



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**CRÍA DE DOS COCCINÉLIDOS DEPRADADORES DE PLAGAS
DE LOS CÍTRICOS**

TESIS

Que presenta:

María Del Carmen Rosel May

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Arturo Reyes Ramírez

Conkal, Yucatán, México

Diciembre, 2025





Conkal, Yucatán, México a 9 de Diciembre de 2025.

El comité de tesis del candidato a grado: **Biol. María del Carmen Rosel May**, constituido por los CC. Dr. Arturo Reyes Ramírez, Dra. Alejandra del Socorro González Moreno, y Dra. Lizette Cicero Jurado. Habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **CRÍA DE DOS COCCINÉLIDOS DEPRDADORES DE PLAGAS DE LOS CÍTRICOS**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Arturo Reyes Ramírez
Director de Tesis

Dra. Alejandra del Socorro González
Moreno
Asesora de Tesis

Dra. Lizette Cicero Jurado
Co-directora de Tesis



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Conkal
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Conkal, Yucatán, México a 9 de Diciembre de 2025

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

*Rosel May Mania
del Carmen.*

María del Carmen Rosel May

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al SECIHTI por la beca otorgada, y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por brindarme las facilidades para realizar mis experimentos en sus instalaciones.

Al Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, gracias por la oportunidad de cursar la maestría. A mi director de tesis, Dr. Arturo Reyes Ramírez, a mi co-directora la Dra. Lizette Cicero Jurado y a mi asesora, Dra. Alejandra Gómez Moreno, les expreso mi sincero agradecimiento por su guía, paciencia y confianza, así como por el cariño y compromiso con los que acompañaron este proceso.

Expreso también mi gratitud al Laboratorio ECOBI y a sus integrantes: Daniel Sandoval Cauich, Abril Couto Perez, Andrés Villarreal Guerrero a quienes les tengo un gran cariño y admiración, gracias por su apoyo y por ser parte de esto.

A la Ing. María Dolores García Cancino y al equipo del CESVY, especialmente a la Biol. Ana Montero, Biol. Daniel Ix y Biol. Mariel Salazar Carbonell, y al compañero el Biol. Daniel Suárez por su valiosa colaboración en la colecta de los especímenes.

Finalmente, agradezco de corazón a Ramón Vela Solís, Adriana Rivero Uribe, Maryjose Sabido Dzul y Alfredo Guevara López por su apoyo, compañía y amistad a lo largo de esta etapa. Los quiero mucho.

DEDICATORIA

A mi madre y a mi hermana, por su amor infinito, su comprensión y apoyo inquebrantable. Gracias por estar conmigo en cada paso, en los días de duda y en los de alegría. Este logro es tanto mío como suyo.

Y a mi perrita Katya, mi compañera fiel, por su amor silencioso y su presencia constante, que llenaron de calma y ternura cada día.

Índice

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	Error! Bookmark not defined.
Contenido	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	4
1.2.1 Enemigos naturales y control biológico	4
1.2.2 Control biológico en México.	5
1.2.3 Plagas de los cítricos.....	6
1.2.4 Control biológico de plagas de los cítricos.....	7
1.2.5 Coccinélidos en el control biológico de plagas.....	9
1.2.6 Cría de insectos entomófagos para programas de control biológico.....	9
1.2.7 Cheilomenes sexmaculata.....	11
1.2.8 Exochomus insatiabilis.....	14
1.3 HIPÓTESIS.....	15
1.4 OBJETIVOS	15
1.5 Procedimiento experimental.....	17
1.6 LITERATURA CITADA	18
2 CAPITULO II. DIETAS ARTIFICIALES PARA LA CRÍA DE DOS COCCINÉLIDOS DEPREDAORES DE PLAGAS DE LOS CÍTRICOS	27
2.1. RESUMEN	27

2.2.	INTRODUCCIÓN	Error! Bookmark not defined.
2.3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1.	Área de estudio.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.2.	Colecta y cría de coccinélidos	Error! Bookmark not defined.
2.3.3.	Dietas Artificiales.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.4.	Dieta merídica 1 (DM1)	Error! Bookmark not defined.
2.3.5.	Dieta merídica 2 (DM2)	Error! Bookmark not defined.
2.3.6.	Dieta oligídica (DO)	Error! Bookmark not defined.
2.3.7.	Ciclo biológico y longevidad de adultos.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.8.	Parámetros reproductivos	Error! Bookmark not defined.
2.3.9.	Preferencia de sustrato de oviposición	Error! Bookmark not defined.
2.3.10.	Análisis estadísticos.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.	RESULTADOS.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.1.	Desarrollo y ciclo biológico.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2.	Longevidad y supervivencia de larvas y adultos	Error! Bookmark not defined.
2.4.3.	Parámetros reproductivos	Error! Bookmark not defined.
2.4.4.	Preferencia de sustrato de oviposición	Error! Bookmark not defined.
2.5.	DISCUSIÓN.....	Error! Bookmark not defined.
2.6.	CONCLUSIONES	Error! Bookmark not defined.
2.7.	AGRADECIMIENTOS.....	Error! Bookmark not defined.
2.8.	LITERATURA CITADA	Error! Bookmark not defined.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estrategia experimental para el desarrollo de la investigación	17
Figura 2. Longevidad promedio en días, de <i>C. sexmaculata</i> y <i>E. insatiabilis</i> adultos alimentados con diferentes dietas artificiales.	Error! Bookmark not defined.
Figura 3. Curva de mortalidad adultos de <i>C. sexmaculata</i> y <i>E. insatiabilis</i> alimentados con las dietas DO, DM1 y DM2	Error! Bookmark not defined.
Figura 4. Porcentajes de supervivencia de larvas de <i>C. sexmaculata</i> y <i>E. insatiabilis</i> alimentadas con las dietas DO, DM1 y DM2.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 5. Curva cohorte de supervivencia de larvas de <i>C. sexmaculata</i> y <i>E. insatiabilis</i> alimentadas con las dietas DO, DM1 y DM2.....	Error! Bookmark not defined.
Figura 6. Número promedio de huevos y E.E por pareja de <i>C. sexmaculata</i> , y <i>E. insatiabilis</i> , alimentadas con las dietas DO, DM1 y DM2.	Error! Bookmark not defined.
Figura 7. Número promedio de huevos y E.E por pareja de <i>C. sexmaculata</i> , y <i>E. insatiabilis</i> , alimentadas con las dietas DO, DM1 y DM2.	Error! Bookmark not defined.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ciclo de vida de *Cheilomenes sexmaculata* alimentado con *A. craccivora* en condiciones de laboratorio (temperatura 27.18 ± 1.45 °C y 49.80 ± 7.64 de humedad) (Ashwini, 2022).12

Cuadro 2. Ciclo biológico de *E. insatiabilis* alimentando con *D. citri* en condiciones de laboratorio (temperatura de 27 ± 2 °C, $78 \pm 5\%$ HR y fotoperiodo de 10:14 hrs.) (Pech-Uicab, 2020).15

Cuadro 3. Dieta merídica 1 (DM1) para la cría de *E. insatiabilis* y *C. sexmaculata* bajo condiciones de laboratorio.**Error! Bookmark not defined.**

Cuadro 4. Dieta merídica 2 (DM2) para la cría de *E. insatiabilis* y *C. sexmaculata* bajo condiciones de laboratorio.**Error! Bookmark not defined.**

Cuadro 5. Ciclo biológico, longevidad y proporción sexual (M: H) de *C. sexmaculata* alimentada con las dietas DO, DM1 y DM2. Valores promedio expresados en días $\pm$ EE (n).**Error! Bookmark not defined.**

Cuadro 6. Ciclo biológico, longevidad y proporción sexual (M:H) de *E. insatiabilis* alimentada con las dietas DO, DM1 y DM2. Valores promedio expresados en días $\pm$ EE (n).**Error! Bookmark not defined.**

RESUMEN

El control biológico con coccinélidos depredadores es una estrategia fundamental para el manejo sostenible de plagas agrícolas. A pesar de su efectividad documentada, su utilización se ve limitada por falta de metodologías de cría masiva rentables. Por lo cual, el objetivo de esta investigación fue evaluar dos dietas merídicas (DM1 y DM2) y una oligídica (DO), así como sustratos de oviposición para la cría de *Exochomus insatiabilis* y *Cheilomenes sexmaculata*. Para ello, se determinaron el ciclo de vida, longevidad, fertilidad y fecundidad para cada dieta, así como la preferencia de color y forma de sustratos de oviposición para ambas especies. Los resultados revelaron que la DO fue la única que permitió a ambas especies completar su ciclo biológico, además de una mayor viabilidad larval y desarrollo. *E. insatiabilis* alcanzó una supervivencia larval del 83.3 % a los 28 días, con un ciclo de 36.9 días con la dieta DO; mientras que *C. sexmaculata* logró el 32.2 % de supervivencia a los 20 días, con un ciclo más corto de 20.6 días con la misma dieta. Para ambas especies, las dietas DM1 y DM2 resultaron en alta mortalidad larval, donde solo un individuo de *E. insatiabilis* logró completar el ciclo biológico. En los adultos, la DO fue la más efectiva para lograr oviposición (*C. sexmaculata*: promedio de 27 huevos; *E. insatiabilis*: promedio de 11.18 huevos). Sin embargo, la fecundidad fue baja o nula: *C. sexmaculata* solo logró el 0.34 % de eclosión con DO, y *E. insatiabilis* tuvo 0% de fertilidad. La dieta DM1 también permitió la oviposición en *C. sexmaculata* (promedio de 5.33 huevos) y maximizó su longevidad adulta (promedio de 75.1 días). Finalmente, *C. sexmaculata* no mostró preferencias por ningún sustrato y *E. insatiabilis* a pesar del análisis global positivo, la prueba post- hoc no mostró diferencias significativas. Se concluye que la dieta DO es la más adecuada para sustentar el desarrollo larval y completar el ciclo de vida, pero no es suficiente para lograr viabilidad reproductiva. No obstante, la longevidad obtenida con la dieta DM1 sugiere que, con una optimización nutricional se podría lograr la reproducción y aumentar la fecundidad.

Palabras clave: *Exochomus insatiabilis*, *Cheilomenes sexmaculata*, Dietas artificiales, Control biológico

ABSTRACT

Biological control using predatory coccinellids is a fundamental strategy for sustainable agricultural pest management. Despite its documented effectiveness, its utilization is limited by the lack of cost-effective mass-rearing methodologies. Therefore, the objective of this research was to evaluate two meridic diets (DM1 and DM2) and one oligidic diet (DO), as well as oviposition substrates, for the rearing of *Exochomus insatiabilis* and *Cheilomenes sexmaculata*. To this end, the life cycle, longevity, fertility, and fecundity for each diet were determined, as well as the color and shape preference for oviposition substrates for both species. The results revealed that the DO diet was the only one that allowed both species to complete their biological cycle, in addition to promoting greater larval viability and development. *E. insatiabilis* achieved 83.3% larval survival at 28 days, with a life cycle of 36.9 days on the DO diet; while *C. sexmaculata* achieved 32.2% survival at 20 days, with a shorter cycle of 20.6 days on the same diet. For both species, the DM1 and DM2 diets resulted in high larval mortality, where only one *E. insatiabilis* individual managed to complete the biological cycle. In adults, the DO diet was the most effective for achieving oviposition (*C. sexmaculata*: average of 27 eggs; *E. insatiabilis*: average of 11.18 eggs). However, fecundity was low or nil: *C. sexmaculata* only achieved 0.34% hatching with DO, and *E. insatiabilis* had 0% fertility. The DM1 diet allowed oviposition in *C. sexmaculata* (average of 5.33 eggs) and maximized its adult longevity (average of 75.1 days). Finally, *C. sexmaculata* showed no preferences for any substrate, and *E. insatiabilis*, despite a positive global analysis, the post-hoc test showed no significant differences. It is concluded that the DO diet is the most adequate to sustain larval development and complete the life cycle, but it is not sufficient to achieve reproductive viability. Nevertheless, the longevity obtained with the DM1 diet suggests that, with nutritional optimization, reproduction could be achieved and fecundity increased.

Keywords: *Exochomus insatiabilis*, *Cheilomenes sexmaculata*, Artificial diets, Biological control, Ladybeetles.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Los huertos citrícolas, representan un sector agrícola de gran relevancia mundial, con presencia en aproximadamente de 140 países (FAO, 2016). Para el año 2022, la producción se estimó en 158.5 millones de toneladas, cifra que incluye cultivos como, limón, mandarina, naranja dulce, lima y toronja, entre otros (WCO, 2022).

En el panorama citrícola internacional, México mantiene una posición estratégica. Al cierre de 2023, el país consolidó su liderazgo en la producción y exportación de limones y limas, consolidándose como el segundo productor y exportador mundial de este fruto, con una participación superior al 20% (SADER, 2024). Lo cual se complementa con su relevancia en otros segmentos, ubicándose como el cuarto productor mundial de toronja y el quinto en naranja (SIAP, 2023), lo que posiciona la citricultura mexicana como una actividad de alta prioridad para la exportación.

Los daños causados a estos cultivos por las diversas especies de insectos plaga, algunos también vectores de enfermedades, constituyen una limitante importante para la producción de este cultivo (León, 2012). Sin embargo, el uso de insecticidas de síntesis química para su control ha causado un desbalance en la población de enemigos naturales favoreciendo el crecimiento exponencial de las plagas (Reyes- García y Martí- Sanz, 2008).

En los cítricos se encuentra una gran diversidad de insectos plaga y vectores de enfermedades, como áfidos (*Aphis gossypii*, Glover, *Aphis spiraecola* Patch) (Paiva *et al.*, 2024), *Toxoptera citricida* (Kirkaldi), (Fitch) (Koch, 2003), mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus* Maskell) (León, 2012), *Planococcus citri* (Risso), *Unaspis citri* (Comstock), *Aleurothrixus floccosus* (Maskel), *Aleurocanthus woglumi* (Ashby), *Toxoptera aurantii* (Fonscolombe) (Urbaneja *et al.*, 2020). Entre estas plagas, el Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri*, Kuwayama) destaca por su impacto económico y sanitario, siendo el vector de la bacteria gram negativa *Candidatus Liberibacter* spp., causante del Huanglongbing (HLB) (Alemán, 2007; Monzó *et al.*, 2015; García y Chirinos, 2022). Esta

enfermedad provoca reducción y deformación de frutos, así como la muerte de los árboles en un periodo de 5 a 8 años (Bové, 2006; Meyer *et al.*, 2007).

En México, se han reportado pérdidas significativas de producción en cítricos por HLB de 2.4 t/ha de limón persa en Yucatán (Flores-Sánchez *et al.*, 2015) y 16.6 t/ha de limón mexicano en Colima (Robles- González *et al.*, 2017). El control químico ha sido la estrategia principal para reducir las poblaciones de *D. citri*, pero ofrece protección temporal y afecta a insectos benéficos (Quereshi *et al.*, 2009 a). Por esta razón, resulta fundamental promover alternativas agroecológicas para un manejo sostenible de esta y otras plagas de los cítricos (Van Driesche *et al.*, 2007; Trujillo-Arriaga *et al.*, 2008; Marco Noales, 2019).

El control biológico es una estrategia de manejo en la que se utilizan organismos vivos como depredadores, patógenos y parasitoides, para disminuir poblaciones de plagas y mantenerlas a niveles que no causen daños económicos significativos (Van Driesche y Bellows, 2012). Esta estrategia aprovecha las interacciones naturales entre organismos para tener un control de manera sostenible y con un menor impacto ambiental (Badii *et al.*, 2000a; Van Driesche *et al.*, 2007; Mora *et al.*, 2014).

Dentro de los enemigos naturales, los insectos depredadores constituyen uno de los grupos más importantes para el control de insectos y ácaros plaga (Badii *et al.*, 2000b; Urbaneja *et al.*, 2005). La familia Coccinellidae es especialmente relevante, tanto en sus etapas larvarias como los adultos, y ha sido ampliamente utilizada para la reducción de plagas agrícolas (Obrycki y Kring, 1998). Entre los depredadores de *D. citri* recientemente identificados en México, se encuentran *Exochomus insatiabilis* (Rodríguez-Vélez) y *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Rodríguez-Vélez, 2022). *E. insatiabilis* fue descrito en el 2018 en el estado de Yucatán, México alimentándose de *D. citri* en plantas de limonaria (Rodríguez-Vélez, 2018). Mientras que, *C. sexmaculata*, aunque es preferentemente afidófaga, tiene una amplia distribución en Asia y Oceanía y también ha sido reportado como depredador de este psílido (Agarwala y Yasuda, 2000).

Aunque la efectividad de los coccinélidos como agentes de control biológico está documentada (Kairo *et al.*, 2000; Alarcón *et al.*, 2019), y se han hecho estudios de diversidad (Sandoval- Cauich, 2025), actualmente no existen programas para el control biológico de *D. citri* con coccinélidos en Yucatán. Una de las razones principales es la falta de

investigaciones en donde se evalúe su voracidad y/o efectividad, o donde se describan metodologías para la cría de las especies con potencial. En este sentido, el desarrollo de dietas artificiales se considera un pilar fundamental para la producción en masa de insectos benéficos.

El desarrollo de dietas artificiales ha sido clave para la cría masiva de insectos benéficos, incluyendo coccinélidos con potencial como controladores biológicos, y constituye un área de investigación amplia y activa. Ejemplos de ello incluyen dietas para la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann) y la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew) (Hernandez *et al.*, 2016). En el caso de los coccinélidos, se han desarrollado dietas para *Olla v-nigrum* (Mulsant) (Bastidas *et al.* 2019), *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) (Yu *et al.* 2022) y *Coleomegilla maculata* (De Geer) (Herrera 1960). Sin embargo, estas dietas deben adaptarse a cada especie en particular, por lo que la presente investigación tiene como objetivo evaluar tres dietas para la cría de *E. insatiabilis* y *C. sexmaculata*, coccinélidos depredadores de plagas de los cítricos.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Enemigos naturales y control biológico

Los enemigos naturales controlan las poblaciones de otras especies dentro de su hábitat original, limitando su número, su distribución en el espacio-tiempo, así como en el área geográfica que ocupan (Santamaría *et al.*, 2008). Los enemigos naturales pueden dividirse en dos grandes grupos: 1) Entomopatógenos y 2) Entomófagos. Dentro del primer grupo, se encuentran organismos que causan enfermedades a insectos, como virus, nemátodos, hongos y bacterias entomopatógenas, que causan infecciones en insectos. Éstas últimas se categorizan como esporulantes y no esporulantes, como por ejemplo *Bacillus thuringiensis* (Berliner) (Carballo y Guaharay, 2004; Pila, 2016). De igual manera los hongos entomopatógenos infectan a los insectos causando su muerte, entre ellos *Beauveria bassiana* (Bals-Criv) y *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) (Castillo, 2006; Morales *et al.*, 2009). En el segundo grupo encontramos a los parasitoides, éstos son insectos que en su estado inmaduro se alimentan y desarrollan dentro o sobre el cuerpo de su hospedero, a quien le causan la muerte mientras completa su desarrollo (Carballo y Guaharay, 2004). Por ejemplo, *Telenomus remus* (Nixon) (Cave, 1999) o *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (San Pedro, 2024), que son parasitoides de larvas de lepidópteros como *Spodoptera frugiperda* (Smith) y dípteros como *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Kenis *et al.*, 2019, Hogg *et al.*, 2022). Dentro de los entomófagos también encontramos a los depredadores, que son invertebrados carnívoros, que se alimentan de una gran cantidad de presas para así poder completar su ciclo biológico (Carballo y Guaharay, 2004). Ejemplos de éstos últimos, son los neurópteros *Conwentzia psociformis* (Curt) y *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Badii y Abreu, 2006), depredadores de *Planococcus spp* (Bozzetta *et al.*, 2018) y *Aleurotrachelus jelinekii* (Collyer (1951).

El control biológico consiste en emplear organismos vivos, como depredadores, patógenos y parasitoides, con el objetivo de reducir las poblaciones de plagas y mantenerlas por debajo de niveles que generen pérdidas económicas (Van Driesche y Bellows, 2012). Los organismos utilizados en el control biológico presentan una notable diversidad. Su relación con el ser humano ha permitido su aprovechamiento para el manejo de plagas de manera más sostenible y específica. Por ejemplo, Liu y colaboradores (2014) mencionan que uno de los registros más antiguos del uso de organismos para el control biológico proviene de la antigua

China, donde los agricultores empleaban hormigas para controlar orugas que causaban daños a los cultivos de cítricos. Además de las hormigas, también se utilizaron otras especies, como ranas y aves.

El año 1889 se marcó como el inicio del control biológico cuando citricultores de California, EUA intentaban controlar una infestación densa de la escama *Icerya purchasi* (Maskell). Para lograrlo, se importó desde Australia al coccinélido *Rodolia* (*Novius*) *cardinalis* (Mulsant). Los organismos recibidos se colocaron en un naranjo infestado de *I. purchasi* dentro de una carpa, la cual fue el primer insectario de California. A partir de ahí, se reprodujeron para posteriormente ser liberadas al resto de los árboles. Tiempo después, ya se habían distribuido 10,555 coccinélidos para 228 horticultores, marcando así, el inicio del control biológico como estrategia de manejo de plagas (Caltagirone y Douth, 1989). Posteriormente, el uso de agroquímicos detuvo su avance, hasta que los problemas asociados al uso de pesticidas, como la contaminación, la resistencia y el daño ambiental, llevaron a la reaparición del control biológico como una alternativa sostenible y eficaz (Badii y Abreu, 2006).

El control biológico ha sido utilizado de varias maneras, que pueden clasificarse en tres grandes grupos: clásico, por conservación y por aumento. El control clásico, es aquél en donde se introduce una especie exótica para suprimir la población de organismos plaga (Quezada 1986). Otro enfoque del control biológico es la implementación de prácticas culturales que promueven el incremento y permanencia de las poblaciones de enemigos naturales, este método se conoce como control por conservación (Paredes y Cayuela, 2013). El tercer tipo, es el aumentativo, que se da cuando existen enemigos naturales, pero no se encuentran en cantidades que puedan suprimir la población plaga. En este caso, los enemigos naturales son criados en laboratorio de manera masiva para posteriormente ser liberados, ya sea de manera puntual o programada (Nicholls, 2008).

1.2.2 Control biológico en México.

En México, el control biológico se lleva a cabo desde hace 70 años y su desarrollo ha sido reconocido tanto a nivel nacional como internacional (Arredondo y Rodríguez, 2008).

Entre los ejemplos más relevantes en el país, se encuentra el caso de la mosca de la fruta *A. ludens* que actualmente es controlada mediante liberaciones de *Diachamimorpha lingicaudata* (Ashmead) en árboles de mango criollo y Ataulfo en Chiapas (Montoya *et al.*, 2000). Asimismo, el hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* (Zimmerm) ha sido utilizado experimentalmente para reducir las poblaciones del pulgón café de los cítricos *T. citricida* (Peña *et al.*, 2000). Mientras que especies como *Epicauta murina* (LeConte) y *Epicauta vitata* (Fabricius) han sido registradas como depredadores naturales de huevos de *Schistocerca piceifrons* (Walker) (Harvey, 1983), aunque su aplicación como control biológico aún requiere evaluaciones adicionales.

En México, a partir del primer caso de control biológico exitoso en California, EUA con el coccinélido depredador *N. cardinalis* (Nicholls, 2008), se han generado y promovido programas de control biológico usando diferentes especies de coccinélidos para distintos cultivos. Como, por ejemplo, *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) utilizado para el control de *I. purchasi* (Maskell) esta especie de coccinélido ha sido introducida en al menos 64 países o territorios, en donde en algunos de esos países se utiliza el control aumentativo en huertos de cítricos (Kairo *et al.*, 2013). Además, se sigue utilizando para el control de la cochinilla rosada del hibisco tanto en árboles frutales y maderables, como en plantas ornamentales (Mani y Krishnamoorthy, 2012).

1.2.3 Plagas de los cítricos

Entre las principales plagas que afectan a los cítricos están: *Phyllocnistis citrella* (Stainton) (minador de las hojas) la cual esta distribuida en todo el mundo y es común en los cultivos jóvenes o en etapa de brotación. El daño que este insecto causa a los árboles de cítricos se debe a las minas que producen en las hojas al alimentarse, lo que resulta en el deterioro de grandes cantidades de tejido (Clausen, 1931). También están *Aoinidiella aurantii* (Maskell) (cochinilla roja de california), que causa daño a las partes aéreas del árbol (frutos, hojas, ramas) (Olivares, 2022), *Aleurocanthus woglumi* (mosca negra) (Ashby) y *A. floccosus* (mosca blanca) las cuales se alimentan de la savia del árbol y a su vez, secretan sustancias azucaradas, que favorecen la proliferación de hongos, que provocan la llamada fumagina (León, 2012).

También podemos encontrar a otros insectos que además de causar daños directos a los árboles, son vectores de enfermedades, como *T. citrida* que es uno de los principales vectores del virus de la tristeza de los cítricos (VTC), un virus limitado al floema que se sabe que infecta a todas las especies de cítricos, y entre sus síntomas están el marchitamiento y finalmente, la muerte del árbol (Zapata *et al.*, 2002; Tennat *et al.*, 2009). Otros áfidos capaces de diseminar esta enfermedad son *A. spireacola* (Loeza-Kuk *et al.*, 2008), *T. aurantii* y *A. gossypii* (Silva-Vara *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2022). Otra enfermedad que afecta mundialmente a los cítricos es la enfermedad conocida como Huanglongbing de los cítricos (HLB), causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter* y transmitida por el insecto vector *D. citri* (Wang, 2022; Hosseinzadeh y Heck, 2023). En el continente americano, *D. citri* es el principal transmisor de las bacterias *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) y *Candidatus Liberibacter americanus* (CLam) responsables del HLB.

La enfermedad del HLB es de las más importantes para los cítricos, ya que ocasiona graves pérdidas económicas a la citricultura en varios países (Da Graça y Korsten, 2004). En México, en el municipio de Tizimín, Yucatán y en el estado de Colima, se han reportado pérdidas de 242.4 toneladas/ha anuales de limón persa y 16.6 toneladas/ha anuales en producción de limón mexicano provocadas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Flores-Sánchez *et al.*, 2015, Robles-González *et al.*, 2017).

1.2.4 Control biológico de plagas de los cítricos

El control biológico es una estrategia esencial dentro del manejo integrado de plagas y ha cobrado relevancia en los últimos años debido a los problemas derivados del uso intensivo de insecticidas sintéticos, como la contaminación ambiental, el desarrollo de resistencia en las plagas y la presencia de residuos tóxicos en los ecosistemas. Estos factores han impulsado el resurgimiento de esta disciplina, cuyos principios se basan en el desarrollo sustentable y la conservación de los recursos naturales (Badii y Abreu, 2006).

A nivel internacional, los programas de control biológico en cítricos han mostrado resultados sobresalientes. Entre los caso más relevantes se encuentra el uso del parasitoide *T. radiata* para el manejo del Psílido *D. citri* (Hall, 2018), el empleo de *Amitus hesperidum* (Silvestri) contra de las mosca prieta de los cítricos (*A. woglumi*) (White *et al.*, 2005), así como la introducción de la avispa *Agonaspis citricola* (Logvinovskaya) en programas de control del minador de las hojas *P. citrella* (Hoy y Nguyen, 1997). Estos casos representan modelos exitosos de control biológico clásico, por aumento, y han sentado precedentes para la implementación de estrategias similares en diversos países productores.

En México, el control biológico en cítricos se desarrolla dentro del marco de los programas nacionales de MIP, que integran los tres enfoques principales: control por aumento, clásico y por conservación. Uno de los esfuerzos más destacados corresponde al manejo de moscas de la fruta (Tephritidae), donde se aplica la técnica del insecto estéril, complementada con la producción masiva y liberación del parasitoide *Dischasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Williams *et al.*, 2013). Constituyendo uno de los programas de control biológico mejor consolidados del país.

Por su parte el manejo del Psílido asiático *D. citri*, vector del Huanglongbing (HLB), México ha fortalecido la liberación sistemática del parasitoide específico *T. radiata*, estrategia que se complementa con el uso de hongos entomopatógenos como *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Estos hongos, además de afectar al vector, contribuyen al control de diversas especies de áfidos que frecuentemente se asocian a los cítricos (Zelaya-Molina *et al.*, 2022).

Por otro lado, el control de la mosca prieta de los cítricos (*A. woglumi*) se ha logrado de manera eficaz mediante esquemas combinados de control clásico y por conservación, principalmente mediante el uso de parasitoides como *Amitus hesperidum* (Silvestri) y *Encarsia opulenta* (Silvestri) (Arredondo y Rodríguez, 2008). Estas especies han demostrado alta eficiencia en la supresión poblacional de insecto en diversas regiones citrícolas del país.

Finalmente, dentro de las cuarentenarias de importancia destaca la cochinilla del hibisco *Maconellicoccus hirsutus*. Para su manejo, México ha implementado programas basados en la libración del depredador *C. montrouzieri* y el parasitoide *Anagyrus kamali* (Moursi) (Myerdirk, 2000).

1.2.5 Coccinélidos en el control biológico de plagas

Los insectos de la familia Coccinellidae son considerados importantes ecológicamente y para la agricultura, ya que actúan como reguladores naturales de insectos plaga en diversos cultivos agrícolas (Obrycki y Kring, 1998). Entre los coccinélidos utilizados exitosamente como agentes de control biológico se encuentran casos clásicos como *N. cardinalis*, empleada para combatir a la cochinilla acanalada de los cítricos *I. purchasi* (Caltagirone y Douth, 1989), y *C. montrouzieri* (Mulsant), utilizada en el control de *Planococcus citri* (Risso). (Barlett, 1978).

Además de estos casos históricos, recientemente se han identificado dos especies de coccinélidos con potencial para programas de control biológico en Yucatán, y posiblemente en otras regiones de México. *E. insatiabilis* es una catarina nativa, descrita en el 2018, que fue observada alimentándose de *D. citri* en Yucatán, y fue descrita en 2018 (Vélez, 2018). Por otro lado, *C. sexmaculata* es una especie exótica reportada en Yucatán, México, en 2022 (Vélez, 2022) y que ha sido registrada como depredador de *D. citri* en Honduras (Treminio *et al.*, 2025).

1.2.6 Cría de insectos entomófagos para programas de control biológico

La cría de insectos en laboratorio es esencial para el manejo de plagas agrícolas, ya que permite estudiar y comprender el comportamiento y la biología de especies clave, facilitando así su producción a distintas escalas (Viscarret y López, 2020). Dentro de este enfoque, se destaca la cría de insectos entomófagos, que incluye principalmente a los órdenes Hymenoptera, Coleoptera y Díptera (Viscarret y López, 2020).

Parra (2021) menciona que las etapas para un programa de control biológico se dividen en las siguientes: 1) identificación del enemigo natural, 2) estudios de la plaga y su enemigo natural, 3) determinación del método de cría, 4) establecimiento de la cría a pequeña escala, 5) estudios de eficiencia en campo y en condiciones semi controladas (semi-field), 6) establecimiento de la cría a gran escala y 7) transferir la tecnología a compañías productoras. Por su parte, Viscarret y López (2020) destacan que algunos de los factores de mayor importancia en la cría de entomófagos son: el ambiente, la reproducción, el comportamiento, la nutrición y el taxismo. Es de gran relevancia, sobre todo en crías donde se usan varias

generaciones, la consideración de los aspectos fisiológicos de los insectos criados en laboratorio. Cualquier alteración en sus procesos internos, como la producción de feromonas, enzimas o la percepción sensorial, puede traducirse en una disminución de su desempeño. Esta disminución puede observarse en su incapacidad en la búsqueda de alimento, de apareamiento o su respuesta a algún estímulo. Algunos de estos rasgos, se vinculan a la genética, debido principalmente a la endogamia o deriva génica (Singh, 1982).

Esto ha motivado el estudio de los hábitos y requerimientos nutrimentales en la cría de insectos entomófagos. Para ello, se han evaluado suplementos alimenticios, demostrando ser una estrategia prometedora, con buenos resultados en la cría de himenópteros criados con dietas artificiales. Con los estimulantes y químicos apropiados, se ha logrado inducir la oviposición de las hembras, además de conseguir una crianza continua.

1.2.6.1 Formulación y clasificación de dietas artificiales

La cría de insectos entomófagos muy frecuentemente involucra también la de sus presas, y en ocasiones, el cultivo de las plantas de las que se alimentan éstas últimas, por lo que producir estos tres niveles tróficos tiene costos muy elevados (Riddick, 2009). Para que un programa de cría sea rentable, es importante lograr una reducción significativa en los costos. Esto puede lograrse mediante el uso de dietas artificiales, ya que permiten el desarrollo de insectos entomófagos en ausencia de su presa (Arjis y De Clercq, 2004). De este modo, los alimentos facticios o artificiales son un gran avance en la producción de insectos depredadores, como los coccinélidos (Zou *et al.*, 2013).

Se han estudiado diferentes dietas, ya sea naturales (Gyenge *et al.*, 1998) o artificiales (Yu *et al.*, 2022) para mejorar las crías de coccinélidos. Destacan tres diferentes categorías para las dietas artificiales, que se definen como: 1) holídicas: tienen una composición conocida y definida a nivel químico (caseína pura, sacarosa, biotina, tiamina, riboflavina, todos en sus formas químicamente definidas) 2) merídicas: incluyen ingredientes químicamente conocidos y algunos ingredientes no completamente conocidos (base química: caseína y sacarosa + ingrediente natural yema de huevo o extractos de carne o pescado) 3) oligídicas: compuestas por ingredientes no purificados, considerados como materia orgánica cruda y complejos de origen animal y vegetal (Dougherty, 1959, Riddick, 2009, Ugrinovic *et al.*, 2023).

Desde 1958, Smirnofff logró criar de manera exitosa a 16 especies de coccinélidos, entre ellos 13 coccidófagos y tres afidófagos, demostrando así lo que las dietas artificiales pueden lograr. Entre las especies criadas de manera exitosa con dietas artificiales podemos encontrar a *Propylea japonica* (Thunberg) y *Harmonia axyridis* (Pallas) (Ali *et al.*, 2016), *Adalia bipunctata* (Linnaeus) (Bonte *et al.*, 2010) y *C. septempunctata* L. (Cheng *et al.*, 2018).

Además de la alimentación, otro factor clave para lograr una cría exitosa es la elección de un sitio de oviposición adecuado, necesario para el crecimiento, supervivencia y reproducción de la descendencia (Al Bitar *et al.*, 2012).

1.2.6.2 Sustratos de oviposición

El suministro de sustratos adecuados para la oviposición es uno de los principales factores que aseguran la producción de insectos en altas cantidades (Garza-González *et al.*, 2019). Para el caso de coccinélidos, la información sobre la preferencia de oviposición con diferentes sustratos es limitada. Sin embargo, algunos autores como Hattingh y Samways (1995), mencionan que incluso algunos coccinélidos como *Chilocorus nigrita* (Fabricius) muestran preferencias visuales según la lejanía de objetos, a la disposición de líneas (horizontales o paralelas), e inclusive entre tipos de hojas. Así mismo, Garza-González y colaboradores (2019), encontraron que para *H. axyridis*, el color del sustrato es importante, y prefiere ovipositar en sustrato de color azul.

1.2.7 Cheilomenes sexmaculata

1.2.7.1 Características morfológicas.

Tienen cuerpo redondeado, los machos miden en promedio de 5.1 mm de largo y 4.1 mm de ancho, y las hembras, 5.2 mm de largo y 5.1 mm de ancho. Tienen la cabeza ligeramente convexa, de color negro con áreas blancas. Presentan antenas capitadas con el segmento apical de forma globular, los penúltimos segmentos cilíndricos, el escapo trapezoidal más grande que el pedicelo, y con un total de once segmentos. El clipeo es semicircular, el labro presenta un margen anterior sobresaliente, un labio con tres segmentos, y el último segmento del palpo maxilar tiene forma de hacha de color marrón amarillento. En el protórax, las hembras presentan pronoto negro, en cuya base se presenta una franja blanca y en la parte central posterior presenta dos manchas irregulares blancas. El mesotórax y metatórax a vista ventral, son de color castaño oscuro, con zonas donde se ubican las coxas. Sus patas son tipo

cursorias, de color marrón, con coxas ovaladas y trocánter pequeño. El fémur en la zona apical es más angosto que la zona distal. El abdomen es semi oval, color castaño claro en los esternitos. Alas membranosas bien definidas que se pliegan bajo los élitros. La venación alar está formada por cuatro venas no esclerosadas (Pizán y Prado, 2023). Esta especie, al igual que muchas catarinas, presentan polimorfismo en la coloración de sus élitros, asociados a adaptaciones genéticas, variaciones geográficas o estacionales (Sloggett y Honěk, 2012).

1.2.7.2 Ciclo biológico

La duración del ciclo de *C. sexmaculata* alimentada con *Aphis craccivora* (Koch) (Cuadro 1) es de 17.12 ± 1.44 y 22.54 ± 2.38 días para machos y hembras, desde el huevo hasta el adulto. La esperanza de vida total de los machos es de 29.64 ± 2.59 días y de 35.06 ± 3.17 días para las hembras. El periodo larval total es de 7.66 ± 1.61 días. La duración media de los períodos prepupal y pupal es de 0.04 ± 0.20 y 2.18 ± 0.48 días, respectivamente (Ashwini, 2022).

Cuadro 1. Ciclo de vida de *Cheilomenes sexmaculata* alimentado con *A. craccivora* en condiciones de laboratorio (temperatura 27.18 ± 1.45 °C y 49.80 ± 7.64 de humedad) (Ashwini, 2022).

Estadio	Instar	Días $\pm$ D.E.
Huevo		1.64 ± 0.72
Larva	Larva 1	1.26 ± 0.44
	Larva 2	1.68 ± 0.59
	Larva 3	2.28 ± 0.54
	Larva 4	2.44 ± 0.61
Pre-pupa		1.04 ± 0.20
Pupa		2.18 ± 0.48
Pre-oviposición		3.48 ± 0.77
Adulto	Hembra	35.06 ± 3.17
	Macho	29.64 ± 2.59

1.2.7.3 Origen, distribución y ecología

Cheilomenes sexmaculata, es una especie originaria de Asia, que también ha sido registrada en Oceanía (Agarwala y Yasuda, 2000). En América ha sido registrada en Chile (González, 2006), Colombia (Kondo *et al.*, 2015), Perú (Chavez y chirinos, 2017), Venezuela (Angulo *et al.*, 2011), Ecuador (Cornejo y González, 2015), Panamá (Romanowski *et al.*, 2020) y en la isla caribeña de Curasao (Assour y Behm, 2019). En México, se reportó por primera vez, con cinco ejemplares colectados en cultivo de maíz, en Edzná, en el estado de Campeche (Vélez, 2022). González (2019) menciona que *C. sexmaculata* también es conocida con las sinonimias de *Coccinella sexmaculata*, *Coccinella quadriplagiata*, *Orcus molipes* y *Menochilus sexmaculatus*.

Esta especie es conocida por actuar como controlador biológico de diversas especies de áfidos, como por ejemplo *Aphis nerii* (Boyer de Fonscolombe) (Abbas *et al.*, 2020), *Aphis pomi* (De Geer) (Kumari, 2019), *A. craccivora* (Koch) (Ashwini, 2022), y *A. gossypii* (Vasista *et al.*, 2021). Además, en Yucatán, México se logró su cría con ninfas de *D. citri*, y se determinó que las hembras presentan una respuesta funcional de tipo II cuando se alimentan con ninfas de segundo estadio (Couto-Peraza, 2024).

1.2.8 *Exochomus insatiabilis*

1.2.8.1 Características morfológicas

El macho presenta una longitud del cuerpo de 3.12 mm y 2.66 mm de ancho, mientras que la hembra presenta una longitud del cuerpo de 3.60 mm y 3.08 mm de ancho. Esta especie tiene forma redondeada, dorsal pulida, clípeo negro, labro ferroso con pubescencia corta, antenas marrones, mandíbula y palpos maxilares ferrosos. La cabeza se encuentra insertada en el protórax, es 1.8 veces más ancha que larga, con ojos facetados, ubicados en la parte lateral de la cabeza. El clípeo es prolongado hasta los ojos, con labro transversal con bordes redondeados, y antenas insertadas ventralmente al lado del ojo. Los palpos maxilares tienen 4 artejos, el tórax con el pronoto es más ancho que la cabeza, y transversalmente oval, con escutelo triangular. Presenta élitros convexos, y epipleuras completas. En las patas, los fémures se encuentran ocultos dorsalmente por los élitros, y presentan tarsos con cuatro artejos. El abdomen tiene seis esternitos visibles en machos y cinco visibles en hembras, siendo ésta la única diferencia entre sexos (Rodríguez-Vélez, 2018).

1.2.8.2 Ciclo biológico

La duración del ciclo biológico de *E. insatiabilis* alimentada con ninfas *D. citri* es de 37.32 ± 12.84 días, desde huevo hasta la emergencia del adulto (Pech-Uicab, 2020) (Cuadro 2). Los adultos viven en promedio 100.61 ± 32.09 días, con un rango que varía entre 213 y 35 días. La longevidad de las hembras y machos es similar, con promedios de 100.23 ± 32.08 y 100.94 ± 32.40 días, respectivamente. El periodo larval dura en promedio 21.83 ± 9.63 días, pasando por cuatro estadios, seguidos de la pupa, con un promedio de 8.27 ± 1.47 días.

Cuadro 2. Ciclo biológico de *E. insatiabilis* alimentando con *D. citri* en condiciones de laboratorio (temperatura de $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $78 \pm 5\%$ HR y fotoperiodo de 10:14 hrs.) (Pech-Uicab, 2020).

Estadio	Instar	Días $\pm$ D.E.
Huevo		7.22 ± 1.74
Larva	Larva I	5.20 ± 1.51
	Larva II	4.27 ± 1.94
	Larva III	4.51 ± 1.97
	Larva IV	7.85 ± 4.21
Pupa		8.27 ± 1.47
Adulto		100.61 ± 32.09

1.2.8.3 Origen, distribución y ecología

E. insatiabilis es nativa del estado de Yucatán, México. Se identificó a partir de una colecta de 46 ejemplares dentro de las instalaciones del laboratorio regional de reproducción masiva de *T. radiata* del sureste (LABSUR). Se le nombró *Exochomus* “*insatiabilis*” debido a su significado en latín “insaciable”, que describe su voracidad sobre *D. citri*, de quien se observó alimentándose al momento de su captura (Rodríguez-Vélez, 2018). Además, Couto-Peraza (2024), menciona que las hembras de esta especie poseen una respuesta funcional tipo general o flexible (sigmoïdal) cuando se alimenta con ninfas de segundo estadio de *D. citri*.

1.3 HIPÓTESIS

Las dietas merídica 1 y 2 son más eficientes que la oligídica en la cría de *C. sexmaculata* y *E. insatiabilis*, ya que permiten el desarrollo y reproducción de los individuos sin necesidad del uso de presas facticias.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar dos dietas merídicas y una dieta oligídica, para la cría de *E. insatiabilis* y *C. sexmaculata*, coccinélidos depredadores de plagas de los cítricos.

1.4.2. Objetivos específicos:

- 1.- Determinar el ciclo vida, longevidad y proporción sexual de *E. insatiabilis* y *C. sexmaculata* alimentadas con dos dietas merídicas y una olígida
- 2.-Determinar la fertilidad y fecundidad de *E. insatiabilis* y *C. sexmaculata* alimentadas con dos dietas merídicas y una olígida
- 3.- Identificar la preferencia por sustrato de oviposición para *E. insatiabilis* y *C. sexmaculata*.

1.5 Procedimiento experimental

Esquema experimental

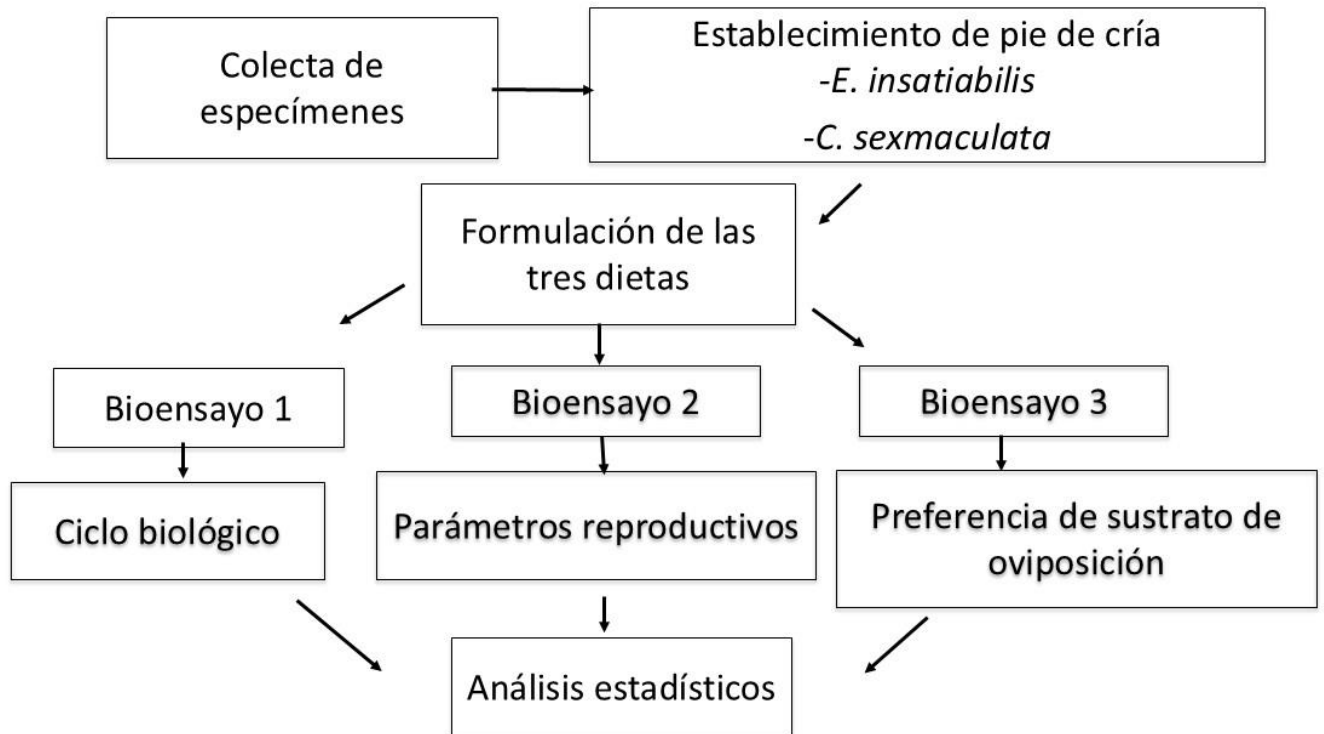


Figura 1. Estrategia experimental para el desarrollo de la investigación

1.6 LITERATURA CITADA

- Abbas, K., Zaib, M. S., Zakria, M., Hani, U.-e., Zaka, S. M., & Ane, M. N.-u. (2020). *Cheilomenes sexmaculata* (Coccinellidae: Coleoptera) as a potential biocontrol agent for aphids based on age-stage, two-sex life table. *PLOS ONE*, 15(9), e0228367. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228367>
- Agarwala, B. K., & Yasuda, H. (2000). Competitive ability of ladybird predators of aphids: A review of *Cheilomenes sexmaculata* (Fabr.) (Coleoptera: Coccinellidae) with a worldwide checklist of preys. *Journal of Aphidology*, 14, 1–20. Doi:10.1007/s11829-012-9198-z
- Al Bitar, L., Gorb, S. N., Zebitz, C. P., & Voigt, D. (2012). Egg adhesion of the codling moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) to various substrates: I. Leaf surfaces of different apple cultivars. *Arthropod-Plant Interactions*, 6(3), 471–488.
- Alarcón Camacho, J., Yanqui Díaz, F., Moreno Llacza, S. M., Arostegui León, E., Buendía Molina, M. A., & Garay, E. (2019). ¿La mariquita de siete puntos (*Coccinella septempunctata*) es efectiva en el control biológico de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)? *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 489–495. doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.05
- Alemán, J., Baños, H., & Ravelo, J. (2007). *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing: Una combinación destructiva para la producción citrícola. *Revista de Protección Vegetal*, 22(3), 154–165.
- Ali, I., Zhang, S., Luo, J. Y., Wang, C. Y., Lv, L. M., & Cui, J. J. (2016). Artificial diet development and its effect on the reproductive performances of *Propylea japonica* and *Harmonia axyridis*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19(2), 289–293. doi.org/10.1016/j.aspen.2016.03.005
- Angulo, J., Arcaya, E., & González, R. (2011). Aspectos biológicos de *Menochilus sexmaculatus* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentado con *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 45(4), 423–431.
- Arijs, Y., & De Clercq, P. (2004). Liver-based artificial diets for the production of *Orius laevis*. *BioControl*, 49, 505–516. doi.org/10.1023/B:BICO.0000036440.02590.f8
- Arredondo Bernal, H. C., & Rodríguez Del Bosque, L. Á. (2008). *Casos de control biológico en México*. Sociedad Mexicana de Control Biológico.
- Ashwini, M., & Shukla, A. (2022). Biology of zigzag ladybird beetle, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coccinellidae: Coleoptera) on cowpea aphid, *Aphis craccivora* (Koch) (Aphididae: Hemiptera). *The Pharma Innovation*, 11(8), 813–818.
- Assour, H. R., & Behm, J. E. (2019). First occurrence of *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) on the Caribbean Island of Curaçao. *Neotropical Entomology*, 48(5), 863–865. doi.org/10.1007/s13744-019-00699-0
- Badii, M. H., & Abreu, J. L. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas (Biological control a sustainable way of pest control). *Daena: International Journal of Good Conscience*, 1(1), 82–89.
- Badii, M. H., Tejada, L. O., Flores, A. E., Lopez, C. E., & Quiróz, H. (2000a). Historia, fundamentos e importancia. En M. H. Badii, A. E. Flores, & L. J. Galán (Eds.), *Fundamentos y perspectivas de control biológico* (pp. 3–17). UANL.

- Badii, M. H., Flores, A. E., Quiróz, H., Torres, R., & Foroughbakhch, R. (2000b). Depredación y control biológico. En M. H. Badii, A. E. Flores, & L. J. Galán (Eds.), *Fundamentos y perspectivas de control biológico* (pp. 53–60). UANL.
- Bartlett, B. R. (1978). Coccidae. En C. P. Clausen (Ed.), *Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review* (Agriculture Handbook No. 480, pp. 57–74). U.S. Department of Agriculture
- Bastidas, Y., Valera, N., Solano Rojas, Y., & Vásquez, C. (2019). Parámetros biológicos de *Olla timberlakei* Vandenberg (Coleoptera: Coccinellidae) alimentada con dietas artificiales. *Revista Chilena de Entomología*, 45(4), 619–627. doi.org/10.35249/rche.45.4.19.15
- Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88(1), 7–37.
- Bozzetta, J. L. R., Espinoza, B. J. S., Alcántara, E. E. L., Canales, Y. M. del C. R., & Canales, M. Y. R. (2018). Evaluación de la capacidad depredadora de *Chrysoperla carnea* sobre *Planococcus* spp. “Cochinilla Harinosa” como controlador biológico. *Big Bang Faustino*, 7(3). doi.org/10.51431/bbf.v7i3.432
- Caltagirone, L. E., & Douth, R. L. (1989). The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Annual Review of Entomology*, 34, 1–16. doi.org/10.1146/annurev.en.34.010189.000245
- Campos, R., Fiore, N., Riquelme, N., Barros-Parada, W., & Besoain, X. (2022). Genotype variation of *Citrus tristeza virus* after passage on different hosts, and changes in the virus genotype populations by the vector *Aphis gossypii*. *Phytopathologia Mediterranea*, 61(1), 55–63.
- Carballo, M., & Guaharay, F. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas*. Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza.
- Castillo Zeno, S. (2006). *Uso de Metarhizium anisopliae para el control biológico del salivazo (Aeneolamia spp. y Prosapia spp.) en pastizales de Brachiaria decumbens en El Petén, Guatemala* [Tesis de maestría, CATIE]. Repositorio Institucional CATIE.
- Cave, R. D. (1999). *Telenomus remus* Nixon: un parasitoide en el control biológico del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Ceiba*, 40(2), 215–227.
- Chavez, Y., Chirinos, D. T., González, G., Lemos, N., Fuentes, A., Castro, R., & Kondo, T. (2017). *Tamarixia radiata* (Waterston) and *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) as biological control agents of *Diaphorina citri* Kuwayama in Ecuador. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 77(2), 180–184. doi.org/10.4067/S0718-58392017000200180
- Clausen, C. P. (1931). *Two citrus leaf miners of the Far East* (Technical Bulletin No. 252). U.S. Department of Agriculture.
- Collyer, E. (1951). The separation of *Conwentzia pineticola* End. from *Conwentzia psociformis* (Curt.), and notes on their biology. *Bulletin of Entomological Research*, 42(3), 555–564. doi.org/10.1017/S0007485300028959
- Cornejo, X., & González, G. (2015). Contribución al conocimiento de la fauna entomológica de los manglares: *Olla roatanensis* Vandenberg y *Cheilomenes sexmaculata* Fabricius, dos nuevos registros de Coleoptera: Coccinellidae para Ecuador y Perú. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 8(2), 76–80. doi.org/10.53591/cna.v8i2.220

- Couto-Peraza, A. (2024). *Respuesta funcional de Exochomus insatiabilis y Cheilomenes sexmaculata (coleoptera: Coccinellidae) sobre ninfas de Diaphorina citri (Hemiptera: Liviidae)* [Tesis de Maestría] Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal.
- Da Graça, J. V., & Korsten, L. (2004). Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies. En *Diseases of Fruits and Vegetables Volume I: Diagnosis and Management* (pp. 229–245). Springer. doi.org/10.1007/1-4020-2606-4
- Dougherty, E. C. (1959). Introduction to axenic culture of invertebrate Metazoa: a goal. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 77(2), 27–54. doi [10.1111/j.1749-6632.1959.tb36891.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1959.tb36891.x)
- Flores-Sánchez, J. L., Mora-Aguilera, G., Loeza-Kuk, E., López-Arroyo, J. I., Domínguez-Monge, S., Acevedo-Sánchez, G., & Robles-García, P. (2015). Pérdidas en producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en limón persa, en Yucatán México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 33(2), 195–210. Recuperado en 27 de noviembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092015000200195&lng=es&tlng=es.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *Citrus fruit statistics 2015*. [https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/food-and-agriculture-market-analysis-\(FAMA\)/citrus/3/en](https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities-overview/food-and-agriculture-market-analysis-(FAMA)/citrus/3/en).
- García, N., Zambrano, M., & Chirinos, D. (2022). La situación del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae), vector de Huanglongbing en Ecuador. *Manglar*, 19(2), 193–200. doi.org/10.17268/manglar.2022.024
- Garza-González, E., Fajardo-Armenta, D. N., Angulo-Castro, A., & Retes-Manjarrez, J. E. (2019). Preferencia de oviposición de *Harmonia axyridis* en micro-jaulas con diferentes sustratos de colores bajo condiciones controladas. *Southwestern Entomologist*, 44(4), 955–962. doi.org/10.3958/059.044.0417
- González, G. (2006). *Los Coccinellidae de Chile*. <http://www.coccinellidae.cl>
- González, G. (2019). Lista actualizada de especies de Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) presentes en Chile. <http://www.coccinellidae.cl/paginas/listachile.php>
- Gyenge, J. E., Edelstein, J. D., & Salto, C. E. (1998). Efectos de la temperatura y la dieta en la biología de *Eriopis connexa* (Germar) (Coleóptera: Coccinellidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27, 345–356. doi.org/10.1590/S0301-80591998000300004
- Hall, D. G., & Rohrig, E. (2015). Bionomics of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) associated with orange jasmine hedges in southeast central Florida, with special reference to biological control by *Tamarixia radiata*. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 1198–1207. doi.org/10.1093/jee/tov052
- Harvey, A. W. (1983). *Schistocerca piceifrons* (Walker) (Orthoptera: Acrididae), the swarming locust of tropical America: A review. *Bulletin of Entomological Research*, 73(2), 171–184. doi.org/10.1017/S0007485300008786
- Hattingh, V., & Samways, M. J. (1995). Visual and olfactory location of biotopes, prey patches, and individual prey by the ladybeetle *Chilocorus nigritus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 75(1), 87–98. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1995.tb01914.x>

- Hernández, E., Rivera, P., Aceituno-Medina, M., Aguilar-Laparra, R., Quintero-Fong, L., & Orozco-Dávila, D. (2016). Eficiencia de levaduras para la cría masiva de *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* y *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3), 240–252. Recuperado en 27 de noviembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372016000300240&lng=es&tlng=es.
- Herrera, J. M. (1960). Investigaciones sobre la cría artificial del coccinélido *Coleomegilla maculata* (De Geer). *Revista Peruana de Entomología*, 3(1), 81–89. Recuperado a partir de 27 de noviembre de 2025 <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peruentomol/article/view/314>
- Hogg, B. N., Lee, J. C., Rogers, M. A., Worth, L., Nieto, D. J., Stahl, J. M., & Daane, K. M. (2022). Releases of the parasitoid *Pachycrepoideus vindemmiae* for augmentative biological control of spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Biological Control*, 168, 104865. doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104865
- Hosseinizadeh, S., & Heck, M. (2023). Variations on a theme: Factors regulating interaction between *Diaphorina citri* and “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” vector and pathogen of citrus huanglongbing. *Current Opinion in Insect Science*, 56, 101025. doi.org/10.1016/j.cois.2023.101025
- Hoy, M. A., & Nguyen, R. (1997). Classical biological control of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae): Theory, practice, art and science. *Tropical Lepidoptera*, 8(Suppl. 1), 1–19. journals.flvc.org/troplep/article/view/89914
- Kairo, M. T. K., Paraiso, O., Gautam, R. D., & Peterkin, D. D. (2013). *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (Coccinellidae: Scymninae): A review of biology, ecology, and use in biological control with particular reference to potential impact on non-target organisms. *CABI Reviews*, 2013, 1–20. doi.org/10.1079/PAVSNNR201380
- Kairo, M. T., Pollard, G. V., Peterkin, D. D., & López, V. F. (2000). Biological control of the hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae) in the Caribbean. *Integrated Pest Management Reviews*, 5, 241–254. <https://doi.org/10.1023/A:1012997619132>
- Kenis, M., du Plessis, H., Van den Berg, J., Ba, M. N., Goergen, G., Kwadjo, K. E., & Polaszek, A. (2019). *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects*, 10(4), 92. doi.org/10.3390/insects10040092
- Koch, R. L. (2003). The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. *Journal of Insect Science*, 3(1), 32. doi.org/10.1093/jis/3.1.32
- Kondo, T., González, G., Tauber, C., Guzmán-Sarmiento, Y. C., Vinasco-Mondragon, A. F., & Forero, D. (2015). A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the world. *Insecta Mundi*, (0457), 1–14. hdl.handle.net/20.500.12324/40676

- Kumari, M. (2019). Biology of *Cheilomenes sexmaculata* (F.), a predator of green apple aphid in Himachal Pradesh. *Indian Journal of Entomology*, 81(1), 37–39. doi 10.5958/0974-8172.2019.00072.5
- León, G. M. (2012). Insectos de los cítricos. En M. L. García & J. C. Yepes (Eds.), *Cítricos: Cultivo, poscosecha e industrialización* (pp. 129–161). Corporación Universitaria Lasallista. hdl.handle.net/10567/563
- Loeza-Kuk, E., Ochoa-Martínez, D. L., Mora-Aguilera, G., Gutiérrez-Espinosa, M. A., Villegas-Monter, Á., Wulff, N. A., & Pérez-Molphe-Balch, E. (2008). Haplotipos de *Citrus tristeza virus* transmitidos por *Toxoptera citricida* y *Aphis spiraecola* y su relación con muerte súbita. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(Supl.), 85.
- Mani, M., & Krishnamoorthy, A. (2012). Determination of release time of the Australian ladybird beetle, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant for the suppression of the pink Hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) on grapes. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 18(1), 98–99. doi.org/10.1080/09583157.2018.1487029
- Marco-Noales, E. (2019). La amenaza de enfermedades emergentes: Situación actual y avances científicos en HLB. En *15º Symposium Nacional de Sanidad Vegetal* (pp. 116–137). Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. hdl.handle.net/20.500.11939/7563
- Meyer, J. M., Hoy, M. A., & Boucias, D. G. (2007). Morphological and molecular characterization of a *Hirsutella* species infecting the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in Florida. *Journal of Invertebrate Pathology*, 95(2), 101–109. doi.org/10.1016/j.jip.2007.01.005
- Meyerdirk, D. E. (2003). *Manual del proyecto para el control biológico de la cochinilla rosada del hibisco*. U.S. Department of Agriculture, Marketing and Regulatory Programs.
- Montoya, P., Liedo, P., Benrey, B., Cancino, J., Barrera, J. F., Sivinski, J., & Aluja, M. (2000). Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control*, 18(3), 216–224. doi.org/10.1006/bcon.2000.0819
- Monzó, C., Urbaneja, A., & Tena, A. (2015). Los psílidos *Diaphorina citri* y *Trioza erytrae* como vectores de la enfermedad de cítricos Huanglongbing (HLB): reciente detección de *T. erytrae* en la Península Ibérica. *Boletín SEEA*, 1, 29–37. hdl.handle.net/20.500.11939/3922
- Mora-Aguilera, G., Robles-García, P., López-Arroyo, J. I., Flores-Sánchez, J., Acevedo-Sánchez, G., Domínguez-Monge, S., & González-Gómez, R. (2014). Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 32(2), 108–119. Recuperado en 27 de noviembre de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092014000200108&lng=es&tlng=es.
- Morales-Romano, M. D., Barajas-Ontiveros, C. G., Del Pozo-Núñez, E. M., de Lourdes Rodríguez-Aguilar, M., & Núñez-López, J. J. (2009). Condiciones para el desarrollo de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de chapulín frijolero. *Tecnociencia Chihuahua*, 3(1), 33–38.

- Nicholls-Estrada, C. I. (2008). *Control biológico de insectos: Un enfoque agroecológico*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Obrycki, J. J., & Kring, T. J. (1998). Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*, 43(1), 295–321.
- Olivares P., N. 2022-12 Escama roja de los cítricos *Aoinidiella aurantii*. Santiago, Chile: Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. (ASOEX). Revista de Citricultura *Eureka*, vol. 3(2) p. 74-77. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68833> (Consultado el 20 de octubre de 2025).
- Paiva, P. E. B., Neto, L. M., Marques, N. T., Duarte, B. Z., & Duarte, A. M. (2024). Citrus Aphids in Algarve Region (Portugal): Species, Hosts, and Biological Control. *Ecologies*, 5(1), 101-115. doi.org/10.3390/ecologies5010007
- Paredes, D., Campos, M., & Cayuela, L. (2013). El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Ecosistemas*, 22(1), 56–61. doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-1.10
- Pech-Uicab. (2020). *Tabla de vida y fecundidad de Exochomus insatiabilis (Rodriguez) (Coleoptera: Coccinellidae) sobre Diaphorina citri (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán].
- Peña, E., Villazón, L., Jiménez, S., Vázquez, L., & Licor, L. (2000). Alternativas para el control biológico del pulgón pardo de los cítricos (*Toxoptera citricidus* Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). *Fitosanidad*, 4(1–2), 75–78.
- Pila, F. E. S. (2016). Importancia de los lipopéptidos de *Bacillus subtilis* en el control biológico de enfermedades en cultivos de gran valor económico. *Bionatura*, 1(3), 135–138.
- Pizán Namoc, N. E., & Prado Valdez, M. K. (2023). *Morfología de Cheilomenes sexmaculata (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae)*, Trujillo, Perú, 2022 [Tesis de título profesional, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional UNITRU.
- Quezada, J. R. (1989). Utilización del control biológico clásico. En K. L. Andrews & J. R. Quezada (Eds.), *Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura* (pp. 195–210). Escuela Agrícola Panamericana.
- Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. (2009) a. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biological Control*, 50(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.04>
- Reyes-García, V., & Martí-Sanz, N. (2008). Etnoecología: Punto de encuentro entre naturaleza y cultura. *Ecosistemas*, 16(3), 16–30.
- Riddick, E. W. (2009). Benefits and limitations of factitious prey and artificial diets on life parameters of predatory beetles, bugs, and lacewings: A mini-review. *BioControl*, 54(3), 325–339. doi.org/10.1007/s10526-008-9171-z
- Robles-González, M. M., Orozco-Santos, M., Manzanilla-Ramírez, M. Á., Velázquez-Monreal, J. J., & Carrillo-Medrano, S. H. (2017). Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1101–1111. doi.org/10.29312/remexca.v8i5.111

- Rodríguez-Vélez, J. M. (2018). Especie nueva de *Exochomus* (Coleoptera: Coccinellidae: Chilocorinae) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3), 666–671. doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2445
- Rodríguez-Vélez, J. M. (2022). Primer registro de *Cheilomenes sexmaculata* en México. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 81(2), 57–59. 10.25085/rsea.810206
- Romanowski, J., Ceryngier, P., & Banak, Z. (2020). First record of *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (Coleoptera: Coccinellidae) in Panama. *Entomologist*, 95, 163–166. doi.org/10.3956/2019-95.3.163
- San Pedro, P., Fernández, C., Cao, L., Seta, S., Coniglio, R., Díaz, B. M., & Gonsebatt, G. (2020). Parasitoides como potenciales controladores naturales de moscas drosófilas en montes frutales del sur de Santa Fe. *Agromensajes*, 58, 28–30.
- Sandoval-Cauich, D. A., Cicero, L., Rodríguez-Vélez, J. M., Villarreal-Guerrero, A. I., & del Carmen Rosel-May, M. (2025). Diversity of lady beetles in citrus in Southern Yucatan, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 49(4), 1–16. doi.org/10.3958/059.049.0432
- Santamaría, L., Pericás, J., Carrete, M., & Tella, J. L. (2008). La ausencia de enemigos naturales favorece las invasiones biológicas. En M. Vilà, F. Valladares, A. Traveset, L. Santamaría, & P. Castro (Eds.), *Invasiones biológicas* (pp. 94–106). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2024, 11 de septiembre). *Ratifica México su posición como segundo productor y exportador mundial de limones y limas* [Comunicado de prensa]. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/ratifica-mexico-su-posicion-como-segundo-productor-y-exportador-mundial-de-limones-y-limas>
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2019). *Ficha técnica Huanglongbing ‘Candidatus Liberibacter spp.* (Ficha técnica No. 78). Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de vigilancia epidemiológica fitosanitaria. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/463426/78_Ficha_tecnica_Huanglongbing_Mayo_2019.pdf
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2023). *Panorama Agroalimentario 2023*. Gobierno de México. https://nube.agricultura.gob.mx/panorama_siap/
- Silva-Vara, S., Peña del Río, M. D. L. A., Peña-Martínez, R., Villegas-Jiménez, N., Byerly-Murphy, K. F., & Rocha-Peña, M. A. (2001). Distribution of citrus tristeza virus in three commercial groves in Nuevo León, México.
- Singh, P. (1982). The rearing of beneficial insects. *New Zealand Entomologist*, 7(3), 304–310. doi.org/10.1080/00779962.1982.9722404
- Sloggett, J. J., & Honěk, A. (2012). Genetic studies. En *Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)* (pp. 13–53). Wiley-Blackwell.
- Tennant, P. F., Robinson, D., Fisher, L., Bennett, S. M., Hutton, D., Coates-Beckford, P., & McLaughlin, W. (2009). Diseases and pests of citrus (Citrus spp.). *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 3(2), 81–107.
- Treminio, S., Veroy, K., & Orozco, J. (2025). First record of *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (Coleoptera, Coccinellidae) from Honduras. *Check List*, 21(3), 539–543.

- Trujillo-Arriaga, J., Sánchez-Anguiano, H. M., & Robles-García, P. L. (2008). Situación actual y perspectivas del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos en México. *SAGARPA-SENASICA-Dirección General de Sanidad Vegetal. I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los cítricos*.
- Ugrinovic, V., Tello, V., Navea, C., & Rioja, T. (2023). Efecto de cuatro dietas (artificial y natural) sobre el desarrollo postembrionario y longevidad del depredador *Clitostethus arcuatus* (Rossi)(Coleóptera: Coccinellidae) en condiciones de laboratorio. *Idesia (Arica)*, 41(4), 55-64. doi.org/10.4067/S0718-34292023000400055
- Urbaneja, A., Castañera, P., Vanaclocha, P., Tortosa, D., Jaques, J. A., & Calvo, J. (2005). Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 31(2), 209–224. hdl.handle.net/20.500.11939/4068
- Urbaneja, A., Grout, T. G., Gravena, S., Wu, F., Cen, Y., & Stansly, P. A. (2020). Citrus pests in a global world. In M. A. L. N. da Silva & R. G. R. de Moura (Eds.), *The genus citrus* (pp. 333–348). Woodhead Publishing. doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00016-4
- Van Driesche, R. G., & Bellows, T. S. Jr. (2012). *Biological control*. Chapman & Hall.
- Vasista, T., Chalam, M. S., & Naidu, K. H. (2021). Predatory potential of two aphidophagous coccinellids, *Chilomenus sexmaculata* Fabricius and *Coccinella transversalis* Fabricius on two aphid hosts *Aphis craccivora* Koch and *Aphis gossypii* glover. *The Pharma Innovation Journal*, 9(9), 484–490.
- Van Driesche, R. G. a., Hoddle, M. S. a., Center, T. D. a., Ruiz Cancino, E. t. 1., Blanca Coronada, J. t., & Álvarez, J. M. t. (2007). *Control de plagas y malezas por enemigas naturales*. Washington, Distrito de Columbia, Estados Unidos United States Department of Agriculture United States Department of Agriculture Forest Service.
- Viscarret, M., & López, S. (2020). Producción masiva y liberación de entomófagos. En L. La Fuente & C. Galamarino (Eds.), *Control biológico de plagas en horticultura: Experiencias argentinas de las últimas tres décadas* (Vol. 5, pp. 89–101). Ediciones INTA.
- Wang, N. (2022). *Candidatus Liberibacter asiaticus* (citrus greening) [Conjunto de datos]. En *CABI Compendium*. doi.org/10.1079/cabicompendium.16565
- White, G., Kairo, M. & Lopez, V. Classical Biological Control of the Citrus Blackfly *Aleurocanthus Woglumi* by *Amitus Hesperidum* in Trinidad. *Biocontrol* **50**, 751–759 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10526-005-0924-7>
- Williams, T., Arredondo-Bernal, H. C., & Rodríguez-del-Bosque, L. A. (2013). Biological pest control in Mexico. *Annual Review of Entomology*, 58, 119-140. Doi. 10.1146/annurev-ento-120811-153552
- World Citrus Organisation (WCO). (2022). Citrus world statistics. Recuperado de <https://worldcitrusorganisation.org/new-citrus-world-statistics-publication-boosts-citrus-sector-information-exchange-in-the-world-citrus-organisation/>
- Yu, Y., Cheng, Y., Zhou, Y., & Li, F. (2022). Effects of various components of artificial diets on survival, development and reproduction of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Biocontrol Science and Technology*, 32(9), 1122–1131. <https://doi.org/10.1080/09583157.2022.2100876>

- Zapata, V. A., Murcia Riaño, N., & Trochez Parra, A. L. (2002). *Áfidos: Reconocimiento de especies de áfidos asociados a los cítricos e incidencia del virus de la tristeza en algunas regiones de Colombia* (Manual Técnico). CORPOICA. hdl.handle.net/20.500.12324/18057
- Zelaya-Molina, L. X., Chávez-Díaz, I. F., De los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S., & Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE27), 69-79. doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251
- Zou, D. Y., Wu, H. H., Coudron, T. A., Zhang, L. S., Wang, M. Q., Liu, C. X., & Chen, H. Y. (2013). A meridic diet for continuous rearing of *Arma chinensis* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae). *Biological Control*, 67(3), 491–497. doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.020

2 CAPITULO II. DIETAS ARTIFICIALES PARA LA CRÍA DE DOS COCCINÉLIDOS DEPRADADORES DE PLAGAS DE LOS CÍTRICOS

Rosel-May, M¹, Cicero-Jurado, L.^{2*}, Reyes-Ramírez, A.¹ y González-Moreno, A.¹

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal. Avenida Tecnológico S/N, Conkal, Yucatán, México. C.P 97345.

²INIFAP, Campo Experimental Mococho, Km 25 antigua carretera Mérida-Motul, Mococho, C.P. 97454, Yucatán, México.

Autor: maria.roselmay@gmail.com

Correspondencia: cicero.lizette@gmail.com

2.1. RESUMEN

El control biológico con coccinélidos depredadores es una estrategia fundamental para el manejo sostenible de plagas agrícolas. A pesar de su efectividad documentada, su utilización se ve limitada por falta de metodologías de cría masiva rentables. Por lo cual, el objetivo de esta investigación fue evaluar dos dietas merídicas (DM1 y DM2) y una oligídica (DO), así como sustratos de oviposición para la cría de *Exochomus insatiabilis* y *Cheilomenes sexmaculata*. Para ello, se determinaron el ciclo de vida, longevidad, fertilidad y fecundidad para cada dieta, así como la preferencia de color y forma de sustratos de oviposición para ambas especies. Los resultados revelaron que la DO fue la única que permitió a ambas especies completar su ciclo biológico, además de una mayor viabilidad larval y desarrollo. *E. insatiabilis* alcanzó una supervivencia larval del 83.3 % a los 28 días, con un ciclo de 36.9 días con la dieta DO; mientras que *C. sexmaculata* logró el 32.2 % de supervivencia a los 20 días, con un ciclo más corto de 20.6 días con la misma dieta. Para ambas especies, las dietas DM1 y DM2 resultaron en alta mortalidad larval, donde solo un individuo de *E. insatiabilis* logró completar el ciclo biológico. En los adultos, la DO fue la más efectiva para lograr

oviposición (*C. sexmaculata*: promedio de 27 huevos; *E. insatiabilis*: promedio de 11.18 huevos). Sin embargo, la fecundidad fue baja o nula: *C. sexmaculata* solo logró el 0.34 % de eclosión con DO, y *E. insatiabilis* tuvo 0% de fertilidad. La dieta DM1 también permitió la oviposición en *C. sexmaculata* (promedio de 5.33 huevos) y maximizó su longevidad adulta (promedio de 75.1 días). Finalmente, *C. sexmaculata* no mostró preferencias por ningún sustrato y *E. insatiabilis* a pesar del análisis global positivo, la prueba post- hoc no mostró diferencias significativas. Se concluye que la dieta DO es la más adecuada para sustentar el desarrollo larval y completar el ciclo de vida, pero no es suficiente para lograr viabilidad reproductiva. No obstante, la longevidad obtenida con la dieta DM1 sugiere que, con una optimización nutricional se podría lograr la reproducción y aumentar la fecundidad.

Palabras clave: *Exochomus insatiabilis*, *Cheilomenes sexmaculata*, Dietas artificiales, Control biológico, catarinas.

2.1. ABSTRACT

Biological control using predatory coccinellids is a fundamental strategy for sustainable agricultural pest management. Despite its documented effectiveness, its utilization is limited by the lack of cost-effective mass-rearing methodologies. Therefore, the objective of this research was to evaluate two meridic diets (DM1 and DM2) and one oligidic diet (DO), as well as oviposition substrates, for the rearing of *Exochomus insatiabilis* and *Cheilomenes sexmaculata*. To this end, the life cycle, longevity, fertility, and fecundity for each diet were determined, as well as the color and shape preference for oviposition substrates for both species. The results revealed that the DO diet was the only one that allowed both species to complete their biological cycle, in addition to promoting greater larval viability and development. *E. insatiabilis* achieved 83.3% larval survival at 28 days, with a life cycle of 36.9 days on the DO diet; while *C. sexmaculata* achieved 32.2% survival at 20 days, with a shorter cycle of 20.6 days on the same diet. For both species, the DM1 and DM2 diets resulted in high larval mortality, where only one *E. insatiabilis* individual managed to complete the biological cycle. In adults, the DO diet was the most effective for achieving oviposition (*C. sexmaculata*: average of 27 eggs; *E. insatiabilis*: average of 11.18 eggs). However, fecundity was low or nil: *C. sexmaculata* only achieved 0.34% hatching with DO, and *E. insatiabilis* had 0% fertility. The DM1 diet also allowed oviposition in *C. sexmaculata* (average of 5.33 eggs) and maximized its adult longevity (average of 75.1 days). Finally, *C. sexmaculata* showed no preferences for any substrate, and *E. insatiabilis*, despite a positive global analysis, the post-hoc test showed no significant differences. It is concluded that the DO diet is the most adequate to sustain larval development and complete the life cycle, but it is not sufficient to achieve reproductive viability. Nevertheless, the longevity obtained with the DM1 diet suggests that, with nutritional optimization, reproduction could be achieved and fecundity increased.

Keywords: *Exochomus insatiabilis*, *Cheilomenes sexmaculata*, Artificial diets, Biological control, Ladybeetles.