



**Universidad
de La Laguna**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Sección de Ingeniería Agrícola

**GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y DEL MEDIO
RURAL**

**Avances sobre el control
biológico de *Dactylopius
opuntiae***

David Perestelo Paz

La Laguna, septiembre 2022

**AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO
POR SUS DIRECTORES
CURSO 2021/2022**

DIRECTORA: Dra. Estrella Hernández Suárez

DIRECTOR: Cat. Damián de Torres Domínguez

Como Director/es del alumno/a David Perestelo Paz en el TFG titulado: "Avances sobre el control biológico de *Dactylopius opuntiae*", con Nº de Ref: 12

Doy/damos mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmo/confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Trabajo Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería.

La Laguna, a 05 de septiembre de 2022

**HERNANDEZ
SUAREZ
ESTRELLA
MARINA -
45445718H**
Firmado digitalmente
por HERNANDEZ
SUAREZ ESTRELLA
MARINA - 45445718H
Fecha: 2022.09.05
08:35:56 +01'00'

**DE TORRES
DOMINGUEZ
DAMIAN
ANTONIO -
00646151N**
Firmado digitalmente
por DE TORRES
DOMINGUEZ DAMIAN
ANTONIO - 00646151N
Fecha: 2022.09.04
16:03:10 +01'00'

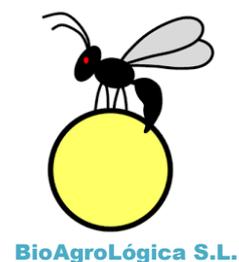
SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a los dos tutores que he tenido en este Trabajo de Fin de Grado: al Cat. Damián de Torres Domínguez por haber sido parte de la idea inicial de estudio, contagiarme su entusiasmo por el tema y apoyarme en ello; y a la Dra. Estrella Hernández Suárez por haberme recibido en el Departamento de Entomología del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias y mostrarme el gran mundo que existe dentro de esta rama de la agricultura. También quisiera corresponder a todo el equipo que compone el laboratorio y que tanto me han enseñado durante mis ensayos.

Agradecer a las personas que han colaborado activamente en el desarrollo de este estudio aportando tanto su conocimiento como su tiempo: Angelos Mouratidis, Miguel Ángel Dionisio Fernández, Gustavo Peña Tejera, Dr. Carlos Álvarez Acosta, Óscar Luis Saavedra Oliva y Tomás Martín Toledo.

En estas últimas líneas quisiera agradecer, siendo parte fundamental en todo este camino, a toda mi familia y a Yasmina, que les he robado gran parte de su tiempo conmigo para destinarlo a este trabajo. Gracias por el apoyo.



TÍTULO: AVANCES SOBRE EL CONTROL BIOLÓGICO DE *DACTYLOPIUS OPUNTIAE*

AUTOR: David Perestelo Paz

PALABRAS CLAVE: Universidad de La Laguna, tasa de depredación, *Opuntia ficus-indica*, cochinilla silvestre, *Parexochomus nigripennis*, *Dactylopius coccus*, ensayo de laboratorio, Canarias.

Resumen

El presente trabajo, "Avances sobre el control biológico de *Dactylopius opuntiae*", aborda la toma de contacto para la puesta a punto de un control biológico por conservación, de acuerdo con las directrices europeas de reducción de productos fitosanitarios y el pacto verde europeo y por tanto se realizaron diferentes vías de aproximación, para conseguir este control biológico:

En primer lugar, la prospección de enemigos naturales del insecto plaga en la Isla de Tenerife, realizada en diez lugares geográficos distintos donde ha sido confirmada la presencia de los coccinélidos *Parexochomus nigripennis* y *Cryptolaemus montrouzieri*, concretamente en cuatro y tres de las zonas prospectadas, respectivamente. Además, fue también capturado un encyrtido de la especie *Homalotylus nigricornis*, hiperparasitoide de larvas de *P. nigripennis*.

En segundo lugar, se realizaron dos ensayos de laboratorio. En el primero de ellos se midió la tasa de depredación de *C. montrouzieri* sobre distinto material vegetal, con diferentes estadios (L4 y adulto), ofreciendo las dos especies *Dactylopius coccus* o *Dactylopius opuntiae*. No detectándose diferencias significativas entre las distintas interacciones del material vegetal con los estadios y presa ofrecida, pero sí una mayor depredación de las larvas con respecto a los adultos.

En tercer lugar, en una finca donde se explota la tunera para la obtención de fruto, situada en el municipio de Fasnia, se llevó a cabo un ensayo de campo para medir el porcentaje de eficacia y la supervivencia de *C. montrouzieri*. Aunque las circunstancias de una ola de calor afectaron el experimento, en el ensayo se detectaron diferencias significativas en la infestación de los cladodios testigos y aquellos donde fue liberado el coccinélido.

En cuarto lugar, se trató de comparar la tasa de depredación de *P. nigripennis* con *C. montrouzieri*, obteniéndose una tasa de depredación de la cochinilla carmín significativamente más baja para el primero que para el segundo.

Se concluye que el estudio llevado a cabo presentó posibles soluciones ante esta plaga. La viable actuación de *P. nigripennis* en explotaciones de cochinilla carmín donde la cochinilla silvestre sea un problema, previo mayor conocimiento del insecto; y la aplicación de *C. montrouzieri* como agente a corto plazo frente a la plaga de *Dactylopius opuntiae* donde se obtenga el fruto de la tunera.

TÍTULO: PROGRESS ON BIOLOGICAL CONTROL OF *DACTYLOPIUS OPUNTIAE*

AUTOR: David Perestelo Paz

PALABRAS CLAVE: University of La Laguna, predation rate, *Opuntia ficus-indica*, wild mealybug, *Parexochomus nigripennis*, *Dactylopius coccus*, laboratory test, Canary Islands.

Abstract

The present work, "Advances on the biological control of *Dactylopius opuntiae*", deals with the contact for the development of a biological control by conservation, in accordance with the European guidelines for the reduction of phytosanitary products and the European green pact, and therefore different approaches were carried out to achieve this biological control:

Firstly, the survey of natural enemies of the insect pest on the island of Tenerife, carried out in ten different geographical locations where the presence of the coccinellids *Parexochomus nigripennis* and *Cryptolaemus montrouzieri* has been confirmed, specifically in four and three of the surveyed areas, respectively. In addition, an encyrtid of the species *Homalotylus nigricornis*, a hyperparasitoid of *P. nigripennis* larvae, was also captured.

Secondly, two laboratory tests were carried out. In the first one, the predation rate of *C. montrouzieri* was measured on different plant material, with different stages (L4 and adult), offering the two species *Dactylopius coccus* or *Dactylopius opuntiae*. No significant differences were detected between the different interactions of the plant material with the stages and prey offered, but larvae were more predatory than adults.

Thirdly, a field trial was carried out on a farm in the municipality of Fasnia, where tunera is exploited to obtain fruit, to measure the percentage of effectiveness and survival of *C. montrouzieri*. Although the circumstances of a heat wave affected the experiment, the trial detected significant differences in the infestation of the control cladodes and those where the coccinellid was released.

Fourthly, the predation rate of *P. nigripennis* and *C. montrouzieri* was compared and the predation rate of the carmine mealybug was significantly lower for *P. nigripennis* than for *C. montrouzieri*.

It is concluded that the study presented possible solutions to this pest. The viable use of *P. nigripennis* in carmine mealybug farms where the wild mealybug is a problem, after a better knowledge of the insect; and the application of *C. montrouzieri* as a short-term agent against the pest *Dactylopius opuntiae* where the fruit of the tunera is obtained.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. Objetivos del estudio.....	2
3. Revisión bibliográfica.....	3
3.1. La tunera.....	3
3.1.1. Origen, historia y expansión por el mundo	3
3.1.2. Fuente de recursos.....	4
3.1.3. Superficie cultivada en Canarias	6
3.1.4. Plagas y enfermedades	6
3.2. La cochinilla silvestre	10
3.2.1. Encuadre taxonómico	10
3.2.2. Biología de la plaga	10
3.2.3. Descripción, reconocimiento de la especie e incidencia.....	12
3.2.4. Especies del género <i>Dactylopius</i> en <i>Opuntia ficus-indica</i> en Canarias.....	13
3.2.5. Daños en el cultivo	15
3.2.6. Métodos de control.....	16
4. Material y métodos.....	21
4.1. Búsqueda de enemigos naturales nativos de <i>D. opuntiae</i> en la isla de Tenerife	21
4.2. Evaluación de <i>C. montrouzieri</i> para el control biológico de <i>D. opuntiae</i> en laboratorio ..	22
4.2.1. Insectos utilizados en el ensayo de laboratorio	22
4.2.2. Material vegetal usado en el ensayo de laboratorio	25
4.2.3. Diseño experimental y toma de datos.....	26
4.2.4. Análisis de datos.....	27
4.3. Evaluación del control y supervivencia de <i>C. montrouzieri</i> sobre <i>D. opuntiae</i> en condiciones de campo en tres cultivares de <i>O. ficus-índica</i>	28
4.3.1. Localización de la parcela experimental.....	28
4.3.2. Diseño experimental y toma de datos.....	28
4.3.3. Análisis de datos.....	29
4.4. Ensayo de depredación del <i>P. nigripennis</i> sobre <i>D. opuntiae</i> y su comparación con <i>C. montrouzieri</i>	31
4.4.1. Insectos utilizados en el ensayo de laboratorio	31
4.4.2. Material vegetal usado en el ensayo de laboratorio	32
4.4.3. Diseño experimental y toma de datos.....	32
4.4.4. Análisis de datos.....	32
5. Resultados y discusión.....	33
5.1. Búsqueda de enemigos naturales nativos de <i>D. opuntiae</i> en la isla de Tenerife	33
5.2. Evaluación de <i>C. montrouzieri</i> para el control biológico de <i>D. opuntiae</i> en laboratorio ..	34
5.3. Evaluación del control y supervivencia de <i>C. montrouzieri</i> sobre <i>D. opuntiae</i> en condiciones de campo en tres cultivares de <i>O. ficus-índica</i>	37

5.4. Ensayo de depredación del <i>P. nigripennis</i> sobre <i>D. opuntiae</i> y su comparación con <i>C. montrouzieri</i>	42
5.5. Discusión general	44
6. CONCLUSIONES	45
7. Conclusions	46
8. Bibliografía	47
8.1. Referencias web	52
9. Anexos	53
9.1. Anexo 1: Datos climáticos durante la fase de campo.....	53

1. INTRODUCCIÓN

La tunera es conocida en nuestras islas con diferentes nombres como chumbera, chumbo, penca... y es utilizada como recurso fitogenético de dos variables distintas completamente. También se ha de destacar su gran arraigo cultural entre la población canaria ya que formaba parte incluso de juegos en la infancia de los niños.

El primer recurso que se puede obtener de la tunera es su fruto llamado comúnmente tuno o higo pico, el cual se caracteriza por un gran sabor y se le atribuyen una serie de beneficios para la salud humana. A su vez, se cuenta con la suerte de tener en las islas diferentes cultivares que ofrecen una gama variada de sabores de este fruto.

Por otro lado, se utiliza como hospedador de un parásito de una importancia económica al alza actualmente, la cochinilla de carmín. La historia que precede a esta cochinilla en las islas es muy importante ya que dotó de beneficio económico a gran parte del pueblo canario, llegando a obtenerse una Denominación de Origen Protegida: "La cochinilla de Canarias".

Desde hace varios años, la tunera está sufriendo la invasión de una plaga que está ocasionando un destrozo de la misma allá donde llegue. Su nombre cochinilla basta del carmín o cochinilla silvestre.

En este trabajo se refleja la búsqueda de enemigos naturales presentes en la isla de Tenerife capaces de depredar esta cochinilla, y mostrar los datos de dicha depredación, valorando en los ensayos los recursos fitogenéticos anteriormente nombrados.

2. Objetivos del estudio

Aunque el interés de Europa se dirige hacia el camino de la prevención, reduciéndose así el uso de fitosanitarios, hay que ser conscientes de ofrecer una respuesta a los agricultores de este cultivo, ya sea para la obtención de fruto o la obtención de ácido carmínico. Una investigación para cumplir dicho interés requiere un periodo de tiempo mayor, de medio a largo plazo. Por lo tanto, se ha optado por comenzar poniendo las bases para una estrategia de control biológico inundativo, mediante la liberación de un insecto ya disponible comercialmente. Además de comenzar por la búsqueda de posibles enemigos naturales nativos ya presentes en Canarias, para favorecer la estrategia de control biológico por conservación, como recomienda Europa. Así el objetivo principal de este trabajo es desarrollar una estrategia biológica de control de esta plaga, lo cual se pretende alcanzar mediante la realización de cuatro actividades diferentes orientadas a establecer las bases de ambas estrategias. Éstas son:

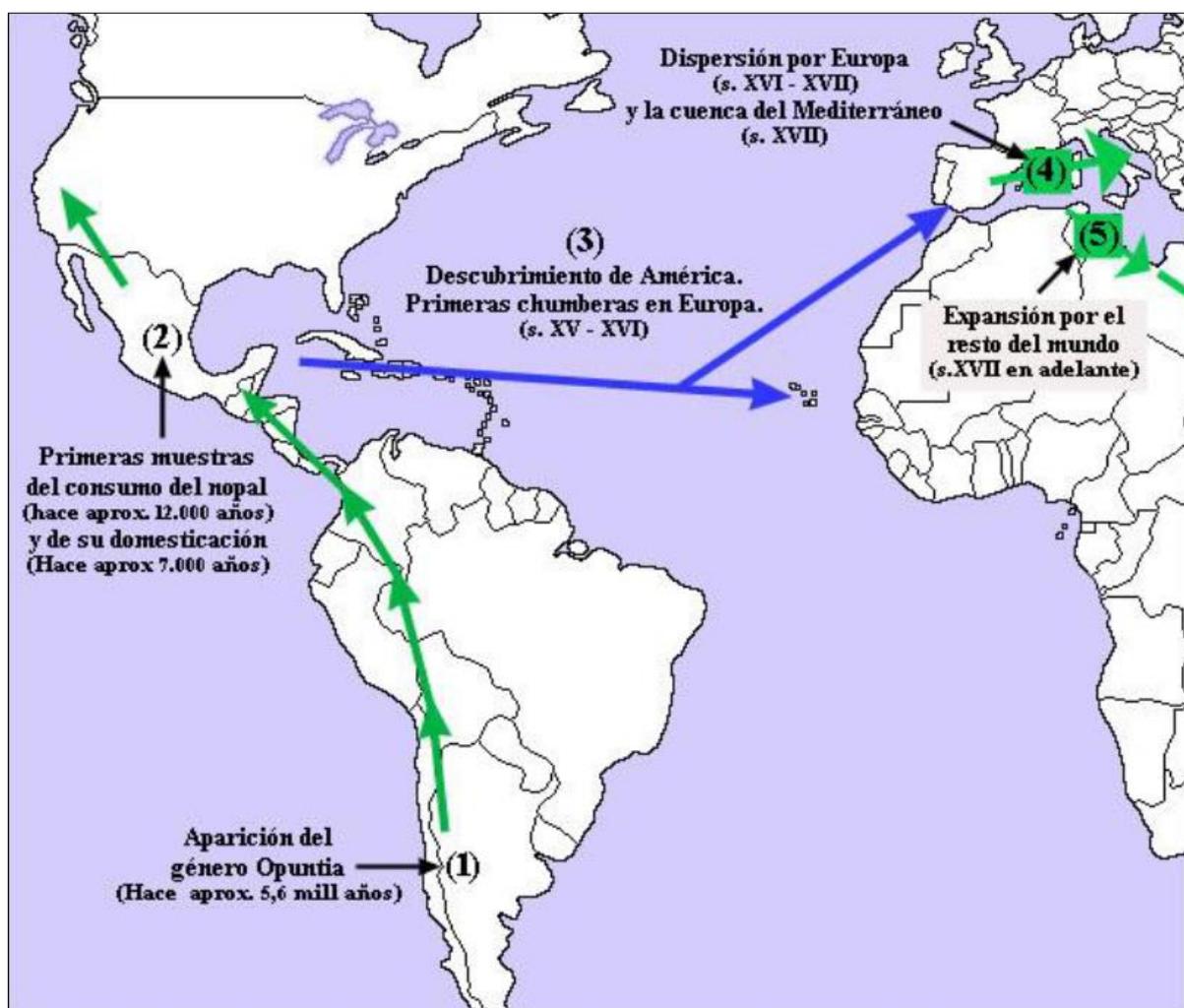
- La prospección en campo de insectos que se encuentren depredando la plaga.
- La evaluación del potencial depredador de *C. montrouzieri* sobre *D. opuntiae* y *D. coccus* en condiciones de laboratorio, en estadio diferente y sobre tres cultivares distintos de *O. ficus-indica*.
- Evaluar el nivel de control y supervivencia de *C. montrouzieri* sobre *D. opuntiae* en condiciones de campo sobre tres cultivares distintos de *O. ficus-indica*.
- Comparar los depredadores *C. montrouzieri* y *P. nigripennis* mediante ensayos de depredación en bajo las mismas condiciones de laboratorio.

3. Revisión bibliográfica

3.1. La tunera

3.1.1. Origen, historia y expansión por el mundo

La tunera común, chumbera, pencón, nopal o penca, también conocida como *Opuntia ficus-indica* (L) Mill (o sus sinonimias *Opuntia maxima* Miller.; *Opuntia ficus-barbarica* A. Berger) (BIOTA) es la especie de cactus de mayor relevancia económica en el mundo (Kiesling, 1999; Reyes-Agüero et al., 2005). Su introducción en Europa no se encuentra bien documentada pero la obra de Francisco López de Gómara, *Historia General de las Indias* (1552), se relata acerca de la tunera, dando a entender que ya se encontraba en España por su alto nivel de detalle. Las primeras quizá crecieron en las ciudades donde se establecía el tráfico con “Las Indias” como fueron Sevilla, Cádiz o Canarias (Donkin, 1977).



Dibujo 1.. Orígenes del género *Opuntia*, distribución y dispersión. Fuente: Alberto Lloret Salamanca.

El archipiélago canario fue una importante vía de comunicación con el Nuevo Mundo y por tanto, uno de los primeros puntos de introducción de estas nuevas especies entre el siglo XV y XVI. Éstas no fueron introducidas por su carácter alimenticio ni curativo, sino como muestra de haber llegado a tierras extrañas y usándose como plantas ornamentales (Salas & Cáceres, 2003; Arévalo et al., 2015).

3.1.2. Fuente de recursos.

Su aprovechamiento y sus utilidades son muy variadas, destacando:

- Farmacopea tradicional (Pérez de Paz et al., 1988).
- Veterinaria popular (Siemens-Hernández, 1981).
- Alimentación animal, donde en muchas zonas del mundo como Etiopía, Texas, Colorado, Brasil se utiliza para alimentar al ganado (Felker et al., 2006). La mayoría de las zonas geográficas son áridas y por tanto con un acceso limitado al agua. Por lo que, tras un ligero tratamiento para la eliminación de espinas, ofrece un forraje de alta calidad debido a su cantidad de proteínas y digestibilidad de la materia seca.
- Delimitación de linderos, ofreciendo un vallado espinoso natural evitando la entrada no deseada y que escape el ganado.



Dibujo 2. Tuneras delimitando linderos en La Gallega (S/C de Tenerife).

- Humectante del suelo para la plantación de diversos cultivos en zonas áridas o con poco acceso a agua (destacando la viña).
- Ahumado de quesos (Alvarez Rios, 2005).
- Fruto natural en fresco. Es un alimento muy sano, nutritivo y muy sabroso, rico en potasio, calcio, fósforo, magnesio además de bajo en sodio. Contiene betalaínas, carotenoides y más contenido en vitamina C que algunas frutas como manzanas, uvas y plátanos. (Sáenz et al., 2006; Yahia & Mondragon-Jacobo, 2011; Chiteva y Wairagu, 2013; Abdel-Hameed et al., 2014). En Canarias se tienen distintos varietales de este fruto cultivados por toda la geografía y su importancia no sólo radica en la parte cultural donde se puede observar su recolección en las zonas urbanas por parte de la población, sino también en las investigaciones realizadas para lograr incrementar su consumo abriendo nuevas alternativas para su comercialización con un mínimo procesado (Díaz-Delgado et al., 2022). Otras opciones de consumo pueden ser deshidratados, denominados “porretas” siendo recurso fundamental durante la Guerra Civil Española o procesado del cual se pueden obtener subproductos como licores, mermeladas y edulcorantes.



Dibujo 3. Bandeja de tunos de distintas variedades, listos para su consumo. Fuente: Alberto Lloret Salamanca.

- Los cladodios frescos, donde en la Europa mediterránea es poco consumido y por el contrario en diversos países como México, Cuba, Perú, Túnez y Marruecos se trata de un producto más como cualquier verdura.



Dibujo 4. Limpieza de cladodio para su posterior consumo. Fuente Alamy Stock Photo.

- Obtención de biocombustibles (Méndez-Gallegos, 2009; Falasca *et al.*, 2011).
- Soporte de la cochinilla del carmín. De la misma se extrae el ácido carmínico, denominado alimentariamente como E-120, siendo el colorante más importante en la naturaleza, cuyo valor está en alza frente a los obtenidos artificialmente en la actualidad.

Para esta última, la tunera no podía ser introducida a Europa ya que el reino español mantuvo una prohibición de importar los cladodios infestados, negando así la producción de grana por casi dos siglos. Se constató que fue el doctor francés Thiéry de Menonville quien introdujo el insecto a Haití, dominio francés en aquella época, en 1777 siendo el primero en exportarla. Más tarde, en 1795 se reportaba el insecto en la India y en Europa fue a finales del siglo XIX. Debido al clima continental, no se pudo cultivar en Francia, el norte español e Italia (Sólo en Sicilia), pero sí en Argelia y ya en 1850-1860 en las Islas Canarias, donde se llegó a exportar más del doble de la cantidad que se importaba de América. (Donkin, 1977, Roquero *et al.*, 1987).



Dibujo 5. Explotación de tuneras en Guaita, Lanzarote. Fuente: Damián de Torres Domínguez.

3.1.3. Superficie cultivada en Canarias

La superficie cultivada de tunera ha sufrido variaciones dependientes de la historia. Así su época más dorada fue entre los años 1860-1870 cuando, coincidiendo en el tiempo con la Guerra de Independencia de México, el mercado mundial fue acaparado por las Islas Canarias.

Actualmente, según el mapa de cultivos de Canarias en las campañas 2015-2021 se establece una superficie total de tuneras de 215,29 Ha como frutales Subtropicales y en asociación con viña de 22,16 Ha (Gobierno de Canarias, 2021) dando un total de 237,46 Ha de tunera en suelo de cultivo (Tabla 1). En estos datos no se ha contabilizado la superficie de tunera destinada como hospedadora de la cochinilla carmín, que aumentaría sustancialmente por su gran uso en islas como Lanzarote.

Tabla 1. Extracto del mapa de cultivos de Canarias en las campañas 2015-2021 del Gobierno de Canarias.

Agrupación	Superficie Agrupación	Cultivo	Superficie Total (Ha)	Superficie en invernadero (Ha)	Superficie en Regadío (Ha)
Frutales Subtropicales	3.730,69	Tunera	215,29	0,62	51,26
Asociación Viña-otros	350,71	A. Viña-Tunera	22,16	0,00	3,16

3.1.4. Plagas y enfermedades

En España, la obtención de todos los recursos fitogenéticos de *O. ficus-indica* nombrados anteriormente están dotados de una protección. Dentro de la Ley 30/2006 de 2 de julio, de Semillas y Plantas de Vivero y de Recursos Fitogenéticos no se aplica el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Aunque sí se deben adoptar las medidas necesarias y adecuadas para evitar su posible expansión al medio natural, fuera de las zonas autorizadas. Además, dichos recursos son posible obtenerlos sólo si se presta especial atención a las distintas enfermedades y plagas que pueden perjudicar dicha producción. En el apartado de enfermedades se pueden clasificar en infectivas o no infectivas. Las primeras causadas por distintos patógenos:

- 1. Enfermedades fúngicas.** Tan variadas como la mancha negra (*Pseudocercospora opuntiae* Ayala-Escobar, Braun & Crous), pudrición del cladodio y de la fruta (*Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon and Maubl), pudrición seca (*Alternaria* spp.), pudrición de raíces y tallos (*Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm), pudrición algodonosa (*Sclerotinia solerotirum* (Lib) de Bary), roya (*Aecidium opuntiae* Magn), pudrición de raíces por *Phytophthora* o *Fusarium* entre otros (*Phytophthora nicotianae* Breda de Haan y *Fusarium oxysporum* f sp. *Opuntiarum* (Pettinari) W.L. Gordon respectivamente) (Inglese, P., 2018).



Dibujo 6. De izquierda a derecha: Mancha negra, Pudrición seca y Pudrición de raíces. Fuente Inglese et al., 2018

2. **Enfermedades bacterianas.** Provocando pudrición suave negra (*Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora* (Jones) Bergey) y agalla de la corona (*Rhizobium radiobacter*) (Inglese, P., 2018).
3. **Fitoplasmas y enfermedades virales.** Difíciles de controlar ya que faltan estudios científicos sobre las susceptibilidades de los cultivares y los insectos vectores. El más conocido es el macho, que provoca un enanismo severo tanto en cladodios como en frutos (Inglese, P., 2018).



Dibujo 7. De izquierda a derecha: Síntomas de fitoplasmas y enanismo severo en cladodios y frutos. Fuente: Inglese, P., (2018)

Las segundas son factores abióticos como los daños por heladas, por granizo, herbicidas o agrietamiento del fruto debido a la abundante absorción de agua tras una época de sequía (Inglese, P., 2018).

Las plagas que afectan a la obtención de los recursos de la tunera son muy diversas donde la mayoría de los mismos se alimentan internamente y se han adaptado a la estructura y hábitos de las plantas de la tunera. Un ejemplo se encuentra en chinches y lepidópteros a menudo depositan sus huevos en las espinas de los cladodios (Inglese, P., 2018). Se pueden dividir:

1. **Lepidópteros plaga.** Los cuatro más importante son: la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg), el gusano cebra del nopal (*Olycella nephelepasa* Dyar), el gusano blanco del nopal (*Megastes cyclades* Druce) y el barrenador de las uniones de los cladodios (*Metapleura potosi* Busck) (Inglese, P., 2018).



Dibujo 9. *Cactoblastis cactorum* sobre tunera. Fuente: Agricultural Research Service.



Dibujo 8. *Megastes cyclades* alimentándose de tunera. Fuente: Néstor Bautista Martínez

2. **Picudos de la tunera.** Donde el picudo del tiro de munición (*Gerstaeckeria* spp.), picudo de la areola (*Cylindrocopturus biradiatus* Champion) y el picudo del

nopal (*Metamasius spinolae* Gyllenhal) son los más importantes como plaga dentro de esta familia. Como pasa con otras especies la mayor parte del daño es causado por las larvas ya que se alimentan de los tejidos internos propiciando las condiciones para que se pudra (Inglese, P., 2018).



Dibujo 10. *Cylindrocopturus biradiatus* sobre tunera. Fuente: Florida's University.



Dibujo 11. *Metamasius spinolae* alimentándose de un cladodio. Fuente J.J. Ramírez-Delgado.

3. **Escarabajos de antenas largas.** El género *Moneilema* es el más representativo y *M. variolaris* Blackwelder es la más común, sus larvas infestan el tallo principal y las uniones de los cladodios, construyendo galerías dejando atrás los exudados de color negro (Inglese, P., 2018).



Dibujo 12. *Moneilema variolaris* en el ápice de un cladodio. Fuente J.J. Ramírez-Delgado

4. Otros como **chinchas, trips, moscas de la fruta** entre otros (Inglese, P., 2018).
5. **Las cochinillas.** Dentro de este grupo se tiene a *Dactylopius coccus* Costa y *Dactylopius opuntiae* Cockerell. La primera de mayor importancia económica que como parásito de la tunera puesto que no causa un daño letal a la misma. Por el contrario *D. opuntiae* es actualmente la plaga más importante en cultivos de tuneras de todo el mundo (Inglese, P., 2018), causando pérdidas económicas de millones de dólares anuales tanto por pérdida de producción o costes del control de la plaga (Aalaoui & Sbaghi, 2022).



Dibujo 13. Clara infestación de la plaga *Dactylopius opuntiae* sobre *Opuntia ficus-indica*, provocando clorosis en los cladodios y maduración prematura de los frutos

En España hay que destacar que la *Opuntia ficus-indica* o su sinonimia, *Opuntia máxima*, como se nombró anteriormente, se encuentran dentro del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Además, el género al que pertenece, *Opuntia*, está incluido en el listado de especies alóctonas susceptibles de competir con las especies silvestres autóctonas, pudiendo alterar su pureza genética o los equilibrios ecológicos. A partir del 1 de enero de 2021, está sometido al procedimiento del RD 570/2020, de 16 de junio, por el que se regula el procedimiento administrativo para la autorización previa de importación en el territorio nacional de especies alóctonas con el fin de preservar la biodiversidad autóctona española (EXOS).

Es por ello que *D. opuntiae* ha sido utilizado en numerosas ocasiones como método de biocontrol para eliminar diversas especies del género *Opuntia* alrededor del mundo, como pudo ser en Sudáfrica con *O. stricta* y *O. ficus-indica* (Paterson et al., 2021; Zimmermann & Moran, 1991), en Australia con *O. robusta* (Julien et al., 2012) o en Hawaii con la *O. megacantha* (Fullaway, 1954).

3.2. La cochinilla silvestre

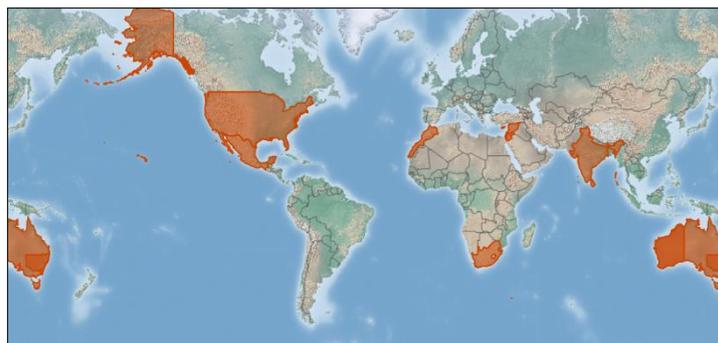
3.2.1. Encuadre taxonómico

Dactylopius opuntiae Cockerell también conocida como cochinilla basta del carmín o cochinilla silvestre se encuadra dentro de la siguiente clasificación (CABI, 2021):

Tabla 2. Encuadre taxonómico de *Dactylopius opuntiae*.

Reino	Metazoa
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Uniramia
Clase	Insecta
Orden	Hemiptera
Suborden	Sternorrhyncha
Superfamilia	Coccoidea Handlirsch, 1903
Familia	Dactylopiidae Signoret, 1875
Género	<i>Dactylopius</i> Costa, 1835
Especie	<i>Dactylopius opuntiae</i> Cockerell, 1896

Dactylopius opuntiae fue descrita primeramente como *Coccus cacti opuntiae* por el mismo autor quien recogió la “grana silvestre” de plantas de cactus en México en 1896. Posteriormente se consideró sinónimo de *D. tomentosus* Lamarck para finalmente en 1929 clasificar la especie como *D. opuntiae*. (De Lotto, 1974). En el área de distribución geográfica original, la zona de Centroamérica (CABI, 2021), fue y es una plaga en los cultivos de tuneras donde se ha extendido a otras zonas productoras de dicha cactácea, muy probablemente a través de material vegetal infestado. Su extensión abarca países como: Brasil, Francia, India, Israel, Jamaica, Líbano, Marruecos, Pakistan, Palestina y España entre otros (Mazzeo et al., 2019).



Dibujo 14. Distribución de *Dactylopius Opuntiae*. Fuente CABI (2021)

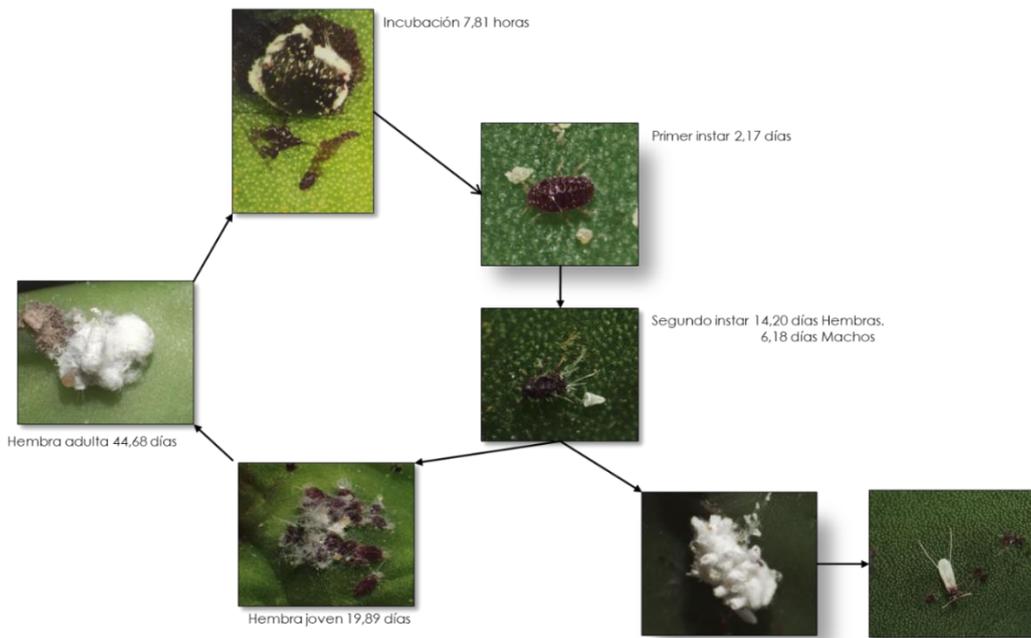
3.2.2. Biología de la plaga

Los estudios de la biología de *D. opuntiae* son insuficientes, aun siendo una plaga de importancia mundial. Flores-Hernández et al. (2006), Palafox-Luna et al. (2018) y Aalaoui (2022) lo han descrito. Se ha de diferenciar entre macho y hembra, puesto que después de ninfas L2 sufren variaciones; tienen en común los estados de huevo, ninfa L1 y ninfa L2. Posteriormente las hembras se convierten en adultas y los machos pasan por una “transformación” con los estados de prepupa, pupa y macho adulto. El género *Dactylopius* se considera hemimetábolo, pero los machos

se asemejan más a holometábolos ya que tras pasar por el estadio juvenil, generan una pupa para emerger como machos adultos.

Todos los estadios de vida de las hembras pueden ser encontrados en los cladodios donde se alimentan, reproducen y crecen. A su vez los machos gracias a su capacidad voladora, pueden recorrer largas distancias con ayuda de los vientos.

La duración del ciclo de vida de esta plaga sufre variaciones según la temperatura. Así la duración del ciclo biológico tanto de machos como de hembras decrecen significativamente según aumenta la temperatura de 20 a 40°C. Según la temperatura va decreciendo de 20 grados el desarrollo decrece y, por el contrario, entre 26 a 32°C se encuentra la temperatura más favorable para la supervivencia, desarrollo y reproducción de *D. opuntiae* (Aalaoui & Sbaghi, 2022), como se puede comprobar en la tabla 3. A continuación, se muestra un ciclo de vida a 32°C:



Dibujo 15. Ciclo de vida de *D. opuntiae* a 32°C

Tabla 3. Parámetros biológicos de *Dactylopius opuntiae* extraídos de la publicación de Aalaoui & Sbaghi (2022)

Parámetros biológicos	Sexo	Temperatura (°C)				
		20	23	26	32	40
Vida media pre-adulto (días)	Hembra	74	58	46	37	35
	Macho	47	35	26	19	29
Longevidad adultos (días)	Hembra	45	37	43	45	25
	Macho	3	5	8	8	3
Ciclo de vida (días)	Hembra	94	73	70	62	44
	Macho	51	40	34	27	32
N.º de huevos por hembra y día		17	14	20	20	9
Periodo de incubación de huevos (horas)		24	22	17	8	2
Ratio Sexual (proporción de hembras)		0.47	0.59	0.5	0.64	0.80

3.2.3. Descripción, reconocimiento de la especie e incidencia.

D. opuntiae se caracteriza por formar agrupaciones de hembras, de número variable, en los cladodios o tunos de las *Opuntia*, preferentemente alrededor de las areolas, prefiriendo las áreas menos expuestas a la luz (Mann, 1969) especialmente durante su primer estado ninfal debido a que durante este periodo los insectos son fototáctico negativo (Guerra, 1991). Éstas quedan ocultas por una masa algodonosa de filamentos céreos, que las protegen del exterior, donde un exudado de color ámbar sobresale indicando la madurez sexual de la hembra (Rodrigo et al., 2010). Existe un claro dimorfismo sexual en los adultos, aunque no es hasta la L2 cuando se empiezan a poder observarse las diferencias: los machos poseen el doble de longitud que la hembra, con filamentos más largos situados al final del abdomen (Guerra, 1991). Éstos aumentarán en número y longitud hasta formar un capullo donde el macho continuará su ciclo biológico produciéndose la segunda, tercera y cuarta muda (Rodrigo et al., 2010).

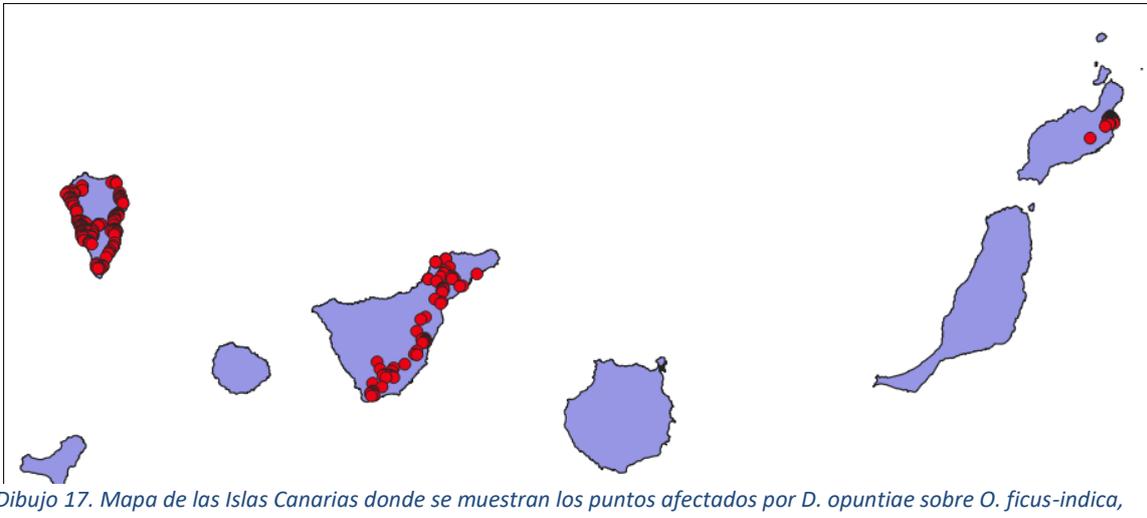


Dibujo 16. Colonias de *D. opuntiae* sobre las areolas del cladodio

En España, esta plaga fue detectada por primera vez sobre *O. ficus-indica* en la Región de Murcia. Fue tal el nivel de infestación que se ha producido la expansión por diferentes zonas limítrofes (Rodrigo et al., 2010) como Málaga por el 2011 y Almería en el 2012. En Canarias concretamente la plaga se detectó por primera vez en la isla de La Palma en el año 2010, posteriormente a la isla de Tenerife y Lanzarote en 2013.

La empresa Gestión del Medio Rural de Canarias S.A.U. ha llevado a cabo una serie de prospecciones a lo largo de todas las Islas Canarias, encomendadas por la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias. Dichas prospecciones se basan en visitar principalmente las zonas sur y este de las islas, localizando cultivos o zonas con la especie *Opuntia ficus-indica*. Una vez localizadas se procede a una inspección visual para detectar la plaga o su ausencia, se toman las coordenadas U.T.M, para establecer un plano de las parcelas inspeccionadas, y en caso positivo proceder a localizar al propietario o explotador.

En el siguiente dibujo, se muestran los puntos donde se ha georreferenciado la presencia de *D. opuntiae* en las islas, concentrándose en La Palma, Tenerife y Lanzarote donde se sitúa las tuneras afectadas por la plaga.



Dibujo 17. Mapa de las Islas Canarias donde se muestran los puntos afectados por *D. opuntiae* sobre *O. ficus-indica*, recogidos por la empresa GMR.

3.2.4. Especies del género *Dactylopius* en *Opuntia ficus-indica* en Canarias

En Canarias se encuentra citada *Dactylopius coccus* como parásito de *Opuntia ficus indica*. Su introducción fue intencionada para la obtención de ácido carmínico durante el primer tercio del siglo XIX tras producirse una de las crisis cíclicas de la agricultura canaria, planteándose la sustitución de los cultivos del azúcar y la vid. Primeramente se propagó por la isla de Tenerife y posteriormente a las principales localidades del Archipiélago Canario, extendido rápidamente gracias al clima propicio de las islas. (Gobierno de Canarias, 2006).



Dibujo 18. De izquierda a derecha, *Dactylopius coccus* sobre *O. ficus-indica* Fuente: Propia; imagen aumentada por microscopio. Fuente Damián de Torres Domínguez.

Se pueden diferenciar las distintas especies, *D. coccus* de *D. opuntiae*, atendiendo a los distintos parámetros morfológicos durante su ciclo biológico, especialmente en las hembras:

- Fase Huevo. Siendo los dos de un color rojo oscuro y brillante, los de la especie *D. coccus* son ligeramente más grandes, estando adheridos entre ellos formando una cadena. Por el contrario, los huevos de *D. opuntiae*, tiene menor

tamaño con una disposición dispersa entre la masa algodonosa de la madre (Rodrigo et al., 2010).

- Fase L1. Ambas poseen el mismo comportamiento. Después de su nacimiento comienza la producción de cera y filamentos blancos dispersos con una fase móvil de la ninfa. Posteriormente se fija a la planta, comenzando su alimentación. En esta fase su principal diferencia es el tamaño, siendo *D. coccus* ligeramente más grande que *D. opuntiae* (Rodrigo et al., 2010).
- Fase L2. Que comienza tras la primera muda, quedando la exuvia adherida al cuerpo hasta que se desprende, donde se aprecia que los insectos duplican su tamaño desde el nacimiento. En esta fase es difícil distinguir las especies al comienzo, pero al final de la misma, las hembras de *D. opuntiae*, producen filamentos de cera rizados y agrupándose en “grupos de cera” (Rodrigo et al., 2010) (Karny, 1972).
- Fase adulta. Se logran apreciar grandes diferencias en este estadio: mientras que en *D. opuntiae* el insecto, de menor tamaño, se esconde bajo una gran masa algodonosa blanca, en *D. coccus* alcanza mayor tamaño, quedando visible en todo momento y recubierta de una capa pulverulenta de cera (Rodrigo et al., 2010).



Dibujo 19. De izquierda a derecha: Huevos alineados en *D. coccus* y dispersos en *D. opuntiae*. Fuente: Rodrigo et al., 2010.



Dibujo 20. De izquierda a derecha: Larva móvil de *D. opuntiae* y fija de *D. coccus* con largos filamentos céreos. Fuente: Rodrigo et al., 2010.



Dibujo 21. De izquierda a derecha: Hembras adultas de *D. coccus* y *D. opuntiae*. Se destacan las sedas rígidas del final del abdomen. Fuente: Rodrigo et al., 2010.



Dibujo 22. *D. opuntiae* y *D. coccus* parasitando el mismo cladodio.

3.2.5. Daños en el cultivo

Dactylopius opuntiae causa daños en toda la parte aérea de la planta prefiriendo el crecimiento joven, fruta en desarrollo o articulaciones desprendidas (Mann, 1969). Se produce una clorosis de la zona afectada por este insecto, debilitando la planta y favoreciendo la infección por diferentes agentes fitopatógenos o modificando la comunidad de hongos endófitos de la tunera (Bezerra et al., 2015). La muerte de la planta se produce normalmente cuando el grado de infestación supera el 75% en la escala de infestación basada en el número de colonias y el área cubierta respecto al área total del cladodio (Vanegas-rico et al., 2010; Akroud et al., 2021).

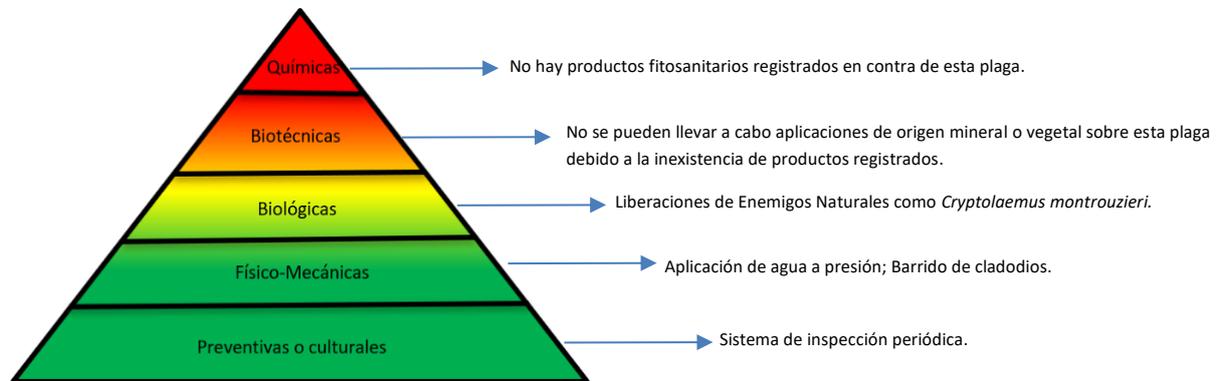
Los daños de la cochinilla pueden llegar a ser desproporcionados con respecto a la población presente. Esto es debido a que la probóscide penetra en el floema de un haz vascular provocando que el tejido que lo rodea el ápice del órgano muere provocando un exudado (Mann, 1969).



Dibujo 23. Resultado de la infestación de *Dactylopius opuntiae* sobre *Opuntia ficus-indica*.

3.2.6. Métodos de control

Un sistema de gestión integrada de plagas, las herramientas a utilizar y el orden de las prioridades para el control de *D. opuntiae* serían:



Dibujo 24. Herramientas de intervención y orden de prioridad en su elección para el control de *D. opuntiae*.

CONTROL CULTURAL

Las prácticas culturales se basan principalmente en la prevención y suelen ser comunes a numerosos cultivos. Aunque no se han encontrado ensayos sobre controles culturales, sí hay una sucesión de recomendaciones, todas ellas cuando aparecen los primeros signos de infestación y con unas pocas plantas afectadas o pocos individuos por plantas. Todas con el fin de disminuir e intentar reducir la población ya que es crucial en esta fase de la plaga.

Los métodos mecánicos consisten principalmente en la recolección de material infestado, prestando especial atención a los cladodios caídos al terreno por abscisión, el cual ha de destruirse lo antes posible (mediante quema, enterramiento o como alimento para el ganado) (Torres & Giorgi, 2018); el uso de utensilios para raspar la superficie del cladodio o aplicar agua a presión para tratar de dificultar la fijación de las ninfas. Siempre teniendo en cuenta que no se deben transportar ni cladodios ni tunos infestados (Sabbahi & Hock, 2022).

Lo más importante es establecer un sistema de inspección periódica del cultivo, aunque puede llegar a ser la parte más complicada debido a la propia cultura del cultivo, ya que se trata de un ciclo largo y rústico (Mazzeo et al., 2019).

BIOLÓGICO

Son varias las especies de depredadores que encuentran en *D. opuntiae* una presa para alimentarse y desarrollar su ciclo de vida.

En la tabla 4 se detalla los principales basados en la bibliografía (Vigueras et al., 2014; el Aalaoui et al., 2019; Sabbahi & Hock, 2022) y las especies constatadas en las islas según BIOTA:

Del listado de especies descritas en la bibliografía, hay tres especies que están presentes según el BIOTA en las Islas Canarias. Un coccinélido asociado a la plaga que es el *Parexochomus nigripennis* Erichson. Existente en numerosos países como Angola, Cabo Verde, Norte de África e Irán (Raimundo, 1988).

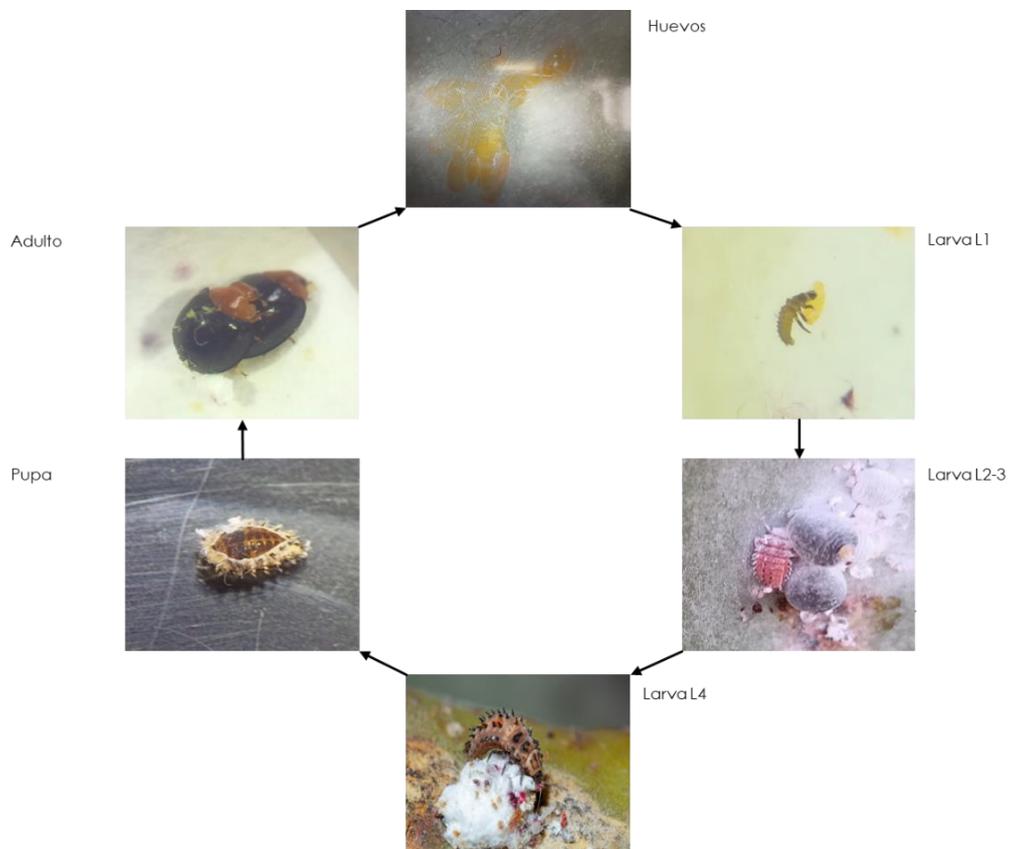
Es una especie zoófaga que depreda insectos como cóccidos, pulgones, arañas y otras plagas de cuerpo blando (Rounagh-Ardakani et al., 2020b). Se han encontrado pocas referencias a su descripción.

En su estadio larvario se caracteriza por tener su cuerpo al descubierto al contrario que su semejante *C. montrouzieri*. En adulto, tiene un cuerpo convexo, casi redondo, pubescente o glabro, con patas amarillo rojizo, élitros negros y sin pelos en su estadio adulto.



Dibujo 25. De izquierda a derecha: Larva L4 y adulto de *Parexochomus nigripennis* alimentándose de *D. opuntiae*. Fuente: Gustavo Peña Tejera.

Su ciclo de vida pasa por los estadios típicos de los coccinélidos los cuales son: huevo, cuatro estadios larvarios, pupa y adulto.



Dibujo 26. Ciclo de vida típico de coccinélidos.

Las diferentes dietas afectan en el desarrollo y la reproducción del insecto. Así el estudio de Rounagh-Ardakani et al. (2020a) se establece que tanto las presas *Agonoscena pistaciae* Burckharat & Lauterer y los huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller, son los más eficientes provocando efectos positivos en la ovoposición y la fecundidad de las hembras. No se han encontrado estudios relacionados con el ciclo biológico ni desarrollo con la presa *D. opuntiae*

Aunque no ha sido nombrado en la tabla 4, el uso del depredador generalista *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (1853) también es conocido. Este coccinélido de origen australiano (Clausen, 1978) ha sido importado en numerosos países debido a su capacidad de control biológico, sobre todo en controlar poblaciones de distintas especies de cochinillas (Booth y Pope, 1986).

Su ciclo de vida pasa por los estado de: huevo, brillantes y al madurar tienen un aspecto céreos (Sadof, 1995); cuatro estadios larvarios, aumentando de tamaño según avanzan de estadio, cubierto de proyecciones céreas de color blanco (Xiong-fei y Gordon, 1986); pupa color amarillo brillante, oculto por los filamentos algodonosos del último estadio larvario (Yudelevich, 1950); adulto siendo un escarabajo, de forma hemisférica, cabeza amarillenta y el borde posterior de los élitros de color anaranjado oscuro.



Dibujo 27. De izquierda a derecha: Larva L4 y adulto de *Cryptolaemus montrouzieri*.

Existen diferentes marcadores para la diferenciación sexual, el más remarcado es la coloración de la parte terminal del primer par de patas siendo: color marrón claro-amarillento para los machos y negras completas para las hembras (Kaufmann, 1996; Xiong-fei y Gordon, 1986)

La temperatura es muy importante para la biología de este coccinélido, debido a que condiciona la tasa de desarrollo, fecundidad y longevidad. Así la duración del desarrollo desde huevo a adulto varía entre 23,21 y 65,1 días dependiendo de la temperatura y presa consumida (Babu & Azam, 1987; Torres & Marcano, 2007)

BIORACIONAL

Son los productos o procesos que, aplicados en un contexto sistemático o ecológico específico, tienen poca a ninguna consecuencia adversa para el ambiente y los organismos no objetivos. Pero sí causan acciones letales, supresoras o alteradoras de comportamiento sobre el objetivo y posibiliten el aumento del control del mismo (Ishaaya & Horowitz, 2009). De esta manera se han realizado diversos estudios con:

1. **Hongos entomopatogénicos.** Se han realizado diversos ensayos de laboratorio con diferentes hongos como han sido *Isaria* spp, *Fusarium caatingaense*, el complejo *Fusarium incarnatum-equiseti*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Lecanicillium lecanii* (da Silva Lopes et al., 2019; da Silva Santos et

- al., 2016; Gonçalves Diniz et al., 2020; Jesús Ramírez-Sánchez et al., 2019). Las combinaciones de *F. caatingaense* (URM6779) junto con un extracto acuoso con *N. tabacum* al 10% con una mortalidad del 98,67% siendo de los anteriores el más eficaz. En análisis de campo, sólo el estudio de el-Aalaoui et al. (2022) ha comprobado la eficacia de nemátodos entomopatógenicos, de origen marroquí. Así *Steinernema feltiae* logró una reducción de la población de ninfas y hembras adultas del 93,9% tras 12 días de exposición.
2. **Aceites esenciales.** Es el ámbito donde más se han concentrado los estudios tanto a nivel de laboratorio como pruebas en campo. Como referencia al primero, el estudio más reciente de Laghzaoui et al. (2022) ha demostrado que el poder insecticida de *Chenopodium ambrosioides* y *Thymus vulgaris* en el control de los estados ninfales de la plaga. Con respecto a las pruebas de campo, el estudio de Ramdani et al. (2021) de los seis aceites esenciales testeados, *Mentha pulegium* y *Origanum vulgare* en combinación con una solución potásica llamada “jabón negro” son los más eficaces para el control de *D. opuntiae*.
 3. **Salas potásicas.** Es otro producto los cuales han sido ensayados para conocer su efectividad frente a esta plaga. Así los estudios de Ramdani et al. (2021) establecen una concentración de 60 g/l de “jabón negro” como mejor concentración para el control logrando una mortalidad después de 72 horas del 91.11 y 88.89% en ninfas y hembras adultas respectivamente. En Cádiz, Yousef-Yousef & Quesada-Moraga (2020) contrastaron en un estudio la actividad insecticida del jabón potásico contra esta plaga, con una concentración del 6% y dando como resultado una efectividad tras seis semanas del 91.5%

QUÍMICO

El control químico ha de ser la medida última a aplicar, siendo la última opción de control de plagas. Como se ha dicho anteriormente, al tratarse de una planta recogida en el catálogo de especies exóticas invasoras sólo existe un fitosanitario autorizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, para la aplicación directa y es un producto basado en Azufre 80% para tratamientos acaricida-fungicida. A su vez también está autorizado la colocación de un insecticida lista al uso para usarlo por el método de captura por trampa (atracción y muerte) basado en Lambda-cihalotrin (0.0075 g de s.a./trampa)

También destacar que no existen estudios relativos a las dosis de aplicación ni los límites máximos de residuos que pueden estar presentes en los frutos que serán consumidos.

4. Material y métodos

4.1. Búsqueda de enemigos naturales nativos de *D. opuntiae* en la isla de Tenerife

Para comenzar las bases de una estrategia de control biológico por conservación es necesario una búsqueda activa de enemigos naturales presentes en las islas. En este caso se realizó en Tenerife en distintas zonas geográficas.

Se reciben varios mensajes por parte de Oscar Luis Saavedra Oliva, técnico de la Agencia de Extensión Agraria de Güímar, de un coccinélido el cual estaba depredando la cochinilla silvestre. Así se realizan prospecciones en Araya y en Güímar, con coordenadas mostradas en la tabla 5, donde con ayuda de un pincel y un evolucionario de insectos se captura. Posteriormente se traslada al laboratorio del departamento entomología de protección vegetal para su identificación.



Dibujo 28. Situación geográfica de los puntos prospectados. Fuente: Visor Grafcan

De igual modo, Miguel Ángel Dionisio Fernández, biólogo con experiencia en el campo de la entomología, quien tras de forma casual tras observar unas tuneras situadas en unas fincas abandonadas en el municipio de Candelaria, se percata de la presencia en los cladodios infestados por la cochinilla silvestre, de un coccinélido. Por lo que se realiza la correspondiente prospección y captura de dicho insecto.

En Fasnia, la prospección se llevó a cabo anexa al lado a la finca del colaborador del ensayo de campo. En momentos posteriores al establecimiento del experimento me percato de la presencia de un coccinélido depredando la cochinilla silvestre. Se captura y se traslada al laboratorio.

Por último, las prospecciones realizadas en los municipios de La Laguna y S/C de Tenerife surgen del desplazamiento personal a distintas zonas donde tenía conocimiento de plantaciones de tuneras. Así se logra presenciar coccinélidos depredando cochinilla tanto del carmín como silvestre. Se capturan y se trasladan al laboratorio

Tabla 5. Se muestran los municipios y las coordenadas donde se han llevado a cabo prospecciones

Localización	Coordenadas
Fasnia	28,246656, -16,436466
Güímar	28,312533, -16,416539
Araya	28,363606, -16,391529
Candelaria	28,363395, -16,369218
La Gallega (S/c de Tenerife)	28,434913, -16,328161
	28,436859, -16,325426
La Cuesta (La Laguna)	28,467950, -16,288140
	28,467744, -16,299665
Valle Guerra (La Laguna)	28,511731, -16,386715
Bajamar (La Laguna)	28,548162, -16,349266

4.2. Evaluación de *C. montrouzieri* para el control biológico de *D. opuntiae* en laboratorio

Para evaluar el potencial de *C. montrouzieri* en el control biológico de *D. opuntiae*, se realiza un ensayo que evalúa la capacidad de depredación del coccinélido comercial *C. montrouzieri*, en condiciones de laboratorio, sobre de las cochinillas *D. opuntiae* y *D. coccus*. Para llevar a cabo esta prueba se extraen tanto cladodios infestados de ambas cochinillas como cladodios sanos para establecer la cría de ambas. También se adquieren palas de una finca dedicada a la obtención de tunos, los cuales están caracterizados según su color interior del fruto (Verde, Naranja y Rojo). *Cryptolaemus montrouzieri* procede de la empresa colaboradora BioAgroLógica S.L.

4.2.1. Insectos utilizados en el ensayo de laboratorio

Se extraen cladodios infestados de *D. opuntiae* el día 18 de marzo de 2022, procedentes de las proximidades de la parcela demostrativa/experimental de la colección de *Opuntia*, situada en la finca La Planta propiedad del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (28.316301, -16.384450).



Dibujo 29. Localización de los cladodios infestados de *D. opuntiae*. Fuente: Visor Grafcan

Para *D. coccus* se extraen cladodios infestados situados en el barrio de Las Chumberas, en la Calle Volcán Negado del Ruiz (28.463850, -16.02907)



Dibujo 30. Localización de los cladodios infestados de *D. coccus*. Fuente: Visor Grafcan

Se colocan en una caja de cartón perforada, en posición vertical, para ser trasladadas al centro de investigación donde se mantuvieron en un invernadero transitable, para cría de insectos, con malla de tul fina para evitar tanto la entrada como salida de insectos, sin condiciones controladas de luz, temperatura ni humedad, sobre mesas metálicas con base de emparrillado, para usar las cochinillas como base de inicio de la cría.



Dibujo 31. Posición de traslado del material vegetal infestado y colocación en mesas metálicas dentro del invernadero mallado transitable

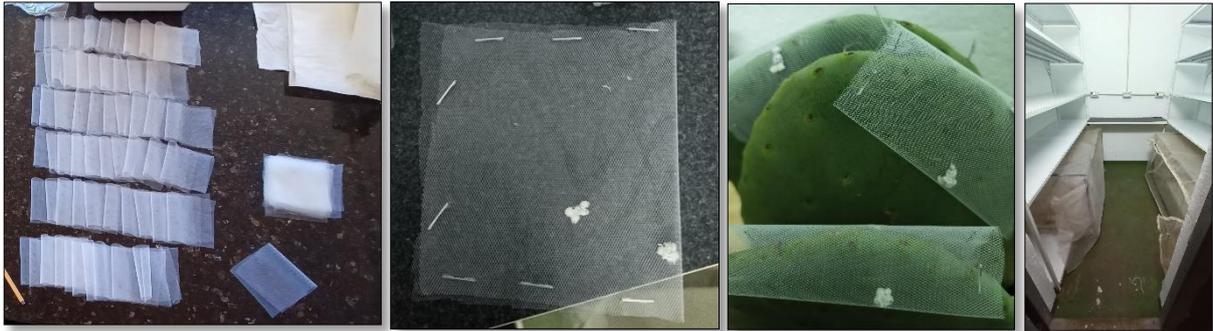
Para la cría tanto de *D. opuntiae* como de *D. coccus* se necesitan cladodios sanos de *O. ficus-indica* los cuales se recogieron los exteriores de las instalaciones del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias en Valle Guerra el día 31 de marzo de 2022. Para obtenerlos se cortan por la base de los cladiolos y se trasladan mediante una caja plástica apilados horizontalmente al laboratorio. Posteriormente se procede a barrer la superficie vegetal para eliminar los picos, se lavan con agua a presión para eliminar restos de polvo y otros elementos no deseados y se dejan secar al sol. Cuando los cladodios están completamente secos se disponen en las cajas diseñadas para la cría. Se trata de una caja de madera de 40x30x40 cm. con perforaciones cilíndricas de 4 cm de ancho para poder acomodar los cladodios.



Dibujo 32. De izquierda a derecha: Cladodios limpios expuestos al sol para su secado; cladodios dispuestos verticalmente en las cajas diseñadas.

El método usado para aumentar el número de individuos de las cochinillas consistió en una variación del método de Aldama-Aguilera y Llanderal-Cázares (2003) reportado por Vanegas-Rico et al. (2016).

El día 6 de abril por cada cladodio sano se utilizan 10 hembras adultas ovopositoras de cochinilla tanto silvestre como del carmín, extraídas de los cladodios infestados para lograr la infestación. Estas se almacenan en bolsas de 10x10 cm. de organza para posteriormente disponerlas en el ápice de los cladodios sanos durante 5 días. Para lograr un establecimiento adecuado de las cochinillas se usaron las cámaras de cría a una temperatura de 25°C y una humedad relativa del 70%, donde permanecieron dentro de una jaula entomológica.



Dibujo 33. De izquierda a derecha: Elaboración de las bolsas de organza; introducción de las hembras ovopositoras; colocación en el ápice del cladodio para la infestación; cámara de cría con jaulas entomológicas.

Se detecta tras el paso de 3 semanas que la cría va retrasada con respecto a lo indicado en el ensayo de Palafox-Luna et al. (2018) ya que no alcanzan el estado de ovoposición. Se inspeccionan las condiciones de temperatura y humedad obtenidas en el registrador de datos de la marca Omega© modelo OM-92. Se observa que existe una bajada de temperatura durante la noche, provocando una variabilidad de 5°C por debajo de la establecida, pero se desestima que esta sea la causa del problema.

A continuación, se analizan los fotones emitidos por las luminarias led, mediante la aplicación móvil ApogeeConect que se conectaba al registrador de datos MicroCaché y su sensor SQ-100X-S mediante bluetooth, todo lo anterior de la marca Apogee. El resultado del fotómetro indica una cantidad de 86.1 micromoles de fotones por segundo y metro cuadrado, siendo muy próximo al espectro azul dificultando la madurez del insecto.

La solución fue trasladar la cría de las cochinillas al invernadero transitable con malla para evitar la entrada y salida de insectos, situado en un patio interior luminoso, techado con láminas de metacrilato dentro del propio centro de investigación.



Dibujo 34. Invernadero de malla transitable dentro del ICIA.

Fuente de depredador

Los individuos de *C. montrouzieri* utilizado para el ensayo, fueron dado por la empresa colaboradora BioAgroLógica S.L. criado en sus instalaciones que forman parte física del centro del ICIA.

4.2.2. Material vegetal usado en el ensayo de laboratorio

El material vegetal se obtiene de una finca donde *O. ficus-indica* está caracterizada según el color de fruto que ofrece. Se sitúa en el municipio de Fasnia, concretamente en las coordenadas 28.246169, -16.435998, que se detalla en las siguientes figuras:



Dibujo 35. Localización de la finca colaboradora en la Isla de Tenerife. Fuente: Visor Grafcan

Para su obtención, el día 20 de mayo de 2022 se procede a cortar los cladodios por su base con un cuchillo, se embolsan, se depositan en una caja plástica para ser trasladados posteriormente al centro de investigación (ICIA). Se lavan con jabón y se desinfectan las superficies de los cladodios con hipoclorito sódico al 1%. Posteriormente se apilan horizontalmente en tres bandejas plásticas donde se separan según su caracterización. Se mantienen en una mesa del laboratorio, a salvo de la acción directa del sol y a temperatura ambiente.



Dibujo 36. Cladodios utilizados para los ensayos de depredación separados por color de fruto: Verde, Naranja y Rojo

4.2.3. Diseño experimental y toma de datos

La prueba de depredación está basada en una modificación de la prueba de Téllez et al. (2018) donde se evaluó el potencial depredador de *C. montrouzieri* sobre *D. opuntiae* en *O. ficus-indica*. Así se desarrolla una prueba para evaluar la tasa de depredación de *C. montrouzieri* en sus estadios de L4 y adulto, en un diseño factorial que tiene en cuenta la diferencia de material vegetal (Verde, naranja y rojo) así como las dos diferentes cochinillas (*D. opuntiae* y *D. coccus*) como presas de manera independiente.

Se evalúan los estadios de larva y adulto de *C. montrouzieri*, los cuales se enfrentan a 50 cochinillas de cada especie, sobre cada material vegetal caracterizado de tunera correspondiente. Se repite este diseño factorial con 10 repeticiones

Para llevar a cabo el ensayo se usan placas Petri, con triple aireación en la tapa mediante malla acerada, de diferente tamaño según el estadio del coccinélido: 90x15.8 mm de diámetro y altura para el adulto y de 55x15.8 mm para la larva de la marca Deltalab. El mismo día del ensayo se desinfectan manteniéndolas 10 minutos dentro de una caja de esterilización UV para el material de laboratorio. En cada placa se acomoda el material vegetal correspondiente que preliminarmente se corta de lado a lado el cladodio con un diámetro de 4 cm, se desecha el mucilago y se desinfecta la superficie con hipoclorito sódico al 1%. Tras acomodar el material vegetal sobre la superficie de la placa, se rellena el espacio con Agar al 2% de concentración.



Dibujo 37. De izquierda a derecha: Máquina UV para desinfectar las placas Petri; Cladodios cortados y sumergidos en hipoclorito sódico al 1%; Vertiendo el agar al 2% para rellenar los espacios y crear una superficie sin variaciones alrededor de la superficie vegetal.

A cada placa se le depositan 50 ninfas en estadio L1 de la cochinilla correspondiente y posteriormente una larva L4 o un adulto de *C. montrouzieri* que han pasado 24 horas sin alimentarse. En caso del depredador adulto se eligen las hembras.



Dibujo 38. De izquierda a derecha: Extracción de ninfas a la placa de Petri; Placa de Petri con ninfas de *D. coccus*; Larvas L4 y adultas de *C. Montrouzieri* separadas para pasar 24 horas sin alimento.

Se trasladan a una cámara climática MLR-352H-PE marca PHCBI manteniéndose a temperatura y humedad controlada a 25°C y 70% de humedad relativa durante 24 horas. Se registra cada hora la temperatura y humedad con el registrador de la marca Omega modelo OM-92. Una vez transcurrido dicho tiempo se procede al recuento de las ninfas vivas mediante la lupa estereoscópica binocular de la marca NIKON modelo SMZ-645 reconociendo las muertas como ausentes, parcialmente depredadas o tocando con un pincel para ver algún movimiento de la ninfa. Posteriormente se procede al análisis estadístico de depredación.



Dibujo 39. De izquierda a derecha: Resultado final de la elaboración del ensayo; Colocación de las placas Petri en el Fitotrón a temperatura y humedad estable de 25°C y 70%.

4.2.4. Análisis de datos

Como este ensayo trata de estudiar de manera simultánea los efectos que tienen varios factores sobre la tasa de depredación (que arroja el total de presa consumida en 24 horas, realizando el cálculo entre la diferencia de vivas iniciales y finales), se trata de un experimento factorial. Para determinar si dichos factores tienen interacciones entre sí, se procede a realizar un test de Modelo Lineal General y si se detectan diferencias significativas, se aplica una prueba de Muestras Independientes mediante la T-Student. Todo ello realizado con el programa estadístico SPSS V.20.

4.3. Evaluación del control y supervivencia de *C. montrouzieri* sobre *D. opuntiae* en condiciones de campo en tres cultivares de *O. ficus-índica*

4.3.1. Localización de la parcela experimental

Gracias a la ayuda de la Dra. María Gloria Lobo Rodrigo, se contacta con Gustavo Peña Tejera quien es poseedor de una finca con tuneras dispuestas en líneas pareadas, donde cada línea está caracterizada según el color del fruto, en condiciones previas libres de cualquier tipo de aplicación fitosanitaria y condiciones similares de riego gracias a un sistema de goteros.

La finca se localiza en el municipio de Fasnia, concretamente en las coordenadas detalladas en el apartado 4.2.2 *Material Vegetal usado en el ensayo de laboratorio*.

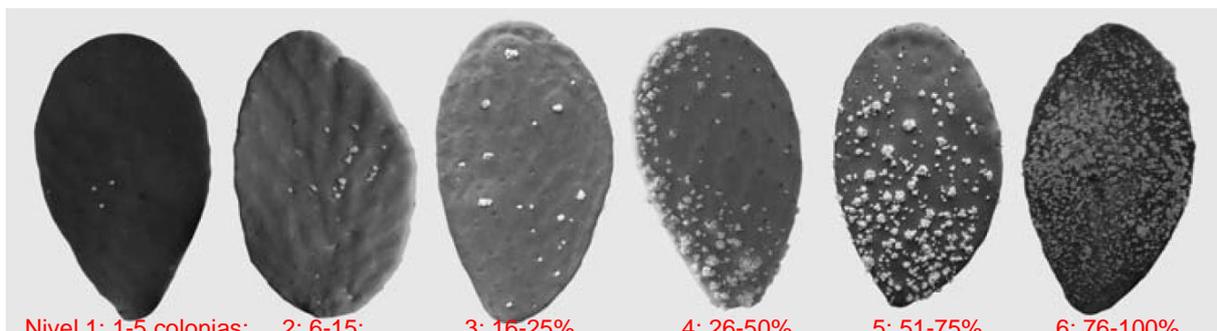
Fuente de depredador

Los individuos de *C. montrouzieri* utilizado para el ensayo fue dado por la empresa colaboradora BioAgroLógica S.L.

Para la realización de este ensayo, 24 horas antes se toman parejas de *C. montrouzieri* recién emergidos, se separan en tubos de ependorff y se depositan en una nevera con frío para evitar el exceso de calor durante el traslado al día siguiente hacia la finca experimental.

4.3.2. Diseño experimental y toma de datos

La unidad experimental consiste en un cladodio cubierto con una malla entomológica, donde se le introduce una pareja de *C. montrouzieri* para determinar si el depredador es capaz sobrevivir en campo sobre *O. ficus-índica* infestada y evaluar su eficacia. Como contraste, un blanco en las mismas condiciones, pero sin el insecto depredador. Para ello se basa en un grado de infestación inicial similar, mediante la escala realizada por Vanegas-Rico (2010) escogiendo un grado de infestación entre la escala 2 y 3 que es el adecuado para que desarrolle el ciclo de vida del depredador. Se realiza una prueba por bloques donde a tres tuneras de cada cultivar se les cubre dos cladodios de igual grado de infestación resultando 18 repeticiones.



Dibujo 40. Escala de Vanegas-Rico utilizada para este ensayo basada en número de colonias y porcentaje de superficie ocupada por la plaga. Fuente: Vanegas-Rico (2010)

El día 14 de julio de 2022 se lleva a cabo el ensayo. Se introducen los cladodios, con cuidado de no dañar la superficie vegetal, la cochinilla silvestre ni de arrastrar los picos de los mismos en la manga de cría blanca de nylon que permite la circulación del aire, así como la observación mediante su pantalla plástica. Los cladodios escogidos tienen similar infestación donde uno actúa como control y el otro recibe una pareja de *C. montrouzieri* recién emergidos, previa separación en tubo eppendorf el día anterior. De esta manera se realiza con tres diferentes pies de cada cultivar de tunera. Se desestiman todas las líneas de cultivo de los extremos de la parcela y se visita la misma cada 7 días para su revisión. Dicha comprobación se basa en observar, manejando con sumo cuidado el cladodio y la malla para evitar daños tanto en el mismo como en los insectos que alberga, el estado de las colonias de la cochinilla silvestre y si se consigue prosperar el depredador, dando como resultado nuevos individuos en estado larvario.

Se coloca un data logger de la marca OMEGA © modelo OM-92 con registros cada hora, en el mismo día de la implantación del ensayo para recoger los datos de temperatura y humedad. Transcurrido el ensayo y en el momento de descargar los datos con el programa de la misma marca llamado OmegaPCApplication se ha producido un error eliminándose los mismos, es por ello que se toma como referencia la estación meteorológica ERES (Fasnia) situada en los Roques de Fasnia a 105 msnm y coordenadas 28.22966, -16.41734.



Dibujo 41. De izquierda a derecha: cladodio dentro de una malla entomológica; finca donde se llevó a cabo el ensayo.

4.3.3. Análisis de datos

Para el análisis de los datos resultantes de este ensayo, como se trata de mediciones realizada por una escala de Vanegas-Rico (2010) primeramente, se ha de establecer el porcentaje de infestación mediante la ecuación de Townsend-Heuberger (1943): $\sum \left(\frac{n*v}{N*V} \right) * 100$ donde: n es el número de unidades de muestreo en cada categoría; N es el número total de unidades de muestreo; v es el valor de cada categoría y V es el valor de cada categoría más alta.

Posteriormente se evalúa si inicialmente existe una infestación homogénea, así como una significancia al final del tratamiento, usando un análisis paramétrico, T-Student, para el análisis de dos muestras independientes, utilizando el software estadístico SPSS V22.

Puede suceder que inicialmente los datos obtenidos del contraste de ambos den como resultado una infestación heterogénea antes de la aplicación o, por el contrario, puede arrojar que la infestación sea homogénea. Así se justifica el uso de la ecuación de Henderson-Tilton o la de Abbott respectivamente, para conocer el porcentaje de eficacia.

A su vez se realiza un seguimiento de la supervivencia en campo del depredador dentro de la malla entomológica. Se anota en cada visita el estado de los insectos (vivo o muerto) o la existencia de larvas en su interior.

4.4. Ensayo de depredación del *P. nigripennis* sobre *D. opuntiae* y su comparación con *C. montrouzieri*

Para dar comienzo a una estrategia biológica por conservación que dé una solución a medio-largo plazo, es necesario prestar atención a las especies presentes en nuestras islas. De esta manera y tras la realización de prospecciones se captura el *Parexochomus nigripennis* ya que puede dar una primera respuesta a dichas necesidades.

Por tanto, es necesario la realización de un experimento en condiciones de laboratorio que evalúe la capacidad de depredación de este coccinélido, comparándolo con el comercial *C. montrouzieri*. En respuesta se mantienen las mismas condiciones que en el ensayo 3.2 al utilizar la misma metodología.

4.4.1. Insectos utilizados en el ensayo de laboratorio

Cría de presa

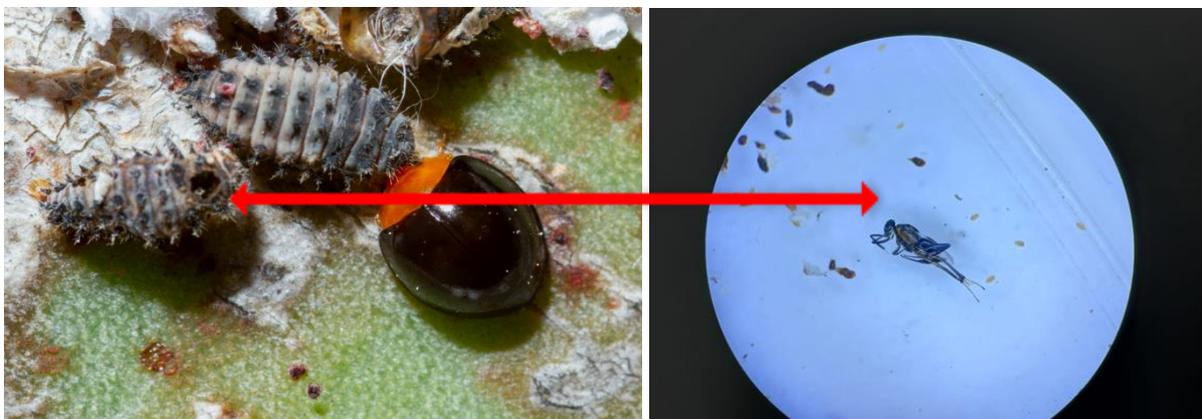
Se obtienen de la cría anteriormente detallada en el apartado 3.2.1 *Insectos utilizados en el ensayo de laboratorio*.

Fuente de depredador

Los días 01 de julio y 14 de agosto de 2022, se realizan capturas masivas en el municipio de Candelaria donde se encuentra *P. nigripennis*, con la ayuda de un pincel y evolucionarios de insectos. Se trasladaron al laboratorio de entomología de protección vegetal en el ICIA en una nevera con frío para su protección. Posteriormente se realiza una cría en desarrolladores, alimentándose *ad libitum* de ambas cochinillas y con una dieta complementaria basada en aguamiel en formato agar elaborado en el propio laboratorio.

La cría de este coccinélido se ha complicado debido a la alta mortalidad por canibalismo entre los diferentes estadios, la fragilidad de los iniciales y la falta de parámetros de ciclo de vida al ser alimentados por *D. opuntiae* y *D. coccus*. Además, se tiene en consideración el *H. nigricornis*, parasitoide de la larva del depredador en campo y es por ello que la prueba se realizará sólo con adultos.

Al no haber encontrado un indicador claro de dimorfismo sexual en esta especie en la bibliografía, se tiene en cuenta la ratio sexual 1:1 típica de los coccinélidos, para la obtención de las hembras.



Dibujo 42. De izquierda a derecha: *P. nigripennis* en estado adulto y larva una de ellas con un operáculo; *H. nigricornis* responsable de dicho operáculo. Fuente: Gustavo Peña Tejera y Miguel Ángel Dionisio Fernández.

4.4.2. Material vegetal usado en el ensayo de laboratorio

El material vegetal utilizado es similar al mencionado en el apartado 3.2.2 *Material vegetal usado en el ensayo de laboratorio*. Pero con la excepción de que se utilizará tan solo la superficie vegetal del cultivar verde.

4.4.3. Diseño experimental y toma de datos

Se mantienen los mismos procesos y condiciones descritos en el apartado 3.2.3 *Diseño experimental y toma de datos*.

En esta ocasión la unidad varía en el depredador y la existencia de una sola superficie vegetal. Se cambia de especie por el *Parexochomus nigripennis*, sólo se realiza la prueba con el estadio de adulto y con la superficie vegetal correspondiente al cultivar verde. Así se tienen todas las condiciones igualitarias del ensayo 3.2 para llevar a cabo una comparación entre depredadores.

4.4.4. Análisis de datos

Para determinar si dichos factores tienen interacciones entre sí, se procede a realizar un test de modelo lineal general y si se producen diferencias significativas, se aplica una prueba de muestras independientes mediante a T de Student. Todo ello realizado con el programa estadístico SPSS en su versión 20.

5. Resultados y discusión

5.1. Búsqueda de enemigos naturales nativos de *D. opuntiae* en la isla de Tenerife

En cuatro de los diez puntos prospectados se ha podido confirmar la presencia del enemigo natural de la cochinilla silvestre, *Parexochomus nigripennis*. Este organismo es considerado como nativo probable según el Banco de Datos de Biodiversidad de Canarias y, por tanto, es una especie que podría llegar a tener un alto valor como agente de control biológico de la cochinilla silvestre.

En el mismo lugar donde se constata el coccinélido, también se observa un hiperparasitoide identificándose como como *Homalotylus nigricornis*. Resulta un problema puesto que reduce la población de *P. nigripennis* al parasitar sus larvas (Figura 43).

También se ha confirmado la presencia, en las poblaciones de *D. opuntiae*, del coccinélido *C. montrouzieri* en tres ocasiones. Este es un coccinélido de origen australiano pero naturalizado en nuestro archipiélago. Está categorizado como una especie introducida de forma segura, no invasora y presente en todas las Islas Canarias.

Tabla 6. Localizaciones y presencia de enemigos naturales de *D. opuntiae* recolectados

Localización	Presencia EN
Fasnia	<i>P. nigripennis</i>
Güímar	<i>C. montrouzieri</i>
Araya	<i>C. montrouzieri</i>
Candelaria	<i>P. nigripennis</i>
La Gallega (S/c de Tenerife)	<i>C. montrouzieri</i>
	Sin presencia
La Cuesta (La Laguna)	<i>P. nigripennis</i>
	Sin presencia
Valle de Guerra (La Laguna)	Sin presencia
Bajamar (La Laguna)	<i>P. nigripennis</i>

EN: Enemigos Naturales



Dibujo 43. De izquierda a derecha: *Parexochomus nigripennis* y *Homalotylus nigricornis* a vista de binocular. Fuente: Miguel Ángel Dionisio Fernández

5.2. Evaluación de *C. montrouzieri* para el control biológico de *D. opuntiae* en laboratorio

A continuación, (tabla 7) se exponen los resultados obtenidos del ensayo de depredación de *C. montrouzieri* en condiciones de laboratorio:

Tabla 7. Tasa de depredación de *C. montrouzieri* en condiciones de laboratorio (25°C y 70%)

Material Vegetal								
L4	Verde		Naranja		Rojo		Global	
	Cochinilla							
N.º de réplica	D. opuntiae	D. coccus						
1	24	21	11	33	12	17		
2	33	28	23	18	21	24		
3	26	34	25	23	19	25		
4	34	15	16	23	16	21		
5	27	36	34	37	32	31		
6	33	30	36	25	38	30		
7	17	25	26	29	18	30		
8	28	31	35	30	24	35		
9	25	27	32	24	25	31		
10	31	25	24	30	31	29		
$\bar{x} \pm ES$	27,8±5,2	27,2± 6,2	26,2±8,3	27,2±5,6	23,6±8,1	27,3±5,4	25,9±7,3	27,2±5,6
Adulto								
1	26	46	41	23	43	49		
2	46	39	43	42	47	40		
3	44	49	49	40	28	46		
4	41	42	36	40	34	32		
5	44	42	48	39	47	40		
6	47	40	46	39	47	42		
7	47	43	49	45	47	40		
8	45	44	48	41	44	46		
9	44	41	47	43	45	46		
10	46	47	46	49	43	49		
$\bar{x} \pm ES$	43,0±6,2	43,3±3,2	45,3±4,2	40,1±6,8	42,5±6,5	43±5,2	43,6±5,6	42,1±5,3

Con los datos de la tasa de depredación se realiza el test de Modelo Lineal General Univariable del programa SPSS V.20 que determina los efectos inter sujetos emitiendo los siguientes resultados:

Tabla 8. Test de modelo lineal general para detectar diferencias significativas en los factores.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	8244,292 ^a	11	749,481	20,366	,000
Intersección	144560,208	1	144560,208	3928,168	,000
MaterialVegetal	30,017	2	15,008	,408	,666
Cochinilla	,075	1	,075	,002	,964
Estadiodepredador	7987,008	1	7987,008	217,033	,000
MaterialVegetal * Cochinilla	88,350	2	44,175	1,200	,305
MaterialVegetal * Estadiodepredador	15,117	2	7,558	,205	,815
Cochinilla * Estadiodepredador	60,208	1	60,208	1,636	,204
MaterialVegetal * Cochinilla * Estadiodepredador	63,517	2	31,758	,863	,425
Error	3974,500	108	36,801		
Total	156779,000	120			
Total corregida	12218,792	119			

a. R cuadrado = ,675 (R cuadrado corregida = ,642)

Se destacan en negrita los factores que son diferentes significativamente

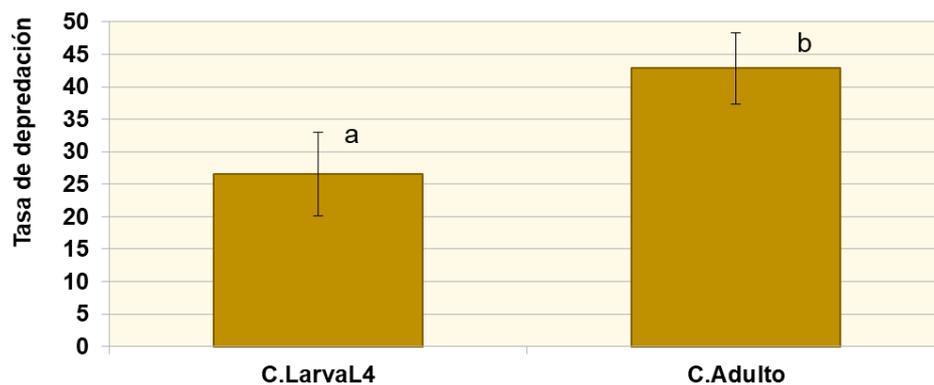
En los resultados (Tabla 8) no se detectan que existan diferencias significativas entre las relaciones de los diferentes factores material vegetal y, pero sí del estadio del depredador. De esta manera se analiza individualmente mediante una prueba de muestras independientes, utilizando para ello la T-Student para la igualdad de medias (Tablas 9 y 10).

Tabla 9. Resultados estadísticos de grupo

	Estadiodepredador	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Tasadepredacion	C.LarvaL4	60	26,5500	6,46090	,83410
	C.Adulto	60	42,8667	5,47557	,70689

Tabla 10. Resultados de la prueba de muestras independientes mediante la T- Student para la igualdad de medias

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Tasadepredacion	Se han asumido varianzas iguales	3,972	,049	-14,924	118	,000	-16,31667	1,09335	-18,48180	-14,15153
	No se han asumido varianzas iguales			-14,924	114,910	,000	-16,31667	1,09335	-18,48240	-14,15093



Dibujo 44. Tasa de depredación de *C. montrouzieri* en sus dos estadios sobre *D. opuntiae* (25°C, 70% HR y Fotoperiodo 12:12)

Se confirma la diferencia significativa entre los estadios de larva L4 y adulto (Dibujo 44), al igual que los estudios de Navarro *et al.*, (2018) y El-Aalaoui *et al.* (2019) donde se detectan también diferencias significativas en la depredación de estos estadios frente a la plaga. De igual manera sucede cuando se utilizan otras cochinillas como presa como, por ejemplo, *Dysmicoccus grassii* Leonardi en el estudio de Ramos *et al.* (2018). Por tanto, se demuestra la voracidad y el poder depredador del adulto frente a la plaga, pudiendo usarse como método de control biológico a corto plazo.

5.3. Evaluación del control y supervivencia de *C. montrouzieri* sobre *D. opuntiae* en condiciones de campo en tres cultivares de *O. ficus-índica*

Los datos recogidos en campo (Tabla 11) antes del tratamiento para obtener el porcentaje de infestación mediante la fórmula de Townsend-Heuberger (1943), se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 11. Datos y porcentaje de infestación inicial mediante la fórmula de Townsend-Heuberger

		Nº pie	Escala	% infestación
Control	Verde	1	3	44,44
		2	3	
		3	2	
		4	3	
		5	3	
		6	2	
	Naranja	1	2	38,89
		2	2	
		3	3	
		4	3	
		5	2	
		6	2	
	Rojo	1	3	44,44
		2	3	
		3	2	
		4	3	
		5	3	
		6	2	
Ensayo	Verde	1	2	36,11
		2	2	
		3	2	
		4	2	
		5	3	
		6	2	
	Naranja	1	3	44,44
		2	2	
		3	3	
		4	3	
		5	2	
		6	3	
	Rojo	1	2	38,89
		2	3	
		3	2	
		4	3	
		5	2	
		6	2	

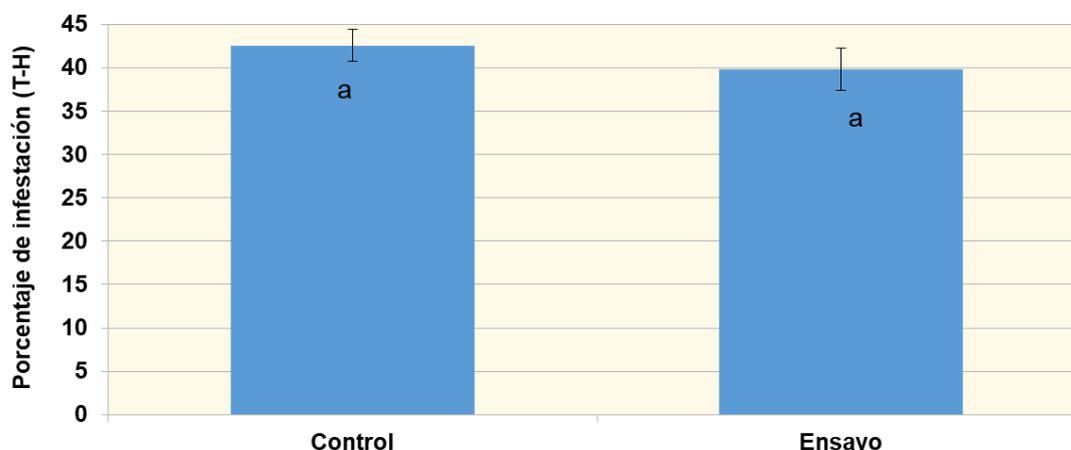
Con los resultados de los porcentajes de infestación obtenidos, se realiza una prueba estadística utilizando la T-Student para dos muestras independientes. De esta manera se puede afirmar que el comienzo del ensayo se ha realizado de manera correcta.

Tabla 12. Estadísticas de grupo del grado de infestación

Tratamiento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Porcentaje infestación	Control	3	42,5900	3,20429	1,85000
	Con C.M	3	39,8133	4,24107	2,44858

Tabla 13. Resultados de la prueba de muestras independientes mediante la T de Student para la igualdad de medias

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Porcentaje infestación	Se asumen varianzas iguales	,236	,653	,905	4	,417	2,77667	3,06888	-5,74392	11,29725
	No se asumen varianzas iguales			,905	3,722	,420	2,77667	3,06888	-6,00069	11,55403



Dibujo 45. Porcentaje de infestación inicial en campo de los cladodios experimentados

Se confirma que al comienzo del tratamiento (Dibujo 45) se ha llevado una buena selección de infestación inicial para ser comparados posteriormente tras la introducción del depredador.

Los datos obtenidos de porcentaje de infestación tras la liberación *C. montrouzieri*, junto con el porcentaje de infestación mediante la fórmula de Townsend-Heuberger (1943), se muestran en la siguiente tabla (Tabla 14):

Tabla 14. Datos y porcentaje de infestación mediante Townsend-Heuberger a la finalización del ensayo.

		Nº pié	Escala	% infestación
Control	Verde	1	6	83,33
		2	4	
		3	4	
		4	6	
		5	6	
		6	4	
	Naranja	1	4	77,78
		2	5	
		3	5	
		4	4	
		5	5	
		6	5	
	Rojo	1	5	80,56
		2	5	
		3	5	
		4	5	
		5	5	
		6	4	
Ensayo	Verde	1	4	72,22
		2	6	
		3	5	
		4	5	
		5	3	
		6	3	
	Naranja	1	4	55,56
		2	3	
		3	4	
		4	3	
		5	4	
		6	4	
	Rojo	1	4	55,56
		2	5	
		3	4	
		4	4	
		5	5	
		6	3	

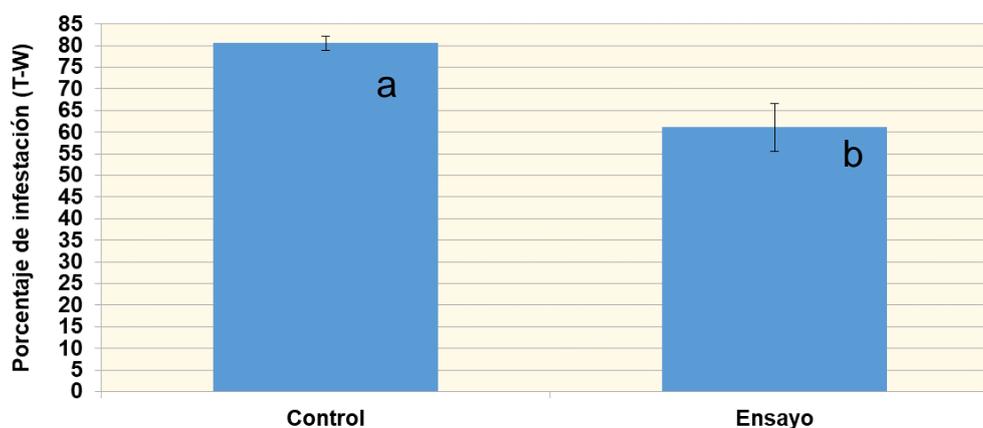
Con los resultados de los porcentajes de infestación obtenidos se realiza una prueba estadística utilizando la T-Student para dos muestras independientes. Gracias a este modelo estadístico se puede corroborar si existen diferencias significativas entre los grupos control y tratado del ensayo.

Tabla 15. Estadísticas de grupo del grado de infestación

Tratamiento		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Porcentaje infestación	Control	3	80,5567	2,77500	1,60215
	Ensayo	3	61,1133	9,61866	5,55333

Tabla 16. Resultados de la prueba de muestras independientes mediante la T de Student para la igualdad de medias

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Porcentaje infestación	Se asumen varianzas iguales	7,205	,055	3,364	4	,03	19,44333	5,77983	3,39596	35,49070
	No se asumen varianzas iguales			3,364	2,331	,063	19,44333	5,77983	-2,33231	41,21898



Dibujo 46. Porcentaje de infestación final en campo de los cladodios experimentados

Se detecta en los datos, que al finalizar el tratamiento la depredación del *C. montrouzieri* ha hecho que se reduzca la infestación final del cladodio y, por tanto, haya diferencias significativas entre ambos grupos (Dibujo 46).

Por último, como se ha visto anteriormente, la infestación es homogénea y por tanto se aplica la ecuación de Abbott, una simplificación de la Henderson y Tilton cuando $T_a = C_a$, para determinar el porcentaje de eficacia: $\text{Porcentaje de eficacia} = \left(\frac{C_d - T_d}{C_d} \right) * 100$ donde C_d es la infestación en parcela testigo después de aplicar el tratamiento; T_d es la infestación en parcela tratada después de aplicar el tratamiento. De esta manera el resultado de dicho porcentaje usando las medias de la tabla 15 es de un **24,14%**

Para el seguimiento de la supervivencia del coccinélido depredador, se muestra en la Tabla 17 el desarrollo del mismo en los consecutivos días del ensayo. Durante el transcurso del experimento se produjeron varias olas de calor, con máximas de 34 grados (Anexo 8.1), el depredador no fue capaz de sobrevivir hasta la finalización del ensayo y, por tanto, no fue capaz de reproducirse y generar descendencia. Aunque sí mostró su capacidad depredadora; esto se observó especialmente tras los primeros siete días, en la que se detectó la ausencia de ninfas móviles de la plaga en los cladodios que se había liberado el coccinélido, mientras que en los cladodios testigo si se observaban.

Tabla 17. Datos prospectados de la supervivencia del coccinélido depredador en cada cladodio ensayo

Cladodio ensayo	N.º de adultos liberados Fecha 14/07/2022	N.º de adultos vivos después de la suelta				Final del experimento Fecha 11/08/2022	N.º de larvas
		A los 7 días	A los 14 días	A los 21 días			
1	2	2	0	0	0	0	
2	2	2	0	0	0	0	
3	2	2	0	0	0	0	
4	2	2	0	0	0	0	
5	2	2	0	0	0	0	
6	2	2	0	0	0	0	
7	2	2	0	0	0	0	
8	2	2	0	0	0	0	
9	2	2	0	0	0	0	
10	2	2	0	0	0	0	
11	2	2	0	0	0	0	
12	2	2	0	0	0	0	
13	2	2	0	0	0	0	
14	2	2	0	0	0	0	
15	2	2	0	0	0	0	
16	2	2	0	0	0	0	
17	2	2	0	0	0	0	
18	2	2	0	0	0	0	

De estas observaciones se concluye que los adultos fueron capaces de depredar los estadios iniciales de la plaga, pero al no verse descendencia, el control no pudo ser todo lo eficaz que podría haber sido.

5.4. Ensayo de depredación del *P. nigripennis* sobre *D. opuntiae* y su comparación con *C. montrouzieri*

Los datos que en la Tabla 18 se exponen, son los obtenidos del ensayo de depredación del *P. nigripennis* frente a la plaga en condiciones de laboratorio:

Tabla 18. Tasa de depredación de *P. nigripennis* en condiciones de laboratorio

P. nigripennis Adulto	Material Vegetal	
	Verde	
	Cochinilla	
Réplicas	D. opuntiae	D. coccus
1	46	36
2	45	38
3	40	37
4	47	35
5	44	32
6	49	39
7	47	40
8	42	36
9	48	36
10	41	37
$\bar{x} \pm ES$	44,9±3,1	36,6±2,2

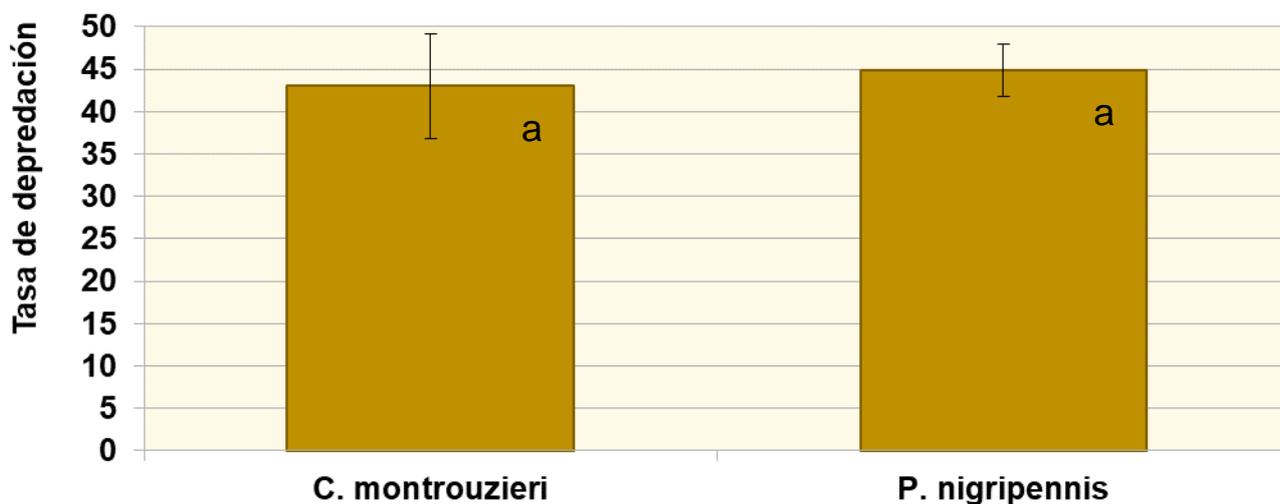
Teniendo la tasa de depredación de este insecto elaborada bajo las mismas condiciones de laboratorio que *C. montrouzieri*, se puede comparar ambos depredadores. Para ello se analizarán los datos mediante una prueba T-Student para muestras independiente la diferente presa consumida con el programa SPSS V.20.

Tabla 19. Resultados estadísticos de grupo

	Depredador	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Resultados	C.M.	10	43,0000	6,23610	1,97203
	P.N.	10	44,9000	3,07137	,97125

Tabla 20. Resultados de la prueba de muestras independientes mediante la T de Student para la igualdad de medias

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resultados	Se han asumido varianzas iguales	,650	,431	,864	18	,399	-1,90000	2,19823	6,51831	2,71831
	No se han asumido varianzas iguales			,864	13,124	,403	-1,90000	2,19823	6,64445	2,84445



Dibujo 47. Tasa de depredación de *C. montrouzieri* y *P. nigripennis* sobre *D. opuntiae* (25°C, 70% HR y Fotoperiodo 12:12)

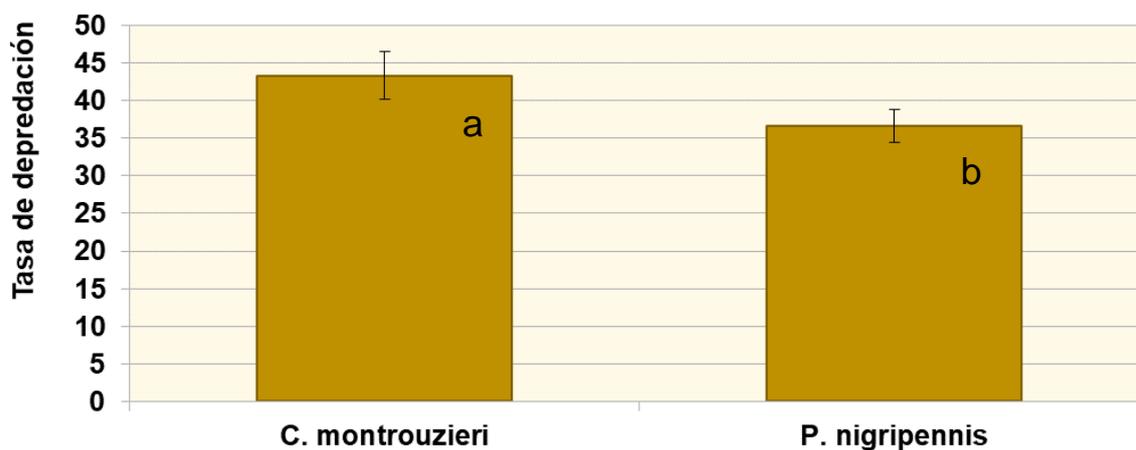
A continuación, se realiza el análisis para la presa *D. coccus*:

Tabla 21 Resultados estadísticos de grupo

	Depredador	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Resultados	C.M.	10	43,3000	3,19896	1,01160
	P.N.	10	36,6000	2,22111	,70238

Tabla 22. Resultados de la prueba de muestras independientes mediante la T de Student para la igualdad de medias

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Resultados	Se han asumido varianzas iguales	1,828	,193	5,440	18	,000	6,70000	1,23153	4,11265	9,28735
	No se han asumido varianzas iguales			5,440	16,041	,000	6,70000	1,23153	4,08982	9,31018



Dibujo 48. Tasa de depredación de *C. montrouzieri* y *P. nigripennis* sobre *D. opuntiae* (25°C, 70% HR y Fotoperiodo 12:12)

Como se muestra en el dibujo 47 no existen diferencias significativas entre ambos coccinélidos a la hora de depredar la cochinilla silvestre en condiciones de laboratorio. Los datos obtenidos de la tasa de depredación de *P. nigripennis* son un poco mayores que los establecidos por El-aalaoui et al. (2019) donde se analizaron durante quince días el consumo de este depredador en un ensayo de no elección con diferentes estadios de *D. opuntiae*.

Ocurre lo contrario si se habla de la cochinilla del carmín que en este caso sí se detectan diferencias significativas, depredando menor número de *D. coccus* (Dibujo 48). No se puede contrastar con otros estudios ya que no se han encontrado tasas de depredación de estos insectos sobre la cochinilla del carmín. Una explicación puede ser que un enemigo natural que se ha criado sobre una determinada presa, está sesgado y por lo tanto su progenie va a tener mejores parámetros biológicos. Un ejemplo de este comportamiento se refleja en el estudio de Ramos et al. (2018), donde el coccinélido comercial *C. montrouzieri* criado sobre *Planococcus citri* Risso depredó menos el insecto plaga *Dysmicoccus grassii* Leonardo, que al ser criado teniendo como presa dicha cochinilla.

5.5. Discusión general

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que se pueden adoptar medidas diferentes ante el tiempo y el recurso fitogenético que se explote de la tunera.

En primer lugar y para desarrollar una estrategia de control biológico a largo plazo, es necesario continuar con el estudio del coccinélido *Parexochomus nigripennis* sobre la presa *Dactylopius opuntiae* y conocer más de sus parámetros biológicos y de ciclo de vida, así como ensayos dirigidos al estudio de los efectos de distintas temperaturas sobre el desarrollo y el potencial depredador. Sería conveniente el estudio del coccinélido en pruebas de elección para confirmar lo expuesto anteriormente, al detectarse que el consumo de la cochinilla *Dactylopius coccus* es distinto que la cochinilla silvestre, podría ser usado en campos donde se recolecte el ácido carmínico (como por ejemplo Lanzarote), minimizando daños.

Otro punto a destacar de *Parexochomus nigripennis* es que se trata de un nativo probable, por lo que sería más aceptado por parte del sector medio ambientalista.

En segundo lugar, para lograr una acción frente a la plaga más corta en el tiempo, teniendo en cuenta que el recurso obtenido sea el fruto, se puede escoger al coccinélido depredador *Cryptolaemus montrouzieri*. Ha demostrado su alta capacidad depredadora de cochinillas y además tiene la ventaja de ser un producto disponible comercialmente para el agricultor.

6. CONCLUSIONES

1. Se comprobó en campo la presencia de dos depredadores de *Dactylopius opuntiae* como son: *Parexochomus nigripennis*, probablemente nativo, y *Cryptolaemus montrouzieri*, naturalizado en Canarias.
2. En condiciones de laboratorio, *Cryptolaemus montrouzieri* mostró un potencial de depredación elevado independientemente del material vegetal y la especie de cochinilla, mostrando los adultos mayor capacidad depredadora que las larvas.
3. En condiciones de campo, *Cryptolaemus montrouzieri* mostró reducción de la infestación en los cladodios en los que se liberó, aunque, debido a condiciones climáticas adversas, no se pudo comprobar su establecimiento.
4. *Parexochomus nigripennis* demostró tener la misma capacidad de depredación que *Cryptolaemus montrouzieri* sobre la presa *Dactylopius opuntiae*. Además, se aportan por primera vez datos de la depredación de este coccinélido sobre *Dactylopius coccus* siendo significativamente menor que la depredación de la cochinilla silvestre.

7. Conclusions

1. The presence of two predators of *Dactylopius opuntiae* was verified in the field: *Parexochomus nigripennis*, probably native, and *Cryptolaemus montrouzieri*, naturalised in the Canary Islands.
2. Under laboratory conditions, *Cryptolaemus montrouzieri* showed a high predation potential independently of plant material and mealybug species, with adults showing a higher predatory capacity than larvae.
3. Under field conditions, *Cryptolaemus montrouzieri* showed reduced infestation in the cladodes where it was released, although, due to adverse weather conditions, its establishment could not be verified.
4. *Parexochomus nigripennis* showed the same predation capacity as *Cryptolaemus montrouzieri* on the prey *Dactylopius opuntiae*. In addition, data are provided for the first time on the predation of this coccinellid on *Dactylopius coccus* being significantly lower than the predation of the wild mealybug.

8. Bibliografía

- Aalaoui, M. el, & Sbaghi, M. (2022). Temperature Dependence for Survival, Development, and Reproduction of the Cactus Cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell). *Insects*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/insects13050426>
- Abdel-Hameed, E. S. S., Nagaty, M. A., Salman, M. S., & Bazaid, S. A. (2014). Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of two prickly pear cactus cultivars (*Opuntia ficus indica* Mill.) growing in Taif, KSA. *Food Chemistry*, 160, 31–38. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.060>
- Akroud, H., Sbaghi, M., Bouharroud, R., Koussa, T., Boujghagh, M., & el Bouhssini, M. (2021). Antibiois and antixenosis resistance to *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Moroccan cactus germplasm. *Phytoparasitica*, 49(4), 623–631. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00897-w>
- Alvarez Rios, S., Argüello Henríquez, A., Ruiz Rodriguez, M. E., Rodriguez Rodriguez, V., Castro Navarro, N., & Fresno Baquero, M. (2005). Efecto del material de ahumado en el perfil de textura instrumental de los quesos artesanales de Canarias.
- Arévalo, J. R., Fernández-Lugo, S., Mellado, M., & de la Concepción, T. (2015). Experimental management control of *Opuntia dillenii* Haw. and *Agave americana* L. in Teno Rural Park, Canary Islands. *Plant Species Biology*, 30(2), 137–146. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12049>
- Babu, T. R., & Azam, K. M. (1987). Biology of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant [Coccinellidae: Coleoptera] in relation with temperature. *Entomophaga*, 32(4), 381–386.
- Bezerra, J., Barbosa, R., Svedese, V., & Mesquita Paiva, L. (2015). fungos endofíticos de opuntia ficus-indica (l.) mill. (cactaceae) sadia e infestada por dactylopius opuntiae (cockerell, 1896) (HEMIPTERA: DACTYLOPIIDAE) *Endophytic fungi from the Brazilian tropical dry forests (Caatinga and Cerrado) View project Pegando Carona: Fungos transportados por ectoparasitos de morcegos cavernícolas View project*. <https://www.researchgate.net/publication/277890966>
- Booth, R. G., & Pope, R. D. (1986). Revisión del género *Cryptolaemus* (Coleoptera: Coccinellidae) con particular referencias a las especies *C. montrouzieri* (Mulsant). *Bull. Ent. Res.*, 76, 702–717.
- Chiteva R y Wairagu N. (2013). “Chemical and nutritional content of puntia ficus-indica (L)”. *African Journal of Biotechnology*, 12(21). 3309–12
- Clausen, C. P., Bartlett, B. R., DeBach, P., Goeden, R. D., Legner, E. F., McMurtry, J. A., ... & Rosen, D. (1978). Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review [Biological control, economic plants]. *Agriculture Handbook-US Dept. of Agriculture (USA). no. 480*.
- da Silva Lopes, R., Gonçalves De Oliveira, L., de Lima, G., dos Santos Correia, M. T., da Costa, A. F., de Luna-Alves Lima, E. Á., & de Menezes Lima, V. L. (2019). Pathogenic activity of *Isaria* spp. for control of *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) and the effects of selected insecticides. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 35, 1–5. <https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502249>
- da Silva Santos, A. C., Oliveira, R. L. S., da Costa, A. F., Tiago, P. V., & de Oliveira, N. T. (2016). Controlling *Dactylopius opuntiae* with *Fusarium incarnatum*–equiseti

- species complex and extracts of *Ricinus communis* and *Poincianella pyramidalis*. *Journal of Pest Science*, 89(2), 539–547. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0689-4>
- Davis, C. J., Yoshioka, E., & Kageler, D. (1992). Biological control of lantana, prickly pear, and *Hamakua pamakani* in Hawai'i: a review and update. *Alien Plant Invasions in Native Ecosystems of Hawaii: Management and Research*, 411-431.
- De Lotto, G. (1974). On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 37(1), 167-193.
- Díaz-Delgado, G. L., Rodríguez-Rodríguez, E. M., Dorta, E., & Lobo, M. G. (2022). Effects of Peeling, Film Packaging, and Cold Storage on the Quality of Minimally Processed Prickly Pears (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.). *Agriculture (Switzerland)*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/agriculture12020281>
- Dodd, A. P. (1959). The biological control of prickly pear in Australia. In *Biogeography and ecology in Australia* (pp. 565-577). Springer, Dordrecht.
- Donkin, R. A. (1977). Spanish red: an ethnogeographical study of cochineal and the *Opuntia* cactus. *Transactions of the American Philosophical Society*, 67(5), 1-84.
- el Aalaoui, M., Bouharroud, R., Sbaghi, M., el Bouhssini, M., & Hilali, L. (2019). Predatory potential of eleven native Moroccan adult ladybird species on different stages of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae). *EPPO Bulletin*, 49(2), 374–379. <https://doi.org/10.1111/epp.12565>
- el Aalaoui, M., Mokrini, F., Dababat, A. A., Lahlali, R., & Sbaghi, M. (2022). Moroccan entomopathogenic nematodes as potential biocontrol agents against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11709-4>
- El-Aalaoui, M., Bouharroud, R., Sbaghi, M., el Bouhssini, M., & Hilali, L. (2019). First study of the biology of *Cryptolaemus montrouzieri* and its potential to feed on the mealybug *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) under laboratory conditions in Morocco. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 52(13–14), 1112–1124. <https://doi.org/10.1080/03235408.2019.1691904>
- Falasca, S., Bernabé, M. A., & Lamas, C. (2011). Aptitud agroclimática de áreas áridas y semiáridas de Argentina para el cultivo de tuna (*Opuntia ficus indica*) como fuente de bioetanol. *Quebracho (Santiago del Estero)*, 19(2), 66-74.
- Felker, P., Paterson, A., & Jenderek, M. M. (2006). Forage potential of *Opuntia* clones maintained by the USDA, National Plant Germplasm System (NPGS) collection. In *Crop Science* (Vol. 46, Issue 5, pp. 2161–2168). <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.02.0081>
- Flores-Hernández, A., B. Murillo-Amador, E. Rueda-Puente, J. Salazar-Torres, J. García-Hernández, y E. Troyo-Dieguez. 2006. Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae). *Rev. Mex. Biodiv.* 77: 97- 102.
- Fullaway, D. T. (1954). Biological control of cactus in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*, 47, 696-700.
- Gonçalves Diniz, A., Barbosa, L. F. S., Santos, A. C. da S., Oliveira, N. T. de, Costa, A. F. da, Carneiro-Leão, M. P., & Tiago, P. V. (2020). Bio-insecticide effect of

- isolates of *Fusarium caatingaense* (Sordariomycetes: Hypocreales) combined to botanical extracts against *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Biocontrol Science and Technology*, 30(4), 384–395. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1720601>
- Horowitz, A. R., Ellsworth, P. C., & Ishaaya, I. (2009). Biorational pest control—an overview. *Biorational control of arthropod pests*, 1-20.
- Inglese, P. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal.
- Kiesling, R. (1998). Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 3.
- Laghzaoui, E.-M., Aglagane, A., Soulaïmani, B., Abbad, I., Kimdil, L., Er-rguibi, O., Abbad, A., & el Mouden, E. H. (2022). Insecticidal activity of some plant essential oils against the *Opuntia cochineal* scale insect, *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *Phytoparasitica*. <https://doi.org/10.1007/s12600-022-01013-2>
- Mann, J. (1969). Cactus-feeding insects and mites. *Bulletin of the United States National Museum*.
- Mazzeo, G., Nucifora, S., Russo, A., & Suma, P. (2019). *Dactylopius opuntiae*, a new prickly pear cactus pest in the Mediterranean: an overview. In *Entomologia Experimentalis et Applicata* (Vol. 167, Issue 1, pp. 59–72). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/eea.12756>
- Mehdi Dahmardeh. (2012). The effect of polythene colour container and three spawn rates on production of *Pleurotus ostreatus* mushroom. *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY*, 11(39). <https://doi.org/10.5897/ajb12.2631>
- Navarro, M. D. M. T., Soler, A., García, C., Buendía, D., & Rodríguez, E. (2018). Evaluación de la capacidad depredadora del coleóptero *Cryptolaemus montrouzieri* sobre la cochinilla *Dactylopius opuntiae* en chumbera (*Opuntia ficus-indica* L.). *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, (296), 42-49.
- Palafox-Luna, J. A., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R., Lilia Viguera-Guzmán, A., Manuel Vanegas-Rico, J., & Responsable, A. (n.d.). *Ciclo de vida y fecundidad de dactylopius opuntiae (hemiptera: dactylopiidae) en opuntia ficus-indica (caryophyllales: cactaceae) life cycle and fecundity of dactylopius opuntiae (hemiptera: dactylopiidae) in opuntia ficus-indica (caryophyllales: cactaceae)*.
- Paterson, I. D., Klein, H., Muskett, P. C., Griffith, T. C., Mayonde, S., Mofokeng, K., & Venter, N. (2021). Biological control of Cactaceae in South Africa. *African Entomology*, 29(3), 713-734.
- Pérez De Paz, P. L. Y Medina Medina, L (1988): *Catálogo de las plantas medicinales de la flora canaria*. Viceconsejería de Cultura y Deporte, Instituto de Estudios Canarios y Gobierno de Canarias, La Laguna de Tenerife.
- Pérez Guerra, G. (1991). *Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinea) with emphasis on the life cycle of Dactylopius coccus Costa* (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
- Pérez Ramírez, A. (2012). *ESTÍMULOS FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE INTERVIENEN EN LA FIJACIÓN DE LAS NINFAS DE Dactylopius opuntiae* (Doctoral dissertation).

- Raimundo, A. A. C. (1988). Coccinelídeos de Cabo Verde (Coleoptera: Coccinellidae).
- Ramdani, C., Fakhouri, K. el, Sbaghi, M., Bouharroud, R., Boulamtat, R., Aasfar, A., Mesfioui, A., & Bouhssini, M. el. (2021). Chemical composition and insecticidal potential of six essential oils from morocco against *dactylopius opuntiae* (Cockerell) under field and laboratory conditions. *Insects*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/insects12111007>
- Ramírez-Sánchez C.J., F.J. Morales-Flores, R. Alatorre-Rosas, J. Mena-Covarrubias y S.J. Mendez-Gallegos (2019). Efectividad de hongos entomopatógenos sobre la mortalidad de *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactilopiidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 22: 1-14.
- Ramírez-Sánchez, C. J., Morales-Flores, F. J., Alatorre-Rosas, R., Mena-Covarrubias, J., & Méndez-Gallegos, S. D. J. (2019). Efectividad de hongos entomopatógenos sobre la mortalidad de *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactilopiidae) en condiciones de laboratorio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(SPE22), 1-14.
- Ramos Cordero, C., Carnero Hernández, A., Hernández Suárez, E. (2018). Avances en el control biológico de la cochinilla algodonosa de la platanera. I: *Cryptolaemus montrouzieri* M. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Gobierno de Canarias
- Reyes-Agüero, J. A., Aguirre-Rivera, J. R., & Hernández, H. M. (2005). Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L) Mill.(CACTACEAE). *Agrociencia*, 39(4), 395-408.
- Ríos, S. A., Henríquez, A. A., Rodríguez, M. R., Rodríguez, V. R., Navarro, N. C., & Baquero, M. D. R. F. (2005). Efecto del material de ahumado en el perfil de textura instrumental de los quesos artesanales canarios. In *Producción ovina y caprina: XXX Jornadas Científicas y IX Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia: Granada, 28-30 de Septiembre y 1 de Octubre* (pp. 38-40). Consejería de Agricultura y Pesca.
- Rounagh-Ardakani, H., Samih, M. A., Ravan, S., & Mokhtari, A. (2020). Different preys affecting biology and life table parameters of *Exochomus nigripennis* (Erichson) (Col.: Coccinellidae): prospects for augmentative biological control of sucking pests. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(1), 21–26. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00046-1>
- Rounagh-Ardakani, H., Samih, M. A., Ravan, S., & Mokhtari, A. (2020). Effect of temperature on the development and predatory potential of *Exochomus nigripennis* (Erichson) (Col.: Coccinellidae) fed on *Gossyparia spuria* (Modeer) (Hem.: Eriococcidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(4), 723–728. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00122-x>
- Sabbahi, R., & Hock, V. (2022). Control of the prickly pear cochineal, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell), in Morocco: an overview. *Journal of Plant Diseases and Protection*. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00655-y>
- Sadof, C. (1995). Know your friends: mealybug destroyer. *Midwest Biological Control News*, II (5). *Consulta*, 7.

- Sáenz, C., & Berger, H. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal* (Vol. 162). Food & Agriculture Org.
- Salas Pascual, M., & Cáceres-Lorenzo, M. (2003). Notas históricas y estudio de algunas plantas mesoamericanas en Canarias: piteras, tuneras y estramonios. *Vegueta: Anuario de la Facultad de Geografía e Historia*.
- Santamaría, E. R., Oltra, M. C., & Granero, M. (2010). Estudio comparativo de la morfología y biología de "Dactylopius coccus" Costa y "D. opuntiae" (Hemiptera: Dactylopiidae), dos especies presentes en la Comunidad Valenciana. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 36(1), 23-35.
- Siemens Hernández, L. (1981): «Veterinaria tradicional de cabras y ovejas entre los pastores de Gran Canaria». *Anuario de Estudios Atlánticos* 27: 579-597.
- Torres, F., & Marcano, R. (2007). Efecto de la temperatura en el desarrollo de *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) utilizando como presa *Maconellicoccus hirsutus* Green (Hemiptera: Pseudococcidae). *Entomotropica*, 22(1), 17-25.
- Torres, J. B., & Giorgi, J. A. (2018). Management of the false carmine cochineal *Dactylopius opuntiae* (Cockerell): perspective from Pernambuco state, Brazil. In *Phytoparasitica* (Vol. 46, Issue 3, pp. 331–340). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0664-8>
- Vanegas-rico, J. M., Lomeli-flores, J. R., Rodríguez-leyva, E., Mora-aguilera M Valdez, G. J., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Mora-Aguilera, G., & Valdez, J. M. (2010). Natural enemies of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) on *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller in Central Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 26(2), 415–433.
- Vigueras, A. L., & Portillo, L. (2014). *Control de cochinilla silverstre y cría de grana cochinilla*. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología.
- Xiong-fei, P., & Gordon, R. D. (1986). The Scymnini (Coleoptera: Coccinellidae) of China. *The Coleopterists' Bulletin*, 157-199.
- Yahia, E. M., & Mondragon-Jacobo, C. (2011). Nutritional components and anti-oxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Food Research International*, 44(7), 2311–2318. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.042>
- Le Houérou, H. N. (1996). The role of cacti (*Opuntiaspp.*) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *Journal of Arid Environments*, 33(2), 135-159.
- Yousef-Yousef, M., & Quesada-Moraga, E. (2020). Towards *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) biological and integrated management at field conditions in Cadiz province (Spain). *Biocontrol Science and Technology*, 30(9), 951–961. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1771280>
- YUDELEVICH, M. (1950). *Control biológico de los Pseudococcus en Chile* (Doctoral dissertation, Tesis ing. Agr. Santiago, universidad de Chile, facultad de agronomía).
- Zimmermann, H. G., & Moran, V. C. (1991). Biological control of prickly pear, *Opuntia ficusindica* (Cactaceae), in South Africa. *Agriculture, ecosystems & environment*, 37(1-3), 29-35.

8.1. Referencias web

Mapa de cultivos de Canarias (Campañas 2015-2021) https://www.gobiernodecanarias.org/cmsgobcan/export/sites/agricultura/galerias/doc/mapa_cultivos/TABLAS_MCultivos_REGIONAL_20220318.pdf (último acceso agosto 2022).

Orden de la consejería de agricultura, ganadería y pesca del gobierno de canarias, por la que se aprueba la realización de un gasto para la prestación del servicio denominado "monitoreo y control de diferentes plagas en el ámbito de sanidad vegetal de canarias", se encarga a la empresa pública gestión del medio rural de canarias s.a.u. la realización del mismo, se aprueba el pliego de prescripciones técnicas, y se designa al director técnico de dicho encargo. <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/f210490c-5630-4a44-a82b-95ee111ea5b7/DOC20210211110435Orden%2Bmonitoreo.pdf?MOD=AJPERES&attachment=true&CACHE=NONE&CONTENTCACHE=NONE> (último acceso agosto 2022).

Cochinilla de Canarias https://www.gobiernodecanarias.org/agp/icca/temas_calidad/cochinilla/ (Ultimo acceso agosto 2022).

D.O.P. Cochinilla de canarias https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-diferenciada/dop-igp/cochinilla/Cochinilla_de_Canarias.aspx (último acceso agosto 2022).

9. Anexos

9.1. Anexo 1: Datos climáticos durante la fase de campo

LEYENDA:

- Vo. Velocidad media del viento (m/s)
- VMax: Velocidad máxima del viento(m/s)
- TMed: Temperatura media (°C)
- TMax: Temperatura máxima absoluta (°C)
- TMin: Temperatura mínima absoluta (°C)
- HRMed: Humedad relativa media (%)
- HRMax: Humedad relativa máxima absoluta (%)
- HRMin: Humedad relativa mínima absoluta (%)
- P: Precipitación (mm)
- Rad: Radiación Total Diaria (Wh/m²)
- Humec: Horas de humectación superior al 70%
- ND: Dato no disponible
- ETO PM: Evapotranspiración calculada por el método FAO-56

FUENTE:

Todos los valores se refieren a registros medios calculados cada 10 minutos, en base a datos tomados cada minuto.

Estación: ERES Mes/Año: 7/2022

Fecha	Vo	VMax	TMed	TMax	TMin	HRMed	HRMax	HRMin	P	Rad	ETO PM
01/07/2022	2,5	5,2	20,8	23	18,5	69,9	75,6	63,2	0	5239,4	4,08
02/07/2022	2,4	4	21,8	24,9	19,3	70,9	87	59,4	0	6767	4,8
03/07/2022	3,5	5,5	21,6	24	18,9	70,8	77,3	59,8	0	7944,9	5,55
04/07/2022	3,6	5,5	21,7	23,7	19,9	71,1	76,7	65,5	0	8500,1	5,65
05/07/2022	3,7	5,8	21,6	23,6	19,5	70,1	76,5	61,7	0	8190,4	5,62
06/07/2022	3,6	6,2	21,3	23,3	19,4	72	76,8	66,8	0	8466,9	5,52
07/07/2022	2,2	4,4	21,6	24,6	18	70,3	76,4	60,9	0	8447,3	5,54
08/07/2022	1,5	3,2	23,4	27,7	19,7	62,8	75,3	44,6	0	7679,6	5,59
09/07/2022	1,4	3,1	25,3	30,4	21,5	61,2	73,8	43,7	0	7116,2	5,61
10/07/2022	1,8	4,6	28,1	33,9	22,7	45,4	69,5	18,2	0	7272,1	6,8
11/07/2022	1,7	3,7	27	30,4	21,9	49,7	77	23,5	0	7763,2	6,37
12/07/2022	2	3,9	22,3	24,7	19,9	70,5	78,9	57,5	0	8230,5	5,54
13/07/2022	1,8	3,6	21,8	24,3	19,3	68,5	75,2	60	0	8303,9	5,46
14/07/2022	1,9	3,8	22,1	25	19,1	71,6	76,6	64,9	0	8100,6	5,35
15/07/2022	1,9	3,5	22,4	24,9	19,6	73,8	81	65,2	0	7943,9	5,25
16/07/2022	2	3,7	22,5	25,1	20,7	75,3	82,3	68	0	7387	4,99
17/07/2022	2	4	22,8	24,8	20,4	70,9	78,5	62,3	0	7959,5	5,38
18/07/2022	3,8	5,8	22,8	24,9	21,1	74,3	82	67,5	0	8130,2	5,52
19/07/2022	4,4	6,6	22,7	25	21,2	76,5	81,9	69,1	0	7673,6	5,34
20/07/2022	4,3	7	24,4	27	22,1	62,3	77,2	25,3	0	7544,8	7,36
21/07/2022	3,8	7	24,7	26,7	22,2	61,5	80,2	32,1	0	7738,9	6,84
22/07/2022	4,5	6,4	22,6	24,4	21,2	80,9	89	74,3	0	7850,2	4,95
23/07/2022	2,3	4,7	23,8	28,1	21,5	81,4	92,2	58,3	0	5381,3	4,41
24/07/2022	2	4,6	27,3	33	23,2	60,1	85,3	28,8	0	6239,6	6,04
25/07/2022	1,9	5,2	25,4	28,6	23,1	73,4	82,3	57,9	0	7400,6	5,58
26/07/2022	4,3	5,7	28,9	34,2	25,2	44,1	70,9	22,3	0	7353,4	9,1
27/07/2022	3,6	6	27	29,6	23,1	46,7	75	30,7	0	7363,6	7,21
28/07/2022	4,3	6,6	23,9	25,6	21,8	65,5	74,5	56,1	0	8030,1	6,25
29/07/2022	5,2	6,6	23,3	25,2	21,3	74,8	85,8	69,1	0	8152,1	5,47
30/07/2022	4,1	6,1	23,3	25,3	21,9	75,3	80,4	69,1	0	7920,7	5,52
31/07/2022	2,2	4,2	23,2	25,3	21,2	77,8	83,2	71,7	0	7325,3	4,93
*Media **Suma	2,9*	5*	23,6*	26,5*	20,9*	67,7*	79,2*	54,1*	0**	7594,1*	5,7*

Estación: ERES Mes/Año: 8/2022

Fecha	Vo	VMax	TMed	TMax	TMin	HRMed	HRMax	HRMin	P	Rad	ETO PM
01/08/2022	1,7	3,6	24	27,3	21,9	76,2	85,9	64,2	0	7028,5	4,99
02/08/2022	2,4	4,7	25,7	28,9	22,8	60,9	76,6	28,4	0	7358,1	6,43
03/08/2022	3,5	5,1	23,2	25	21,6	79,4	85,2	73,1	0	7439,7	4,97
04/08/2022	4	6,1	22,7	24,5	21,2	79,8	85,9	73,3	0	7618,2	4,96
05/08/2022	4	5,6	22,7	24,6	21	79,8	86,7	72,2	0	7538,9	4,94
06/08/2022	4,3	6,3	22,5	24,3	21	82,1	88,1	74,5	0	7431,6	4,74
07/08/2022	5	6,9	22,2	23,9	20,8	83,3	87,7	77,3	0	7637,7	4,67
08/08/2022	4,8	7,4	22,2	24,2	20,8	83,2	90,4	76	0	7481,4	4,6
09/08/2022	3,5	5,5	22,5	24,9	21,1	79,2	86,6	68,4	0	7309,7	4,95
10/08/2022	2,1	3,6	22,8	25,1	20,6	75,6	84,4	64,8	0	7096,9	4,84
11/08/2022	1,9	3,7	22,9	25,9	20,3	71,9	87,8	58,8	0	7312,3	5,01