona además que la Alcaldesa Cynthia Viteri planeaba intensificar las fumigaciones en la ciudad (El Universo, 2021a).

1.2 Justificación del problema

La justificación sobre el uso de controladores biológicos en este trabajo responde al aumento en las aplicaciones de plaguicidas o insecticidas químicos que usan para el control de la plaga de cochinillas algodonosas en la ciudad de Guayaquil. El uso de estos insecticidas se contrapone con las tendencias sustentables relacionadas a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). El ODS número 15 que gestiona la vida de ecosistema terrestres se ve vulnerado por el uso desmedido de insecticidas, que tiende a generar mortalidad no solo de la especie objetivo, sino también de todo el conjunto de especie que habita el ecosistema urbano, eliminando de esta manera insectos que puedan resultar benéficos para el área (Casar et al., 2018). Por tanto, haciendo uso de controladores biológicos específicos se puede buscar la disminución y limitación en el uso de plaguicidas mientras se evita la reducción poblacional de otras especies no objetivo e importantes, aportando de esta manera a los esfuerzos de conservación y biodiversidad.

A lo largo de la historia los insecticidas han sido ampliamente usados por el hombre, compuestos como el DDT se presentó como el pionero usado para tratar plagas de malaria (Cohn et al., 2015), sin embargo, al igual que muchas sustancias que comparte características biocidas, poseen grados de toxicidad, persistencia y bioacumulación que resultar perjudiciales al estar relacionados con episodios de pandemias carcinogénicas cuando el plaguicida entra en contacto con las poblaciones humanas, sea a través del contacto directo, la inhalación o la alimentación (de Fernícola, 1985). Por tanto, el potencial peligro asociado al aumento de las fumigaciones en la ciudad de Guayaquil, puede evitarse usando depredadores naturales contra las distintas especies de cochinillas.

El uso de controladores biológicos no solo puede traer beneficios ambientales y de conservación, en muchas ocasiones este tipo de métodos pueden traer además beneficios económicos implícitos asociados a una mayor productividad o permanencia de los cultivos cuando se contrarresta las infestaciones de cochinillas (Pardo, 2010). Por ejemplo, en la localidad de Tamil Nadu, India se aplicaron avispas parasitoides importadas de Puerto Rico en un proceso de control biológico clásico contra la cochinilla de la papaya, resultando en un caso efectivo que permitió definir que la aplicación del programa otorgaba beneficios económicos que oscilaban entre \$121 millones y \$309 millones anualmente (Myrick et al., 2014).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un plan de crianza de controladores biológicos de las cochinillas algodonosas mediante su estudio en condiciones controladas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar las especies de cochinillas presentes en Guayaquil mediante el uso de claves taxonómicas.
- Determinar la presencia de especies nativas de insectos que depreden o parasiten a las cochinillas algodonosas para su evaluación como potencial controlador biológico.
- Evaluar métodos de crianza del controlador biológico mediante la alimentación a base de cochinillas.
- Establecer el mejor modelo para la instalación de cría de insectos para su aplicación en los enemigos naturales.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Control Biológico y su clasificación

El control biológico se define como la supresión de la población de un insecto plaga por uno o más organismos que son reconocidos como enemigos naturales, estos organismos se pueden diferenciar como

depredadores, competidores, parasitoides y entomopatógenos incluyendo a los virus, bacterias y hongos (Fischbein, 2012; Mills, 2014). Una plaga se define como un organismo que provoca perjuicios sobre los recursos humanos a través de la reducción de su biodisponibilidad o daños en este (A. Hajek & Eilenberg, 2018).

Se reconoce además la existencia de otros enfoques biológicos que no implican directamente relaciones entre los insectos plaga, los enemigos naturales y los cultivos como lo son los reguladores de crecimiento de insectos, resistencia transgénica de plantas o técnicas de interrupción hormonales (Mills, 2014).

Los organismos que representan una mayor efectividad al momento de ser aplicados como enemigos naturales en el control biológico se diferencian por poseer las siguientes características: 1. Especificidad con la plaga, es decir que el controlador biológico no interfiera con las poblaciones de especies no objetivo; 2. Simultaneidad en los ciclos de vida, refiriéndose al tiempo en completar sus estadios; 3. Mayor capacidad reproductiva en referencia al crecimiento poblacional de la plaga; 4. Supervivencia en caso de poca disponibilidad de la plaga; 5. Eficacia de depredación cuando la plaga presenta bajas poblaciones; y 6. Las poblaciones del controlador se limitan cuando el tamaño de las mismas se vuelve insostenible en el ecosistema (Bale et al., 2008).

Se reconocen tres tipos principales de controles biológicos:

1. Clásico, el cual se define como la introducción o importación de un enemigo natural en un ambiente buscando su establecimiento y sostenibilidad de su población en el tiempo, este tipo de control biológico resulta efectivo cuando se tienen una plaga invasiva que no ha tenido la oportunidad de coevolucionar junto a un enemigo natural nativo.
2. Aumentativo, que tiene como meta incrementar la densidad poblacional de los enemigos naturales que se encuentran presentes en el ecosistema

afectado, pero que debido a su baja densidad poblacional no puede realizar una supresión sobre las poblaciones de la plaga de manera efectiva. Este tipo de control biológico puede realizar liberaciones del enemigo natural de manera inundativa, en el que una gran población de controladores es liberada con el fin de producir una reducción aguda y rápida de la plaga, por otro lado, se toma en cuenta la liberación inoculativa, que se caracteriza por poseer intervalos y realizar una liberación con un número moderado de enemigos naturales.

3. Conservativo, que busca identificar los factores que limitan el crecimiento poblacional de enemigos naturales nativos con el fin de aplicar acciones que busquen eliminar la acción negativa de estos factores sobre las densidades poblacionales del controlador, se reconoce finalmente la importancia de aplicar estos tres métodos de manera conjunta en caso de ser necesario (Fischbein, 2012).

1.4.2 Características de las cochinillas algodonosas

Las cochinillas harinosas o algodonosas reciben su nombre común debido a una capa de cera blanquecina que recubre la parte superior de su cuerpo, este recubrimiento ceroso se da en todos los estadios de vida de las hembras (Arunkumar et al., 2018). La estructura general del cuerpo de las cochinillas se distingue fácilmente por su forma oval y blanda, con un tamaño variable dependiendo de la especie (Saavedra, 2020). Estos insectos presentan dimorfismo sexual, lo que implica que la morfología del macho es distinta a la de las hembras, cuando alcanzan la adultez y madurez reproductiva sufren una metamorfosis en la que pasan por un estadio de pupa, que cambia su forma asemejándole a dípteros como los zancudos presentando un par de alas y antenas visibles (Saavedra, 2020). Los machos durante su etapa adulta no consumen alimentos, en este estadio de vida se dedican únicamente a la copula y reproducción como objetivo, pero en los dos primeros estadios de vida si consumen la savia de las plantas, al igual que las hembras de la especie (Hernández et al., 2020). Se ha observado que algunas especies son partenogénicas, es decir su

reproducción se puede dar de manera asexual. Las hembras presentan un saco algodonoso que se desarrolla en la etapa adulta y se encuentra sujeto a su abdomen, pudiendo producir alrededor de 400 huevos, las crías permanecerán en estos sacos posteriormente a la eclosión durante un par de días antes de buscar alimento, completándose el proceso reproductivo (Palma-Jiménez et al., 2019).

Estos insectos se caracterizan por vivir agrupados como mecanismo de defensa contra enemigos naturales, además también presenta relaciones interespecíficas con otros ordenes de insectos como las hormigas (Pérez-Rodríguez et al., 2021), por ejemplo, se conoce que la cochinilla *Dysmicoccus brevipes* comparten una relación simbiótica con las hormigas pertenecientes a los géneros *Pheidole* y *Solenopsis* (Monge, 2018).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Prototipo del programa de control biológico

Hajek, (2012) sintetiza los seis pasos que se pueden tomar para implementar un programa de control biológico de acuerdo con el flujograma de la Figura 2.1.

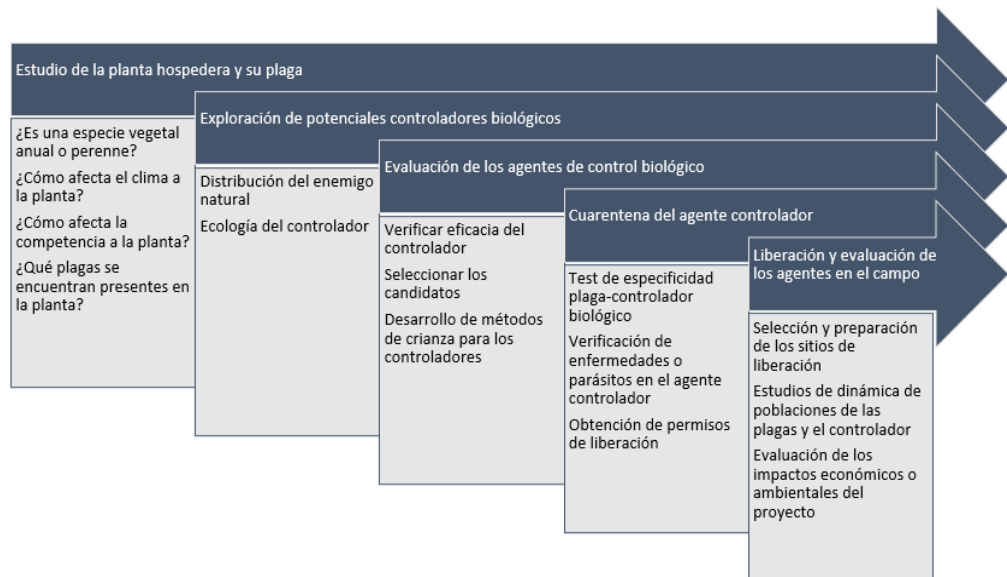


Figura 2.1 Pasos clave para realizar un programa de control biológico.

Fuente: Hajek (2012).

En el presente estudio se delimitará el avance hasta la cría del enemigo natural, sin tener en cuenta la verificación de organismos patógenos en el controlador biológico o la posterior liberación en campo de los enemigos naturales.

2.2 Delimitación del área de estudio

Las cochinillas y sus potenciales controladores biológicos fueron recolectados en dos zonas de estudio. La primera zona de estudio se encuentra ubicada en el Campus Gustavo Galindo Velasco de la ESPOL y se tomaron en cuenta tres puntos de muestreo tal como se muestran numerados en la Figura 2.2, con coordenadas para el primer punto $2^{\circ}09'06.0''\text{S}$ $79^{\circ}57'23.7''\text{W}$.



Figura 2.2 Zona de estudio 1.

Fuente: Delgado (2021).

La segunda zona de estudio está ubicada en los parques comunales del sector de la Alborada, al norte de la Ciudad, tomando en consideración ocho puntos de muestreo como se muestran numerados en la Figura 2.3, con coordenadas para el primer punto $2^{\circ}08'16.2''\text{S}$ $79^{\circ}54'33.4''\text{W}$.



Figura 2.3 Zona de estudio 2.

Fuente: Delgado (2021).

Los puntos de muestreo se escogieron acorde a la presencia de árboles de alta copa como el saman (*Samanea saman*) y especies arbustivas. Por cada punto de muestreo se tomaron diez muestras.

2.3 Identificación de las cochinillas algodonosas

Para la recolección de las cochinillas se tomaron muestras de ramas y hojas de plantas que posean signos de infestación notorios como se muestra en la Figura 2.4 y la Figura 2.5.



Figura 2.4 Nivel de infestación estimado para la toma de muestras en la planta de croto.

Fuente: Delgado (2021).



Figura 2.5 Nivel de infestación estimado para la toma de muestras en la planta de mango.

Fuente: Delgado (2021).

En el caso de las hojas, estas se extrajeron realizando un corte desde la punta hasta su peciolo mientras que para las ramas se emplearon medidas

de 25 cm de largo. Se usaron tijeras de podar y bolsas plásticas ziploc para el transporte de la muestra. Estas fueron rotuladas ubicando la fecha, zona de estudio y punto de muestreo correspondiente.

Las cochinillas hembras recolectadas del campo fueron separadas del material vegetal de manera individual haciendo uso de pinceles de seda remojados con agua destilada y pinzas entomológicas de disección, posteriormente se ubicaron en tubos de ensayo con alcohol al 70% para su conservación previo a la identificación taxonómica. Las muestras fueron tomadas de plantas de la familia Fabaceae y Arecaceae, además de especies puntuales como los crotos verdes (*Codiaeum variegatum*), polinesia (*Cordyline fruticosa*), mango (*Mangifera indica*) y coralillo (*Duranta erecta*).

Para su identificación, las cochinillas fueron montadas utilizando el método aplicado por Moreno (2011) y observadas en el estereoscopio donde se llevaron a cabo comparaciones en las estructuras morfológicas de los adultos hembra desde su vista ventral y dorsal, se utilizaron las claves taxonómicas de identificación macroscópica expuestas por García y colaboradores (2016).

2.4 Identificación de enemigos naturales

Para la identificación de los potenciales enemigos naturales se realizaron observaciones aletatorias en los árboles infestados por las cochinillas algodonosas buscando determinar la presencia de organismos que tengan hábitos de depredación o parasitismo.

La recolección de muestras para organismos de hábitos depredatorios se dio en las ramas y hojas de la planta, dividiéndola en tres sitios, la parte superior, la parte media y la parte inferior (Silva-Gómez et al., 2017).

La captura de los potenciales enemigos naturales se realizó a través de pinceles de seda y aspiradores entomológicos (Figura 2.6) para insectos

voladores, posteriormente los insectos fueron colocados en frascos de vidrio con la respectiva rotulación del sitio de muestreo y su fecha.



Figura 2.6 Modelo de aspirador entomológico usado en la captura de insectos.

Fuente: Delgado (2021).

Para determinar la presencia de posibles enemigos naturales que posean hábitos parasitoides se aplicó la metodología aplicada por Chen y colaboradores (2021). Se recolectaron muestras de hojas con presencia de cochinillas, estas se mantuvieron en contenedores plásticos con tela para permitir el paso del aire. En caso de presentarse la eclosión de los parasitoides desde el cuerpo de las cochinillas, se ubicaron cuatro bolas de algodón de 2 cm de radio remojadas en agua con azúcar, con el fin de que puedan servir de alimento para los potenciales parasitoides recién surgidos.

Para la identificación taxonómica los organismos recolectados, se sacrificó a los insectos utilizando frascos de vidrio y ubicando 5 ml de acetato de etilo. Posteriormente se realizaron comparaciones taxonómicas apoyado por microscopía, para la identificación de la familia se utilizaron las claves taxómicas señaladas por Triplehorn & Johnson (2005), a partir de la identificación de la familia se usaron guías de identificación particulares con el fin de reportar el género o la especie del organismo estudiado.

2.5 Evaluación para la crianza de los controladores biológicos

Para la crianza de los controladores se usó la metodología aplicada por Kumari y colaboradores (2021), buscando implementar una población de cochinillas como fuente de alimento a su vez para la cría de los enemigos naturales.

2.6 Cría de las cochinillas algodonosas

Las cochinillas recolectadas del campo fueron llevadas a cámaras de crianza, usando contenedores plásticos con una malla de tela para permitir la ventilación. Con el fin de evaluar la mejor dimensión se usaron contenedores de 15x6 cm y 40x10 cm tal como se observa en la Figura 2.7 y la Figura 2.8 respectivamente. Se colocaron las especies de cochinillas en todos sus estadios incluyendo las hembras que presentaban ovisacos en un total de cinco contenedores por cada tamaño.



Figura 2.7 Contenedor de crianza 1 con 15x6 cm.

Fuente: Delgado (2021).



Figura 2.8 Contenedor de crianza 2 con 40x10 cm.

Fuente: Delgado (2021).

Para la alimentación de las cochinillas se considero el uso de papas (*Solanum tuberosum*) de la variedad conocida comunmente como “papa chola”. Previo a la ubicación de las papas en los contenedores plásticos se utilizó la metodología de limpieza aplicada por Mani & Shivaraju (2016), las papas fueron lavadas utilizando un cepillo de cerdas suaves usando agua, posteriormente se remojaron en una solución de lejía domestica durante 10 minutos, finalmente se vuelve a enjuagar con agua y se deja secar completamente al aire libre. La temperatura del laboratorio se mantuvo 27 ± 1 °C y un periodo de luz y oscuridad de 12/12.

2.7 Cría del controlador biológico

Para la cría de los enemigos naturales se usaron estructuras cubiertas de malla de tela para permitir la ventilación (Figura 2.9). Las cajas poseen una manga que permite el ingreso de los controladores biológicos evitando la salida accidental de las cochinillas manteniendo controlada su posible salida del área del experimento.



Figura 2.9 Estructura con manga y paredes de tela usado para la crianza del enemigo natural.

Fuente: Delgado (2021).

Estas estructuras se mantuvieron en el Laboratorio de botánica y entomología de la Facultad de Ciencias de la Vida con un periodo de luz y oscuridad de 12/12 y temperatura promedio de 27 ± 2 °C. Además, en cada caja se ubicaron cinco papas previamente infestadas con cochinillas con el fin de que puedan servir de alimento para los enemigos naturales (Figura 2.10).



Figura 2.10 Papas con cochinillas de alimento para los enemigos naturales.

Fuente: Delgado (2021).

Las larvas y adultos previamente identificados fueron ubicados en las cámaras de crianza. Para el caso de insectos como las avispas parasitoides se ubicarán únicamente los adultos en las cajas de crianza. Se ubicaron un total de al menos 22 adultos por cada caja pudiendo ubicar más en caso que su captura en campo aumente, para los insectos de estadia larvaria incluida se ubicaron al menos 10 larvas por caja, en total se tomaron en cuenta 4 cajas para la evaluación.

2.8 Análisis de la depredación y parasitismo del enemigo natural

Para el análisis de la depredación de los controladores biológicos se llevaron a cabo observaciones de las cochinillas y sus depredadores presentes en las papas cada dos días. Se buscó determinar comportamiento de depredación de los enemigos naturales asociados apoyado por el microscopio estereoscopio y se realizaron anotaciones del estadio de vida tanto del enemigo natural y de las cochinillas mientras eran depredadas.

Para el análisis de parasitismo se buscó determinar la presencia de momias de cochinillas que posean la forma representada en la Figura 2.11. Las momias corresponden a las estructuras huecas que dejan los cuerpos de las cochinillas tras ser parasitadas. Para mejora la identificación de estas estructuras se utilizó el estereoscopio. Se contabilizó el número de momias presentes por cada caja.



Figura 2.11 Momia de cochinilla *Planococcus ficus* tras ser parasitada por la avispa *Anagyrus sp.*

Fuente: Bentley & Coviello (2012).

2.9 Prototipo de instalación de crianza

Se realizó la búsqueda del mejor modelo para la implementación de una instalación de crianza de insectos a través de la revisión bibliográfica, posteriormente se realizó el diseño 3D de la instalación en el programa Sketchup Pro-2021.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Cochinillas algodonosas reportadas

Se logró identificar cinco especies de cochinillas algodonosas en la zona de estudio, reportando las especies *C. multicastrices*, *Icerya purchasi* y *Crypticerya genistae*, además de especies del género *Orthezia* sp. y *Planoccocus* sp.

La morfología de la especie *C. multicastrices* se muestra en la Figura 3.1, en esta se observó las características diferenciadoras de la especie como un mechón caudal largo de hasta 20,5 mm cubierto de cera junto a un penacho cefálico de menor tamaño, un ovisaco alargado con su extremo distal estrecho, a menudo curvado hacia arriba con una apariencia estriada definida por 14 o 15 surcos longitudinales.



Figura 3.1 Hembra adulta de *C. multicastrices*.

Fuente: Delgado (2021).

El registro de *I. purchasi* se muestra en la Figura 3.2 en la que se identificaron las características diferenciadoras de la especie tales como un ovisaco de cera con una serie de crestas uniformes, con el extremo posterior del cuerpo frontal a la superficie de la planta y un tamaño de hasta 10mm de largo para las hembras adultas, incluyendo la presencia de vellosidades a los costados del cuerpo.

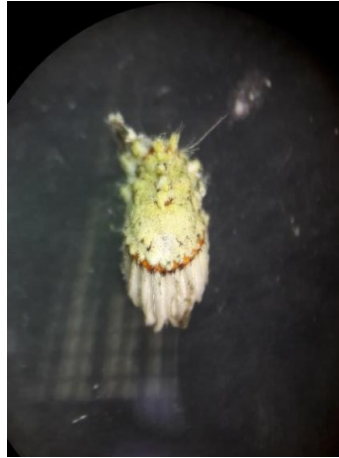


Figura 3.2 Hembra adulta de *I. purchasi*.

Fuente: Delgado (2021).

Además, se identificaron las características de la ninfa presentada en la Figura 3.3, entre las que se destacan el color marrón naranja y la presencia de vellosidades de cera transparentes.



Figura 3.3 *I. purchasi* en estado de ninfa.

Fuente: Delgado (2021).

Para la especie *C. genistae* se identificaron las características del ovisaco de la hembra adulta, este posee una forma elongada (13-20 mm) formado por estrías al igual que *I. purchasi*, pero difiriendo de esta por el tamaño del ovisaco, el registro de esta especie se muestra en la Figura 3.4.



Figura 3.4 Hembra adulta de *C. genistae*.

Fuente: Delgado (2021).

Se identificó la presencia de cochinillas del género *Orthezia*, tal como se muestra en la Figura 3.5 que muestra una hembra adulta con su ovisaco desarrollado. Se registraron características diferenciadoras de la especie como la forma oval, un ovisaco de hasta 8 mm de longitud con un borde extremo rectangular.



Figura 3.5 Hembra adulta del género *Orthezia* sp.

Fuente: Delgado (2021).

Asimismo, en la Figura 3.6 se muestra un macho adulto en copula con una hembra. El macho posee características propias del género como los tonos azul grisáceos del cuerpo, patas bien desarrolladas y cerdas apicales cerosas.



Figura 3.6 Macho adulto del género *Orthezia* sp.

Fuente: Delgado (2021).

A continuación, muestra la incidencia de las especies que se lograron reportar para las zonas 1 y 2 respectivamente, logrando anotar su presencia por cada muestra recolectada en los puntos de muestreo señalados en la Figura 2.2 y en la Figura 2.3.

Para la Figura 3.7 se reportó que la especie con mayor incidencia de cochinillas se da por parte de las especies del género *Orthezia* sp, teniendo una presencia máxima en siete sobre las 10 recolecciones que se hicieron en el punto de muestreo #2, seguido de las especies del género *Planococcus* sp, con una presencia máxima de tres.

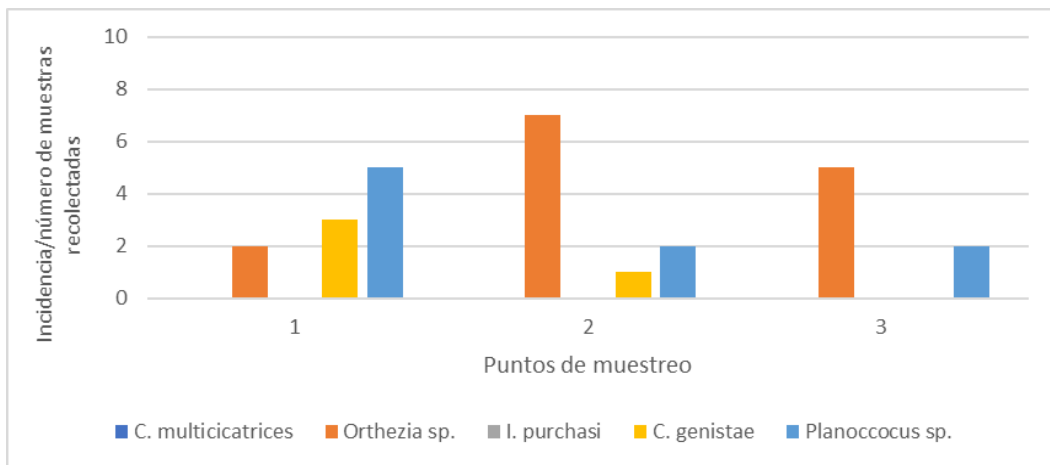


Figura 3.7 Incidencia de cochinillas en la Zona 1.

Fuente: Delgado (2021).

Para la Figura 3.8, se observa una clara predominancia de la especie *C. multicastrices*, teniendo una incidencia máxima total para 2 puntos de muestreo, seguida de esta se reportó la importante frecuencia de la especie *I. purchasi* alcanzando una presencia máxima de 6 para el punto de muestreo #3, para esta zona no se logró reportar la presencia de cochinillas género *Planococcus sp.*

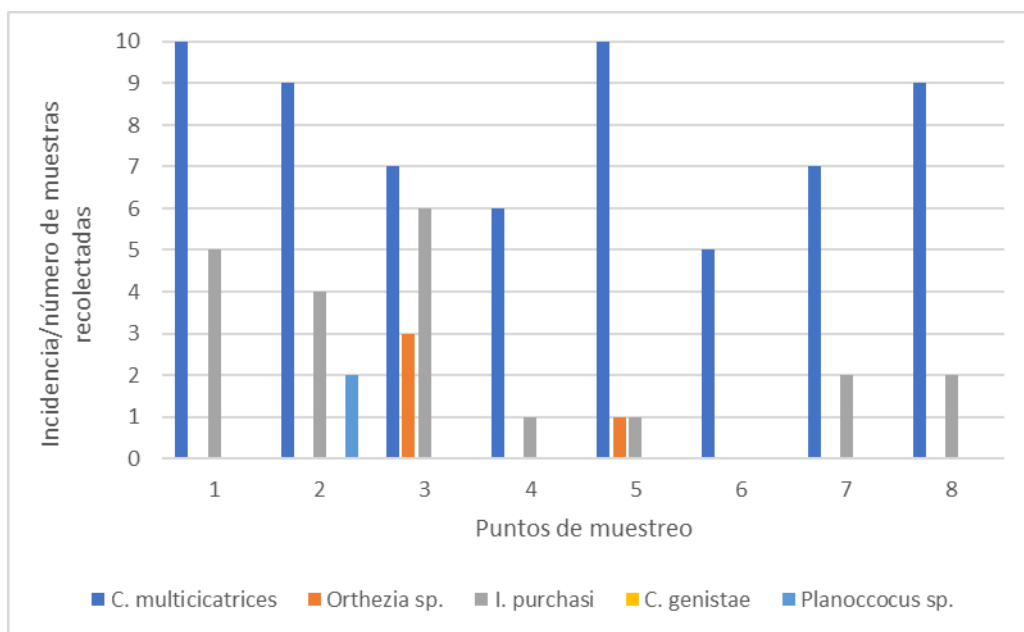


Figura 3.8 Incidencia de cochinillas en la Zona 2.

Fuente: Delgado (2021).

Comparando las Figura 3.7 y Figura 3.8 se puede destacar que las especies relacionadas al sector de la alborada presentan valores mayores de incidencia en las muestras recolectadas, con respecto a las incidencias presentadas en el campus Gustavo Galindo de ESPOL. Esto se puede asociar a la mayor diversidad vegetal que se presenta en el campus de la ESPOL al ser circundante al bosque seco protector Prosperina lo que aumenta la presencia de especies de árboles y arbustos nativos; De acuerdo con varios autores una mayor diversidad en los cultivos o plantaciones está asociada a un mejor equilibrio entre la presencia de insectos plaga y la mayor presencia de los enemigos naturales. La mayor presencia de insectos plaga en un área que no presenta diversidad vegetal se puede asociar a la concentración de recursos disponibles para la plaga (Jiménez-martínez et al., 2006).

3.2 Reporte de enemigos naturales

Se registró la presencia de dos enemigos naturales pertenecientes a la familia Coccinellidae a través de la observación de un proceso predatorio, la especie *Scymnobius ecuadoricus* y la especie *Anovia púnica* que actúan como enemigos naturales las cochinillas algodonosas del género *Orthezia* y la especie *C. multicatrices* respectivamente. La identificación de las especie *S. ecuadoricus* se realizó a través de las claves expuesta por Gonzales (2015).

La Figura 3.9 muestra el registro de la especie *S. ecuadoricus* en la que se destacaron características diferenciales del género como una longitud máxima de 1.8 mm, una cúpula opaca cubierta de pelo, la posición de la cabeza por debajo del protórax, antenas de 8 a 11 segmentos que se ensanchan en los extremos, élitros de color marrón amarillento con la parte superior negra, antenas cortas que no superan el ancho frontal y un palpo maxilar en forma triangular.

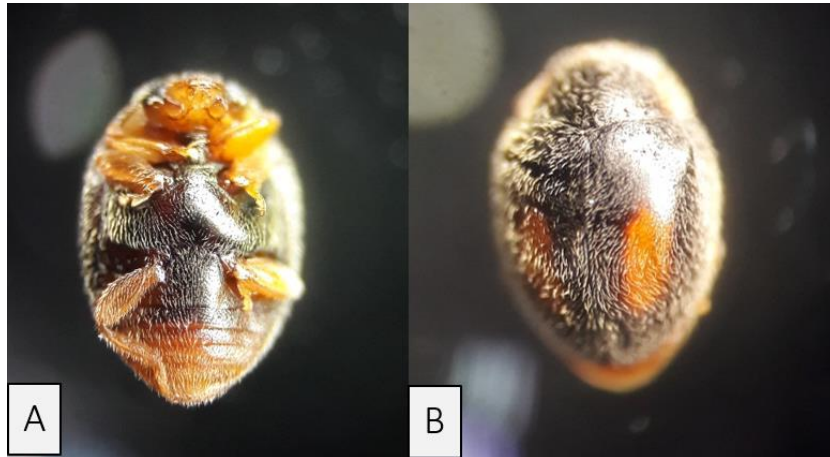


Figura 3.9 Adulto de *S. ecuadoricus*.

Nota: A: vista ventral. B: vista dorsal

Fuente: Delgado (2021).

Por otra parte, la Figura 3.10 muestra la morfología de la larva de la especie. Se logró identificar la especie gracias a la diferenciación de la larva, la cual cumplió con su posterior ciclo de pupa en el laboratorio, emergiendo el adulto previamente identificado. La larva posee las características propias de la tribu *Scymnini*, como la secreción de una cera blanca que cubre su cuerpo.



Figura 3.10 Larva del coleóptero *S. ecuadoricus*.

Fuente: Delgado (2021).

La especie *A. punica* presentó por su parte correspondencia con las claves taxonómicas expuestas por Pinchao y colaboradores (2018). En la Figura 3.11 (A y B) se presenta la especie reportada, en la que se identificaron caracteres como el cuerpo ovalado y de forma hemisférica, presentando tonos azules o marrón oscuro en el dorso debido al alto grado de polimorfismo en la especie, además de áreas rojizas o marrones en la parte ventral, con una longitud de 2.95 mm en promedio. Se logró registrar la pupa de la especie presentada en la figura 3. (C y D).

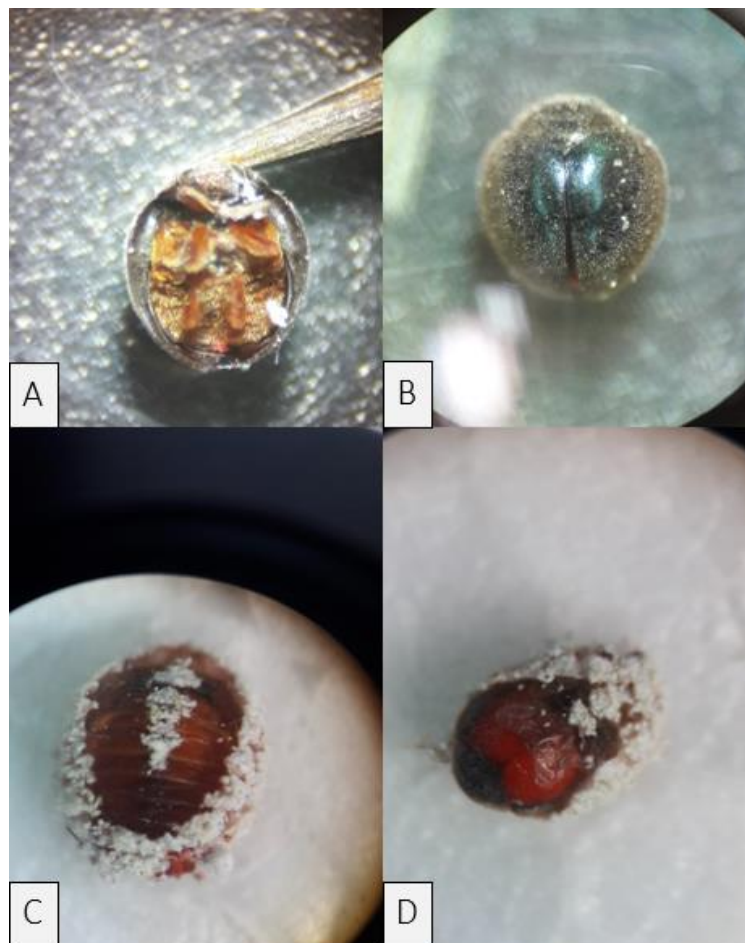


Figura 3.11 Estadios de los especímenes de *A. punica* encontrados.

Nota: A: Adulto de *A. punica* vista ventral, B: vista dorsal, C: Pupa de *A. punica*, D: Adulto a punto de emerger.
Fuente: Delgado (2021).

3.3 Distribución de los enemigos naturales

La presencia de los enemigos naturales de acuerdo con las zonas de muestreo se muestra a continuación.

En la zona de muestreo 1 se puede observar la presencia de *S. ecuadoricus* únicamente en un punto de muestreo marcado en celeste (Figura 3.12). La ausencia de *A. punica* en la zona 1 se puede explicar por la ausencia total de *C. multicastrices* en los puntos de muestreo



Figura 3.12 Presencia de *S. ecuadoricus* en la zona de muestreo #1.

Fuente: Delgado (2021).

Por otra parte, la especie *A. punica* se encontró en 5 de los 8 puntos de muestreos totales en la zona 2 (Figura 3.13), estos se muestran de color verde. La ausencia de *S. ecuadoricus* se justifica por la poca incidencia de especies del género *Orthezia* en la zona. Los enemigos naturales presentaron una incidencia del 55%, para el total de los 11 puntos de muestreo estudiados.



Figura 3.13 Presencia de *A. punica* en la zona de muestreo #2.

Fuente: Delgado (2021).

3.4 Análisis del método de crianza aplicado para las cochinillas algodonosas

Se realizó la crianza sobre las especies de cochinillas a las que se pudo asociar un enemigo natural, en la Figura 3.14 se observa la ubicación de las cochinillas del género *Orthezia* en la papa. La adaptación de *Orthezia* sp. en la papa resultó poco efectiva en ambos contenedores de distintas dimensiones, sin embargo, se logró identificar una tendencia de desplazamiento hacia los nódulos de crecimiento donde crecerían los primeros brotes de la papa.

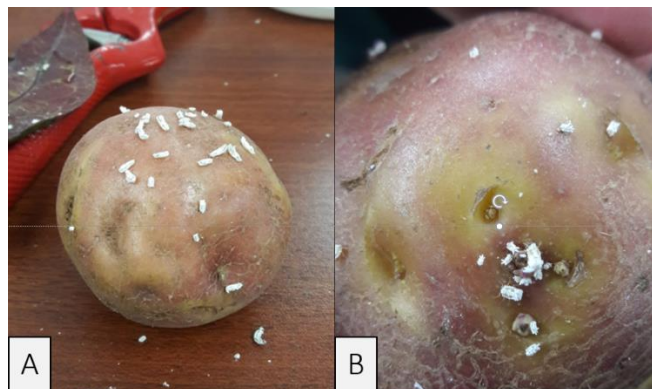


Figura 3.14 Adaptación y alimentación de *Orthezia* empleando papas.

Nota: A: *Orthezia* al inicio del experimento, B: concentración de *Orthezia* sp en nódulos de crecimiento

Fuente: Delgado (2021).

Por otra parte, en la Figura 3.15 se aprecia que la crianza no fue productiva de igual manera en las estructuras con mallas de tela, en el inferior se observa una alta concentración de cochinillas presentando poca aceptación a la papa con pequeñas agrupaciones en los nódulos.



Figura 3.15 Crianza de *Orthezia* sp. en mallas de tela.

Fuente: Delgado (2021).

En contraste, Mani & Shivaraju (2016) reportan casos de crianza efectiva de *P. citri* a través del uso de brotes de papas como se puede apreciar en la Figura 3.16, lo que podría manifestar que la especie del género *Orthezia* reportada tendría una mayor aceptación a los brotes del tubérculo al igual que otras especies de cochinillas.

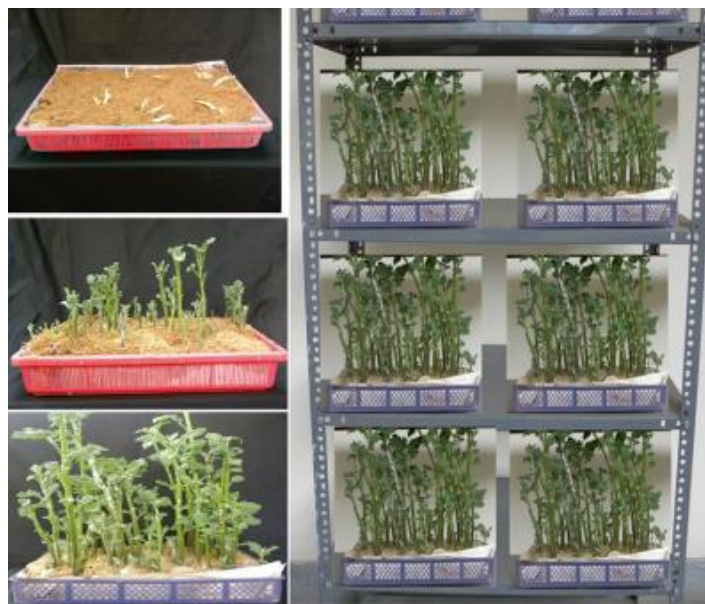


Figura 3.16 Crianza masiva de cochinillas en brotes de papa.

Fuente: Mani & Shivaraju (2016).

De igual forma la especie *C. multicastrices* no presentó una aceptación notoria ante la papa como alimento (Figura 3.17); Estos resultados que demuestran poca efectividad en la crianza pueden estar influenciados por el poco control de variables como la temperatura, la humedad o la ventilación en el área de crianza, variables que suelen tener alto control y valores definidos en métodos de crianza aplicados en estudios realizados por Mani & Shivaraju (2016) ejemplificando.



Figura 3.17 *C. multicastrices* junto a pupas y un adulto de *A. punica*.

Fuente: Delgado (2021).

3.5 Análisis de la depredación del enemigo natural

Debido a la baja efectividad en la crianza de las cochinillas no se pudo establecer una población adecuada para realizar el análisis de depredación de manera adecuada; sin embargo, se logró reportar el comportamiento predatorio para ambas especies en distintos estadios de vida (Figura 3.18).



Figura 3.18 *S. ecuadoricus* depredando de *Orthezia* en diferentes estadios de vida.

Nota: A: Larva de *S. ecuadoricus* depredando una ninfa de *Orthezia* sp. B: Larva de *S. ecuadoricus* alimentándose dentro del ovisaco de *Orthezia* sp. C: Larva de *S. ecuadoricus* retirada del ovisaco de *Orthezia* sp. para una mejor apreciación, D: larva de *S. ecuadoricus* alimentándose de una ninfa de *Orthezia* sp.
Fuente: Delgado (2021).

En la sección A se logró registrar una ninfa de *Orthezia* sp. siendo depredada por su enemigo natural identificado. Además, se pudo observar como las larvas de *S. ecuadoricus* señaladas en rojo se alimentan de los huevos dentro del ovisaco de *Orthezia* sp. como se puede observar en la imagen B; esto aumenta la importancia de la especie como controlador biológico, al poder consumir la plaga cuando esta se encuentra en distintos estadios de vida. Otros estudios han reportado la depredación de Coccinélidos sobre el ovisaco de las cochinillas (Pinchao et al., 2015).

Con respecto al coleóptero *A. punica* se reportó el hábito depredatorio presentado en la Figura 3.19 A y B, en las que se observa como la larva y el adulto de la especie son capaces de consumir ninfas de *C. multicastrices*, evidenciando como la especie es capaz de atacar distintos estadios de vida de la plaga.

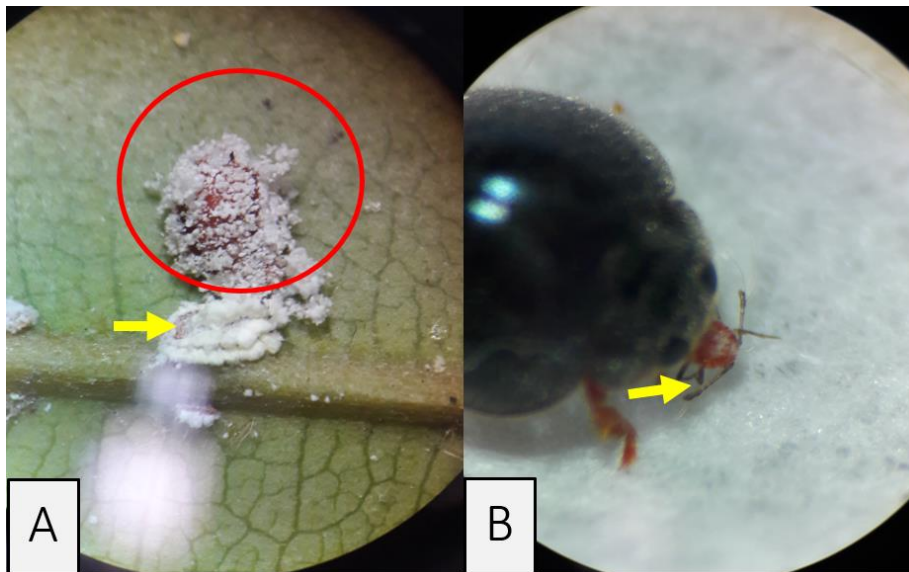


Figura 3.19 *A. punica* depredando larvas y adultos de *C. multicastrices*.

Nota: A: Larva de *A. punica* señalada en rojo alimentándose de una ninfa en estadio II de *C. multicastrices* señalada en amarillo, B: Adulto de *A. punica* alimentándose de una ninfa en estadio I de *C. multicastrices* señalada en amarillo.

Fuente: Delgado (2021).

3.6 Diseño de instalación de crianza

Se realizó un diseño de instalación de crianza apoyado modelo de nivel II de contención de artrópodos detallado por Abarca (2004). La elección de acabados y pinturas debe anticipar el impacto que pueden tener los compuestos volátiles sobre la crianza de insectos así como la identificación de puntos de humedad, para esto se puede aplicar métodos de circulación de aire o ventilación, que además ayuden evitando la pudrición de las frutas o material orgánico aplicado como alimento para los insectos (Quinlan et al., 2018).

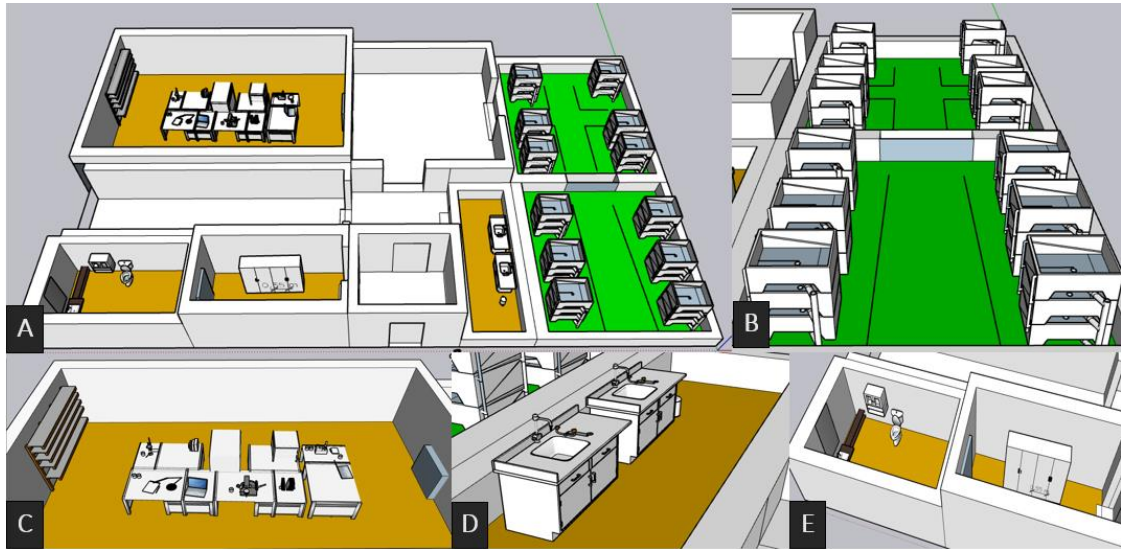


Figura 3.20 Modelo de instalación de crianza del enemigo natural.

Nota: A: Vista general de la instalación, B: Vista del cuarto de crianza, C: vista del área de microscopia, D: vista del área de lavabo, E: vista del área de bodega.

Fuente: Delgado (2021).

El modelo presentado en la Figura 3.20 presenta zonas en verde de crianza, en las que se tomara en cuenta el control de las variables de temperatura, humedad y luz, mientras que las zonas naranjas muestran áreas comunes de microscopia, área de lavabo y zona de bodega.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se logró identificar la presencia de al menos cinco especies de cochinillas algodonosas mediante el uso de claves morfológicas, este método puede resultar efectivo para casos en donde las especies tienen características morfológicas definitorias como es el caso del presente estudio. Cuando se busca determinar la especie en casos donde las diferencias se dan a nivel microscópico es necesario implementar métodos de montaje en porta objetos usando la metodología descrita en el estudio realizado por (Sandlant, 1978), además este método ofrece mayor precisión, sin embargo, el método más efectivo corresponde a los análisis molecular a través de la extracción de ADN, teniendo la ventaja de la existencia de protocolos relacionados a varias especies de cochinillas algodonosas.
- Se realizó la identificación de los enemigos naturales de *C. multicatrices* y *Orthezia* sp. La evaluación del potencial de las especies *A. punica* y *S. ecuadoricus* como controlador biológico, se vio afectada por la poca efectividad de crianza de las cochinillas que servirían de alimento en los experimentos de depredación; Pese a esto se debe considerar la presencia del 55% de estos enemigos naturales para el total de puntos muestreados como un punto importante, el cual demuestra la adaptación que poseen las especies al entorno del arbolado urbano y las condiciones climatológicas de Guayaquil.
- Al igual que la evaluación de la depredación, la crianza enemigo natural no se pudo llevar a cabo por la ineficacia en el establecimiento de la cría de las cochinillas, aunque se debe tomar en cuenta que se logró una eclosión efectiva desde el estadio pupal al estadio adulto en condiciones de laboratorio para los dos enemigos naturales identificados, como se observa en la figura 3.17 y la figura 3.11 (C y D). Por lo que, para establecer una crianza efectiva de

controladores biológicos en nuestro método, únicamente se necesitaría evaluar la reproducción de los enemigos naturales durante el experimento y establecer una población de cochinillas para alimentar a la población de enemigos naturales.

- El diseño del modelo de instalación puede cumplir con las necesidades por las cuales el proyecto presenta debilidades, como es el control de la humedad, la temperatura y los periodos de luz aplicados, esto demuestra que ciertas especies de insectos necesitan requerimientos abióticos fundamentales para su crianza en condiciones de laboratorio. El modelo presentado suple las necesidades de un laboratorio donde se analizan muestras entomológicas, al poseer un área de microscopia, donde se pueden analizar los caracteres y claves taxonómicas importantes para la identificación de las especies. Las zonas de lavabo y bodega son necesarias para llevar una higiene que evite infestaciones de otros insectos o proliferación de hongos o bacterias en el área.
- Un proyecto de control biológico que implique la crianza y futura liberación del controlador biológico puede ser aplicable en la ciudad de Guayaquil, sin embargo, se deben considerar aspectos como la infraestructura y los recursos que permitan mantener un correcto desarrollo especialmente de la crianza de cochinillas y enemigos naturales, también es importante reconocer que es el conjunto de varias especies de cochinillas algodonosas y no solo una especie, el que termina afectando el arbolado urbano de la ciudad

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis molecular cuando se necesite identificar la especie de cochinilla algodonosa, puesto que aumenta la rapidez de la identificación si no se posee habilidades previas en el manejo de claves taxonómicas para este tipo de insectos, las cuales se presentan en su mayoría como caracteres a nivel microscópico.

- La expansión de los puntos de muestreo en zonas como el centro o el sur de la ciudad puede resultar efectiva para la identificación de enemigos naturales que puedan aportar en el control de las otras especies de insectos plaga identificados, el uso de equipos como escaleras pueden ofrecer indicios de la distribución de las poblaciones de cochinillas en las distintas zonas de un mismo árbol, como en su dosel.
- Para la crianza de las cochinillas será importante evaluar la aplicación de otras frutas o tubérculos usados como alimento para estos insectos, puesto que la aceptación se podría dar con mayor notoriedad en otros tipos de plantas, además, se puede considerar utilizar como alimento la planta huésped como tal identificada en los muestreos, en caso de que esta posea rápido crecimiento y no posea costos de siembra elevados que disminuyan la viabilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, R. M. (2004). Arthropod Containment Levels (ACLs). *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 3(2), 2013–2015.
- Arunkumar, N., Banu, J. G., Gopalakrishnan, N., & Prakash, A. H. (2018). The biochemical correlation between the epicuticular wax of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and the wax of different mealybug species. *Phytoparasitica*, 46(2), 145–152. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0656-8>
- Bale, J. S., Lenteren, J. C. Van, & Bigler, F. (2008). *Biological control and sustainable food production. September 2007*, 761–776. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2182>
- Bentley, W. J., & Coviello, R. L. (2012). Leaf-eating lepidoptera in North American Vineyards. *Leaf-Eating Lepidoptera in North American Vineyards*, 309–338. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4032-7>
- Casar, L. P., Duccase, D., Frana, J., Gamundi, J. C., Gasoni, L., Cichón, L., Lecuona, R., Lopez, S., & Barrera, V. (2018). Control biológico, una estrategia tan sostenible como rentable. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44(2), 4–8.
- Cohn, B. A., La Merrill, M., Krigbaum, N. Y., Yeh, G., Park, J. S., Zimmermann, L., & Cirillo, P. M. (2015). DDT exposure in utero and breast cancer. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 100(8), 2865–2872. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-1841>
- Cotes, A. M. (2018). Uso de depredadores como agentes de control biológico para insectos plaga. In *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros*.
- de Fernícola, N. A. (1985). Toxicología de los insecticidas organoclorados. *Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana*, 98(1), 10–19.
- Decuyper, C. M., Claps, L. E., Del Valle, E., Decuyper, C. M., Claps, L. E., & Valle, E. E. Del. (2020). Primer reporte de *Cerooplastes grandis* (Hemiptera: Coccidae) en plantas ornamentales de *Duranta erecta* var. *lemon* L. (Verbenaceae) en la provincia de Entre Ríos, Argentina. *AgriScientia*, 37(2), 53–58. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n2.27419>
- El Universo. (2021a, August 3). *Declaran en emergencia el arbolado urbano de Guayaquil por presencia de plagas*.

<https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/declaran-en-emergencia-arbolado-urbano-de-guayaquil-por-presencia-de-plagas-nota/>

El Universo. (2021b, September 14). *Cochinilla en Guayaquil se combate con la dispersión de mariquitas en árboles*. <https://www.eluniverso.com/larevista/cuerpo-alma/cochinilla-en-guayaquil-se-combate-con-la-dispersion-de-mariquitas-en-arboles-nota/>

Entwistle, P. F., & Longworth, J. F. (1963). The relationships between cacao viruses and their vectors: the feeding behaviour of three mealybug (Homoptera: Pseudococcidae) species. *Annals of Applied Biology*, 52(3), 387–391. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1963.tb03762.x>

Fischbein, D. (2012). Introducción a la teoría del control biológico de plagas. *Cuadernillo 15 INTA (Manejo Integral de Plagas Forestales)*, 15, 277–284. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-control_biologico_de_plagas.pdf

García Morales, M., Denno, B., Miller, D., Miller, G., Ben-Dov, Y., & Hardy, N. (2016). *Scalenet: A literature-based model of scale insect biology and systematics*. <https://doi.org/10.1093/database/bav118>. <http://scalenet.info>

Gavrilov-Zimin, I. A. (2017). A remarkable example of symbiosis between an animal and a fungus in a new species of legless mealybug (Insecta: Pseudococcidae). *Journal of Natural History*, 51(37–38), 2211–2224. <https://doi.org/10.1080/00222933.2017.1365180>

Gonzales, G. (2015). *Los Coccinellidae de Ecuador*. <http://www.coccinellidae.cl/pagunasWebChile/Inicio.php>

Hajek, A. E. (2012). Classical biological control. *Natural Enemies, January 2000*, 39–61. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511811838.005>

Hajek, A., & Eilenberg, J. (2018). *Natural enemies: an introduction to biological control*. Cambridge University Press.

Hernández, P., Ramos, E., & Ángel, R. (2020). Ciclo biológico de la cochinilla rosada del hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*) (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) en plántulas de cacao. *Ciencia e Innovación*, 3.

Inga, M. L. (2021). *Identificación de géneros de cochinillas algodonosas en áreas urbanas del cantón de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil.

Jiménez-martínez, E., Díaz, V. S., Garache, M. A., & L, G. R. (2006). Comparación de

la ocurrencia poblacional de insectos plagas y benéficos en arreglos de policultivo y monocultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), chiltoma (*Capsicum annum*, L.) y maíz (*Zea mays*, L.). *Protección de Plantas*, 19–28.

- Kansiime, M. K., Rwomushana, I., Mugambi, I., Makale, F., Lamontagne-Godwin, J., Chacha, D., Kibwage, P., Oluyali, J., & Day, R. (2020). Crop losses and economic impact associated with papaya mealybug (*Paracoccus marginatus*) infestation in Kenya. *International Journal of Pest Management*, 0(0), 1–14. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1861363>
- Khan, M. (2021). Host Plants of Mealybugs With Their Damage Extent on Some Selected Plants. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*, 46(2), 201–207. <https://doi.org/10.3329/jasbs.v46i2.54415>
- Kumari, S., Suroshe, S. S., Kumar, D., Budhlakoti, N., & Yana, V. (2021). Foraging behaviour of *Scymnus coccivora* Ayyar against cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(7), 3799–3805. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.051>
- Mani, M., & Shivaraju, C. (2016). Mealybugs and their management in agricultural and horticultural crops. *Mealybugs and Their Management in Agricultural and Horticultural Crops*, 1–655. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2677-2>
- Michl, G., Fischer, M., & Hoffmann, C. (2020). *Solanum* mealybug *phenacoccus solani* ferris, 1918: New in germany! *Journal Fur Kulturpflanzen*, 72(9), 479–482. <https://doi.org/10.5073/JfK.2020.09.04>
- Mills, N. (2014). Plant Health Management: Biological Control of Insect Pests. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 4, 375–387. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00176-5>
- Milonas, P. G., & Partsinevelos, G. K. (2017). The pink hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) in Greece. *Hellenic Plant Protection Journal*, 10(2), 80–83. <https://doi.org/10.1515/hppj-2017-0009>
- Mocha-Cuenca, B. (2020). Diagnóstico de la presencia de Badnavirus en las plantaciones bananeras de la Provincia de El Oro. *Ciencia Unemi*, 13(32), 100–108. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol13iss32.2020pp100-108p>
- Monge, M. (2018). *Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades*

en el cultivo de piña. 1–46. http://cica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/11/Manual-de-plagas-Piña-CICA-08-10-20191_compressed.pdf

- Moreno, J. (2011). *Prospección e identificación de cochinillas algodonosas (Hemiptera:Pseudococcidae) y búsqueda de parasitoides asociads*. Universidad de Almeria.
- Myrick, S., Norton, G. W., Selvaraj, K. N., Natarajan, K., & Muniappan, R. (2014). Economic impact of classical biological control of papaya mealybug in India. *Crop Protection*, 56, 82–86. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.023>
- Palma-Jiménez, M., Blanco-Meneses, M., & Guillén-Sánchez, C. (2019). Mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) and their impact on the Musaceae crop. *Agronomy Mesoamerican*, 30(1), 281–298. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32600>
- Pardo, M. J. (2010). *Significado de la implantación del control biológico para la comercialización en la producción*. 103–110.
- Pérez-Rodríguez, J., Pekas, A., Tena, A., & Wäckers, F. L. (2021). Sugar provisioning for ants enhances biological control of mealybugs in citrus. *Biological Control*, 157(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104573>
- Pinchao, E. C., Sotelo, P., González, G., & Kondo, T. (2018). Biological Data on Anovia punica Gordon (Coleoptera: Coccinellidae), a Predator of Crypticerya multicatrices Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). *Neotropical Entomology*, 47(3), 385–394. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0561-8>
- Pinchao, E., Kondo, T., & Gonzales, G. (2015). *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), a new predator of *Crypticerya multicatrices*. *Insecta Mundi*, April.
- Prot, P. (2019). *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*. 2, 759–769.
- Quinlan, M. M., Mutunga, J. M., Diabaté, A., Namountougou, M., Coulibaly, M. B., Sylla, L., Kayondo, J., Balyesima, V., Clark, L., Benedict, M. Q., & Raymond, P. (2018). Studies of Transgenic Mosquitoes in Disease-Endemic Countries: Preparation of Containment Facilities. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 18(1), 21–30. <https://doi.org/10.1089/vbz.2017.2192>
- Saavedra, J. (2020). *Identificación de las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) en los valles: Bajo, Medio, Alto, Piura y San Lorenzo*. Universidad

Nacional de Piura.

- Sandlant, G. R. (1978). Slide-Mounting fresh specimens of small soft-bodied homoptera (Mealybugs, scale insects and aphids). *New Zealand Entomologist*, 6(4), 430–431. <https://doi.org/10.1080/00779962.1978.9722312>
- Silva-Gómez, M., Quiroz-Gamboa, J. A., Hoyos-Carvajal, L. M., Yepes-R., F. C., Maya-A., M. F., & Adriana Santos, M. (2017). Coccinélidos depredadores de *Crypticerya Multicatrices* (Hemiptera: Monophlebidae) en San Andrés isla, Colombia. *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 21(1), 165–173. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.1.13>
- Subramanian, S., Boopathi, T., Nebapure, S., Yele, Y., & Shankarganesh, K. (2021). Mealybugs. In *Polyphagous Pest of Crops* (pp. 231–272). https://doi.org/doi:10.1007/978-981-15-8075-8_5
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and Delong's Introduction to the study of insects* (E. Howe (ed.); Seventh Ed). Peter Marshall.