



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Utilización de luces LED UV para aumentar la captura de la polilla de la manzana (*Cydia pomonella*) en trampas con cebos atrayentes**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**MARÍA IGNACIA VENEGAS LARENAS**

**TALCA – CHILE**

**2022**

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2022



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Utilización de luces LED UV para aumentar la captura de la polilla de la manzana  
(*Cydia pomonella*) en trampas con cebos atrayentes**

**Por**

**MARÍA IGNACIA VENEGAS LARENAS**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**Presentada a la**

**Universidad de Talca como**

**Parte de los requisitos para optar al título de**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TALCA, 2022**

## APROBACIÓN



---

Profesor Guía: Biol. Dr. Eduardo Fuentes Contreras  
Profesor Facultad Ciencias Agrarias.  
Facultad Ciencias Agrarias.  
Universidad de Talca.



---

Profesor Informante: Ing. Agr. Dr. Esteban Basoalto Venegas.  
Profesor Instituto de Producción y Sanidad Vegetal  
Facultad de Ciencias Agrarias y Alimentarias.  
Universidad Austral de Chile.

Fecha de presentación de la defensa de Memoria: lunes 16 de mayo del 2022.

## AGRADECIMIENTOS

Estoy...soy, muy agradecida de la vida, por permitirme explorar y aventurarme a expandir la curiosidad; aprendiendo de cada momento. Me agradezco, por permitirme soñar y lograr nuevos objetivos, en base a dedicación, perseverancia, resiliencia y amor.

Estoy enormemente agradecida de mi familia, por ser y estar presente en cada paso que he dado a lo largo de estos 24 años de vida... por ser mi hogar, mi refugio, mi nido y mi apoyo...siempre. Agradeciendo y valorando por, sobre todo, nuestro amor y apoyo incondicional. Esto es por y para ustedes.

Agradezco a mis amigas y amigos, por; las risas, el apañe, la motivación, la contención...por estar presente en cada momento y etapa de mi vida, y por seguir permaneciendo en base al cariño, apoyo y amor. Agradecida de coincidir en esta vida, proceso y momento. Las y los llevo siempre en el corazón.

Agradezco también a mi profesor guía Eduardo Fuentes, y a mi profesor informante Esteban Basoalto, por darme la oportunidad de ser parte de este estudio. Por, sobre todo, quiero agradecer a mi profesor guía Eduardo Fuentes, por su calidad humana, por su comprensión, disposición y amabilidad en cada palabra, en cada explicación y en cada instancia de este proceso.

*“¿Qué sería la vida si no tuviéramos el valor de intentar cosas nuevas?”. Vincent van Gogh.*

## RESUMEN

La polilla de la manzana *Cydia pomonella* (L.), es considerada la principal plaga de las pomáceas a nivel mundial. A lo largo del tiempo, se han ido adoptando nuevas estrategias de monitoreo para el control de esta plaga, con el uso de trampas cebadas con codlemona, kairomonas (como el éster de pera) más la utilización de ácido acético. Estas trampas atraen machos y hembras adultas de la especie, para determinar la fenología y actividad de vuelo de la población de la plaga. En el último tiempo, se han desarrollado estudios que señalan que la incorporación de luces LED UV puede incrementar la captura de insectos en trampas con cebos atrayentes. Es por esto que este estudio evaluó la utilización de luces LED UV para el aumento de captura de la polilla de la manzana en trampas con cebos atrayentes. Para ello, se evaluaron seis tratamientos correspondientes a trampas delta, Multipher y bidón plástico con cebo de codlemona con éster de pera y ácido acético, con y sin lámpara solar LED-UV. Las trampas se instalaron en un huerto de manzanos ubicado en la Estación Experimental de la Universidad de Talca, ubicada en Panguilemo, en un diseño de bloques completamente al azar durante la temporada octubre-noviembre 2021. Los tratamientos de trampas delta con y sin luz LED UV, mostraron mayor captura de polillas tanto machos, hembras, como de totales (machos + hembras) en la mayoría de las fechas evaluadas. Sin embargo, no se encontró diferencias significativas entre trampas con y sin luz LED UV. Por lo que, la utilización de luz LED UV no contribuiría en el aumento de captura de la polilla de la manzana en trampas con cebos atrayentes, en las condiciones evaluadas.

## ABSTRACT

The codling moth, *Cydia pomonella* (L.), is considered the main pest of pomaceous fruit worldwide. Over time, new monitoring strategies have been adopted for the control of this pest with the use of traps baited with codlemone, kairomones (such as pear ester) and acetic acid. These traps attract adult males and females of the species to determine the phenology and flight activity of the pest. Recently, studies have shown that the incorporation of UV LED lights can increase the capture of insects in traps with attractant baits. For this reason, this study evaluated the use of UV LED lights to increase the capture of the codling moth in traps with attractant baits. For this purpose, six treatments were evaluated corresponding to delta traps, Multipher and plastic milk jug with codlemone, pear ester and acetic acid as baits, with and without solar LED-UV lamps. The traps were installed in the orchard located at the Experimental Station of the University of Talca, located in Panguilemo, in a complete random block design during the October-November 2021 season. It was found that the delta trap treatments with and without LED-UV light showed higher capture of both male and female moths, as well as total moths (males + females) on most of the evaluated dates. However, no significant differences were found between traps with and without UV LED light in the different treatments. Therefore, the use of UV LED light would not contribute to an increase in the capture of the codling moth in traps with attractant baits under the conditions evaluated.

## ÍNDICE

Página

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Hipótesis.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Objetivo General.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos.....</b>	<b>10</b>
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Polilla de la manzana (<i>Cydia pomonella</i>).....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Descripción morfológica de estados de desarrollo de <i>Cydia pomonella</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Ciclo de vida de <i>Cydia pomonella</i>.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Daño causado por <i>Cydia pomonella</i>.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5 Importancia económica.....</b>	<b>14</b>
<b>2.6 Monitoreo de <i>Cydia pomonella</i>.....</b>	<b>14</b>
2.6.1 Trampas.....	15
2.6.2 Feromona sexual.....	16
2.6.3 Éster de pera.....	16
2.6.4 Ácido acético.....	16
2.6.5 Luces led UV.....	17
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Descripción de huerto.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Descripción de trampas, cebos y luz LED UV.....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Trampa delta.....	18
3.2.2 Trampa Multipher.....	19
3.2.3 Trampa casera de bidón plástico.....	20
3.2.4 Cebos.....	20
3.2.5 Luz LED UV.....	20
<b>3.3 Ensayo de campo.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Diseño Experimental.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Evaluación de trampas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.6 Identificación y sexado de ejemplares.....</b>	<b>23</b>
<b>3.7 Análisis de datos.....</b>	<b>24</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>VI. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>31</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Figura 3.2.1:</b> Trampa delta.....	18
<b>Figura 3.2.2:</b> Trampa Multipher.....	19
<b>Figura 3.2.3:</b> Trampa casera de bidón plástico.....	20
<b>Cuadro 3.3:</b> Combinación de tratamientos con diferentes modelos de trampas (delta, Multipher y bidón plástico) con sus respectivos atrayentes (cebo combo + ácido acético), número de replicas, con y sin luz LED UV.....	21
<b>Figura 3.4:</b> Diseño experimental del ensayo en base a un diseño de bloque completamente al azar.....	22
<b>Figura 3.6.1:</b> Terminalia de hembra de <i>Cydia pomonella</i> .....	24
<b>Figura 3.6.2:</b> Sexado de ejemplares de <i>Cydia pomonella</i> .....	24
<b>Figura 3.6.3:</b> Terminalia de macho de <i>Cydia pomonella</i> .....	24

## I. INTRODUCCIÓN

La polilla de la manzana, *Cydia pomonella* (L.), nativa de Eurasia y perteneciente a la familia Tortricidae, es considerada la principal plaga de frutales pomáceos a nivel mundial. Se introdujo en Chile a fines del siglo XIX, y es considerada una plaga difícil de manejar (González, 2003). En Chile, actualmente se encuentra distribuida desde la Región de Tarapacá a la Región de Aysén (Hidalgo *et al.*, 2013). Las poblaciones de *C. pomonella* más significativas económicamente, están ubicadas entre la VI y VII región, debido a que estas concentran más del 80% de la superficie productora de manzanas a nivel nacional (González, 2003).

Las pérdidas causadas por la polilla de la manzana pueden llegar al 80% de la fruta, debido a la perforación que realizan las larvas al alimentarse de las semillas del fruto. Posteriormente, abandonan el fruto quedando inutilizado desde el punto de vista comercial (González, 2003; Devotto, 2017). *C. pomonella* ha sido tradicionalmente controlada con aplicaciones regulares de insecticidas químicos. Sin embargo, su utilización está siendo objetada por los mercados de la fruta de los países importadores, debido a que causan un gran impacto al medio ambiente y pueden incrementar los niveles de resistencia de la plaga a estos insecticidas (Hidalgo *et al.*, 2013).

Debido a este tipo de problemas, se han ido adoptando nuevas estrategias de control para esta plaga en el marco de programas de manejo integrado de plagas (MIP), centrados en la realización de tratamientos aceptables desde el punto de vista medioambiental y toxicológico. En donde se incluye el uso de insecticidas más selectivos y el uso de feromonas sexuales (Dorn *et al.*, 1999; Yan *et al.*, 1999; Calkins y Faust, 2003).

Las feromonas sexuales son semioquímicos que provocan una respuesta conductual específica en individuos de la misma especie. El componente principal de la feromona sexual de la polilla de la manzana es (*E, E*)-8,10-dodecadien-1-ol, (codlemona). Este compuesto es utilizado en trampas como cebo para monitorear la fenología y la actividad de vuelo de la polilla de la manzana. Esta feromona es emitida por las hembras, para atraer a los machos de su propia especie (Curkovic, 1995; Riedl *et al.* 1976; González, 2003; Knight y Light 2005).

El monitoreo de machos adultos es un componente clave de los programas MIP desarrollados para *C. pomonella*. En este sentido, el sistema de monitoreo utilizado se basa en trampas que incorporan la feromona sexual sintética de esta especie como atrayente (Riedl *et al.* 1976; Luengo y Quiroz, 2014). El mejoramiento de las predicciones fenológicas, así como también el establecimiento de umbrales de acción más precisos para la polilla de la manzana, se podrían obtener con el monitoreo de las hembras de esta especie. Es por esto que enfocarse, además, en las curvas de vuelo de las hembras y alterar sus comportamientos, es una alternativa posible

para mejorar el manejo de esta plaga (Knight *et al.* 2002; Knight y Light, 2005; Barros-Parada *et al.*, 2015).

Debido a esto, en los últimos años, se han desarrollado nuevas estrategias de control, mediante cebos con combinación de codlemona y kairomonas, como el éster de pera y, además, la utilización de ácido acético. Ya que, se ha descubierto que el éster de pera, (*E, Z*)-2,4-decadienoato de etilo, es un potente atrayente para machos y hembras de la polilla de la manzana, lo que ha llevado al desarrollo de cebos a base de este compuesto. Así mismo, se ha demostrado que el uso de éster de pera con ácido acético puede aumentar las capturas de polillas, especialmente de hembras (Ligth *et al.*, 2001; Knight *et al.*, 2001; Light *et al.*, 2001; Landolt *et al.*, 2007).

Por otra parte, se ha descubierto en los últimos años que el uso de luces ultravioleta (UV) puede incrementar la captura de insectos en trampas atrayentes. Ya que, las características de comportamiento de los insectos relacionadas con la luz, pueden ser utilizadas para atraer o repeler plagas de insectos en algunos cultivos (Johansen *et al.*, 2011; Grunsven *et al.*, 2014; Park y Lee, 2017). En este sentido, existen insectos que exhiben fototaxia positiva a luces artificiales, es decir, el comportamiento de los insectos se basa en volar o arrastrarse de forma innata hacia las luces artificiales. Este comportamiento depende de las características de la fuente de luz, su longitud de onda e intensidad, así como también dependen de otras condiciones como el clima y el estado fenológico del insecto (Jing, 2004; Park y Lee, 2017; Liu *et al.*, 2018).

Los insectos tienen diferentes sensibilidades espectrales a una fuente de luz y pueden detectar la luz con longitudes de onda de 350 a 760 nm, incluida la luz UV e infrarroja (IR). En el caso de los lepidópteros, estos muestran preferencia por los espectros de longitud de onda UV (320-390 nm) y verde (500-560nm). Por lo que, la utilización de luz UV podría contribuir en la captura de polillas como *C. pomonella* (Peitsch *et al.*, 1992; Briscoe y Chittka, 2001; Kim *et al.*, 2019).

Asimismo, se han desarrollado y utilizado trampas de luz equipadas con diodos emisores de luz (LED) de longitudes de onda específicas para el monitoreo y manejo de poblaciones de plagas de insectos. Estas trampas tienen diferentes ventajas en relación a su utilización, entre ellas: rangos de longitud de onda estrechos, alta eficiencia luminosa, producen bajas temperaturas, bajo costo, larga vida útil, entre otras (Park y Lee, 2017; Zhou *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019). Por lo que, para aumentar la eficiencia de la captura de plagas de insectos, las trampas de luz LED UV se pueden utilizar junto con otros medios de captura, como feromonas sexuales, kairomonas y ácido acético.

## **1.1 Hipótesis**

La utilización de luces LED UV incrementa la captura de hembras y machos adultos de la polilla de la manzana (*Cydia pomonella*) en diferentes modelos de trampas con cebos atrayentes.

## **1.2 Objetivo General**

Determinar las capturas de machos y hembras adultas de la polilla de la manzana (*Cydia pomonella*) en diferentes modelos de trampas con cebos atrayentes, con y sin luces LED UV en un huerto de manzano de la Región del Maule.

## **1.3 Objetivos Específicos**

Evaluar diferentes modelos de trampas y cebos atrayentes con y sin luces LED UV sobre la captura de machos y hembras adultos de la polilla de la manzana (*Cydia pomonella*) en un huerto de manzano de la Región del Maule.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Polilla de la manzana (*Cydia pomonella*)

*Cydia pomonella* conocida como polilla de la manzana o carpocapsa, pertenece al orden Lepidoptera y a la familia Tortricidae. Las polillas de esta familia se caracterizan por ser perforadoras de frutos, enrolladoras de hojas y perforadoras de brotes. Esta plaga es de importancia a nivel mundial, por ser cuarentenaria para muchos países. En Chile es considerada como plaga primaria debido al daño económico directo que causa en las pomáceas. Esta ataca manzanos, membrillos, nogales y perales como hospederos primarios, y daña a ciruelos, damascos, durazneros y nectarinos como hospederos secundarios (González, 1989).

El número de generaciones por temporada es variable, debido a que dependen del clima y de la zona geográfica en que se encuentra. En Chile, ocurren dos generaciones y parte de una tercera por temporada. En relación a su ciclo de vida, este presenta cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Estos se completan en 55 días aproximadamente, dependiendo de la temperatura en la que se esté desarrollando (González, 2000).

### 2.2 Descripción morfológica de estados de desarrollo de *Cydia pomonella*

El adulto de la polilla de la manzana es de 10 mm de largo aproximadamente, con alas anteriores color pardo grisáceo con bandas de color gris oscuro y con una mancha circular en la punta del ala de color parda oscura rodeada de escamas de color cobrizo (Fundación para el desarrollo Frutícola, 2004). La hembra, por otra parte, tiene alas anteriores de color gris plateado con una mancha ovalada cobriza mucho más destacada (González, 1989). Las alas posteriores son de color pardo rojizas con reflejos dorados (Fundación para el desarrollo Frutícola, 2004). La cabeza es de color castaño grisácea cubierta con escamas filamentosas, tiene antenas cetáceas, grises, sus ojos son globulares y negros (Artigas, 1994). La hembra es ligeramente más grande y robusta que el macho (Luengo y Quiroz, 2014).

Los huevos son circulares y aplanados (Fundación para el desarrollo Frutícola, 2004), de 1 mm de diámetro. Son depositados en grupos aislados en hojas y frutos por las hembras. Cada hembra puede oviponer entre 60 y 70 huevos (Artigas, 1994). El color de los huevos varía según el estado de desarrollo en que se encuentren (Ripa y Luppichini, 2010), al inicio de la postura estos son casi hialinos, pero posteriormente cambian su color hasta alcanzar el estado de cabeza negra, antes de la eclosión (González, 2003).

Las larvas tienen un tamaño de hasta 21 mm de largo, son de color blanco a rosado con su cabeza de color marrón oscuro (Ripa y Luppichini, 2010), estas se desarrollan en el interior del fruto cerca de la zona de la semilla, a la cual perfora y consume (Artigas, 1994).

Existen cinco estadios de desarrollo larval, la larva neonata, perteneciente al primer estadio, mide 2 mm aproximadamente y es de color blanco grisáceo. Posteriormente, a medida que se va desarrollando en los siguientes estadios su cabeza se va tornando café. En el último estadio, la larva alcanza un tamaño de entre 16 y 18 mm y su color varía de blanco a rosado, dependiendo de su alimentación. En Chile, el ciclo larvario total requiere de 26 a 30 días en su primera generación y de 20 a 25 días durante el verano, dependiendo de la especie frutal en la que se establezca (González, 2000, 2003).

La pupa mide entre 8 a 11 mm aproximadamente y tiene una coloración que varía de castaño claro a oscuro a medida que transcurre el periodo de desarrollo. En estado pupal puede permanecer entre 10 a 12 días. Preferentemente las larvas pupan en lugares protegidos, bajo cortezas o en el suelo (Artigas, 1994; González, 2003).

### **2.3 Ciclo de vida de *Cydia pomonella***

El ciclo de vida de *C. pomonella* consta de cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Las cuatro etapas constituyen un ciclo o generación y dependiendo de la temperatura ambiente (en grados días) a la que está expuesta, puede desarrollar hasta tres generaciones por temporada. La temperatura mínima de desarrollo de la polilla de la manzana es de 11,5°C. y una generación se desarrolla al completar aproximadamente 583°D (Zaviezo *et al.*, 2005).

En el caso de Chile, desde la cuarta a la octava región la polilla de la manzana es capaz de completar tres ciclos por temporada (González, 2001), completando dos ciclos desde primavera a verano, mientras que la tercera generación se inicia a fines de verano y detiene su desarrollo al llegar el otoño (Devotto, 2017). El invierno lo pasa como larva en completo estado de desarrollo (5to estadio o pre-pupa), en diapausa dentro de un capullo, ubicado en lugares protegidos como corteza suelta, grietas de tronco, en la base de árboles, en el suelo, en bins o cajas de madera (Zaviezo *et al.*, 2005).

El primer ciclo comienza desde mediados de septiembre hasta mediados de diciembre con el vuelo de las polillas de la generación invernal, es decir, la tercera generación de la temporada anterior, comenzando la primera ovipostura desde la tercera semana de octubre, con emergencia de larvas hasta inicios de diciembre (González, 2003). Los adultos se caracterizan por realizar su vuelo durante el crepúsculo o atardecer, periodo en que desarrollan su mayor actividad, ya que durante el día permanecen inactivos y protegidos en troncos, ramas y ramillas (Luengo y Quiroz, 2014).

El segundo ciclo es más corto, el cual se desarrolla entre diciembre y enero (Sazo, 1995). Los huevos colocados por las hembras de esta generación eclosionan en 4 a 5 días y las larvas tienen

un comportamiento similar a las de la generación anterior, pero completan rápidamente su desarrollo debido a las altas temperaturas de esta época del año (Zaviezo *et al.*, 2005).

En el tercer ciclo, ocurre postura y desarrollo larval desde febrero hasta mediados de abril, estas larvas invernales entran en diapausa hacia fines del verano para posteriormente invernar y pupar hacia la segunda mitad de septiembre y así dar origen al primer vuelo de adultos de la siguiente temporada (González, 2001; González, 2003), que en la zona central de Chile comienza hacia fines de septiembre (con su máximo en octubre) y puede ser relativamente prolongado (Zaviezo *et al.*, 2005). Desde las pupas invernantes primero emergen los machos y posteriormente las hembras, las cuales lo hacen antes de la segunda quincena de octubre a una temperatura media de alrededor de 16°C (González, 1989).

Luego de que la hembra es fecundada, los huevos necesitan un periodo de madurez de entre 4 a 6 días y debe haber una temperatura superior a 13°C, para que estos sean depositados por la hembra de forma aislada o en pequeños grupos, sobre hojas o frutos, durante el crepúsculo y parte de la noche (Artigas, 1994). A los 7 a 15 días, eclosionan las larvas de primer estadio, las cuales se alimentan de las hojas del árbol hasta que se forme el fruto. Una vez formado, estas se desplazan hacia el fruto hasta encontrar un sitio de perforación cercano al peciolo y penetrar su interior formando galerías hacia la semilla de la cual se alimentan. Los frutos de tamaño pequeño pueden caer, pero los de mayor tamaño permiten el desarrollo completo de la larva, la cual una vez en el interior, muda tres veces durante un periodo de 19 a 23 días, una vez completado su desarrollo realiza una galería de salida para abandonar el fruto con el fin de pupar (Artigas, 1994), para esto teje un capullo de seda para transformarse en pupa y cesa tanto su alimentación como el movimiento, para permitir que los tejidos de la larva se transformen en los tejidos del adulto. Ésta pupa en lugares protegidos para posteriormente emerger como adultos, que darán origen a las generaciones siguientes a través de la temporada, o se quedara como larva invernante esperando la próxima temporada para pupar y convertirse en adulto (Sánchez *et al.*, 2009). La duración de cada etapa del ciclo está determinada por las condiciones ambientales de la zona geográfica en donde se desarrolle *C. pomonella* (Hidalgo *et al.*, 2013).

#### **2.4 Daño causado por *Cydia pomonella***

El daño es provocado en el fruto por los distintos estadios larvales de la polilla de la manzana, la cual se introduce en el fruto ocasionando pérdidas de calidad y producción. Esto debido a que, las larvas generan galerías hacia la semilla de la cual se alimenta, provocando una gran zona consumida y oscurecida en la parte central del fruto, a causa de la abundante acumulación de excremento en forma de aserrín que genera a medida que avanza dentro de este. Además, los canales generados, pueden facilitar la entrada de agentes dañinos como bacterias, hongos u otros insectos (Luengo y Quiroz, 2014).

A causa de la acción de las larvas en los frutos, estos pueden resultar con picaduras y perforaciones profundas. La mayoría de los frutos con daño temprano, caen al suelo sufriendo deterioro por golpe y posterior descomposición, provocando una disminución directa de los rendimientos (Artigas, 1994). Sin medidas adecuadas, las pérdidas pueden alcanzar entre el 70% y el 90% de dos o tres temporadas sin control (Devotto, 2017).

## **2.5 Importancia económica**

La polilla de la manzana es la plaga más importante en huertos de pomáceas a nivel mundial, y es considerada una plaga primaria en Chile. Esta plaga, genera depreciación en frutos debido a su infestación en huertos de pomáceas, provocando un aumento en los costos de producción al controlarla (Artigas, 1994). El nivel de daño económico no debe superar el 0,5% en huertos de manzanos, perales y nogales que se encuentran con programas fitosanitarios definidos (González, 1989). Debido a los daños y heridas provocadas por la polilla en los frutos, estos quedan susceptibles al ataque de microorganismos, lo que impide su comercialización al mercado fresco (University of California, 2000).

Existen restricciones cuarentenarias de *C. pomonella* en países como Japón, China y Corea, limitando la exportación de pomáceas a estos países (Artigas, 1994). Por otra parte, países como Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Cuba, China, Ecuador, Filipinas, Honduras, Japón, Panamá y Taiwán exigen certificación fitosanitaria por parte de los productores chilenos para importar manzanas a su país (Chile, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 2007).

Las pérdidas en huertos no tratados con productos químicos, ni con otros métodos de control, pueden alcanzar hasta un 80% (Artigas, 1994). Debido a esto y a las restricciones, ha aumentado el número de tratamientos contra la polilla de la manzana por parte de los productores (González, 2001), lo que ha provocado la producción de frutos con niveles crecientes de pesticidas convencionales, pudiendo provocar un exceso en los niveles máximos de residuos permitidos por parte de los países compradores de pomáceas (González, 1995, 1998).

## **2.6 Monitoreo de *Cydia pomonella***

El monitoreo es el componente más importante para el manejo integrado de plagas (Artigas, 1994). Debido a que, mediante este se puede determinar la fenología de cada generación y el riesgo de ataque de la plaga durante la temporada, permitiendo determinar el momento en que la plaga se encuentra en su estado de desarrollo más susceptible, indicando el momento óptimo para aplicar un método para su control. Dependiendo del estado que se quiera controlar, se pueden conformar programas fitosanitarios, relacionando los máximos poblacionales y las temperaturas medias (Artigas, 1994).



El monitoreo de la polilla de la manzana en huertos, se realiza mediante el uso de trampas de feromona sexual, atrayendo solo a machos adultos de la polilla. Estas trampas, permiten realizar el seguimiento estacional de las poblaciones de la polilla y establecer los períodos de control, mediante sumatorias térmicas o por fenología de las capturas (González, 2003).

Como una alternativa de monitoreo para la captura tanto de machos como hembras, se han desarrollado nuevos atrayentes, como el éster de pera y el ácido acético (Knight y Light, 2005), permitiendo mejorar la predicción del momento de la oviposición y de la eclosión de huevos (Knight *et al.*, 2006).

### 2.6.1 Trampas

Las trampas son elementos informativos que permiten diagnosticar la fenología, detectar la actividad de vuelo y densidad de las poblaciones de esta plaga (González, 2003). Esto mediante la captura de machos adultos de la polilla de la manzana, permitiendo el monitoreo de la fenología de la plaga y evidenciando así el progreso de las generaciones en la temporada. Ya que, al detectar el momento de emergencia y vuelo de los machos, se puede estimar el periodo en que está presente el estado susceptible al control, siendo este estado el de larva neonata o el estado de huevo. Al estimar la presencia de estos estados a partir de las capturas de machos, se pueden realizar controles más oportunos (Zaviezo *et al.*, 2005).

Las trampas deben instalarse en el huerto, en relación al hábito de vuelo de la plaga. En el caso de esta plaga, el hábito de vuelo es sobre los árboles de manzano, por lo tanto, las trampas se deben instalar en la copa superior, en el último tercio del árbol a unos 2 m de altura, en hileras interiores del huerto y en razón de 1 cada 4 a 8 hectáreas, dependiendo de la homogeneidad del lugar. Además, deben colocarse una semana antes de la fecha prevista del vuelo (González y Barría, 1984), es decir, alrededor de mediados de septiembre, en brotación, para comenzar con el monitoreo de la primera generación adecuadamente (Zaviezo *et al.*, 2005).

Existen diversos tipos de trampas, las que varían en su geometría, tamaño y tipo de armazón. Hay estudios que demuestran que las trampas delta son más eficientes (Knight y Milickzy, 2003), transformándose en la nueva herramienta de monitoreo para *C. pomonella*, siendo la más utilizada en la actualidad (Doerr *et al.*, 2004).

Por lo que, la utilización de trampas delta con cebos atrayentes como éster de pera y ácido acético, podría ser un potente atractivo para adultos de *C. pomonella*, aumentando la eficiencia de las capturas de esta plaga (Knight *et al.*, 2009; Knight, 2010).

### **2.6.2 Feromona sexual**

Las feromonas sexuales son semioquímicos que inducen una respuesta conductual específica en individuos de la misma especie. Corresponden a una mezcla de compuestos químicos que son emitidos generalmente por las hembras, provocando una respuesta de atracción en el macho. El componente principal de la feromona sexual de la polilla de la manzana es (*E, E*)-8,10-dodecadien-1-ol, conocida comercialmente como codlemona, la cual es extraída de las glándulas sexuales de las hembras (González, 1984; González, 1993). La codlemona es utilizada en trampas como cebo con el objetivo de atraer a los machos a la superficie pegajosa de la trampa, para así monitorear la fenología y la actividad de vuelo de la polilla de la manzana (González, 2003).

Existen factores que afectan la eficiencia de las trampas cebadas con feromona sexual, dentro de los cuales se encuentra el diseño, la ubicación y la densidad de las trampas (Knodel y Agnello, 1990).

### **2.6.3 Éster de pera**

El éster de pera es una kairomona, es decir, es un semioquímico - aleloquímico el cual es emitido por una especie (en este caso cultivo hospedero), produciendo un efecto negativo sobre este y que ejerce un efecto positivo sobre el receptor (en este caso la polilla). Su compuesto químico es (*E, Z*)-2,4-decadienoato de etilo (Knight y Light, 2004). Es uno de los compuestos químicos responsables del olor dulce de la pera, el cual es un fuerte atrayente de hembras y machos de la polilla de la manzana (Barry, 2001).

La utilización de éster de pera como cebo en trampas, puede facilitar el monitoreo de hembras y machos adultos de la polilla de la manzana, posibilitando la predicción de los estados fenológicos durante la temporada de desarrollo de la plaga (Knight, 2010), con el fin de controlar los ciclos de apareamiento con mayor precisión y disminuir considerablemente el uso de insecticidas de amplio espectro (Light y Knight, 2005).

### **2.6.4 Ácido acético**

El ácido acético, líquido incoloro de olor fuerte, puede ser un eficaz atrayente para hembras y machos de la polilla de la manzana, debido a que, al incorporar ácido acético en trampas, aumenta considerablemente la captura de hembras, permitiendo un mejor seguimiento estacional de estas (Knight *et al.*, 2012). La combinación de ácido acético con éster de pera provoca un efecto de sinergia, generando una mayor atracción hacia ambos sexos de *C.pomonella* (Landolt *et al.*, 2007; Knight, 2010), lo que posibilita un monitoreo eficaz de la plaga a lo largo de la temporada de desarrollo (Knight *et al.*, 2009).

### 2.6.5 Luces LED UV

En los últimos años se ha descubierto que el uso de luces LED UV, incrementa la captura de insectos en trampas atrayentes. Esto debido a que existen insectos que exhiben fototaxia positiva a luces artificiales, lo que provoca un cambio en su comportamiento en donde son atraídos hacia estas luces artificiales de noche. Los comportamientos de los insectos dependen de las características de la fuente de luz, longitud de onda, intensidad, clima y estado fenológico del insecto (Jing, 2004; Park y Lee, 2017; Liu *et al.*, 2018). En el caso de los lepidópteros, estos tienen preferencia por los espectros de longitud de onda UV (320-390 nm) y verde (500-560 nm). Siendo la utilización de luces LED UV una buena alternativa para contribuir en la captura de la polilla de la manzana. Por lo que, la utilización de trampas con luces LED UV puede contribuir al monitoreo y manejo de las poblaciones de plagas de insectos, siendo un papel crucial en el control de esta plaga (Peitsch *et al.*, 1992; Briscoe y Chittka, 2001; Kim *et al.*, 2019).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción de huerto

El ensayo se llevó a cabo en un huerto de manzanos perteneciente a la Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca, ubicada en Panguilemo. La cual se sitúa aproximadamente a 10 kilómetros al norte de Talca, frente al cruce de Pelarco hacia el poniente, viajando desde la carretera 5 sur kilómetro 243 desde Santiago, con coordenada 35° 22' Lat. Sur: 71°35' Long. Oeste.

La Estación Experimental presenta un clima mediterráneo, es decir, con estaciones bien marcadas (invierno frío-húmedo y verano caluroso-seco) y en cuanto al tipo de suelo, predomina la serie San Rafael, de textura franco arcillosa. La estación cuenta con 128 hectáreas, las cuales son utilizadas como un espacio para la investigación y docencia de la Universidad de Talca, donde disponen ensayos de árboles carozos, berries, plantas forrajeras y pomáceas.

El huerto de manzanos, utilizado para la realización de ensayos, no cuenta con ningún tipo de manejo, por lo que como consecuencia este presenta una alta presión de la plaga *C. pomonella*. Dentro de las variedades de pomáceas que se disponen en el huerto se encuentran Fuji (75%) y Royal Gala (25%) las cuales se encuentran sobre patrón MM111, presentando una altura promedio de 4,5 m y una distancia de plantación de 2,4 x 4,8 m.

#### 3.2 Descripción de trampas, cebos y luz LED UV

##### 3.2.1 Trampa delta

La trampa delta de la empresa Feromonas Chile, consiste en un cuerpo plástico desmontable de color rojo, cuenta con una dimensión de 11,5 cm de alto y una base de 20 x 20,8 cm. Presenta un pliegue de 3 cm en cada extremo, es de forma triangular con un área de apertura de aproximadamente 116 cm<sup>2</sup>, por donde ingresan los insectos atraídos por el cebo. Contiene en su interior una base adhesiva pegajosa cuadrada de 18,5 x 18,5 cm aproximadamente, de color blanco con pequeños cuadros de color verde distribuidos por la superficie, la cual se encarga de retener a los insectos que ingresan a esta (Feromonas Chile, s.f).



**Figura 3.2.1.** Trampa delta.

### **3.2.2 Trampa Multipher**

La trampa Multipher de la empresa Solida (Quebec, Canadá), consiste en un balde de plástico blanco con un dispositivo en forma de cono con tapa de color verde, contiene en su interior un dispensador de tabique en el cual se ubican los cebos atrayentes. Respecto a sus dimensiones, estas son: 26 cm x 24 cm. En la parte superior de la base de plástico blanco, cuenta con 5 orificios de 3 cm de diámetro aproximadamente cada uno, posicionados a una distancia de 5 cm aproximadamente, para el ingreso de los insectos (Ngollo *et al.*, 2000).



**Figura 3.2.2** Trampa Multipher.

### 3.2.3 Trampa casera de bidón plástico

La trampa casera de bidón plástico, consiste en un bidón modificado de plástico blanco semi transparente de 5 L de capacidad, el cual contiene una tapa en la parte superior y un alambre para su instalación. Respecto a sus dimensiones estas son: 28 cm x 20 cm. Además, se realizaron 4 orificios de 4 cm de diámetro aproximadamente cada uno, posicionados a distinta altura en cada una de las caras de la trampa, para el ingreso de los insectos.



Figura 3.2.3. Trampa bidón plástico.

### 3.2.4 Cebos

Los cebos utilizados en estas trampas son:

- Cebo combo comercial, consiste en la utilización de Pherocon CM-DA (cebo de elastómero) de la marca TRÉCÉ (Adair, OK, EE.UU.), el cual contiene una combinación de 1 mg de codlemona + 3 mg de éster de pera (2-4 decadienoato de etilo) y Pherocon AA (cebo de membrana) de la misma marca, el cual contiene 6 ml de ácido acético. El cebo combo es instalado al interior de las trampas con la utilización de un alfiler que tiene el objetivo de enganchar el cebo en la parte superior interna de las trampas.

### 3.2.5 Luz LED UV

Parte de los tratamientos cuenta con una Luz LED UV comercial con panel solar incorporado, este dispositivo se compró a través de compra online. Esta luz LED UV consiste en un cuerpo plástico de 9 cm de diámetro aproximadamente y 4 cm de alto, tiene una longitud de onda predominante de  $\approx 399$  nm. La luz es emitida por un diodo Led de 5 mm (DC 3-3.2 V, 20 mAh). Requiere de dos pilas AA para su utilización, contiene en el centro del dispositivo dos luces (una blanca y una ultravioleta) y cuenta con una batería recargable de litio (1,2 V 600mA) la que se carga durante el día con el panel solar incorporado (1,2 V 600mA), lo que hace que tenga una duración de entre 6 y 7 horas una vez que se va el sol. Al ser una luz LED UV, es de bajo

consumo energético, esta funciona en el horario del crepúsculo en donde las polillas tienen mayor actividad, por lo que, desde las 18 a 23 hrs. de la noche aproximadamente, las luces funcionan incorporadas a las trampas dependiendo de los diferentes tratamientos (Devotto, 2017).

### 3.3 Ensayo de campo

El ensayo de campo se realizó con seis tratamientos en total, conformados por tres tipos de trampas: delta, Multipher y bidón plástico, con y sin luz LED UV, dejando fijo el atrayente (Pherocon CM-DA y Pherocon AA). Los tratamientos se realizaron con cinco repeticiones por cada tratamiento. De tal modo, los tratamientos se conformaron de la siguiente manera: T1: delta, T2: Multipher, T3: bidón plástico, T4: delta + UV, T5: Multipher + UV, T6: bidón plástico + UV, como lo indica el cuadro 3.3.

Tratamiento	Tipo de trampa	Luz LED UV	Atrayente	N° de replicas
T1	delta	Sin	Cebo combo + ácido acético	5 (R1,R2,R3,R4,R5)
T2	Multipher	Sin	Cebo combo + ácido acético	5
T3	bidón plástico	Sin	Cebo combo + ácido acético	5
T4	delta	Con	Cebo combo + ácido acético	5
T5	Multipher	Con	Cebo combo + ácido acético	5
T6	bidón plástico	Con	Cebo combo + ácido acético	5

**Cuadro 3.3.** Combinación de tratamientos con diferentes modelos de trampas (delta, Multipher y bidón plástico) con sus respectivos atrayentes (cebo combo + ácido acético), número de replicas, con y sin luz LED UV.

### 3.4 Diseño Experimental

Las trampas se instalaron en el campo en un diseño de bloques completamente al azar, en el cual cada hilera representa el bloque (en este caso fueron cinco hileras en total) y cada trampa es la unidad experimental (las cuales fueron treinta trampas en total), donde se aleatorizó la posición de cada una de las trampas y se rotaron de lugar dentro de cada hilera, en cada una de las evaluaciones que se realizaron semanalmente, de tal modo que se logre reducir la variabilidad en las capturas de adultos de la polilla de la manzana, asociada a la posición de la trampa.

Las trampas se instalaron en el campo el día 08 de octubre del 2021, en un total de 5 hileras de manzanos (en este caso, desde la hilera 3 a la hilera 11, dejando libre una hilera por medio como muestra la figura 3.4), las trampas se posicionaron en cada una de las hileras a una distancia de 5 a 6 manzanos aproximadamente (los manzanos tienen una distancia de plantación de 2,4 x 4,8 m), en un diseño de bloque completo al azar. Es importante señalar que, desde la

hileras 1 a la hilera 11, no cuentan con aplicaciones de fungicidas, sin embargo, desde la hilera 12 en adelante, si hubo aplicación de fungicidas debido a que se estaba realizando un estudio perteneciente al departamento de patología vegetal de la Universidad de Talca en esas hileras.



**Figura 3.4.** Diseño experimental del ensayo en base a un diseño de bloque completamente al azar.

### 3.5 Evaluación de trampas

Las trampas se evaluaron dos veces por semana, los días lunes y viernes durante la mañana, en donde se inspeccionó la captura de polillas adultas de *C. pomonella*, en cada una de las trampas. De existir captura, en el caso de las trampas delta, se iban removiendo los pisos con capturas, especificando el tratamiento, repetición y fecha en que se realizó la remoción de estos. Para posteriormente, reemplazar las trampas con nuevos pisos adhesivos. En el caso de las trampas Multipher y bidón plástico, se removieron las capturas suspendidas en el agua de las trampas con la utilización de un colador común, en donde se procedió a colar las capturas obtenidas para agruparlas en potes con alcohol etílico al 70% para su conservación, especificando el tratamiento, repetición y fecha de la captura. Posteriormente, se reemplazó el agua removida con agua de grifo.

Cabe señalar que la cantidad de agua reemplazada, varió según: la cantidad de agua que se evaporó durante el día, de la cantidad de agua que se necesitó para que los ejemplares queden suspendidos en esta, de tal manera que no logran volar, y, además, para que la trampa quede balanceada y no se gire o caiga del manzano a causa de eventuales vientos, lluvias, entre otros factores.

En cuanto a los cebos atrayentes comerciales, estos no se cambiaron debido a que estos se cambian normalmente cada 8-10 semanas aproximadamente debido a su alta duración. En



relación a las luces LED UV, estas también se revisaron en cada evaluación semanal de las trampas, corroborando la carga de las luces para mantener su funcionamiento durante la actividad de vuelo de adultos de la polilla de la manzana, desde el crepúsculo.

Luego del reemplazo de los pisos adhesivos de las trampas delta y del reemplazo de agua en las trampas Multipher y bidón plástico, se procedió a rotar cada una de las trampas dentro de cada una de las hileras. Es decir, en la hilera 3, la trampa que se encontraba en el manzano 1, se cambió al manzano 2, la trampa que estaba en el manzano 2, se cambió al manzano 3 y así sucesivamente hasta la trampa que estaba en el manzano 6, la cual se cambió al manzano 1, rotando así las 6 trampas que se encontraban en cada hilera. El procedimiento se repitió en cada una de las 5 hileras. Esto con el fin de reducir la variabilidad en las capturas de adultos de la polilla de la manzana, asociada a la posición de la trampa.

### **3.6 Identificación y sexado de ejemplares**

Respecto al sexado, las capturas obtenidas en cada tratamiento, se llevaron al laboratorio de sanidad vegetal de la Universidad de Talca, donde se procedió a identificar y sexar cada ejemplar, registrando las capturas y diferenciando entre machos y hembras, esto con la utilización de una lupa y pinzas entomológicas de acero inoxidable.

En primera instancia, se realizó la identificación de las capturas obtenidas de cada tratamiento. Las capturas se traspasaron con la ayuda de pinzas entomológicas de acero inoxidable a una placa Petri, para posicionarlas bajo la lupa de un microscopio estereoscópico, con el objetivo de separar los ejemplares de *C. pomonella* de los insectos no blancos.

Posteriormente, se identificó la terminalia de machos y hembras de cada ejemplar de *C. pomonella* (figura 3.6.1, figura 3.6.2 y figura 3.6.3) con el objetivo de agrupar por separado las hembras y machos de cada tratamiento y repetición, en un tubo de centrifuga en este caso, con un porcentaje pequeño de alcohol al 70% para su conservación, para así contabilizar la cantidad de individuos hembras y machos, obtenidos según cada tratamiento. Finalmente, se rotularon los tubos especificando tratamiento, repetición, fecha y cantidad de hembras y machos obtenidos de cada tratamiento.



Figura 3.6.1

Terminalia de hembra de *Cydia pomonella*

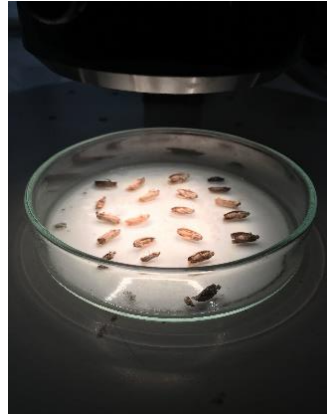


Figura 3.6.2

Sexado de ejemplares de *Cydia pomonella*



Figura 3.6.3

Terminalia de macho de *Cydia pomonella*

De la información obtenida, de la captura de hembras y machos adultos de la polilla de la manzana, se realizó una tabla en el programa Excel indicando: tratamiento, código (tratamiento junto con la repetición, es decir, T1R1, T1R2, etc.), número de capturas totales, capturas machos, capturas hembras y fecha de las capturas correspondientes a: 12/10/2021, 15/10/2021, 18/10/2021, 22/10/2021, 25/10/2021, 29/10/2021, 02/11/2021, 05/11/2021, 08/11/2021, 12/11/2021 y 15/11/2021. De acuerdo a cada fecha, se realizó una planilla en el programa Excel, especificando la cantidad de capturas obtenidas en cada tratamiento y repetición. Posteriormente, se ingresaron los datos obtenidos del ensayo, para posteriormente realizar un análisis de datos.

### 3.7 Análisis de datos

La variable independiente analizada fue el modelo de trampa con y sin luz LED UV, y las variables dependientes el número de capturas de polillas machos, hembras y totales. En el caso de no cumplirse con los supuestos de homogeneidad de varianzas del ANDEVA, se realizó una transformación logarítmica de los datos. Cuando la transformación no logró la homogeneidad de las varianzas, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. La información fue analizada a través del programa estadístico Statgraphics Centurion 19 – X64 (Statgraphics Technologies, Inc).

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Evaluación de capturas de polilla de la manzana (*C. pomonella*)

#### 4.1.1 Captura de hembras

En relación a las capturas de polillas hembras, se puede apreciar en el cuadro 4.1.1, que no existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos a lo largo de la realización del ensayo (total de capturas de polillas hembra). De acuerdo al análisis de los tratamientos según cada fecha, se puede apreciar que las trampas bidón plástico con y sin UV y Multipher con UV tuvieron una mayor captura de polillas hembras que las trampas delta con y sin UV el día 12/10. Por otra parte, la trampa delta con y sin UV obtuvieron una mayor captura de polillas hembras que la trampa bidón plástico sin UV el día 22/10.

**Cuadro 4.1.1.** Resultados de capturas de hembras de *Cydia pomonella* en diferentes tipos de trampas en un huerto de manzanos de la región de Maule, durante la temporada 2021 (octubre-noviembre).

Tratamiento	Fechas											Total
	12/10	15/10	18/10	22/10	25/10	29/10	02/11	05/11	08/11	12/11	15/11	
T1: delta	3,4 b	2,6	3,2	10,2 a	0	0	0	0	0	0	0	19,4
T2: Multipher	10,0 ab	2,4	6,8	6,8 ab	3,2	0,6	0	0,4	0	0,4	0	30,6
T3: bidón plástico	17,8 a	2,8	4,2	3,0 b	0,4	1,0	0	0	0,2	0	0,2	29,6
T4: delta + UV	3,2 b	2,2	4,4	11,0 a	0,4	0,4	0	0	0	0,2	0	21,8
T5: Multipher +UV	13,0 a	3,6	5,4	7,8 ab	1,8	1,2	0,2	0	0,2	0	0,2	33,4
T6: bidón plástico + UV	14,4 a	1,2	4,4	4,4 ab	2,4	1,2	0,2	0,4	0	0	0	28,6
Significancia	*	n.s	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Significancia: n.s, no significativo; \* =  $P \leq 0,05$ .

Valores seguidos de diferentes letras en las columnas, difieren estadísticamente según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

#### 4.1.2 Captura de machos

Con respecto a las capturas de polillas machos, se puede apreciar en el cuadro 4.1.2, que no existe diferencia significativa entre los tratamientos con respecto a la luz LED UV, es decir, no hay efecto significativo de la luz LED UV. En relación a las trampas, las trampas Multipher y bidón plástico capturaron menos polillas macho, que las trampas delta, con y sin luz LED UV. De acuerdo al análisis de los tratamientos, según cada fecha, se puede observar que para el 12/10, 18/10 y 22/10, las trampas delta con y sin UV, tuvieron mayor captura de machos de la polilla de la manzana que algunos de los otros modelos de trampas. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos con respecto a la presencia o ausencia de luz LED UV.

**Cuadro 4.1.2.** Resultados de capturas de machos de *Cydia pomonella* en diferentes tipos de trampas en un huerto de manzanos de la región de Maule, durante la temporada 2021 (octubre-noviembre).

Tratamiento	Fechas											Total
	12/10	15/10	18/10	22/10	25/10	29/10	02/11	05/11	08/11	12/11	15/11	
T1: delta	25,8 ab	14,2	21,6 a	39,6 a	0,2	1,6	0,6	0,4	1,0	0,2	0	105,2 ab
T2: Multipher	11,4 b	6,0	5,4 b	2,6 c	1,2	1,4	0	0	0,8	0	0,2	29,0 c
T3: bidón plástico	9,6 b	4,6	2,2 b	1,8 c	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0	0,2	20,0 c
T4: delta + UV	31,6 a	15,6	19,2 a	31,6 ab	1,2	2,4	1,6	1,0	2,4	0,6	0	107,2 a
T5: Multipher + UV	18,0 ab	11,6	5,0 b	5,8 bc	1,0	3,2	1,2	1,2	2,8	0,2	0,2	50,2 bc
T6: bidón plástico + UV	18,0 ab	3,0	1,4 b	3,8 bc	0,8	1,6	0,8	0	0,6	0,6	0	30,6 c
Significancia	*	n.s	*	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*

Significancia: n.s, no significativo; \* =  $P \leq 0,05$ .

Valores seguidos de diferentes letras en las columnas, difieren estadísticamente según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

### 4.1.3 Capturas totales

Al analizar las capturas totales (machos + hembras), que se obtuvieron en cada tratamiento a lo largo de la realización del ensayo, en base a los resultados obtenidos del cuadro 4.1.3, se observa que no hubo una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con respecto a la luz LED UV, en otras palabras, no existe un efecto significativo de la luz LED UV.

Las trampas Delta obtuvieron mayor captura total de machos y hembras adultas de la polilla de la manzana, que las trampas Multiplier y bidón plástico, en su misma condición, con y sin luz LED UV. De acuerdo al análisis de los tratamientos según cada fecha, se puede observar que para el 18/10 y 22/10, las trampas delta con y sin LED UV, tuvieron mayor captura de machos + hembras que las trampas de bidón plástico con y sin LED UV.

**Cuadro 4.1.3.** Resultados de capturas totales de *Cydia pomonella* en diferentes tipos de trampas en un huerto de manzanos de la región de Maule, durante la temporada 2021 (octubre-noviembre).

Tratamiento	Fechas											Total
	12/10	15/10	18/10	22/10	25/10	29/10	02/11	05/11	08/11	12/11	15/11	
T1: delta	29,2	16,8	24,8 a	49,8 a	0,2	1,6	0,6	0,4	1,0	0,2	0	124,6 a
T2: Multiplier	21,4	8,4	12,2 abc	9,4 c	4,4	2,0	0	0,4	0,8	0,4	0,2	59,6 b
T3: bidón plástico	27,4	7,4	6,4 c	4,8 c	0,8	1,4	0,2	0,2	0,6	0	0,4	49,6 b
T4: delta + UV	34,8	17,8	23,6 ab	42,6 ab	1,6	2,8	1,6	1,0	2,4	0,8	0	129,0 a
T5: Multiplier + UV	31,0	15,2	10,4 bc	13,6 bc	2,8	4,4	1,4	1,2	3,0	0,2	0,4	83,6 ab
T6: bidón plástico + UV	32,4	4,2	5,8 c	8,2 c	3,2	2,8	1,0	0,4	0,6	0,6	0	59,2 b
Significancia	n.s	n.s	*	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*

Significancia: n.s, no significativo; \* =  $P \leq 0,05$ .

Valores seguidos de diferentes letras en las columnas, difieren estadísticamente según prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## V. DISCUSION

En cuanto a la captura de hembras, se puede apreciar que hubo un aumento durante los días 12 de octubre y 22 de octubre. Este mismo patrón se visualiza para las capturas de machos en los días 12 de octubre, 18 de octubre y 22 de octubre; mientras que en las capturas totales (machos + hembras) se aprecia un aumento significativo durante los días 18 de octubre y 22 de octubre. Esto podría tener relación a lo descrito por González (2003), quien señala que el periodo de vuelo de la primera generación de la polilla de la manzana inicia desde fines de septiembre, teniendo un máximo en la curva de vuelo a mediados del mes de octubre, correspondiente a las fechas anteriormente mencionadas. Igualmente, se puede apreciar que desde el 12 de octubre hasta el 22 de octubre se obtuvieron capturas altas de machos, hembras y totales (machos + hembras) de *C. pomonella* en los diferentes tratamientos. Sin embargo, desde el 25 de octubre en adelante hasta el 15 de noviembre (fecha en que se realizó la última evaluación de este ensayo), se evidenció una disminución de capturas tanto de polillas machos, hembras y totales, lo que sería consecuencia del inicio del periodo de ovipostura y posterior ciclo larval de la plaga, de acuerdo a lo planteado por González (2003), con nacimientos de larvas que se extiende hasta principios de diciembre. Sumado a esto, se realizaron aplicaciones de insecticidas químicos (como Zero 5EC fabricado por Anasac) en el huerto de manzanos, para controlar la plaga y evitar el daño causado por los diferentes estadios larvales, lo que pudo haber sido un factor que influenciara la disminución en las capturas de polillas adultas de *C. pomonella* durante este periodo.

En relación a la utilización de diferentes modelos de trampas, es decir; delta, Multipher y bidón plástico para las diferentes combinaciones de tratamientos, se obtuvo que la trampa delta independiente de su condición; con o sin luz LED UV, obtiene mayor captura tanto de polillas macho, como para capturas totales (machos + hembras). En cuanto a las capturas de hembras, la trampa bidón plástico y delta + UV evidenciaron mayor captura durante los días 12 de octubre y 22 de octubre, respectivamente. Por lo que, el aumento de capturas en la trampa delta, puede deberse a que, de acuerdo a la literatura y a la evidencia entregada por diversos autores, como Knight *et al* (2009); Knight (2010), ha demostrado una alta eficiencia de captura en este tipo de trampa delta de ejemplares de lepidópteros como *C. pomonella*, mostrando un mejor desempeño en el monitoreo de esta plaga. De la misma forma, estos autores relacionan el uso de diversos atrayentes como codlemona, kairomonas y ácido acético, los cuales potenciarían la atracción de individuos de la polilla de la manzana en este modelo de trampa.

Existen otros factores a considerar que pueden influir en la captura de la plaga. Según estudios realizados por Knight *et al* (1995); Knight y Light (2005a), el periodo de instalación de las trampas puede ser un factor determinante en cuanto a la obtención de capturas; puesto que

éstas deben instalarse en la planta hospedera durante mediados de septiembre. aproximadamente, para lograr monitorear adecuadamente la primera generación de la plaga (Zaviezo *et al.* 2005), la cual comienza a mediados de septiembre y se extiende al mes de diciembre. Lo anterior pudo haber afectado el presente ensayo, puesto que, las trampas se instalaron en el huerto de manzanos el día 08 de octubre 2021; por lo que, para futuros ensayos este factor debe considerarse al momento de realizar la instalación de las trampas en el campo, para procurar un monitoreo óptimo de la primera generación de la polilla de la manzana.

Otro factor, ligado a la instalación de las trampas, es la disposición de estas en el árbol. Para el presente estudio, las trampas estaban posicionadas entre 1,5 y 2 metros sobre el nivel del suelo, en la base de la copa de los árboles de manzano. Esto se debió a que los árboles, utilizados para el ensayo, carecían de estructuras vegetales que pudieran sostener las trampas a una altura mayor a 2 metros; la cual era la altura máxima que se podía alcanzar sin la utilización de algún tipo de herramienta como por ejemplo escalera. De acuerdo a lo descrito por González (2003), sería más adecuado posicionar las trampas a unos 2 m o más, ya que, la instalación debe tener relación directa con el hábito de vuelo de la plaga, en este sentido el hábito de vuelo de la polilla de la manzana se encuentra en este rango de altura, por lo que, es conveniente posicionar las trampas en la copa superior del árbol, para así obtener una mayor captura de ejemplares. Lo que, es conveniente a considerar en la realización de futuros ensayos.

En relación a la utilización de luz LED UV, se obtuvo como resultado que no existe un efecto significativo de la luz LED UV en los diferentes tratamientos sobre las capturas de machos, hembras y totales de la polilla de la manzana. Esto podría tener relación a lo descrito por Park y Lee (2017), quienes en sus estudios señalan que el comportamiento fototáctico de un insecto en relación a una fuente de luz depende de las características de esa fuente de luz; ya sea, longitud de onda, intensidad y otros factores como el clima y el estado fisiológico del insecto. Por lo que, el factor de la ubicación de las trampas pudo haber influido en la capacidad de carga de los paneles solares, puesto que un mal posicionamiento de ellos y la obstrucción del follaje, provoca una carga deficiente de las baterías de la trampa (Castresana *et al.*, 2017), lo cual disminuiría la autonomía de las luces LED UV dificultando su funcionamiento durante las horas del crepúsculo, en donde las polillas tienen mayor actividad provocando una menor captura de los ejemplares de la polilla de la manzana. Así mismo, el periodo de radiación solar efectivo y el horario de la puesta de sol, determinan la capacidad de carga de los paneles solares sobre la batería del equipo. De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta los datos obtenidos de Date and time.info, (S/f), el horario promedio de la puesta de sol en la zona central de Chile durante el mes de octubre del 2021 varió entre las 19:50 a 20:10. Por otra parte, la puesta de sol durante el mes de noviembre del 2021 se produce entre las 20:10 a 20:30, lo que sugiere, que los paneles tuvieron una carga solar más deficiente en el mes de octubre, lo que sumado a lo ya descrito por González

(2003) en relación al máximo de vuelo de la polilla de la manzana, el cual se efectúa a mediados de octubre, provocaría un funcionamiento deficiente del equipo en el periodo en donde se concentra la mayor densidad de vuelo de la primera generación de la especie. Debido a esto, es fundamental revisar la carga y duración de la batería en futuros ensayos.

Por otra parte, en relación al clima, la temperatura sería otro factor determinante a lo largo del desarrollo de la plaga. Ya que, según lo descrito por González (1989), el umbral de vuelo de la polilla de la manzana a la hora crepuscular en Chile, se ha determinado alrededor de los 12°C, es decir, bajo esta temperatura, desde las 18:00 horas en el mes de octubre y desde las 20:30 horas en noviembre, no se producen capturas en las trampas. En el presente ensayo no se realizó una medición ni registro de las temperaturas durante el periodo de funcionamiento de las trampas, vale decir, la hora crepuscular, por lo cual no se puede determinar que el factor temperatura influya significativamente en las capturas de *C. pomonella*. por lo cual es recomendable para futuros estudios, tener un registro de las temperaturas crepusculares durante el periodo de evaluación de los tratamientos.

Finalmente, tomando en consideración que la utilización de luz LED UV en trampas con cebos atrayentes es una técnica no contaminante para el medio ambiente, y que su utilización adecuada podría ser una herramienta complementaria para el manejo integrado de plagas, se requiere seguir realizando investigaciones en torno a este tipo de trampas con el objetivo de aumentar su eficacia para la captura de la polilla de la manzana.

## VI. CONCLUSIÓN

Para todas las trampas evaluadas, no hubo un efecto significativo de la utilización de luz LED UV en las capturas de machos, hembras y totales de la polilla de la manzana.

La trampa delta, independiente de su condición; con o sin luz LED UV, obtuvo mayor captura de polillas macho y totales (machos + hembras) de *Cydia pomonella*, en comparación a las trampas Multipher y bidón plástico.



## VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigas, J. (1994). Entomología Económica. Ediciones Universidad de Concepción. Vol II: 761-766.

Barros-Parada, W., Knight, A.L. Fuentes-Contreras, E. (2015). Modeling codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) phenology and predicting egg hatch in apple orchards of the Maule Region, Chile. *Cienc. Investig. Agrar.*, 75: 57–62.

Barry, K. (2001). Fruit perfume lures female codling moth. *Agric. Res.* 49 (6): 10-12.

Briscoe, A. Chittka, L. (2001). The evolution of color vision in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 46: 471-510.

Calkins, C.O. Faust, R.J. (2003). Overview of areawide programs and the program for suppression of codling moth in the western USA directed by the United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. *Pest Manag. Sci.* 59: 601-604.

Castresana & Puhl. (2017). Estudio comparativo de diferentes trampas de luz (LEDs) con energía solar para la captura masiva de adultos polilla del tomate *Tuta absoluta* en invernaderos de tomate en la Provincia de Entre Ríos, Argentina. *Idesia (Arica)*, 35(4), 87-95. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017000400087>

Chile, servicio agrícola y ganadero (SAG). (2007). Aspectos cuarentenarios de polillas de la fruta en Chile para diferentes mercados de exportación. (Online). <<http://www.fdf.cl/download/polillas/Presentaci%C3%B3n%20polillas%20de%20la%20fruta%20Soledad%20Castro.pdf>> (01 junio. 2021).

Curkovic, T. (1995). Confusión sexual en polilla de la manzana y polilla oriental. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas* 37. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. 132.

Date and time.info. (S/f). Salida y puesta de sol, duración del día en Chile, Chile hoy y para el mes actual. Recuperado en: <https://dateandtime.info/es/citysunrisesunset.php?id=3871336&month=1&year=2021>. Consultado el 07 de abril de 2022.

Devotto, L. (2017). Entomología – Plagas en frutales: Polilla de la manzana. INIA (Instituto de investigaciones agropecuarias) [En línea] Recuperado en: <<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/66938/NR42068.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Consultado el 20 de abril de 2021.

Dooerr, M., Brunner, J., Dunley, J. Smith, T. (2004). Special report: conquering codling moth. West. Fruit Grower. 124: 1-8.

Dorn, S., Schumacher, P., Abivardi, C., Meyhöfer, R. (1999). Global and regional pest insects and their antagonists in orchards: spatial dynamics. Agric. Ecosyst. Environ. 73: 111-118.

Espinoza, J., Fuentes-Contreras, E., Barros, W., Ramírez, C. (2007). Utilización de microsatélites para la determinación de la variabilidad genética de la polilla de la manzana *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) en Chile central. Agric. Técn. 67: 245-241.

Fundación para el desarrollo Frutícola, (2004). Pomáceas y carozos: guía de monitoreo de plagas, FIA. Santiago, Chile, 50 p.

van Grunsven, R.H.A., Donners, M., Boeke, K., Tichelaar, I., van Geffen, K.G., Groenendijk, D., Berendse, F., Veenendaal E.M. (2014). Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models. J. Insect Conserv. 18: 225–231

González, R.H. Barría, G. (1984). Trampas de feromona sexual para detección y control de la polilla de la manzana. Rev. Frut. 5 (2): 43-50.

González, R.H. (1989). Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Editorial Ograma. Santiago de Chile. 310.

González, R.H. (1993). Uso de feromona sexual para la detección y control de la polilla de la manzana. Rev. Frut. 14 (1): 5-13.

González, R.H. (1995). Incremento del uso de pesticidas en huertos de exportación. Rev. Frut. 16 (2): 73-77.

González, R.H. (1998). Protección integrada de frutales pomáceos en Chile. Rev. Frut. 19 (1): 5-13.

González, R.H. (2000). Antecedentes biológicos de la polilla de la manzana, *Cydia pomonella* (L.), en huertos de pomáceas. Rev. Frut. 21 (1): 11-26.

González, R.H. (2001). Desarrollo de la primera y segunda generación de la polilla de la manzana, *Cydia pomonella* (L.), y su influencia en los programas de manejo. Rev. Frut. 23 (1): 5-16.

González, R.H. (2003). Las polillas de la fruta en Chile (Lepidóptera: Tortricidae, Pyralidae). Universidad de Chile. Serie Ciencias Agronómicas N°9. Santiago. Chile. 188 p

Hidalgo, D., Arribillaga, D., y Solís, C. (2013). Polilla de la manzana (*Cydia pomonella*): Una plaga de importancia frutícola en nuestra región. Boletín Técnico no. 7-13 Biblioteca INIA, Chile. 4 p. Recuperado en:

<<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4891/NR41001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Consultado el: 17 de abril de 2021.

Jing, X. (2004). Comportamiento fototáctico de insectos nocturnos a diferentes luces y los efectos de la luz negra sobre la enzima en el gusano de la cápsula *Helicoverpa armigera*. Tesis de maestría, Universidad Agrícola de Huazhong, Wuhan, China. <<http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10504-2004138366.htm>>

Johansen, N.S., Vänninen, I., Pinto, D.M., Nissinen, A.I., Shipp, L. (2011). In the light of new greenhouse technologies: 2. Direct effects of artificial lighting on arthropods and integrated pest management in greenhouse crops. *Ann. Appl. Biol.* 159: 1-27

Kim KN, Huang QY, Lei CL. (2019). Advances in insect phototaxis and application to pest management: a review. *Pest Manag. Sci.* 75(12):3135–43.

Klein, C., Waterhouse, D. (2000). Distribution and importance of arthropods associated with agriculture and forestry in Chile. Australia. ACIAR Monograph 231 p

Knight AL., Light DM, (2001). Attractants from bartlett pear for codling moth *Cydia pomonella* (L.), larvae. *Naturwissenschaften* 88: 339-342.

Knight, AL, RPJ Potting., D. Light. (2002). Modeling the impact of sex pheromone/kairomone attracticide for management of codling moth (*Cydia pomonella*). *Acta Hort.* 584: 215-220

Knight, AL. Miliczky, E. (2003). Influence of trap colour on the capture of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae), honeybees, and non-target flies. *J. Entomol. Soc. B. C.* 100: 65-70.

Knight, AL. Light, DM. (2004). Monitoring codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apple with blends of ethyl (*E, Z*)-2,4-Decadienoate and codlemone. *J. Entomol. Soc. B. C.* 101: 61-67.

Knight, AL. Light, DM. (2005). Timing of egg Hatch by early-season codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) predicted by moth catch in pear ester- and codlemone- baited traps. *Can. Entomol.* 137: 728-738

Knight, AL., Light, DM. (2005). Developing action thresholds for codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with pear ester and codlemone-baited traps in apple orchards treated with sex pheromone mating disruption. *Can. Entomol.* 137: 739-747.

Knight, AL., Hilton, R., VanBuskirk, P. Light, D. (2006). Using pear ester to monitor codling moth in sex pheromone treated orchards. Oregon State University Agricultural Experimental Station. Oregon State University, Extension Service Publication EM 8904. 8 p

Knight, AL. Hawkins, L. McNamana, K. Hilton, R. (2009). A prototype of the clear delta codling moth trap developed in 2008 by USDA's. Monitoring codling moth clearly and precisely. *Good Fruit Grower*, March: 26-27.

Knight, AL. (2010). Increased catch of female codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in kairomone-baited clear delta traps. *Environ. Entomol.* 39: 583-590.

Knight, AL., Light, D. Chebny, V. (2012). Monitoring codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in orchards treated with pear ester and sex pheromone combo dispensers. *J. Appl. Entomol.* 137:214-224.

Knodel, J. Agnello, A. (1990). Field comparison of nonsticky and sticky pheromone traps for monitoring fruits pests in Western New York. *J. Econ. Entomol.* 83 (1): 187-204.

Landolt PJ, Suckling DM., Judd GJR, (2007). Positive interaction of a feeding attractant and a host kairomone for trapping the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) *J. Chem. Ecol.* 33, 2236-2244.

Light, D.M., A.L., Henrick, C.A., Rajapaska, D., Lingren, B., Dickens, J.C., Campbell, BC (2001). A pear-derived kairomone with pheromonal potency that attracts male and female codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Naturwissenschaften* 88: 333–338.

Light, DM. Knight, A. (2005). Specificity of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) for the host plant kairomone, ethyl (2E,4Z)-2,4-Decadienoate: Field bioassays with pome fruit volatiles, analogue, and isomeric compounds. *J. Agric. Food Chem.* 83: 4046-4053.

Liu YJ, Yan S, Shen ZJ, Li Z, Zhang XF., Liu XM. (2018). The expression of three opsin genes and phototactic behavior of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae): evidence for visual function of opsin in phototaxis. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 96: 27- 35

Luengo, F., Quiroz, C. (2014). Pagina 47: Polilla de la manzana *Cydia pomonella* (Linnaeus), (Lepidoptera: Tortricidae). Biblioteca INIA, Chile, 56p.

- Ngollo, E., Groden, E., Dill, J., Handley, D. (2000). Monitoring of the European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in central Maine. *J. Econ. Entomol.* 93 (2): 256-263.
- Park, J.H., Lee, H.S. (2017). Phototactic behavioral response of agricultural insects and stored-product insects to light-emitting diodes (LEDs). *Appl. Biol. Chem.* 60: 137-144.
- Peitsch, D., Fietz, A., Hertel, H., De S.J., Ventura, D.F., Menzel, R. (1992). The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. *J. Comp. Physiol. A* 170: 23–40.
- Riedl, H, Croft, BA., Howitt, AJ. (1976). Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological time models. *Can. Entomol.* 108: 449- 460.
- Ripa, R., Luppichini, P. (2010). Ficha técnica N°1: Polilla de la manzana. La Cruz. INIA, CODESSER, InnovaChile CORFO.
- Sánchez, V., Cerda, P., Martínez, F., Pérez, M., Ríos, C. (2009). Manejo integrado de la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* L. En: Manual para productores 2009, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.
- Sazo, L. (1995). Métodos de detección y control de polilla del manzano. Publicaciones Misceláneas Agrícolas 37. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. 132.
- Trampa delta - productos - feromonas chile. (s. f.). Feromonas chile. Consultado en <<http://www.fcl.cl/productos/trampa-delta.php?cat=1>> Recuperado 5 de julio de 2021.
- University of California (2000). Organic Apple production manual. Agriculture and natural resources. Publication 3403 (USA). 67 p
- Yan, F., Bengtsson, M., Witzgall, P. (1999) Behavioral response of female codling moths, *Cydia pomonella*, to apple volatiles. *J. Chem. Ecol.* 25, 1343–1351.
- Zaviezo, T., Chilenut, Romero, A. (2005). Manual de manejo integrado de plagas del nogal en Chile. Segunda Edición, Chile. 79 p.
- Zhou, J., Long, X. M., & Luo, H. J. (2018). Spectrum optimization of light-emitting diode insecticide lamp based on partial discharge evaluation. *Measurement* 124: 72–80.