



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

**Uso de trampas con atrayentes semioquímicos más
luz LED-UV para el monitoreo de polilla del racimo de
la vid (*Lobesia botrana*)**

MEMORIA DE TÍTULO

VICENTE IGNACIO ADASME JARA

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**

**Uso de trampas con atrayentes semioquímicos más
luz LED-UV para el monitoreo de polilla del racimo de
la vid (*Lobesia botrana*)**

Por

VICENTE IGNACIO ADASME JARA

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: 10 de mayo del 2022

RESUMEN

En Chile, el cultivo de la vid (*Vitis vinifera*) es fuertemente afectado por la polilla del racimo de la vid *Lobesia botrana* (Dennis y Shiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae), la cual ingresó en el año 2008. La presencia de esta polilla requiere un manejo obligatorio y riguroso de la plaga, debido a los daños directos que produce y su condición de plaga cuarentenaria en muchos de los países de destinos de la fruta nacional. En el trabajo de control legal de esta plaga el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) incluye el uso de trampas cebadas con feromonas sexuales, para la detección y monitoreo tanto en zonas productivas como urbanas. De igual forma considera la implementación de la tecnología de confusión sexual, para el control de esta plaga en las áreas de producción. La confusión sexual produce un ambiente saturado con la feromona sexual, lo cual impide la detección de hembras por parte de las polillas macho, pero también interfiere con la detección de las trampas de monitoreo. En este contexto surge la necesidad de encontrar otros atrayentes efectivos para el monitoreo de la plaga. Las kairomonas son compuestos semioquímicos que son emitidos por la planta y que logran ser detectados por los insectos en su búsqueda del hospedero. En el caso de *L. botrana* se ha comprobado que la combinación de ácido acético (AA) y 2-feniletanol (2-PET) permite la atracción de ambos sexos de la polilla. También el uso de luz UV produce la atracción de varias especies del orden Lepidoptera, por lo que en este estudio se comparó el efecto atrayente que tienen el AA y 2-PET en adición de una luz LED UV sobre las capturas de *L. botrana*. El ensayo se realizó en una viña ubicada en la Región del Maule, Chile, y se llevó a cabo desde octubre a noviembre del año 2021, cubriendo el vuelo de la primera generación de la temporada. Los resultados del ensayo indicaron que la adición de luz LED UV produce un aumento significativo de las capturas de polillas macho, pero no de las capturas de polillas hembra y totales, los cuales no fueron significativamente mayores que el tratamiento que solo contaba con el cebo de kairomonas.

Palabras claves: Feromonas, Confusión sexual, Kairomonas, Fototaxia, Luz LED UV

ABSTRACT

In Chile, the grapevine (*Vitis vinifera*) crop is heavily affected by the European grapevine moth *Lobesia botrana* (Dennis and Shiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae), which entered the country in 2008. The presence of this moth requires mandatory and rigorous management of the pest, due to the direct damage it causes and its status as a quarantine pest in many of the countries of destination of domestic fruit. In the legal control of this pest, the Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) includes the use of traps baited with sex pheromones for detection and monitoring in both productive and urban areas. It also considers the implementation of the mating disruption technology to control this pest in the production areas. The mating disruption produces an environment saturated with the sex pheromone, which prevents the detection of females by male moths, but also interferes with the detection of the monitoring traps. In this context, the need to find other effective attractants for pest monitoring arise. Kairomones are semiochemical compounds that are emitted by the plant and are detected by insects in their search for the host. In the case of *L. botrana*, the combination of acetic acid (AA) and 2-phenylethanol (2-PET) has been shown to attract both sexes of the moth. The use of UV light also produces the attraction of several species of the order Lepidoptera, so this study compared the attracting effect of AA and 2-PET in addition to a UV LED light on *L. botrana* catches. The trial was conducted in a vineyard located in the Maule Region, Chile, and was carried out from October to November 2021, covering the flight of the first generation of the season. The results of the trial indicated that the addition of UV LED light produced a significant increase in male moth catches, but not in female and total moth catches, which were not significantly higher than the treatment only with the kairomone bait.

Key words: Pheromones, Mating disruption, Kairomones, Phototaxis, LED UV light

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	3
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. La vid en el mundo y su llegada a américa	4
2.1.1. La vid en Chile	4
2.1.2. Fenología del cultivo	5
2.2. La polilla del racimo de la vid, <i>Lobesia botrana</i>	6
2.2.1. Ingreso a Chile	6
2.2.2. Fenología de la polilla	6
2.2.3. Cultivos Asociados	6
2.2.4. Control y manejo de la plaga	7
2.2.4.1. Trampas con feromona sexual	7
2.2.4.2. Confusión sexual	8
2.3. Kairomonas y lepidópteros	8
2.4. Fototaxis y su relación con los insectos	9
2.4.1. Trampas lumínicas en el control y manejo de insectos plaga	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Ubicación del ensayo	12
3.2. Trampas utilizadas	12
3.3. Diseño experimental	12
3.4. Toma de muestras	13
3.5. Análisis estadístico	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1. Resultados	15
4.2. Discusión de resultados	16
5. CONCLUSIONES	19
6. BIBLIOGRFÍA	20

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 3.1. Tratamientos, especificación de cada uno y número de réplicas	13
Cuadro 4.1. Medias de las capturas de polillas totales por fecha	15
Cuadro 4.2. Medias de las capturas de polillas macho por fecha	15
Cuadro 4.3. Medias de las capturas de polillas hembra por fecha	15

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la vid (*Vitis vinifera*) en Chile cuenta con un largo desarrollo en el tiempo y una extensa superficie plantada, esto se debe a las distintas condiciones climáticas y geográficas que permiten su desarrollo para más de un propósito. En el año 2019 la superficie total cultivada fue 193.296 hectáreas, esta cifra considera vides viníferas, de mesa y pisqueras (SAG, 2019). Solo la uva de mesa alcanzó el 13,2% de superficie frutal del país, es el porcentaje más alto, seguida por la superficie de cerezos y nogales, las únicas tres especies frutales con más de un 10% de participación en la superficie frutal nacional (ODEPA, 2019).

La producción de uva viene siendo afectada hace unos años por una plaga introducida, la polilla del racimo de la vid, *Lobesia botrana* (Dennis y Shiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae). Esta polilla que es originaria de Europa mediterránea y medio oriente, no estaba presente hasta el año 2008, cuando se registra la primera detección de ejemplares en la localidad de Linderos, comuna de Buin en la Región Metropolitana. Posterior a la detección, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) declara control obligatorio de *L. botrana* para todas las variedades de vid (SAG, 2008). Esta medida se debe a los problemas fitosanitarios que produce y la imposibilidad de llegar con la exportación de uva de mesa a ciertos mercados en que se trata de una plaga cuarentenaria (SAG, 2020). Si bien se trata de una plaga principal de la vid, existe registro de ataques en otras especies (Noma et al., 2010). En Chile se ha registrado presencia de la plaga en arándanos desde el año 2013 (Muñoz, 2015) y junto con el cultivo de ciruelos, ambos cultivos se encuentran actualmente bajo control obligatorio (SAG, 2020).

Los daños en la vid son producidos directamente por las larvas en sus distintas generaciones, así como también indirectamente al proporcionar las condiciones para el desarrollo de moho gris y pudrición ácida (Ioriatti et al., 2004). En Chile la polilla del racimo tiene tres generaciones por temporada, ocurriendo un primer vuelo en octubre, el segundo en diciembre y el tercero en febrero (González, 2015; ASOEX, 2020), la primera generación ataca los órganos florales y las siguientes dos atacan la fruta, produciendo pudrición y deshidratación (Noma et al., 2010; Ioriatti et al., 2011).

Dentro de las medidas fitosanitarias a ejecutar en áreas reglamentadas, el SAG indica instalación de confusión sexual y el uso de trampas con feromona sexual para la detección y monitoreo de esta plaga (SAG, 2010). El monitoreo es una labor importante para conocer la fenología de la plaga en el viñedo y de esta forma ejecutar las medidas de control en forma oportuna. Además, permite saber la distribución de la plaga en el país y definir las áreas incluidas en el Programa Nacional de *L. botrana*. Sin embargo, en áreas con tratamiento de confusión sexual se hace imposible el monitoreo de vuelos por medio de una trampa cebada

con feromona sexual, ya que la alta concentración de feromonas sexual liberada por los emisores de confusión sexual limita que las polillas macho logren encontrar las trampas. Desafortunadamente, la imposibilidad de generar capturas de machos adultos no significa ausencia de estados inmaduros en la fruta (Judd y Gardiner, 2008; SAG, 2020). También, una de las características de las feromonas sexuales, es que son específicas para la atracción de machos de la misma especie, no afectando a las hembras (El-Sayed et al., 2006).

El desarrollo de atrayentes para las polillas hembra está bajo investigación para poder complementar y mejorar el monitoreo y control de este tipo de plagas. Por esta razón, se está estudiado la atracción que poseen compuestos volátiles producidos por las plantas y que tienen características de kairomonas, los cuales son emitidos cuando la planta es atacada por un insecto plaga, microorganismo patógeno o saprófito o al recibir algún daño (El Sayed et al., 2019).

El monitoreo de *L. botrana* en viñas con confusión sexual se ha intentado con otros compuestos semioquímicos como las kairomonas, que logran atraer a las polillas independiente de la presencia de feromona sexual. En base a los trabajos de Tasin et al. (2018) y El-Sayed et al. (2019), se ha demostrado que el ácido acético por si solo y en combinación con 2-feniletanol, alcoholbenílico o fenilacetoneitrilo, tiene la capacidad de atraer ejemplares macho y hembra de *L. botrana*. También, se ha concluido que el fenilacetoneitrilo no es producido por las plantas de vid al ser atacada por *L. botrana*, pero si se produce por el ataque de larvas enrolladoras de hoja junto a otros compuestos similares a los producidos por manzanos. Sin embargo, con esto se infiere que *L. botrana* puede percibir estos compuestos que provienen del ataque de otros organismos (El-Sayed et al., 2019).

En conjunto con el desarrollo de atrayentes semioquímicos, se están desarrollando trampas de luz LED-UV para la captura de lepidópteros en general, ya que al igual que las kairomonas, tienen efectos sobre ambos sexos, por lo tanto, la mezcla de los dos mecanismos podría complementarse para lograr mayor número de capturas. Se sabe que un amplio rango de insectos tiene fototaxia positiva, lo cual quiere decir que son atraídos por la luz y entre estos insectos se encuentran las polillas (Shimoda y Honda, 2013; Kim et al., 2019). La agricultura tiene el desafío de optar por opciones más sustentables y amigables con el ecosistema con el motivo de cuidar y preservar los recursos que se disponen y no dañar el entorno, es por esto que el desarrollo de trampas de luz artificial significa una alternativa en el Manejo Integrado de Plagas (MIP) porque contribuye a la reducción del uso de plaguicidas que pueden tener efectos perjudiciales sobre los trabajadores que los utilizan y los consumidores de los alimentos. Al mismo tiempo, reduce la probabilidad de que los insectos plaga logren desarrollar resistencia a los productos químicos empleados (Ben-Yakir et al., 2012). Por lo tanto, a continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente trabajo:

1.1. Hipótesis

El uso de trampas con compuestos semioquímicos como atrayentes más la acción de la luz LED-UV, incrementa la captura de machos y hembra de *Lobesia botrana* en estado adulto.

1.2. Objetivo general

Evaluar la efectividad del uso de trampas con kairomonas más luz LED-UV como una alternativa para el monitoreo de polillas macho y hembras de la especie *Lobesia botrana* en estado adulto.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La vid en el mundo y su llegada a América

La especie *Vitis vinifera*, una planta trepadora y leñosa perteneciente a la familia Vitaceae, se ha utilizado desde la antigüedad a la actualidad por diversas culturas en el mundo por lo atractivo de sus bayas como fruto fresco y deshidratado y por su valor como materia prima para la elaboración de otros productos culinarios y bebidas alcohólicas. Entre los registros más antiguos, se ha evidenciado el uso de esta especie por el imperio egipcio en jeroglíficos que muestran el proceso de vinificación y con objetos encontrados en antiguas tumbas faraónicas para su consumo como jarros destinados a su almacenaje que datan de 2.000 a 3.000 A.C. (Fundación para la Cultura del Vino, 2006). El gran desarrollo cultural que tuvo el cultivo de la vid estuvo y sigue estando centrado en las cercanías del Mar Mediterráneo y son los periodos fenicios y griegos los de mayor relevancia para la cultura sudamericana ya que estas civilizaciones fueron las que dieron origen al cultivo en la región de España (Pérez y Blánquez, 2007).

La especie ingresa a América con la conquista del Imperio español y tiene un importante protagonismo en el proceso de colonización al ser el vino un elemento importante en las ceremonias cristiano-católicas. De acuerdo al trabajo realizado por Lacoste (2004), en un comienzo el cultivo fue potenciado en Perú y era el principal productor en los siglos XVI y XVII. Con el pasar del tiempo, Perú se inclinó por el cultivo de algodón y el principal polo vitivinícola pasó a ser Chile en los siglos XVIII y XIX, pero en el siglo XX es superada la producción chilena por Argentina que centra su producción en la región de Mendoza y logra potenciarla gracias a la implementación del ferrocarril y con la llegada de inmigrantes europeos que poseían mayor conocimiento. Argentina se mantuvo como el principal productor de América hasta la década de los 90' cuando Chile comienza a experimentar en la exportación de vinos, anteriormente la producción estaba destinada casi en un 100% al mercado interno. Logra posicionarse rápidamente como el país productor de vino más importante de América debido a la calidad que estos conseguían.

La producción mundial de vid en la actualidad sigue estando concentrada en Europa, donde están los principales productores y consumidores. En el año 2020, Italia produjo 47,2 mil hL de vino (excluidos zumos y mostos), Francia 43,9 mil hL y España 37,5 mil mL, mientras que Chile produjo 10,3 mil hL (OIV, 2020).

2.1.1. La vid en Chile.

En Chile se datan las primeras vendimias en el año 1551 y la forma de establecer y manejar el cultivo estaba influenciado por las prácticas utilizadas en España (Sotomayor, 2004). A lo largo del tiempo, se ha desarrollado su cultivo para distintos fines, principalmente la producción de vino, uva de mesa y pisco, que ha sido posible gracias a las distintas características climáticas y geográficas que presenta el país.

En la zona norte y norte chico, se ha desarrollado el cultivo de vid de mesa y pisquera. La producción de uva de mesa con fines de exportación se concentra en la región de Atacama y Coquimbo con 542,67 ha y 8.629,89 ha respectivamente (SAG, 2019), en las cuales la participación de la uva de mesa como producto de exportación fue de 97% y 36% de los productos exportados a nivel de región en el año 2020 (ODEPA, 2021). A nivel país, la superficie cultivada en el año 2019 fue de 47.834 ha de uva de mesa y 9.173 ha de uva pisquera (SAG, 2020).

En cuanto a la producción de vid vinífera, se ha desarrollado principalmente en la zona central del país, esto debido al clima mediterráneo que proporciona características específicas al vino. Las regiones donde se concentra la producción son la región del Maule y O'Higgins, con superficies de 53.818,68 ha y 45.142,42 ha en el año 2019, luego está la región Metropolitana, Ñuble y de Valparaíso, donde las superficies son menores, siendo la región Metropolitana la que tiene mayor superficie de las tres con 11.584,87 ha. La participación de esta industria a nivel de exportaciones nacionales fue de 11,7% en el año 2020, siendo el tercer rubro con mayor exportación después de la fruta fresca y frutos secos, y la celulosa (ODEPA, 2021). A nivel nacional, la superficie cultivada en el año 2019 fue 136.289 ha y predomina la cepa Cabernet Sauvignon con 40.205 ha (SAG, 2020).

2.1.2. Fenología del cultivo.

La RAE define fenología como el estudio de los fenómenos biológicos en relación con el clima, en especial, con los cambios estacionales. Resulta ser un conocimiento estratégico saber cómo se comporta una especie en particular a lo largo de su desarrollo, porque en el caso de los cultivos, conociendo en qué periodo del año suceden ciertos eventos, se logra comprender la actividad de la planta en función de la etapa fenológica que debe desarrollar y con ello se logra saber que manejos agronómicos realizar en determinados momentos para así trabajar en busca del mejor rendimiento (Coombe, 1995; Ortega et al., 2000).

En el caso de la vid, se han desarrollado modelos que describen la fenología del cultivo y señalan los principales eventos en el transcurso de la temporada. Entre estos modelos, destaca el sistema de Eichhron-Lorenz (1977) que posteriormente fue modificado por

Coombe (1995), resultando finalmente un modelo que posee 35 estados fenológicos enumerados del 1 al 47, de las cuales se recalcan 8 eventos como los de mayor relevancia, estos son: (4) puntas verdes, (12) brotes de 10 centímetros, (19) comienzo de floración, (23) plena flor, (27) cuaja, (31) bayas tamaño arveja, (35) pinta y (38) cosecha (Coombe, 1995).

2.2. La polilla del racimo de la vid, *Lobesia botrana*

La polilla del racimo de la vid, es un insecto que fue descrito por primera vez por Denis y Shiffermüller (1775) y se le asignó el nombre de *Tortrix botrana*. Más tarde, la especie fue incluida en el género *Lobesia* por Guenée (1845) (Varela et al., 2010; Ioriatti et al., 2011; Hammami et al., 2018). Se trata de una especie que es parte del orden Lepidoptera y pertenece a la familia Tortricidae (Amo et al., 2011), es la principal plaga de la especie *V. vinifera* en la zona centro y sur de Europa, el norte de África, el Medio Oriente, Asia central, Japón, Tailandia y en América con su ingreso a California, Chile y Argentina (Ben-Yehuda et al., 1993; Vassiliou, 2009; Noma et al., 2010; Ioriatti et al., 2011; El-Sayed et al., 2019).

Esta plaga es responsable de pérdidas económicas en la producción de vid de mesa causadas por los daños directos e indirectos que provocan las larvas en las bayas al alimentarse. En el caso de la vid vinífera, causa daños indirectos cuando las larvas se alimentan de las bayas y permiten el desarrollo de organismos patógenos como el moho gris y la pudrición ácida (Fermaud y Le Menn, 1992; Armendáriz et al., 2007; Ioriatti et al., 2011; González, 2015).

2.2.1. Ingreso a Chile.

En Chile se registró la primera detección de *L. botrana* el año 2008 en la localidad de Linderos, ubicada en la comuna de Buin, Región Metropolitana. De acuerdo a la Resolución 2109 emitida por el SAG (2008), allí se detectó ejemplares en un predio, por lo cual el SAG declara control obligatorio de la polilla del racimo de la vid en todas las variedades de la especie *V. vinifera*, esto a modo de disminuir su área de dispersión. Esta condición de control obligatorio se mantiene hasta la fecha. Tiempo después, se determinó que en paralelo existía otro foco en la región del Maule, por lo que se concluye que el ingreso de la plaga habría ocurrido la temporada anterior (González, 2015).

2.2.2. Fenología de la polilla.

Esta polilla desarrolla de dos a cuatro generaciones por temporada, dependiendo de las condiciones climáticas que posee el lugar (Tasin, 2005; Vassiliou, 2009). De acuerdo al SAG en Chile ocurren tres generaciones por temporada y cada una pasa por cuatro estados en su

ciclo de vida: huevo, larva, pupa y estado adulto. Las larvas de la primera generación se alimentan de los botones florales (antófagas) y las generaciones posteriores utilizan las bayas verdes y maduras como fuente de alimentación (carpófagas), lo que muchas veces da paso a ataques de moho gris en los racimos (Fermaud, 1998; Tasin, 2005; Vassiliou, 2009; Lucchi et al., 2011).

2.2.3. Hospederos.

Este insecto tiene hábitos polífagos, que quiere decir, que utiliza a más de una especie como hospedero (Tasin, 2005). Si bien su principal especie hospedera es *V. vinifera*, hay registro de su actividad en otras especies de importancia agrícola, ornamentales y en especies silvestres como cerezas, nectarines, almendros, grosellas, kiwi, olivos, claveles, lilas, correhuela, diente de león, entre otras (Noma et al., 2010; Ioriatti et al., 2011; Lucchi et al., 2011). En Chile, se ha extendido su control obligatorio y manejo a cultivos de ciruelos (*Prunus domestica* y *Prunus salicina*) después de que el año 2010 se registraran daños emitidos por *L. botrana* al sur de Santiago. En arándano (*Vaccinium corymbosum*) también se ha decretado control obligatorio luego de que se percibieran daños por la plaga en la temporada 2012-2013 en la región de O'Higgins y el Maule (González, 2015; SAG, 2020).

2.2.4. Control y manejo de la plaga.

El control de las especies de la familia Tortricidae ha estado focalizado en reiteradas aplicaciones de insecticidas químicos (Tasin et al., 2009; Ioriatti y Lucchi, 2016), pero ha ido evolucionando para lograr un manejo integrado de la plaga, con el objetivo de desarrollar un trabajo más sostenible con el medio ambiente (Ioriatti et al., 2011; Herrera et al., 2020) y también porque en la actualidad, los consumidores están preocupados de obtener productos que estén dentro de este contexto de producción y que sean amigables con ellos mismos. De este modo se está evitando productos que posean un uso desmedido de agroquímicos que dejan residuos y que presentan un peligro para la salud humana (Tasin, 2005).

2.2.4.1. Trampas cebadas con feromona sexual.

Las feromonas sexuales corresponden a un tipo de compuesto semioquímico. Estos compuestos están encargados de transmitir información entre organismos y se les llama feromonas cuando median la interacción de individuos de la misma especie y cuando afectan interacciones entre distintas especies, se llaman aleloquímicos (Tasin, 2005).

Una de las estrategias de mayor importancia para conocer el estado y presencia de *L. botrana* en el predio es el monitoreo, el cual se realiza habitualmente mediante trampas cebadas con la feromona sexual femenina específica de la especie (Anshelevich et al., 1994;

Cardé y Minks 1995), actualmente este método de monitoreo es utilizado en el manejo de la mayoría de plagas de lepidópteros (Tasin, 2005). Con esta información el productor puede tener una idea del nivel de presencia de la polilla y de esa forma determinar las prácticas a seguir de forma precisa (Tasin, 2005; Herrera et al., 2020). Las trampas cebadas con la feromona sexual también pueden ser utilizadas para controlar la población de la plaga a través de captura masiva (Charmillot et al., 2000; Sharon et al., 2008).

Las trampas utilizadas por el Programa Nacional de *L. botrana* para el monitoreo son las llamadas trampas delta. Se trata de una trampa compuesta por un cuerpo de plástico tipo delta que contiene un dispensador con una concentración de feromonas similar a la liberada por una hembra que funciona como cebo atrayente y un piso pegajoso que retiene a los ejemplares macho que llegan, además cada trampa cuenta con una tarjeta de identificación (TIT) (SAG, 2020).

2.2.4.2. Confusión sexual.

Un importante método de control que se ha desarrollado en el manejo de algunas especies del orden Lepidoptera, es la confusión sexual. Este método consiste en liberar una alta concentración de feromonas, superior a la emitida por una hembra, en distintos puntos del predio a modo de desorientar a los machos adultos y que no sean capaces de encontrar a las hembras listas para reproducirse, provocando lo que se conoce como disrupción del apareamiento (Ioriatti et al., 2004; El-Sayed et al., 2006). Este mecanismo es específico para cada especie (Gordon et al., 2005), es decir no afecta a otros individuos de distinta especie e incluso, solo afecta el comportamiento de los machos ya que se trata de un compuesto que solo es emitido por hembras (Tasin, 2005). Un inconveniente que se genera con el uso de este método, es la incapacidad de capturar polillas en las trampas cebadas con feromonas destinadas al control y monitoreo, ya que la alta concentración de feromonas en el ambiente impide la detección de las trampas por parte de las polillas, las feromonas se vuelven un atrayente poco fiable para esta finalidad bajo estas condiciones (Cardé y Minks 1995; Lucchi y Benelli, 2018).

La implementación de este método ha llevado a la reducción del uso de insecticidas tóxicos y a la aplicación de programas de gestión integrada de plagas para reducir los daños causados por las plagas de los viñedos, debido que es una práctica respetuosa con el medio ambiente (Gordon et al., 2005; Harari et al., 2007).

2.3. Kairomonas y lepidópteros

La falta de captura de machos en las trampas de monitoreo en huertos donde se aplica confusión sexual, probablemente va a repercutir en aplicaciones inadecuadas de insecticidas por no disponer de un dato real (Knight et al., 2011), generando la necesidad de disponer de otras alternativas como cebo para la captura de distintas especies de lepidópteros. Esta problemática ha llevado a la investigación de otros compuestos semioquímicos como algunos liberados por las plantas en respuesta a la presencia y/o ataque de macro y microorganismos, con el objetivo de encontrar alternativas de cebo a las feromonas y que además tenga efecto sobre las polillas hembra (Yan et al., 1999). Este tipo de semioquímicos se clasifican como kairomonas porque logran ser percibidos por ciertos insectos herbívoros como una señal para encontrar la planta hospedera, causa beneficio para el receptor y perjuicio para el emisor.

En el transcurso de la temporada productiva, los insectos están en constante interacción con distintos compuestos liberados por las plantas y estos logran influir en su comportamiento, resultando ser un factor de gran importancia a considerar en el manejo de plagas especialmente en condiciones de confusión sexual (Knight et al., 2011), ya que en combinación con las feromonas sexuales, puede resultar una mayor eficiencia de atracción que las feromonas por si solas, además de tener un efecto sobre ambos sexos a diferencia de las feromonas (Knight et al., 2014).

Investigaciones han determinado que el ataque de algunas larvas enrolladoras de hojas a árboles de manzanos (*Malus domestica*) provoca la liberación de compuestos volátiles de las plantas como ácido acético (AA), alcohol bencílico, fenilacetoneitrilo, indol, 2-feniletanol (2-PET) y (E)-nerolidol (Suckling et al., 2012; El-Sayed et al., 2018) y se ha comprobado que combinaciones específicas de estos compuestos como fenilacetoneitrilo más ácido acético o 2-feniletanol más ácido acético, poseen propiedades atrayentes para distintas especies de polillas (El-Sayed et al., 2018).

El trabajo desarrollado por El-Sayed et al. (2019) demostró que tanto machos y hembras son capaces de responder a la presencia de ácido acético y fenilacetoneitrilo, por lo que se concluye que *L. botrana* es capaz de detectar compuestos emitidos por la vid al ser atacada por otros insectos como lo son los enrolladores de hoja. Esto sugiere que *L. botrana* capta esta señal como un mecanismo para la detección de hospederos más susceptibles y, por lo tanto, sitios de oviposición más propicios (Maher et al., 2006).

Los métodos de control basados en compuestos como lo son las kairomonas, permiten atraer o confundir a los insectos objetivo. Sin embargo, su especificidad sobre la especie que se quiere tratar aún está en investigación y es importante que sea definida para garantizar la

sustentabilidad del método, a modo de evitar capturas no deseadas de otros insectos presentes en el huerto (Herrera et al., 2020).

Se ha evidenciado que el ácido acético por sí solo y en combinación con 2-feniletanol, alcohol bencílico o fenilacetoneitrilo, logra atraer ambos sexos de *L. botrana* (Tasin et al., 2018). Dentro de estas combinaciones, la mezcla binaria de fenilacetoneitrilo + ácido acético logra atraer de forma considerable a hembras y machos de *L. botrana*, por sobre otras mezclas de compuestos volátiles o el ácido acético solo (Tasin et al., 2018; El-Sayed et al., 2019). Sin embargo, la adición de compuestos volátiles de fermentaciones mayores como etanol, acetato de etilo y 3-metil-1-butanol, o de fermentaciones menores como ésteres, aldehídos, alcoholes y cetonas, no mejoran la capacidad de atraer ejemplares, sino que aumentan las capturas de otras especies, reduciendo la especificidad de la mezcla. Lo mismo ocurre al aumentar la proporción de 2-PET (Herrera et al., 2020).

2.4. Fototaxis y su relación con los insectos

Fototaxis es definido por Oxford Languages como la reacción de orientación de los organismos celulares libres como respuesta a un estímulo luminoso. Esto quiere decir que existen organismos que sus hábitos están influidos por los estímulos lumínicos que perciba en su entorno y ejemplo de estos organismos son algunos insectos que desarrollan su comportamiento en base a las señales luminosas que proporciona el sol, pero que también están propensos a ser influenciados por señales luminosas artificiales (Johansen et al., 2011). Esto es posible ya que la mayoría de los insectos poseen tres fotoreceptores sensibles a rangos específicos de longitud de onda: luz ultravioleta, azul y verde (Briscoe y Chittka, 2001; Shimoda y Honda, 2013; Price y Baker, 2016; Brehm, 2017).

Se definen dos tipos de fototaxia, positiva y negativa, según el efecto que genera en la conducta del organismo, ya sea estimular o reprimir ciertos hábitos. En el caso de los insectos, uno de los efectos más característicos que tiene la luz es atraer o repeler al organismo, lo que correspondería a fototaxia positiva y negativa respectivamente, pero hay que destacar que el efecto que posee la luz, repercute a nivel biológico, afectando respuestas bioquímicas, fisiológicas, moleculares y en cambios de estado físico (Kim et al., 2019).

2.4.1. Trampas lumínicas en el control y manejo de insectos plaga.

Los insectos nocturnos, como las polillas, suelen poseer fototaxia positiva hacia fuentes de luz artificial, especialmente aquellas que emiten grandes cantidades de radiación UV (Brehm, 2017), lo que se ha utilizado como fundamento para el desarrollo de trampas lumínicas, destinadas al manejo de las poblaciones de insectos como medida de control físico

en planes de manejo integrado de plagas, especialmente de lepidópteros (Fayle, et al., 2007; Shimoda y Honda, 2013; Kim et al., 2019). Un método que contribuye en la reducción de los peligros latentes que posee el reiterado uso de insecticidas (Ben-Yakir et al., 2012). Pero es importante resaltar que, si bien los estímulos lumínicos afectan los insectos plaga, también pueden verse afectados los insectos benéficos (Johansen et al., 2011), por lo tanto, es de suma importancia buscar su especificidad.

En base a las investigaciones realizadas por Green et al. (2012), White et al. (2016), Brehm (2017), Castresana y Puhl (2017), Infusino et al. (2017) y Comoglio (2019) en el estudio de las trampas LED UV, los datos obtenidos, en comparación con las otras fuentes de luz y los diferentes métodos de muestreo analizados, indican que esta fuente de luz es conveniente para el muestreo de comunidades de macropolillas y destaca que para el trabajo de campo, los LEDs UV tienen muchas ventajas, porque son resistentes a los daños mecánicos, se protegen fácilmente de la lluvia intensa y son energéticamente eficientes.

Hasta la fecha no hay registro del uso de luz LED-UV en trampas destinadas al manejo de *L. botrana*. Sin embargo, basado en el principio de la fototaxia positiva que presentan los insectos, se han realizado investigaciones que desarrollan el uso de este método en otras especies del orden Lepidoptera como el trabajo ejecutado por Sambaraju y Phillips (2008), donde se estudia la respuesta de la polilla india de la harina (*Plodia interpunctella*) a la acción de la luz por sí sola y en conjunto de atrayentes, donde resalta el efecto de la luz LED-UV como la causante de la mayor respuesta fototáctica positiva. Otro caso es el trabajo de Matos et al. (2012), que evaluó la eficacia del uso de trampas LED-UV en combinación con feromonas sexuales para la captura de la polilla del tomate (*Tuta absoluta*), destacando que este método es más efectivo sobre machos debido al efecto de las feromonas. Del mismo modo, la investigación de Castresana y Puhl (2017) evaluó la eficacia del uso de trampas LED-UV en combinación con feromonas sexuales para la captura de la polilla del tomate (*T. absoluta*), donde se concluye que la combinación de ambos factores atrayentes es superior al efecto de atracción que tienen por sí solos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en un cuartel de la variedad Pinot noir en la viña del fundo Santa Margarita, Viña Aromo, ubicado a 14 kilómetros al sureste de Talca en la comuna de Maule, Región del Maule (35°32'12.7"S 71°36'55.2"W). El predio cuenta con manejo a través del método de confusión sexual para la polilla *L. botrana* y posee historial de presencia de la plaga, es por esta razón que se selecciona el lugar para realizar el ensayo.

3.2. Trampas utilizadas

Las trampas empleadas en el ensayo están conformadas por:

- Trampa delta: consiste en un cuerpo de plástico micro-corrugado de color blanco y desmontable. Sus dimensiones son: 11,5 cm de alto y una base de 20 x 20,8 cm. En el interior, cuenta con un piso adhesivo y cuadrulado, el cual está hecho de un cartón impermeable y tiene como finalidad retener a los insectos que son atraídos. También posee un alambre galvanizado para ser colgada.
- Cebo de kairomonas: los cebos utilizados se componen de dos alcoholes más aceite mineral para garantizar una volatilización paulatina y son preparados de forma particular. Estos corresponden a una mezcla de 500µL de 2-fenietanol (2-PET) más 500µL de aceite mineral, y a 500µL de ácido acético (AA) más 500µL de aceite mineral que están contenido en un tubo de plástico tipo Eppendorf de 2 ml cada mezcla. Además, el tubo posee un trozo de algodón en su interior el cual se impregna con la mezcla y que también ayuda a su lenta liberación. Al momento de ser instalados, el tubo es perforado con un punzón, lo que permite la liberación de la mezcla al volatilizarse.
- Luz LED UV: dependiendo del tratamiento, algunas trampas contaban con una luz LED UV (luz con longitud de onda entre 360-400 nm según el fabricante) destinada para la atracción de insectos en jardines. Esta luz está compuesta por un cuerpo plástico de 9 centímetros de diámetro y 4 centímetros de alto, es autosuficiente en términos energéticos ya que cuenta con un panel solar (1,2 V 6000MA) que le permite cargar durante el día una batería de litio (1,2 V 600MA) incluida, la cual va a proporcionar la energía al LED (12 V). Esta luz tiene la característica de ser encendida automáticamente

cuando la luz del día decae, durante el crepúsculo, coincidiendo con las horas clave de la actividad de la polilla (Hurtrel y Thiéry, 1999).

3.3. Diseño experimental

Se realizaron dos tratamientos con diez replicas cada uno, ambos tratamientos estaban conformados por una trampa delta cebada con dos kairomonas, 2-PET y AA, pero un tratamiento poseía una luz LED UV, mientras que el otro solo era la trampa delta con la mezcla del cebo, como lo indica el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1. Tratamientos, especificación de cada uno y número de réplicas

Tratamiento	Tipo de trampa	Cebo	LED UV	N° réplicas
T1	delta	2-PET + AA	Si	10
T2	delta	2-PET + AA	No	10

La distribución de las trampas en el predio se realizó con un diseño de bloques completamente al azar, donde las hileras representan los bloques, los cuales fueron 10 por tratamiento, y en cada una de ellas se distribuyó una trampa de forma aleatoria. La unidad experimental está representada por las trampas de cada tratamiento y para efecto de homogenizar las muestras, estas se rotaron dentro de la misma hilera.

3.4. Toma de muestras

Las trampas se evaluaron dos veces por semana y el ensayo se realizó desde el día 08 de octubre al 08 de noviembre. Durante esta labor hubo que reemplazar los pisos adhesivos según poseían o no ejemplares de *L. botrana*, para posteriormente llevarlos al laboratorio de sanidad vegetal de la Universidad de Talca y proceder a la identificación de la especie y sexo de los ejemplares capturados. Durante estas instancias, fue importante cambiar los cebos una vez por semana para que mantuvieran de manera similar la liberación del compuesto durante todo el periodo. También, se debió realizar una mantención de las trampas para que estuvieran en una condición similar durante todo el ensayo.

Cada trampa fue cambiada de sitio (rotación) dentro de la misma hilera semanalmente, el mismo día del cambio de cebo, para reducir la variabilidad de los datos por si alguna zona del predio presentaba mayor actividad de la polilla.

3.5. Análisis estadístico

Para el estudio de los datos se realizó un análisis estadístico del tipo ANDEVA (análisis de varianza) con el programa Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics Technologies, Inc.), donde se analizaron las varianzas de los tratamientos teniendo como supuesto la homogeneidad de estas y en el caso de que no se cumpliera el supuesto, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para comparar las medianas. Las variables independientes son el tipo de trampa con respecto a la luz y las fechas de evaluación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

En el cuadro 4.1 se muestran las capturas totales de machos y hembras de *L. botrana*, no se encontraron diferencias significativas por la incorporación de luz UV en la trampa delta con cebo de kairomonas.

Cuadro 4.1. Medias de las capturas de polillas totales por fecha

Tratamiento	Media de las capturas por fecha									Total
	12/10	15/10	18/10	22/10	25/10	29/10	1/11	5/11	8/11	
T1 (con luz)	0	0	0,4	0,9	0,2	0	0	0	0	1,5
T2 (sin luz)	0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0,7
										n. s.

n. s. = no significativo

En el caso de las capturas de machos de *L. botrana* (Cuadro 4.2) la incorporación de luz UV en la trampa delta con cebo de kairomonas produjo un aumento significativo. Este incremento ocurre en la fecha del 22/10 en la cual se registraron las mayores capturas del estudio.

Cuadro 4.2. Medias de las capturas de polillas macho por fecha

Tratamiento	Media de las capturas por fecha									Total
	12/10	15/10	18/10	22/10	25/10	29/10	1/11	5/11	8/11	
T1 (con luz)	0,2	0	0,3	0,7 b	0,2	0	0	0	0	1,3 b
T2 (sin luz)	0	0	0,1	0 a	0	0,1	0	0	0	0,2 a
				*						*

* = significativo al 5%

Finalmente, en el caso de las capturas de hembras de *L. botrana* (Cuadro 4.3) no se encontró un efecto significativo de la luz UV.

Cuadro 4.3. Medias de las capturas de polillas hembra por fecha

Tratamiento	Media de las capturas por fecha									Total
	12/10	15/10	18/10	22/10	25/10	29/10	1/11	5/11	8/11	
T1 (con luz)	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0,3
T2 (sin luz)	0	0,1	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0,4
										n. s.

n. s. = no significativo

4.2. Discusión de resultados

En base a los resultados mencionados, se observa que con las capturas totales hay diferencia en el total de polillas capturas por cada tratamiento, donde el tratamiento con luz LED UV registró un mayor número, pero no lo suficiente para expresar una diferencia significativa. La misma situación sucedió con las capturas de cada fecha en que se evaluaron los tratamientos. El caso de las capturas de polillas macho sigue un patrón similar a las capturas totales, donde el tratamiento con luz acumula un mayor número, pero en este caso si existe una diferencia significativa entre tratamientos, de manera que no se rechazaría la hipótesis planteada que dice que el tratamiento de kairomonas en adición de la luz LED UV aumenta el número de capturas por sobre el tratamiento que utiliza solo el cebo de kairomonas, pero solo en relación a las polillas macho. Con el análisis de cada fecha solo se encuentra diferencia significativa para las capturas del día 22 de octubre, donde las capturas fueron claramente mayores, por lo tanto, se puede decir que la diferencia significativa en el total de capturas de polillas macho, se explica por las capturas obtenidas en esta fecha. En cuanto a las capturas de polillas hembra la situación fue distinta, el tratamiento sin luz registro el mayor número, pero esta diferencia no logró ser significativa.

~~Para orientar una explicación a lo sucedido en el ensayo está la literatura existente que abarca el uso de luz LED UV y kairomonas como mecanismo de atracción para insectos del orden Lepidoptera. El estudio de Kong et al. (2020) indaga en la respuesta que tienen ejemplares machos y hembras de la polilla oriental de la fruta (*Grapholita molesta*) (Lepidoptera: Tortricidae) a estímulos olfativos. Aquí se concluye que la feromona sexual es la principal señal olfativa que condiciona la atracción de los machos. Si llevamos esta información a la realidad de campo en la cual se emplea el método de confusión sexual, las polillas macho están saturadas de señales olfativas correspondientes a feromonas, lo que disminuye la capacidad de respuesta eficiente a este estímulo y posiblemente comienzan a utilizar otras señales para su orientación de vuelo. Una de las señales que tienen disponible, en este caso, son las trampas con luz, un estímulo visual que se ha demostrado efectivo a la hora de atraer ejemplares machos pertenecientes a esta familia u otras del orden Lepidoptera~~

(Sambaraju y Phillips, 2008; Matos, et al. 2012; Brehm, 2017; Castresana y Puhl, 2017; Toapanta, 2020; De Carvalho et al., 2021). Lo anterior podría dar explicación al comportamiento observado por las polillas macho de *L. botrana*, las cuales mostraron preferencia por las trampas que contaban con luz LED UV.

Con las hembras se plantea que ellas buscan señales que orienten la ovipostura y bajo esta primicia, podría ser posible que las señales olfativas sean más relevantes a la hora de atraer a las hembras. Esto surge a raíz del trabajo de Yang et al. (2019) con la polilla oriental de la fruta (*G. molesta*), donde se evaluó el nivel de relevancia que poseen los estímulos visuales y olfativos a la hora de seleccionar los sitios de ovipostura. Ellos encontraron que las señales olfativas provenientes de los árboles de pera (*Pyrus communis*) tenían total relevancia en la selección de los sitios, mientras que las señales visuales no tuvieron significancia y las señales combinadas (olfativas más visuales) tampoco mostraron un aumento en la preferencia de las polillas hembra. Teniendo en consideración estos resultados, se podría esperar un comportamiento similar por las polillas hembra de *L. botrana* ya que se trata de polillas de la misma familia y que poseen hábitos similares, donde la ovipostura se observa como la principal actividad a concretar (Maher et al., 2006; Tasin et al., 2017). Definir cuáles son las señales por las que tiene preferencia la especie es un punto importante para profundizar en futuros estudios, con el fin de afinar las técnicas y alternativas para el monitoreo y control de las hembras de la plaga.

En cuanto a las fechas y como variaron las capturas en ellas, se logra apreciar un aumento de capturas a mitad del ensayo (22 de octubre), lo que correspondería al máximo de la curva de vuelo de la primera generación de la temporada (González, 2015). Este suceso pudo ser registrado con las capturas que tuvo cada tratamiento. Comprobando esto, se fortalece la idea de que los modelos de trampas utilizados podrían ser una alternativa para el monitoreo de la plaga durante el uso del método de confusión sexual, a diferencia de las trampas con cebos de feromonas sexuales que se han demostrado poco fiables en estas condiciones (Cardé y Minks 1995; Lucchi y Fayle et al., 2007; Benelli, 2018; De Carvalho et al., 2021).

El ensayo también ratifica lo afirmado por la literatura, las kairomonas ácido acético y 2-feniletanol usadas como cebo, tiene un efecto en ambos sexos de lepidópteros como *L. botrana* (Yan et al., 1999; Knight et al., 2014; El-Sayed et al., 2018; Tasin et al., 2018; El-Sayed et al., 2019) ya que en ambos tratamientos se registraron capturas de polillas macho y hembras.

Es importante plantear que el método de atracción mediante luz LED UV tiene como desventaja la captura de insectos no blanco (Johansen et al., 2011; Herrera et al., 2020) y esto fue evidenciado en el ensayo. Si bien el tratamiento que solo contaba con el cebo semioquímico, también tuvo capturas de otros insectos, a simple vista la densidad de capturas

fue mucho menor que las obtenidas en el tratamiento con luz, por lo que es prudente considerar este factor en un ensayo futuro ya que en este caso no fue medido y es necesario evaluar el impacto ecológico que trae la captura de otros insectos y el efecto que esto podría tener.

Otro aspecto a considerar son las luces utilizadas, en este caso las luces comenzaron a funcionar a la hora esperada, pero la duración de la batería no fue como se esperaba (8 horas según el fabricante) ya que estas se agotaban al paso de 3 horas en promedio. Para seguir evaluando el método sería óptimo elegir luces que dispongan de mayor disponibilidad de carga para asegurar cubrir el total de las principales horas de vuelo, seis horas desde el ocaso (Hurtrel y Thiéry, 1999) y que este factor no sea una limitante para definir los resultados. Además, para aumentar la precisión del método sería muy conveniente conocer el rango de longitudes de onda de luz específico por el que tiene mayor preferencia esta especie (Shimoda y Honda, 2013; Castresana y Puhl, 2017; Toapanta, 2020).

Es importante hacer hincapié en que se debe seguir indagando el tema para aumentar la información y crear bases sólidas para afirmar si el método evaluado es realmente eficiente y qué funciones podría cumplir. Factores como el tiempo de muestreo, las condiciones climáticas y la especificidad de los atrayentes serán claves en los trabajos futuros para presentar nuevas alternativas en el monitoreo de esta especie.

5. CONCLUSIÓN

El uso de trampas delta cebas con ácido acético más 2-feniletanol en adición de luz LED UV, solo tiene efecto significativo de atracción sobre las polillas macho de la especie *L. botrana*, en contraste al tratamiento de las trampas que solo poseen el cebo de kairomonas. El tratamiento con luz no mostró aumento en las capturas de polillas hembra, pero estas estuvieron presentes, aunque en menor medida que las polillas macho.

6. BIBLIOGRAFÍA

Amo, M., Ortega, V., Harman, R. and González, A. 2011. A new model for predicting the flight activity of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Crop Protection* 30: 1586-1593.

Anshelevich, L., Kehat, M., Dunkelblum, E. and Greenberg, S. 1994. Sex pheromone traps for monitoring the European vine moth, *Lobesia botrana*: effect of dispenser type, pheromone dose, field aging of dispenser, and type of trap on male captures. *Phytoparasitica* 22: 281-290.

Armendáriz, I., Campillio, G., Pérez-Sanz, A., Capilla, C., Juárez, J., y Miranda, L. 2007. La polilla del racimo (*Lobesia botrana*) en la D.O. Arribes: 2004 a 2006. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 33: 477-489.

Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. (ASOEX). 2020. Bases para un programa de control de *Lobesia botrana* en uva de mesa (*Vitis vinifera*) Temporada 2020-2021. [En línea] Recuperado en: <<http://www.sag.cl>> Consultado el 26 de abril del 2021.

Ben-Yakir, D., Antignus, Y., Offir, Y. and Shahak, Y. 2012. Optical manipulations: an advance approach for reducing sucking insect pests. In: *Advanced technologies for managing insect pest*. Ishaaya, I., Palli, S. and Horowitz, A. (Eds.). Springer Science+Business Media Dordrecht. Netherlands, 328 pp.

Ben-Yehuda, S., Izhar, Y., Wysoki, M. and Argaman, Q. 1993. The grapevine moth, *Lobesia botrana* Denis and Schiffermueller (Lepidoptera: Tortricidae), in pear orchards in Israel. *International Journal of Pest Management* 39: 149-151.

Brehm, G. 2017. A new LED lamp for the collection of nocturnal Lepidoptera and a spectral comparison of light-trapping lamps. *Nota Lepidopterologica* 40: 87-108.

Briscoe, A. and Chittka, L. 2001. The evolution of color vision in insects. *Annual Review of Entomology* 46: 471-510.

Cardé, R. and Minks, A. 1995. Control of moth pests by mating disruption: successes and constrains. *Annual Review of Entomology* 40: 559-585.

Castresana, J. y Puhl, L. 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* 35: 87-95.

Charmillot, P. Hofer, D. and Paquier, D. 2000. Attract and kill: a new method for control of the codling moth *Cydia pomonella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 94: 211-216.

Comoglio, L. 2019. ¿Son las trampas de luz LED efectivas para muestrear polillas (Lepidoptera: Heterocera)? Tesis de pregrado. Bogotá, Colombia, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes. 17 p.

Coombe, B. 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1: 100-110.

De Carvalho, M. Hickel, E. Bertoldi, B. Knabben, G. and De Novaes, Y. 2021. Design of a smart led lamp to monitor insect populations in an integrated pest management approach. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 25: 270-276.

El-Sayed, A., Suckling, D., Wearing, C., and Byers, J. 2006. Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *Journal of Economic Entomology* 99:1550-1564.

El-Sayed, A., Knight, A., Basoalto, E., and Suckling, D. 2018. Caterpillar induced plant volatiles attract conspecific herbivores and a generalist predator. *Journal of Applied Entomology* 142:495-503.

El-Sayed, A., Sporle, A., Gemeno, C., Jósvali, J., Simmons, G., and Suckling, D. 2019. Leafroller-induced phenylacetonitrile and acetic acid attract adult *Lobesia botrana* in European vineyards. *Zeitschrift für Naturforschung* 74:161-165.

Fayle, T., Sharp, R. and Majerus, M. 2007. The effect of moth trap type on catch size and composition in British Lepidoptera. *British Journal of Entomology and Natural History* 20: 221-232.

Ferraud, M. and Le Menn, R. 1992. Transmission of *Botrytis cinerea* to grapes by grape berry moth larvae. *Phytopathology* 82: 1393-1398.

Ferraud, M. 1998. Cultivar susceptibility of grape berry clusters to larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology* 91: 974-980.

Fundación para la Cultura del Vino. 2006. Terruños, edición especial: el vino en Egipto. [En línea] Recuperado en: <<http://www.culturadelvino.org>> Consultado el 17 de mayo del 2021.

González, R. 2015. *Lobesia botrana* (D. & S.) y otras polillas plaga de la vid en Chile (Lepidoptera: Tortricidae). Primera edición. Ediciones Antumapu. Santiago, Chile. 170 p.

Gordon, D., Zahavi, T., Anshelevich, L., Harel, M., Ovadia, S., Dunkelblum, E. and Harari, A. 2005. Mating disruption of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae): effect of pheromone formulations and concentrations. *Journal of Economic Entomology* 98: 135-142.

Green, D., Mackay, D. and Whalen, M. 2012. Next generation insect light traps: the use of LED light technology in sampling emerging aquatic macroinvertebrates. *Australian Entomologist* 39: 189-194.

Hammami, S., Ezzine, O., Dhahri, S., and Ben Jamâa, M. 2018. First report of *Lobesia botrana* on *Daphne gnidium* in north of Tunisia. Tunisian Journal of Plant Protection 13: 199-202.

Harari, A., Zahavi, T., Gordon, D., Anshelevich, L., Harel, M., Ovadia, S. and Dunkelblum, E. 2007. Pest management programmes in vineyards using male mating disruption. Pest Management Science 63: 769-775.

Herrera, S., Rikk, P., Köblös, G., Szelényi, M., Molinár, B., Dekker, T., and Tasin, M. 2020. Designing a species-selective lure based on microbial volatiles to target *Lobesia botrana*. Scientific Reports 10: 6512.

Hurtrel, B., and Thiéry, D. 1999. Modulation of flight activity in *Lobesia botrana* Den. & Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) females studied in a wind tunnel. Journal of Insect Behavior 12: 199–211.

Infusino, M., Brehm, G., Di Marco, C. and Scalercio, S. 2017. Assessing the efficiency of UV LEDs as light sources for sampling the diversity of macro-moths (Lepidoptera). European Journal of Entomology 114: 25-33.

Ioriatti, C., Bagnoli, B., Lucchi, A., and Veronelli, V. 2004. Vine moths control by mating disruption in Italy: results and future prospects. REDIA LXXXVII:117-128.

Ioriatti, C., Anfora, G., Tasin, M., De Cristofaro, A., Witzgall, P., and Lucchi, A. 2011. Chemical ecology and management of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). Journal of Economic Entomology 104:1125-1137.

Ioriatti, C. and Lucchi, A. 2016. Semiochemical strategies for tortricid moth control in apple orchards and vineyards in Italy. Journal of Chemical Ecology 42: 571-583.

Johansen, N., Vänninen, I., Pinto, D., Nissinen, A. and 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. Annals of Applied Biology 159: 1-27.

Judd, G. and Gardiner, M. 2008. Efficacy of Isomate-CM/LR for management of leafrollers by mating disruption in organic apple orchards of western Canada. Journal of the Entomological Society of British Columbia 105:45-60.

Kim, K.-N., Huang, Q.-Y., and Lei, C.-L. 2019. Advances in insect phototaxis and application to pest management: a review. Pest Management Science 75:3135-3143.

Knight, A., Light, D. and Trimble, R. 2011. Identifying (*E*)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene plus acetic acid as a new lure for male and female codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). Environmental Entomology 40: 420-430.

Knight, A., Cichon, L., Lago, J., Fuentes-Contreras, E., Barros-Parada, W., Hull, L., Krawczyk, G., Zoller, B., Hansen, R., Hilton, R. and Basoalto, E. 2014. Monitoring oriental fruit moth and

codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with combinations of pheromones and kairomonas. *Journal of Applied Entomology* 138: 783-794.

Kong, W., Wang, Y., Guo, Y., Chai, X., Li, J., and Ma, R. 2020. Behavioral effects of different attractants on adult male and female oriental fruit moths, *Grapholita molesta*. *Pest Management Science* 76: 3225-3235.

Lacoste, P. 2004. La vid y el vino en América del Sur: el desplazamiento de los polos vitivinícolas (siglos XVI al XX). *Revista Universum* 19: 62-93.

Lucchi, A., Pozzolini, E., Anfora, G., Mazzoni, V., Tasin, M., Leonardelli, E. and Ioriatti, C. 2011. Feeding behavior of *Lobesia botrana* on leaves and shoots of grapevine. *IOBC/wprs* 67: 275-280.

Lucchi, A. and Benelli, G. 2018. Towards pesticide-free farming? Sharing need and knowledge promotes integrated pest management. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 13439-13445.

Maher, N., Thiery, D. and Städler, E. 2006. Oviposition by *Lobesia botrana* is stimulated by sugars detected by contact chemoreceptors. *Physiological Entomology* 31: 14-22.

Matos, T., Figueiredo, E. and Mexia, A. 2012. Armadilhas de feromona sexual com luz para captura em masse de *Tuta Absoluta* (Meyrick), sim ou não? *Revista de Ciências Agrárias* 35: 282-286.

Muñoz, M. Análisis de los mercados de destino para la fruta chilena desde el punto de vista fitosanitario. SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). [En línea] Recuperado en: <https://www.asoex.cl/seminario-arandanos-junio-2015/finish/41-seminario-arandanos-junio/532-analisis-de-los-mercados-de-destino-para-la-fruta-chilena-desde-el-punto-de-vista-fitosanitario.html>. Consultado el 24 de abril de 2021.

Noma, T., Colunga-Garcia, M., Brewer, M., Landis, J., Gooch, A., and Philip, M., 2010. European grapevine moth *Lobesia botrana*. Michigan State University, Michigan, USA. 2 p. Recuperado en: https://www.canr.msu.edu/ipm/uploads/files/Forecasting_invasion_risks/europeanGrapevineMoth.pdf. Consultado el 24 de abril de 2021.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2021. Catastros frutícolas. [En línea] Recuperado en: <http://www.odepa.gob.cl>. Consultado el 15 de abril del 2021.

Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). 2020. Producción de vino en 2020, primeras estimaciones. [En línea] Recuperado en: <http://www.oiv.int> Consultado el 17 de mayo del 2021.

Ortega, S., Lozano, P., More, Y. y León, L. 2000. Desarrollo de modelos predictivos de fenología y evolución de madurez en vid para vino cv. Cabernet Sauvignon y Chardonnay. *Agricultura Técnica* 62: 27-37.

Oxford Languages. 2021. Fototaxis en Diccionario de español. [En línea] Recuperado en <<https://languages.oup.com>>. Consultado el 4 de junio del 2021.

Pérez, S. y Blánquez, J. 2007. Origen y desarrollo del cultivo del vino en el mediterráneo: la península Ibérica. *Revista Universum* 22: 32-60.

Price, B. and Baker, E. 2016. Nightlife: a cheap, robust, LED based light trap for collecting aquatic insects in remote areas. *Biodiversity Data Journal* 4: e7648.

Real Academia Española (RAE). 2021. Fenología en Diccionario de la lengua española. [En línea] Recuperado en <<http://www.rae.es>>. Consultado el 19 de mayo del 2021.

Sambaraju, K. and Phillips, T. 2008. Responses of adult *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) to light and combinations of attractants and light. *Journal of Insect Behavior* 21: 422-439.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2008. Resolución n° 2109 exenta, Declara control obligatorio para la plaga polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*). [En línea] Recuperado en: <<http://www.bcn.cl>>. Consultado el 16 de abril del 2021.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2010. Resolución n° 6184 exenta, Modifica resolución n° 2109, de 2008, que declara control obligatorio de la polilla del racimo de la vid (*Lobesia botrana*). [En línea] Recuperado en: <<http://www.bcn.cl>>. Consultado el 20 de abril del 2021.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2019. Catastro Vitícola Nacional 2019. [En línea] Recuperado en: <<http://www.odepa.gob.cl>>. Consultado el 15 de abril del 2021.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2020. Estrategias temporada 2020/2021 del Programa Nacional de *Lobesia botrana*. [En línea] Recuperado en: <<http://www.sag.cl>>. Consultado el 20 de abril del 2021.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2020. Instructivo para empresas autorizadas que realizan prospección visual en huertos para determinación de estados inmaduros de *Lobesia botrana*. [En línea] Recuperado en: <<http://www.sag.cl>>. Consultado el 17 de abril del 2021.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2021. *Lobesia botrana* o polilla del racimo de la vid en Plagas cuarentenarias presentes. [En línea] Recuperado en: <<http://www.sag.cl>>. Consultado el 27 de mayo del 2021.

Sharon, R., Zahavi, T., Soroker, V. and Harari, A. 2009. The effect of grape vine cultivars on *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) population levels. *Journal Pest Science* 82: 187-193.

Shimoda, M., and Honda, K. 2013. Insect reactions to light and its applications to pest management. *Applied Entomology and Zoology* 48:413-421.

Sotomayor, J. 2004. Vid (*Vitis vinifera*). INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). [En línea] Recuperado en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7043>. Consultado el 18 de mayo del 2021.

Suckling, D., Twidle, A., Gibb, A., Mannin, L., Mitchell, V., Sullivan, T., Wee, S., and El-Sayed, A. 2012. Volatiles from apple trees infested with light brown apple moth larvae attract the parasitoid *Dolichogenidia tasmanica*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60:9562-9566.

Tasin, M. 2005. Sex, wine and chemical communication in grapevine moth *Lobesia botrana*. Doctoral Thesis. Alnarp, Sweden, Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science, Swedish University of Agricultural Sciences. 30 p.

Tasin, M., Bäckman, A-C. Anfora, G., Carlin, S. Ioriatti, C. and Witzgall, P. 2009. Attraction of female grapevine moth to common and specific olfactory cues from 2 host plants. *Chemical Senses* 35: 57-64.

Tasin, M., Larsson, S., Knight, A., Barros-Parada, W., Fuentes-Contreras, E., and Pertot, I. 2018. Volatiles of grape inoculated with microorganisms: modulation of grapevine moth oviposition and field attraction. *Microbial Ecology* 76:751-61.

Toapanta, D. 2020. Evaluación de trampas de luz LED para captura de adulto barrenador *Neoleucinodes elegantalis* de la naranjilla *Solanum quitoense*. Quito, Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. 68 p.

Varela, L., Smith, R., Cooper, M., and Hoenisch, R. 2010. European grapevine moth, *Lobesia botrana*, in Napa Valley vineyards. *Practical Winery and Vineyard* March/April: 1-5.

Vassiliou, V. 2009. Control of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in vineyards in Cyprus using the mating disruption technique. *Crop Protection* 28: 145-150.

White, P., Glover, K., Stewart, J. and Rice, A. 2016. The technical and performance characteristics of a low-cost, simply constructed, black light moth trap. *Journal of Insect Science* 16: 25-34.

Yan, F., Bengtsson, M. and Witzgall, P. 1999. Behavioral response of female codling moth, *Cydia pomonella*, to apple volatiles. *Journal of Chemical Ecology* 25: 1343-1351.

Yang, X., Fan, F., An, L., Li, M., and Wei, G. 2019. Oviposition preferences in *Grapholita molesta*: the relative importance of visual and olfactory cues. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 167: 722- 728.

Yáñez, L. y Cohen, D. 2021. Boletín regional de exportaciones silvoagropecuarias, avance mensual enero a diciembre de 2020. ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). [En línea] Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/contenidos-rubro/boletines-del-rubro/boletin-regional-de-exportaciones-silvoagropecuarias>. Consultado el 20 de mayo del 2021.