



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

**Evaluación de insecticidas sistémicos aplicados en *drench* en viveros de álamo para el control de *Leucoptera sinuella* (Reutii) en Retiro, Región del Maule, Chile.**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**Marcelo Osvaldo Navarro Reyes**

**TALCA- CHILE  
2020**

## 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, 2020

**HOJA DE APROBACION**

APROBACIÓN: MARCELO OSVALDO NAVARRO REYES



---

Profesor Guía: Eduardo Fuentes Contreras, Lic. Cs., Dr.



---

Sebastián Gonzalo Yáñez Segovia, Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Vegetales. Mención Protección Vegetal

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 04-09-2020

**IMPORTANTE: AL MOMENTO DE PRESENTAR TU MEMORIA PARA REALIZAR EL SORTEO CORRESPONDIENTE DEBE IR EL ESCRITO COMPLETO, INCLUYENDO ABSTRACT.**

**ADEMÁS DE LA FIRMA DE APROBACIÓN DEL PROFESOR GUÍA E INFORMANTE.**

**UNA VEZ DEFENDIDA LA MEMORIA TIENES UN PLAZO DE 15 DÍAS HÁBILES PARA TRAMITAR TÚ TÍTULO, EN CASO DE EXCEDER ESTE PLAZO DEBERÁS SOLICITAR AUTORIZACIÓN AL DECANO EXPONIENDO LAS CAUSAS DEL ATRASO.**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a todo mi círculo familiar, a los que están y a los que ya no, en especial a mis padres y hermanos quienes fueron fundamentales en este proceso al entregarme valores, energía cada día y amor por la tierra.

También agradezco a mis amigos, los que sin lugar a dudas son una parte importante en este proceso.

Para finalizar agradezco a mis profesores de tesis, el Sr. Eduardo Fuentes y especialmente al Sr. Sebastián Yanez, que aceptaron trabajar conmigo y me ayudaron en todo momento. También agradezco a todo el equipo de sanidad vegetal en especial a Alexis Muñoz por su voluntad y compromiso.

## RESUMEN

El lepidóptero *Leucoptera sinuella* (Reutii) es una plaga importante en los viveros y plantaciones de álamos en Chile. El daño se expresa en las hojas, lo que podría provocar grandes pérdidas fotosintéticas y reducción del rendimiento, además es considerada una plaga cuarentenaria en otros países a los cuales el sector frutícola chileno exporta. Al ser una plaga introducida recientemente, no existen métodos efectivos de control. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de distintos insecticidas sistémicos aplicados en *drench* para el control de la fitofagia de larvas de la polilla del álamo. El experimento se realizó en vivero de álamos de cuatro años de edad en Retiro, Región del Maule. Los insecticidas probados fueron Imidacloprid (1500 mL. ha<sup>-1</sup>), Ciantraniliprol (1500 mL. ha<sup>-1</sup>), Tiametoxam-Clorantraniliprol (400 mL. ha<sup>-1</sup>) y un tratamiento testigo sin aplicación de insecticida. Existen diferencias significativas entre los tratamientos para la severidad del daño y el área foliar consumida por cada generación de la polilla, presentándose éstas con mayor nivel para la tercera generación de la plaga. Al final de la temporada 2019-2020, los tres tratamientos presentaron menor nivel de daño que el tratamiento testigo y el insecticida más eficaz fue Tiametoxam-Clorantraniliprol.

## ABSTRACT

The lepidopteran *Leucoptera sinuella* (Reutii) is an important pest in nurseries and poplar plantations in Chile. The damage is expressed on the leaves, which could cause large photosynthetic losses and reduced yield. It is also considered a quarantine pest in other countries to which the Chilean fruit sector exports. Being a recently introduced pest, there are no effective control methods. The aim of this research was to evaluate the efficacy of different systemic insecticides applied in drench for the control of the phytophagy of larvae of the poplar moth. The experiment was carried out in a four-year-old poplar nursery in Retiro locality, Maule. The insecticides tested were Imidacloprid (1500 mL. ha<sup>-1</sup>), Ciantraniliprol (1500 mL. ha<sup>-1</sup>), Tiametoxam-Clorantraniliprol (400 mL. ha<sup>-1</sup>) and a control treatment without application of insecticide. There are significant differences between the treatments for the severity of the damage and the foliar area consumed by each generation of the moth, presenting a higher level for the third generation of the pest. At the end of the 2019-2020 seasons, the three treatments presented a lower level of damage than the control treatment and the most effective insecticide was Tiametoxam-Clorantraniliprol.

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Hipótesis.....	8
1.2. Objetivo General.....	9
1.3. Objetivos específicos.....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1 Importancia del sector forestal en Chile.....	10
2.2 Plagas en especies forestales (Álamo).....	10
2.3 Características de <i>Leucoptera sinuella</i> (Reutii).....	11
2.4 Control de plagas mediante insecticidas sistémicos.....	12
2.4.1 Neonicotinoides.....	12
2.4.2 Diamidas antranilicas.....	13
2.5 Aplicación en viveros forestales.....	14
2.5.1 Aplicaciones en <i>drench</i> .....	15
3. MATERIALES Y MÉTODO.....	16
3.1 Ubicación del estudio.....	16
3.2 Descripción de los tratamientos.....	16
3.3 Evaluación del ensayo.....	17
3.3.1 Severidad.....	17
3.3.2 Área folia consumida (AFC).....	18
3.4 Análisis de datos.....	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1 Severidad.....	19
4.2 Área foliar consumida (AFC).....	20
5. CONCLUSIÓN.....	22
6. BIBLIOGRAFÍA.....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Tratamientos en el estudio de la evaluación de insecticidas sistémicos para el control de *Leucoptera sinuella*.

**Tabla 2.** Severidad del daño en escala ordinal (1-5) provocado por larvas de *L. sinuella* en hojas de álamo aplicados en *drench* con insecticidas sistémicos en la temporada 2019-2020.

**Tabla 3.** Área foliar consumida (cm<sup>2</sup>) por larvas de *L. sinuella* en hojas de álamo aplicados en *drench* con insecticidas sistémicos en la temporada 2019-2020.



## 1. INTRODUCCIÓN

La polilla del álamo, *Leucopetra sinuella* (Reutii), es un lepidóptero que provoca daño en el estado de larva al generar minas en el mesófilo de las hojas de álamos y otras salicáceas (Sandoval et al. 2019). Este daño reduce el área foliar y produce la caída prematura de las hojas disminuyendo el crecimiento de los árboles afectados. Esta plaga fue introducida hace pocos años al territorio nacional, causando daños económicos en plantaciones forestales, alamedas y cortinas cortavientos de álamos (Sandoval et al. 2019). La polilla del álamo no es una plaga importante en los álamos de su región de origen, por lo que existe poca información sobre alternativas de control que permitan el manejo de esta plaga (Fuentes-Contreras, 2020).

La polilla del álamo también produce un daño económico indirecto a la fruticultura, debido a que las pupas se ubican en las cavidades calicinales y/o pedunculares de frutas de exportación que crecen cercanas a cortinas cortaviento de álamos. De esta forma es una plaga cuarentenaria para mercados como México y EE.UU., produciendo rechazos de lotes de frutas de exportación en las últimas temporadas (Fuentes-Contreras, 2020).

Debido a que no hay alternativas de manejo disponibles para el control de esta plaga, en la presente memoria se propone evaluar la aplicación de insecticidas sistémicos para reducir sus daños en plantaciones forestales. Las aplicaciones foliares no son recomendables para árboles de gran altura, por lo que se propone realizar aplicaciones en *drench* para que aprovechando la translocación xilemática en el árbol se logre un buen control de esta plaga de las hojas del álamo. Además, este método de aplicación es más selectivo, al no afectar insectos que no se alimentan del álamo. Los insecticidas seleccionados fueron de dos grupos químicos (Neonicotinoides y Diamidas antranílicas), aplicados en viveros establecidos en la empresa Agrícola y Forestal El Álamo, en la localidad de Retiro, Región del Maule, para conseguir la disminución del daño foliar causado por esta plaga.

### 1.1. Hipótesis.

La aplicación en *drench* de insecticidas sistémicos es efectiva para disminuir la fitofagia de *Leucoptera sinuella* en viveros de álamos de la localidad Retiro, Región del Maule en la temporada 2019-2020.

1.2. Objetivo General.

- Determinar la eficacia de tres insecticidas sistémicos: Imidacloprid, Tiametoxam-Clorantraniliprol y Ciantraniliprol, aplicados en *drench* en viveros de álamo de la localidad de Retiro, Región del Maule para el control de la fitofagia de *Leucoptera sinuella* (Reutii) en la temporada 2019-2020.

1.3. Objetivos específicos.

- Evaluar la severidad del daño foliar en plantas de vivero con aplicación en *drench* de Imidacloprid, Tiametoxam-Clorantraniliprol y Ciantraniliprol, para el control de la fitofagia de larvas de *Leucoptera sinuella*, en la temporada 2019-2020.
- Evaluar el área foliar consumida por larvas de *Leucoptera sinuella* en hojas de plantas de vivero con aplicación en *drench* de Imidacloprid, Tiametoxam-Clorantraniliprol y Ciantraniliprol, para control de la fitofagia, en la temporada 2019-2020.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importancia del sector forestal en Chile

En el contexto mundial, el área forestal corresponde a 3.999 millones de ha., ubicándose Chile, en el puesto 34 con un 0,4% de aporte en este sector. De igual manera el área forestal plantada era de 279 millones ha., y Chile se encontraba en la posición 18 con 1,1% de plantaciones forestales. La producción mundial industrial de madera en troza generó 1.962 millones de m<sup>3</sup>; Chile se ubicó en el puesto 11 aportando el 2,3% del total. La producción de pulpa de madera, a nivel mundial, fue de 189 millones de ton; Chile se localizó en el puesto 10 contribuyendo con el 2,8% del total (INFOR, 2019).

Actualmente, el área forestal plantada en Chile alcanza los 2.289.525 ha., lo cual corresponde el 3% de la Superficie Nacional Total. La Región del Bio-Bio es la más plantada a nivel nacional (622.502 ha.), seguida por la Araucanía (497.899 ha) y en tercer lugar la Región del Maule con 360.068 ha.; con plantaciones forestales de *Pinus radiata* (85%), *Eucalyptus* spp. (13,9%) y otras especies como *Populus* spp. (1,2 %) (INFOR, 2019).

Para el año 2008 se contabilizaron 6.278 ha. de álamo en todo el territorio nacional. Desde 1999 hasta ese año se había mantenido un incremento en el número de hectáreas plantadas con álamo año tras año (CAPP, 2016).

### 2.2 Plagas en especies forestales (Álamo).

En 1960, se enumeraron 42 especies de insectos, en su mayoría invasores de la India y países adyacentes, que causaron daños en plantaciones de álamo; más tarde, se describieron 1.716 especies como plagas importantes de los álamos en los países en desarrollo, incluida la India. 55 especies de insectos [Lepidóptera (16); Coleóptera (13); Hemíptera (13); Isóptera (4) y nueve especies de otros órdenes], se alimentan de álamos en India. Posteriormente, se identificaron 16 insectos (*Malasoma populi*, *Plagioderia versicolora*, *Clostera cupreata*, *C. fulgurita*, *Malacosoma indica*, *Lymantria obfuscata*, *Neocerura wisei*, *Euproctis signata*, *Pyrausta diniaslis*, *Eucosma glaciata*, *Apriona cinerea*, *Aeolesthes sartacrátana*, *Aeolesthes* spp, *Quadraspidotus perniciosus*, *Penfigo* spp. y larvas blancas) como plagas importantes de álamos desde el punto de vista económico en viveros, plantaciones y rodales naturales de esta región (Singh et al., 2004).

*Leucoptera sinuella* (Reutti) (Lepidoptera: Lyonetiidae) es una polilla bivoltina minadora de hojas, cuyos adultos aparecen en junio y agosto en Hokkaido, norte de Japón. Larvas se alimentan de tejidos foliares de varias especies de *Salix* y *Populus* (Kagata & Ohgushi, 2002).

### 2.3 Características de *Leucoptera sinuella* (Reutii)

Durante marzo del 2015 y dentro de las actividades de vigilancia fitosanitaria forestal que realiza el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG), inspectores de la oficina sectorial de Talagante (Región Metropolitana de Santiago), recolectaron hojas de álamo, en las que se determinó la presencia de larvas de *L. sinuella* asociada a diferentes especies de álamos (*Populus*) y sauces (*Salix*), causando daño en el follaje. Las prospecciones realizadas determinaron que, durante el año 2015, *L. sinuella* se encontraba dispersa entre el valle central del centro-sur de la Región Metropolitana de Santiago y el centro-norte de la Región del Libertador General Bernardo O' Higgins. Posteriormente, durante el año 2016, la distribución de la especie se amplió a todo el valle central de ambas regiones, empezando a avanzar hacia la Región de Valparaíso, dispersándose además a zonas precordilleranas con presencia de árboles de *Populus* spp. Durante el año 2017 su mayor desplazamiento ocurrió hacia el sur del país, alcanzando la Región del Maule y durante el año 2018 fue detectada en la Región de Ñuble y del Biobío (Sandoval et al., 2019).

En Chile, se ha observado que las hojas de álamo no son afectadas por las larvas hasta que éstas se encuentren completamente desarrolladas, lo cual tiene lugar durante el mes de octubre, momento en que se presentan las primeras oviposaduras y daños de *L. sinuella*. Entre los meses de octubre y diciembre los daños observados son leves a moderados, siendo los meses de verano donde se evidencian los mayores daños en el follaje (Sandoval et al., 2019).

Las larvas de la polilla del álamo, producen minas que están limitadas por las nervaduras principales de la hoja, y son de color pardo oscuro en el centro del minado, debido a que la larva deposita sus excrementos en el centro de la galería. Esta acción mantiene libre de heces la zona de avance de la larva, por lo que en los bordes de la galería la coloración es más clara (Arru, 1963).

En Chile, desde la temporada 2015-2016, se ha observado que al completar su desarrollo las larvas de esta polilla migran desde las alamedas usadas como cortinas cortavientos hacia las plantaciones de frutales para buscar sitios protegidos donde pupar. De esta forma las pupas se ubican en las cavidades pedicelares y calicinales de los frutos de pomáceas y carozos próximos a cosecharse. Al detectarse estas pupas o larvas en frutas de exportación han producido rechazos cuarentenarios hacia Estados Unidos y México (Fuentes-Contreras, 2020).

Son escasos los estudios que se han realizado sobre la biología, ecología y control de *L. sinuella* en su región de origen, debido a que no es una especie que provoque daños importantes en los bosques de donde son originarios. Sin embargo, en consideración a que *L. sinuella* corresponde a una especie plaga, y que en Chile afecta a plantaciones de álamo e

indirectamente a frutales de exportación, se estima necesario estudiar insecticidas que controlen la plaga.

## 2.4 Control de plagas mediante insecticidas sistémicos

### 2.4.1 Neonicotinoides

Los neonicotinoides son un grupo químico de insecticidas sistémicos, derivados de la nicotina y actúan sobre el receptor nicotínico de acetilcolina (sistema nervioso central) (Elbert et al., 2008).

Se originaron en la década de 1990. Poseen amplio espectro de control, aunque más reducido que el de los piretroides. La acción de volteo es intermedia al igual que su persistencia. No todos los neonicotinoides tienen la misma clase toxicológica. Su modo de acción en el insecto es principalmente por contacto e ingestión. En la planta presentan buen movimiento sistémico. Algunos además tienen acción translaminar (INTA, 2015).

#### - Imidacloprid

El Imidacloprid es un ingrediente activo del grupo de neonicotinoides (Fletcher et al., 2018). Es un insecticida cloronicotinílico que imita a la nicotina. Tiene buenas propiedades sistémicas, y, en general, bajos impactos no objetivo (Elbert et al., 2008).

En China, entre 2000 y 2002, en un estudio evaluaron varias dosis de insecticidas sistémicos: Azadiractina, Benzoato de emamectina, Imidacloprid y Tiacloprid para el control de *Anoplophora glabripennis* en olmos (*Ulmus* spp.), álamos (*Populus* spp.) y sauces (*Salix* spp.) infestados naturalmente. Existieron diferencias significativas en adultos de *A. glabripennis* muertos debajo de olmos y álamos tratados con Imidacloprid (en 2000 y 2001). En 2000, cuatro meses después de la aplicación, la densidad de *A. glabripennis* vivos se redujo significativamente en álamos tratados con Imidacloprid (90%) y en sauces tratados con Imidacloprid (83%), con Benzoato de Emamectina (71%) en comparación con los controles. En 2001, nueve meses después de la aplicación, la densidad de *A. glabripennis* vivos, se redujo significativamente en los árboles de álamo (76%) y sauce (45%) tratados con Imidacloprid en comparación con los árboles de control. El Imidacloprid se transloca rápidamente en árboles aplicados y es persistente a niveles letales durante varios meses. Aunque, la aplicación con Imidacloprid no proporciona un control completo de *A. glabripennis*, insecticidas sistémicos pueden resultar útiles como parte de un programa integrado de manejo de la plaga (Poland et al., 2006).

Un insecticida de ingrediente activo Imidacloprid, registrado con el nombre comercial "Confidor", se obtuvo en 1991 de Bayer Crop Science, Karachi, Pakistán, el cual se utiliza principalmente contra plagas con aparatos bucales de tipo picador succionador, incluido los pulgones. Confidor es un insecticida sistémico, de contacto e ingestión, con efecto inhibidor de la alimentación, largo efecto residual y amplio espectro de acción, su concentración es de 35 % p/v (350 g/L). Por otra parte, en un experimento de campo, se demostró la eficacia de Confidor sobre *Phyllocnistis citrella*, el cual redujo la población de la plaga en un 78 % (Shah et al., 2019).

- Tiametoxam

La composición química del Voliam Flexi corresponde a 200 g/L Tiametoxam y 100 g/Kg Clorantraniliprol, se obtuvo de Syngenta Crop Science, Karachi, Pakistán. El Clorantraniliprol, un ingrediente activo de Diamida antranílica (Shah et al., 2019).

En una investigación realizada en Serbia, se buscó controlar la plaga *Chaitophorus populeti* en álamos, mediante distintos insecticidas. Los resultados enfatizaron el alto efecto inicial de la aplicación de insecticida después de tres días con una eficacia del 98,9% para Tiametoxam, 99,8% para Bifentrina y 99,9% para Tiacloprid. Siete días después del tratamiento, la eficacia de la Bifentrina y el Tiacloprid fue del 100%, mientras que el Tiametoxam tuvo un 99,9% de eficacia. Después de catorce días Tiacloprid mostró 100%, el Tiametoxam mostró 98,5% mientras que la Bifentrina tuvo una eficacia de 97,5% (Drekic et al., 2014).

En Pakistán se probaron distintos insecticidas para controlar plagas de la coliflor, las parcelas rociadas cada 5 o 10 días con Voliam Flexi, y las parcelas rociadas semanalmente con NeemAzal, con frecuencia tenían un número menor de plagas que los otros tratamientos con insecticidas. En las parcelas con Voliam Flexi rociado cada 5 días, las densidades larvales totales fueron siempre <3 por planta durante todo el ensayo. Las densidades medias de *Plutella xylostella* se suprimieron mejor (<0.30 larvas por planta) en parcelas rociadas con Voliam Flexi cada 5 días que en parcelas (<0.55 individuos por planta) rociadas semanalmente con NeemAzal (Shah et al., 2019).

#### 2.4.2 Diamidas Antranílicas

Los insecticidas Diamidas antranílicas corresponden al grupo 28, los moduladores del receptor de rianodina, de acuerdo con la clasificación del modo de acción del Comité de Acción de Resistencia al Insecticida (IRAC) (Hannig et al., 2009). Las diamidas antranílicas se unen a un sitio en el receptor que es distinto del de la rianodina y tiene baja toxicidad en los mamíferos, lo que se puede atribuir a la alta selectividad para las formas de R y R de insectos versus mamíferos (Rocha et al., 2019). Las Diamidas antranílicas son una clase moderna de insecticidas con actividad específica en el sitio objetivo y altamente efectivas. Controlan un amplio espectro de plagas y tienen un perfil toxicológico específico (Selby et al., 2013). Las

diamidas son una buena alternativa para el control de plagas debido a su peculiar modo de acción distinto de otros insecticidas disponibles en el mercado (Lahm et al., 2009).

- Clorantraniliprol

El ingrediente activo Clorantraniliprol se usa ampliamente contra las especies de plagas de lepidópteros en diferentes cultivos, incluido el café, debido a su bajo impacto no objetivo y la falta de resistencia cruzada a otros insecticidas, lo que lo convierte en una herramienta útil para el manejo de plagas (Gao et al., 2013).

El Clorantraniliprol es el principal insecticida utilizado actualmente contra *Leucoptera coffeella*. El uso de una exposición variable de concentración fija permite estimar tanto el nivel de resistencia, a través de bioensayos de mortalidad en el tiempo como la frecuencia de individuos resistentes, a través de bioensayos de tiempo discriminatorio. La resistencia a la diamida entre las poblaciones de mineros de la hoja de café aún no ha sido objeto de atención, y el uso de esta clase de insecticidas sigue siendo intensivo. Este escenario ha llevado a la preocupación actual de que la resistencia a la Diamida y particularmente la resistencia al Clorantraniliprol pueden estar evolucionando y pueden resultar en fallas de control futuras con este insecticida (Leite et al., 2020).

- Ciantraniliprol

Ciantraniliprol es un insecticida recientemente introducido, donde la toxicidad está mediada en el receptor de ryanodina (Bird, 2016). Si bien la actividad de Clorantraniliprol es específica para cada especie de lepidópteros, el Ciantraniliprol tiene un espectro insecticida más amplio, con actividad adicional en plagas de hemípteros como *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Grávalos et al., 2015).

El ingrediente activo del Exirel es el Ciantraniliprol con una concentración química de 10% p/v (100 g/L) según su ficha técnica. En EEUU, en el año 2015, se probó Ciantraniliprol, para adultos de *Diaphorina citri* (expuestos a *Candidatus Liberibacter Asiaticus*, criados en plantas infectadas) alimentándolos durante siete días en hojas de cítricos sanos extirpados con residuos secos de Exirel, en comparación con Fenprothrin (Danitol 2.4 EC), un insecticida comúnmente usado contra *D. citri*. Menos adultos se asentaron (supuestamente alimentándose o sondeando) en las hojas tratadas con Ciantraniliprol que los tratados con Fenprotrina o controles de agua (Ammar et al., 2015).

## 2.5 Aplicaciones en viveros forestales

La presencia de insectos en los viveros y plantaciones de álamos puede reducir el crecimiento, alterar la forma, reducir el volumen comercializable y causar mortalidad. Aunque el daño por

insectos ocurre a cualquier edad, el álamo es especialmente susceptible a lesiones entre el primer y tercer año de edad (Abrahamson et al., 1977).

Experimentos demostraron que las aplicaciones de plaguicidas en el subsuelo son seguras y eficientes. Dichas aplicaciones ofrecen un riesgo mínimo para los operadores, trabajadores de viveros, aves, mamíferos e insectos beneficiosos. Las aplicaciones deben realizarse a principios de junio. Las profundidades de aplicación variarán con el suelo, el suministro de agua y la profundidad de la raíz de plantas de álamo en el vivero. La profundidad de 15-25 cm resultó efectiva en las áreas de estudio y probablemente sea adecuada para la mayoría de los viveros de álamos (Abrahamson et al., 1977).

#### 2.5.1 Aplicaciones en *Drench*

Los métodos estándar de aplicación de Imidacloprid, es de forma granular y en *drench*, esta es una técnica de aplicación de agroquímicos que consiste en poner el producto sobre la superficie del suelo en las cercanías de la planta, en paisajes, viveros de campo y producción en contenedores, contra uno o varios defoliadores, insectos chupadores, barrenadores y especies invasoras, como el barrenador esmeralda del fresno, *Agrius planipennis* Fairmaire (Herms et al., 2019).

La mayoría de los estudios de campo publicados sobre eficacia y duración del Imidacloprid se realizaron en especies invasoras, como *Adelges planipennis* y *A. tsugae*. En el primer año, un tratamiento en *drench* de Imidacloprid demostró un 63% menos de galerías de *A. planipennis* que los controles de cenizas (Tenczar & Krischik, 2007). En otro estudio, los árboles tratados con *drench* tuvieron una apariencia significativamente mejor, más crecimiento nuevo y un mayor aumento en el diámetro del tronco a 24 meses en comparación con los controles no tratados para el control de *A. tsugae* (Webb et al., 2003). En Connecticut, aplicaciones en *drench*, en bosques de *Tsuga canadensis* redujeron poblaciones de *A. tsugae* en 50-100% a los 12 meses y 83-100% a los 24 meses. Además, el análisis de residuos reveló concentraciones de Imidacloprid de 120 ppb en ramitas, agujas y savia de *T. canadensis* hasta 36 meses después de la aplicación (Cowles et al., 2006). En general, los plaguicidas sistémicos aplicados en *drench* deben evaluarse en el campo de acuerdo con la formulación, las tasas de aplicación y la gestión del riego. Por ejemplo, se ha encontrado que el Imidacloprid tiene una relación positiva entre la dosis de aplicación y sus concentraciones en bosques manejados por los Apalaches (Fletcher et al., 2018).



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del estudio

Este ensayo se llevó a cabo en un vivero de álamos perteneciente a la Compañía Agrícola y Forestal El Álamo Ltda. (CAF El Álamo), ubicada en la localidad de Retiro en la Región del Maule (Latitud: 36° 05' Sur; Longitud: 72° 47' Este). CAF es la mayor empresa productora de madera de álamos del país, cuenta con más de 3.200 hectáreas, las que se reparten entre plantaciones forestales y agrícolas, el 94,0 % de la superficie de plantaciones está constituido principalmente por *Populus* spp., equivalente a 2.771,6 ha. El patrimonio forestal de CAF, está emplazado en la zona Mediterránea, que comprende la parte central de Chile, caracterizado por inviernos fríos - lluviosos y veranos secos – cálidos (Ulloa & Villacura, 2004).

La superficie utilizada para la investigación fue de 0,25 ha. La altura promedio de las plantas era de 4 metros con un espaciamiento de 1 x 1,5 m y una densidad de plantación de 5000 plantas. ha<sup>-1</sup>. El material vegetal del vivero es *Populus x euroamericana* (*Populus deltoides* x *Populus nigra*) cultivar I-488 de 4 años de edad.

Este estudio se implementó en un diseño de bloques completos al azar, para homogenizar los tratamientos dentro de cada bloque. Se realizaron, cinco repeticiones. El experimento, estuvo conformado por 20 parcelas experimentales, de 64 plantas cada una, de las cuales se seleccionaron seis por cada parcela.

#### 3.2 Descripción de los tratamientos

Los insecticidas sistémicos utilizados en este estudio fueron seleccionados de dos distintos grupos químicos: Neonicotinoides y Diamidas antranílicas, los mismos que tienen modo y mecanismos de acción distintos y constituyen los tratamientos (Tabla 1).

Se realizó una aplicación de los tratamientos en *drench* para toda la temporada. La aplicación se realizó el 15 de octubre del 2019, cuando las plantas contaban con un número de hojas considerables y se presentó el primer vuelo sostenido de los parentales invernantes de *L. sinuella*. Esta aplicación se realizó con todas las medidas y equipamiento necesario para el manejo de agroquímicos (guantes, impermeable, botas, mascarilla, gafas, tarros para mezcla, bomba de succión, balde de aplicación, banderines) según las Buenas Prácticas Agrícolas.

**Tabla 1.** Tratamientos en el estudio de la evaluación de insecticidas sistémicos para el control de *Leucoptera sinuella*.

Tratamientos	Grupo químico	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis
1	Neonicotinoide	Imidacloprid	Confidor 350 SC	1500 mL.ha <sup>-1</sup>
2	Diamida antranílica	Ciantraniliprol	Exirel 100 SE	1500 mL.ha <sup>-1</sup>
3	Neonicotinoide + Diamida antranílica	Tiametoxam + Clorantraniliprol	Voliam Flexi 300 SC	400 mL.ha <sup>-1</sup>
4	Sin aplicación de insecticida	Sin aplicación	Testigo	

### 3.3 Evaluación del ensayo

#### 3.3.1 Severidad

Se evaluó la eficacia que tuvieron los insecticidas utilizados en este estudio a través de la severidad del daño provocado por la fitofagia de larvas de *L. sinuella*. Las evaluaciones se realizaron cuando cada una de las generaciones de la polilla se presentó superiores al 75 % con larvas de tercer estadio. Para confirmar el estadio de la larva, se realizaron semanalmente muestras destructivas de hojas y se midió el diámetro de la capsula cefálica en las larvas. En cada muestreo semanal se utilizó un estereomicroscopio ZEISS Stemi 305 Trinocular y un programa Labscope para medir la capsula cefálica. Para cada evaluación contábamos con una planilla para el registro de todos los datos, se verificaba en qué estado estaba el vivero; además se utilizó escalera para llegar al estrato alto.

La severidad se evaluó de forma no destructiva, de acuerdo a una escala impuesta acorde a la etología de fitofagia de las larvas (clase 1 = sin daño, clase 2 = 1-25%, clase 3 = 26-50%, clase 4 = 51-75% y clase 5 = 76-100%).

### 3.3.2 Área foliar consumida (AFC)

Para esta variable, se recolectó en cada muestreo, quince hojas por unidad experimental, dentro de cada tratamiento. Se codificaron y trasladaron en *cooler* las muestras al laboratorio. En el laboratorio se procedió a escanear las hojas de todos los tratamientos, mediante la utilización de escáner HPLaserJet M1120 MFP, con resolución de 600 ppp, para posteriormente ser analizadas mediante el *software* ImageJ 1.52p. Se calibró la escala macro con 1 cm de medida conocida. La distancia en pixel fue de 78,0256; con aspecto de ratio de 1.0. Se duplicó la imagen, y se ajustó en umbral de color en el matiz. Se analizó las partículas de cada digitalización para generar el área consumida y sana en cm<sup>2</sup>. Se ajustó la saturación para facilidad de sumar el área sana y por diferencia del área total tener el valor real de los dos grupos de evaluación (sana y consumida).

### 3.4 Análisis de datos

La información obtenida fue analizada en el *software* Rx64 3.6.3 (para Windows). Se realizó una prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas para las dos variables en estudio (severidad y área foliar consumida), la cual indicó que no se cumplieron los supuestos para una análisis paramétrico. Por lo tanto se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con un nivel de confianza del 95% para comparar tratamientos en cada generación de la polilla (tiempo). Al presentarse diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó la prueba de Tukey de comparaciones múltiples.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Severidad

La severidad del daño fue significativamente menor para todos los tratamientos con insecticidas sistémicos en relación con el testigo, para todas las generaciones de *L. sinuella* a lo largo de la temporada. Se puede apreciar un incremento de la severidad de daño en las hojas del álamo a medida que transcurren las generaciones, siendo la tercera generación en donde se reflejó el mayor daño (Tabla 2).

Tanto el Imidacloprid como el Tiametoxam-Clorantraniliprol presentaron la menor severidad de daño en hojas de álamo de vivero para la primera generación de la polilla, pero sin establecerse diferencias significativas entre ellos. Nuestros resultados son similares a los de un estudio en Frambueso, el cual encontró que Imidacloprid utilizado para el control de *Pantomorus cervinus* Boh. alcanza sus mayores niveles de eficacia 60 días después de la aplicación (Gamboa, 2000).

En todas las generaciones la menor severidad se presentó con el tratamiento con Tiametoxam-Clorantraniliprol, mientras los tratamientos con Imidacloprid y Ciantraniliprol tuvieron severidades de daño mayores, pero significativamente menores que las del tratamiento testigo. Hossain (2016), en su estudio que probó diferentes insecticidas para plagas de frijol mungo (*Vigna radiata* L.), encontró que existe la mayor eficacia de control del Crambido *Maruca vitrata* y el Crisomelido *Alticini* con aspersiones foliares de Tiametoxam + Clorantraniliprol, en dosis de 0,5 mL L<sup>-1</sup> de agua, en cada una de las temporadas 2013 y 2014.

**Tabla 2.** Severidad del daño en escala ordinal (1-5) provocado por larvas de *L. sinuella* en hojas de álamo aplicados en *drench* con insecticidas sistémicos en la temporada 2019-2020.

Tratamientos	Generación			Temporada 2019-2020
	1ra **1	2da **	3ra **	
<b>Imidacloprid</b>	1,058 ± 0,009 a <sup>2</sup>	1,496 ± 0,019 b	2,946 ± 0,038 c	1,833 ± 0,023 b
<b>Ciantraniliprol</b>	1,323 ± 0,018 b	1,780 ± 0,025 c	2,319 ± 0,031 b	1,807 ± 0,017 b
<b>Tiametoxam- Clorantraniliprol</b>	1,044 ± 0,008 a	1,328 ± 0,018 a	1,931 ± 0,012 a	1,434 ± 0,011 a
<b>Testigo</b>	1,666 ± 0,028 c	2,471 ± 0,029 d	3,957 ± 0,042 d	2,698 ± 0,029 c

± error estándar

<sup>1\*\*</sup>  $P < 0,05$  significación estadística

<sup>2</sup> letras distintas en la misma columna corresponden a diferencias significativas con la prueba de Tukey.

#### 4.2 Área foliar consumida

El área foliar consumida fue significativamente menor para todos los tratamientos con insecticidas sistémicos en relación con el testigo, para todas las generaciones de *L. sinuella* a lo largo de la temporada. Se puede apreciar un incremento en el área foliar consumida a medida que transcurren las generaciones, siendo la tercera generación en donde se reflejó el mayor daño (Tabla 3).

En la primera generación de la polilla no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos con Imidacloprid, Ciantraniliprol y Tiametoxam-Clorantraniliprol, aunque todos ellos son significativamente menos dañados que el testigo. Para la segunda generación la menor área foliar consumida la presentó el tratamiento con Tiametoxam-Clorantraniliprol, sin diferencias significativas entre los tratamientos con Imidacloprid y Ciantraniliprol. Finalmente, en la tercera generación se reflejó la mayor diferencia en el área foliar consumida entre los tratamientos y el testigo, presentándose nuevamente su menor valor para los insecticidas Tiametoxam-Clorantraniliprol y Ciantraniliprol seguidos luego por Imidacloprid.

**Tabla 3.** Área foliar consumida (cm<sup>2</sup>) por larvas de *L. sinuella* en hojas de álamo aplicados en *drench* con insecticidas sistémicos en la temporada 2019-2020.

Tratamientos	Generación			Temporada 2019-2020
	1ra **1	2da **	3ra **	
<b>Imidacloprid</b>	0,277 ± 0,059 a <sup>2</sup>	0,660 ± 0,093 b	13,777 ± 1,540 b	4,905 ± 0,593 b
<b>Ciantraniliprol</b>	0,082 ± 0,021 a	0,728 ± 0,111 b	3,425 ± 0,417 a	1,412 ± 0,159 a
<b>Tiametoxam- Clorantraniliprol</b>	0,014 ± 0,005 a	0,075 ± 0,016 a	1,357 ± 0,400 a	0,482 ± 0,136 a
<b>Testigo</b>	2,539 ± 0,307 b	3,410 ± 0,303 c	21,435 ± 1,817 c	9,128 ± 0,744 c

± error estándar

<sup>1\*\*</sup>  $P < 0,05$  significación estadística

<sup>2</sup> letras distintas en la misma columna corresponden a diferencias significativas con la prueba de Tukey.

La mejor respuesta en nuestros resultados, tanto para la variable severidad del daño como para el área foliar consumida, se presentó con la aplicación del insecticida Tiametoxam-Clorantraniliprol con dosis de 400 mL ha<sup>-1</sup>. Perotti et al., (2016), acotan que con las mezclas de Neonicotinoides y Diamidas antranílicas o Piretroides y Diamidas antranílicas se puede lograr mayor eficacia, persistencia y ampliar el espectro de la acción de control. Estas mezclas comerciales o de tanques, son recomendadas para su aplicación en el control de varias plagas en diversos cultivos.

## 5. CONCLUSIÓN

Los resultados del ensayo indican que todos los tratamientos de insecticidas evaluados con relación al testigo presentaron menores niveles de severidad de daño y área foliar consumida por larvas de *Leucoptera sinuella* en plantas de vivero de álamo. El insecticida más eficaz fue Tiametoxam-Clorantraniliprol con una dosis de 400 mL. ha<sup>-1</sup>, aplicado una vez en *drench*.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Abrahamson, L. P., Morris, R. C., & Overgaard, N. A. (1977). Control of Certain Insect Pests in Cottonwood Nurseries with the Systemic Insecticide Carbofuran. *Journal of Economic Entomology*, *70*(1), 89–91. <https://doi.org/10.1093/jee/70.1.89>
- Ammar, E. D., Hall, D. G., & Alvarez, J. M. (2015). Effect of cyantraniliprole, a novel insecticide, on the inoculation of *Candidatus Liberibacter asiaticus* associated with citrus Huanglongbing by the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). *Journal of Economic Entomology*, *108*(2), 399–404. <https://doi.org/10.1093/jee/tov016>
- Arru, G. M. (1963). *quelli riscontrati più diffusi e più dannosi ho seguito il ciclo biologico e do informazioni più particola- reggiate, degli altri mi limito a riferire notizie sommarie. Non ho preso.*
- Bird, L. J. (2016). Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to cyantraniliprole determined from topical and ingestion bioassays. *Journal of Economic Entomology*, *109*(3), 1350–1356. <https://doi.org/10.1093/jee/tow027>
- CAPP. (2016). *Informe País. Estado del Medio Ambiente en Chile. Comparación 1999-2015.*
- Cowles, R. S., Montgomery, M. E., & Cheah, C. A. S. J. (2006). Activity and residues of imidacloprid applied to soil and tree trunks to control hemlock woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae) in forests. *Journal of Economic Entomology*, *99*(4), 1258–1267. <https://doi.org/10.1093/jee/99.4.1258>
- Drekic, M., Poljakovic-Pajnik, L., Vasic, V., Markovic, M., & Pap, P. (2014). Efficacy of some insecticides for control of aphid *Chaitophorus populeti* Panzer on white poplar. *Silva Balcanica*, *15*(1), 56–60.
- Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., & Nauen, R. (2008). Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Management Science*, *64*(11), 1099–1105. <https://doi.org/10.1002/ps>
- Fletcher, E., Morgan, K. T., Qureshi, J. A., Leiva, J. A., & Nkedi-Kizza, P. (2018). Imidacloprid soil movement under micro-sprinkler irrigation and soil-drench applications to control Asian citrus psyllid (ACP) and citrus leafminer (CLM). *PLoS ONE*, *13*(3), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192668>
- Fuentes-Contreras, E. (2020). Polilla del Álamo (*Leucoptera sinuella*) y otras plagas emergentes



en fruticultura. *Boletín Técnico Pomáceas*, 20, 2–4.

- Gamboa, J. (2000). *Métodos de aplicación y eficacia de Imidacloprid® (i.a. Imidacloprid) en el control de larvas de capachito de los frutales (Pantomorus cervinus Boh.) en frambueso (Rubus ideaus L.)*. Universidad de Talca.
- Gao, C., Yao, R., Zhang, Z., Wu, M., Zhang, S., & Su, J. (2013). Susceptibility Baseline and Chlorantraniliprole Resistance Monitoring in *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(5), 2190–2194. <https://doi.org/10.1603/ec13058>
- Grávalos, C., Fernández, E., Belando, A., Moreno, I., Ros, C., & Bielza, P. (2015). Cross-resistance and baseline susceptibility of Mediterranean strains of *Bemisia tabaci* to cyantraniliprole. *Pest Management Science*, 71(7), 1030–1036. <https://doi.org/10.1002/ps.3885>
- Hannig, G. T., Ziegler, M., & Paula, G. M. (2009). Feeding cessation effects of chlorantraniliprole, a new anthranilic diamide insecticide, in comparison with several insecticides in distinct chemical classes and mode-of-action groups. *Pest Management Science*, 65(9), 969–974. <https://doi.org/10.1002/ps.1781>
- Hermes, D. A., McCullough, D. G., Smitley, D. R., Sadof, C., Miller, F., & Cranshaw, W. (2019). Insecticide options for protecting ash trees from emerald ash borer. In *North Central IPM Center Bulletin. 3rd Edition*.
- Hossain, M. A. (2016). Efficacy of some insecticides against insect pests of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 40(4), 657–667. <https://doi.org/10.3329/bjar.v40i4.26940>
- INFOR. (2019). El Sector Forestal Chileno 2019. In *Instituto Forestal. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile*. [https://wef.infor.cl/publicaciones/sector\\_forestal/2019/SectorForestal\\_2019.pdf](https://wef.infor.cl/publicaciones/sector_forestal/2019/SectorForestal_2019.pdf)
- INTA. (2015). *Los insecticidas- Parte IX* (Vol. 179).
- Kagata, H., & Ohgushi, T. (2002). Effects of Multiple Oviposition on Clutch Size in a Leaf mining Moth, *Paraleucoptera sinuella* (Lepidoptera: Lyonettidae). *Entomological Science*, 5(4), 407–410.
- Lahm, G. P., Cordova, D., & Barry, J. D. (2009). New and selective ryanodine receptor activators for insect control. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17(12), 4127–4133.

<https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.018>

- Leite, S. A., Dos Santos, M. P., Resende-Silva, G. A., da Costa, D. R., Moreira, A. A., Lemos, O. L., Guedes, R. N. C., & Castellani, M. A. (2020). Area-Wide Survey of Chlorantraniliprole Resistance and Control Failure Likelihood of the Neotropical Coffee Leaf Miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Journal of Economic Entomology*, *113*(3), 1399–1410. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa017>
- Perotti, E., Boero, L., & Gamundi, J. (2016). Manejo del complejo de plagas de soja : MIP versus Control Preventivo . In *Para Mejorar la Producción 54 - INTA EEA Oliveros*.
- Poland, T. M., Haack, R. A., Petrice, T. R., Miller, D. L., Bauer, L. S., & Gao, R. (2006). Field Evaluations of Systemic Insecticides for Control of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in China. *Journal of Economic Entomology*, *99*(2), 383–392. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.2.383>
- Rocha, A., de Andrade, F., Maduro, E., Plata-Rueda, R., Rodrigues, J., & Lemes, F. (2019). Comparative bioassay methods to determine diamide susceptibility for two coffee pests. *Crop Protection*, *121*(April 2018), 34–38. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.010>
- Sandoval, A., Ide, S., Rothmann, S., Zúñiga, E., Bosch, P., & Pergallo, M. (2019). Detección de *Leucoptera sinuella* (Reutti) (Lepidoptera: Lyonetiidae) en Chile, con la identificación de algunos parasitoides asociados. *Revista Chilena de Entomología*, *45*(1), 65–77.
- Selby, T. P., Lahm, G. P., Stevenson, T. M., Hughes, K. A., Cordova, D., Annan, I. B., Barry, J. D., Benner, E. A., Currie, M. J., & Pahutski, T. F. (2013). Discovery of cyantraniliprole, a potent and selective anthranilic diamide ryanodine receptor activator with cross-spectrum insecticidal activity. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, *23*(23), 6341–6345. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2013.09.076>
- Shah, F. M., Razaq, M., Ali, Q., Shad, S. A., Aslam, M., & Hardy, I. C. W. (2019). Field evaluation of synthetic and neem-derived alternative insecticides in developing action thresholds against cauliflower pests. *Scientific Reports*, *9*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44080-y>
- Singh, A. P., Bhandari, R. S., & Verma, T. D. (2004). Important insect pests of poplars in agroforestry and strategies for their management in northwestern India. *Agroforestry Systems*, *63*(1), 15–26. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000049429.37483.47>
- Tenczar, E. G., & Krischik, V. A. (2007). Comparison of Standard (Granular and Drench) and

Novel (Tablet, Stick Soak, and Root Dip) Imidacloprid Treatments for Cottonwood Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Management on Hybrid Poplar. *Journal of Economic Entomology*, 100(5), 1611–1621. <https://doi.org/10.1093/jee/100.5.1611>

Ulloa, J., & Villacura, L. (2004). Compañía Agrícola y Forestal El Alamo Ltda . Un Sistema de Producción Integral y Sostenible. *22da Comisión Internacional El Álamo*, 1–23.

Webb, R. E., Ray Frank, J., & Raupp, M. J. (2003). Eastern Hemlock recovery from hemlock woolly adelgid damage following imidacloprid therapy. *Journal of Arboriculture*, 29(5), 298–302.