



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

**EVALUACIÓN DE UNA POLINIZACIÓN ASISTIDA EN  
CEREZOS CV. 'REGINA'**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**FELIPE ARIEL ENCINA TORRES**

**TALCA, CHILE**

**2021**

## 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, 2021

**APROBACIÓN:**



---

Profesor guía:

Ing. Agr. Dr. José Antonio Yuri Salomón  
Profesor Escuela de Agronomía  
Centro de Pomáceas  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad de Talca



---

Profesor co-guía:

Ing. Agr. Miguel Palma Gutiérrez  
Centro de Pomáceas  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad de Talca

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 29 de Abril del 2021.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo quiero agradecer a Dios por darme la salud, capacidad física, mental y emocional para poder llegar hasta este punto de mi vida. A mis padres Yanett y Ariel por cuidarme, amarme y darme la seguridad necesaria para siempre salir adelante, entregándome valores y enseñanzas de vida para lograr ser cada día mejor persona.

Así también agradecer a cada uno los integrantes del Centro de Pomáceas que me ayudo a desarrollar mi investigación. En primera instancia a mi profesor guía José Antonio Yuri por entregarme conocimientos claves de la fruticultura, y sobre todo, generar en mí una motivación particular sobre lo que conlleva la agricultura, con su particular forma de enseñar y destacada vocación de profesor. A Javier Sánchez por aceptarme en su equipo de trabajo y considerarme como uno más, dándome apoyo y contención clave para la elaboración de esta memoria. Por último, agradecer inmensamente todo el apoyo, conocimiento y buenos momentos que me entregó Miguel Palma, acompañándome en cada paso de mi investigación, respondiéndome siempre cada duda y formarme como un mejor profesional en todo ámbito, muchas gracias, Miguel.

No puedo dejar de agradecer a personas que han estado conmigo en la vida, entregándome momentos inolvidables y llenándome de amor y felicidad de distintas formas. En particular, a Bárbara Salamanca con la cual pudimos vivir toda esta bonita etapa universitaria juntos, entregándome siempre un apoyo incondicional. A mis amigos de toda la vida Bruno y Leo, que me hacen ver las cosas siempre de una forma más simple, a Matías A. gracias por crecer juntos y seguir siendo fieles compañeros en la universidad, mi amigo Matías C. que me ha dejado vivir muchos buenos momentos junto a él y siempre con su disposición de ayudar, y por último a Agustín G el cual siempre me apoyo en forma académica y personal. Los quiero mucho a todos.

## RESUMEN

La polinización asistida es un complemento a la polinización tradicional con abejas. Un ejemplo es la aplicación de polen con pulverizadora electrostática, la cual favorece su depósito en el estigma floral. No obstante, la efectividad de esta tecnología en frutales aún es discutida.

El objetivo de este estudio fue determinar la eficiencia de una polinización asistida, con abejas y aplicación de polen cargado, vs una tradicional sólo con abejas, sobre indicadores de productividad y calidad en cerezos cv 'Regina'.

El ensayo fue realizado en el Fundo La Estrella de la empresa Sociedad Comercial Agrícola Julio Giddings Ltda, en la comuna de San Clemente, Región del Maule, Chile (35°32'17.4"S 71°27'31.4"W) durante la temporada 2019/2020. Las mediciones incluyeron cuaja (%), retención (%), rendimiento (kg/ha), e indicadores de madurez de la fruta en cosecha y luego de 30 días de almacenaje en atmósfera modificada.

Los resultados indicaron que la polinización asistida con aplicación electrostática, tiende a aumentar la cuaja, retención y rendimiento de los árboles, pero estas diferencias no logran ser estadísticamente significativas. Por otro lado, al momento de la cosecha, la madurez de la fruta tiende a estar más avanzada en los árboles que recibieron polinización asistida. No obstante, luego de la postcosecha las diferencias son mínimas.

## ABSTRACT

Assisted pollination is a complement to traditional pollination with bees. An example is the application of pollen with an electrostatic sprayer, which favors its deposit in the floral stigma. However, the effectiveness of this technology in fruit trees is still debated.

The objective of this study was to determine the efficiency of assisted pollination, with bees and loaded pollen application, vs. traditional pollination only with bees, on productivity and quality indices in 'Regina' cherry trees.

The trial was conducted in Fundo La Estrella of Sociedad Comercial Agrícola Julio Giddings Ltda, in San Clemente, Maule, Chile (35°32'17.4 "S 71°27'31.4 "W) during the 2019/2020 season. Measurements included fruit set (%), retention (%), yield (kg/ha), and fruit maturity indices at harvest and after 30 days in modified atmosphere storage.

The results indicated that assisted pollination with electrostatic application tended to increase fruit set, retention and yield of the trees, but these differences were not statistically significant. On the other hand, at harvest, fruit maturity tended to be more advanced in the trees that received assisted pollination. However, after postharvest the differences are minimal.

Keywords: Pollination, sweet cherry, Regina, electrostatic pollination, fruit set.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Hipótesis .....	2
1.2. Objetivo general .....	2
1.3. Objetivos específicos .....	2
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1. Importancia económica del cultivo del cerezo .....	3
2.2. Antecedentes generales del cerezo .....	3
2.2.1. Características del cultivar ‘Regina’ .....	3
2.2.2. Portainjerto ‘GiSela 6’ .....	4
2.3. Biología floral del cerezo .....	4
2.4. Polinización .....	5
2.4.1. Factores que afectan la polinización en cerezos .....	5
2.4.2. Antecedentes biológicos de las abejas .....	6
2.5. Polinización Asistida .....	7
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	9
3.1. Localización y Antecedentes de la Zona .....	9
3.2. Material vegetal .....	9
3.3. Tratamientos .....	9
3.4.1. Indicadores de productividad .....	10
3.4.2. Indicadores de madurez a cosecha y postcosecha .....	10
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico .....	11
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	12
4.1. Cuaja .....	12
4.2. Retención .....	13
4.3. Rendimiento .....	14
4.4. Indicadores de madurez en cosecha .....	15
4.5. Indicadores de madurez en postcosecha .....	17
<b>V. CONCLUSIÓN</b> .....	18
<b>VI. REFERENCIAS</b> .....	19
<b>VII. ANEXOS</b> .....	22

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Resumen de los principales resultados reportados por la implementación de polinización electrostática en cultivos hortofrutícolas alrededor del mundo.....	8
<b>Cuadro 2.</b> Cuaja (%) de cerezos cv. 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.....	12
<b>Cuadro 3.</b> Retención (%) de cerezas cv 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.....	13
<b>Cuadro 4.</b> Rendimiento (kg/ha) de cerezas cv. 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.....	14
<b>Cuadro 5.</b> Indicadores de madurez en cosecha de cerezas cv. 'Regina' con dos tratamientos de polinización: Tradicional y Asistida.....	15
<b>Cuadro 6.</b> Indicadores de madurez en postcosecha de cerezas cv 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.....	17

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Estados fenológicos de cerezos cv. 'Regina'.....	22
<b>Anexo 2.</b> Distribución de los estados fenológicos de cerezos cv. 'Regina' al momento de la aplicación de la Polinización Asistida.....	22
<b>Anexo 3.</b> Programa de fertilización nutricional implementado en el huerto.....	23



## I. INTRODUCCIÓN

La polinización es una de las etapas más cruciales en la producción frutícola. El proceso consiste en la transferencia del polen desde las anteras al estigma, a través de agentes polinizadores, principalmente insectos (Gil, 2012). En cerca del 84% de los cultivos para el consumo humano la polinización es realizada por las abejas (FAO, 2015).

En los últimos años, se ha generado gran preocupación por la disminución en la cantidad de abejas a nivel mundial. Sólo en Estados Unidos, se estima una reducción del 45% de la población de estos insectos en los últimos 60 años (Johnson *et al.*, 2010). Otras estimaciones han observado una disminución de 4,2 a 2,4 millones en las colmenas en Estados Unidos, entre los años 1981 a 2007 (Martin-Culma y Arenas, 2018) Actualmente, la tasa de extinción de las abejas sería 100 a 1000 veces mayor de lo normal, asociado principalmente a consecuencias de la actividad humana, junto con las variaciones ambientales derivadas del cambio climático global (Greenpeace, 2013).

La disminución de las abejas representa una importante amenaza para la producción frutal, ya que la mayoría de las especies de interés comercial dependen de ellas para la polinización de sus flores. Frente a este problema, se han desarrollado algunas estrategias para realizar una polinización asistida o completamente artificial. Entre ellas destaca la utilización de sistemas electrostáticos aerodinámicos, con los cuales se puede asperjar directamente el polen a las flores. Esta tecnología genera un campo eléctrico ionizado, aumentando la probabilidad de que los granos de polen lleguen al estigma floral (Bowker y Crenshaw, 2007). Estudios realizados en almendros han observado un depósito de polen en el estigma por aplicación electrostática, seis veces mayor al realizado sólo por las abejas. Además, el polen mantuvo una germinabilidad del 80% y generó 20% más de fructificación en los árboles (Aristizábal, 2007).

En el cultivo del cerezo, la polinización y cuaja alcanzan niveles muy bajos comparado con otras especies frutales. Entre las razones que explicarían esta situación, se encuentran las frías y nubosas condiciones ambientales durante el periodo de floración, junto con el uso de cubiertas plásticas para protección de la lluvia, las cuales dificultarían la actividad de las abejas y la fecundación de los frutos. Frente a esto, algunos productores han realizado aplicaciones de polen con equipos electrostáticos para apoyar la polinización de las abejas. Sin embargo, la efectividad de esta labor aún es discutida.

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de una polinización asistida en la producción y calidad de cerezos cv 'Regina' en un huerto comercial en la zona central de Chile.

## **1.1. Hipótesis**

La polinización asistida aumenta la cuaja, retención y producción de la fruta en cerezos cv. 'Regina'.

## **1.2. Objetivo general**

El objetivo general fue determinar la eficacia de una polinización asistida en la cuaja, retención y producción de frutos en cerezos cv. 'Regina'.

## **1.3. Objetivos específicos**

- Evaluar el nivel de fruta cuajada sometida a la aplicación de polinización asistida en plantas de cerezos cv. 'Regina'.
- Analizar el porcentaje de retención de fruta expuesta a polinización tradicional y asistida en plantas de cerezos cv. 'Regina'.
- Comparar rendimientos de cosecha de la fruta con y sin polinización asistida en plantas de cerezos cv 'Regina'.
- Evaluar la calidad de la fruta a cosecha y postcosecha con y sin polinizacion asistida.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Importancia económica del cultivo del cerezo

En el año 2019, la superficie mundial de cerezos rondaba las 443 mil ha (FAO, 2019). En Chile, el cultivo se encuentra en una fase crecimiento progresivo, con una superficie aproximada de 40 mil ha (ODEPA-CIREN, 2019).

La producción es destinada principalmente al comercio exterior, alcanzando un volumen de 228.548 t de cerezas exportadas durante la temporada 2019/2020, a más de 40 países (ODEPA-CIREN 2019). El principal destino es Asia, que representa un 90% del total exportado, del cual el 95% se queda en China (Carrillo, 2018). La producción en contra estación y el Año Nuevo Chino son algunas de las razones que explican el crecimiento de las exportaciones de las cerezas chilenas (ProChile, 2020).

### 2.2. Antecedentes generales del cerezo

El cerezo (*Prunus avium* L.) es una especie frutal perteneciente a la familia Rosaceae, originario de las regiones alrededor de Europa, Asia Menor y el Norte de África. El árbol es caducifolio con una altura máxima de 25 m y un hábito de crecimiento acrotónico en estado silvestre (Quero-García *et al.*, 2017).

Las yemas vegetativas se presentan tanto en ramillas, dardos o el tronco. En cambio, las reproductivas se ubican sólo en dardos de dos o más años, y en la base de los crecimientos anuales (Quero-García *et al.*, 2017).

La época de floración dura alrededor de 25 días en Chile central, a partir del 15 de septiembre con diferencias de 10 días entre variedades. El periodo efectivo de polinización (PEP) es corto, variando entre 3 a 5 días según la temperatura (Gil, 2012).

#### 2.2.1. Características del cultivar 'Regina'

En la actualidad se conocen alrededor de 132 variedades de cerezos en el mundo, las cuales se pueden clasificar según su época de floración en tempranas, medias y tardías, o por su tipo de reproducción, como autofértiles o de polinización cruzada (Rodrigo *et al.*, 2019).

La variedad 'Regina' fue creada por el Jork Institute en Alemania, a través de una cruce entre 'Schneiders Spate' y 'K x Ruby'. Los árboles tienen un crecimiento vigoroso, forma piramidal y ramas de larga extensión (Álvarez, 2013).

'Regina' requiere de polinización cruzada para la fecundación de sus frutos, siendo compatible con 'Kordia', 'Sam', 'Schneider', 'Sylvia' y 'Sumburst', entre otras. En zonas con inestables condiciones ambientales durante la floración, como el sur de Chile, se recomienda utilizar más de un polinizante, para lograr una buena sincronización y cuaja (Dellinger, 2012).

La variedad presenta una productividad de 12 a 18 t/ha (Ellena, 2012). La fruta alcanza un color rojo oscuro, alta firmeza en el árbol y destaca por su tolerancia a la partidura por lluvia (Quero-García *et al.*, 2017). La cosecha es de las más tardías, ocurriendo en Chile alrededor de la tercera y cuarta semana de diciembre, hasta la primera de enero (Álvarez, 2013).

### **2.2.2. Portainjerto 'GiSelA 6'**

'GiSelA 6' es un híbrido interespecífico creado en la Universidad Justus Liebig de Giessen en Alemania, a través de la cruce de 'Schattenmorelle' y '*Prunus canessens*'. El patrón es semienanizante (vigor medio a débil), hábito de crecimiento de ramas abiertas y buena productividad (Leiva *et al.*, 2017).

Los cerezos injertados sobre 'GiSelA 6' muestran una reducción del crecimiento vegetativo a partir de 5-6 años después de la plantación. Se ha verificado que en la etapa inicial presentan un fuerte crecimiento, alcanzando su volumen predestinado, pero luego éste se reduce (Dellinger, 2012).

### **2.3. Biología floral del cerezo**

El cerezo es un árbol frutal que requiere altas necesidades de frío invernal para poder florecer, con valores entre las 500 y 1.500 Horas Frío (HF) bajo 7 °C, dependiendo de la variedad (Torres, 2017). La antesis de las flores se produce durante las primeras horas de la mañana, siendo este momento cuando el estigma presenta la mayor receptividad al polen, descendiendo paulatinamente en los días sucesivos. La floración suele durar 8 a 12 días en zonas con temperaturas entre 20 a 25 °C (Lesser, 2004).

Las flores son simples, hermafroditas, de color blanco, agrupadas en corimbos de 1 a 5. Las inflorescencias pueden formarse tanto en yemas florales ubicadas en la base de las maderas de 1 año (yemas aisladas) o en dardos sobre madera de dos o más años (yemas de dardos) (Donoso *et al.*, 2011).

El desarrollo del fruto sigue una curva doble sigmoidea dividida en 3 etapas. La primera corresponde al periodo de división celular, desde la floración hasta el endurecimiento del carozo

(10-25 días), en donde se alcanza un 15% del crecimiento final. Luego, en la segunda etapa disminuye la tasa de crecimiento en tamaño y cambia la coloración del fruto de verde a pajizo. Por último, en los 25 a 30 días previos a la cosecha, ocurre la tercera fase, desarrollándose la elongación celular y el mayor aumento en el tamaño del fruto (80% del crecimiento final) (Gil, 2012).

## **2.4. Polinización**

La polinización es el proceso de transporte del polen desde las anteras hasta el estigma de una flor, lo cual propicia la fecundación del óvulo. El proceso varía de acuerdo a cómo se traslada el polen entre las flores y según la fisiología reproductiva de las especies vegetales (De la Cuadra y Le Boulenge, 2019).

En las especies frutales, el polen se mueve principalmente por el viento (anemófila) y por medio de los insectos (entomófila). Esta última forma es la que ocurre en los frutales de pepita y carozo (García, 2011).

En cuanto a la fisiología floral, algunas especies como el cerezo requieren de la recepción de polen de variedades distintas para lograr la fecundación del ovulo. Este mecanismo deriva de una incompatibilidad genética, haciendo a la planta autoestéril y obligando la generación de descendencia con información cromosomática diferenciada, que favorezca la supervivencia de la especie. El gen S se ha identificado como el responsable de esta esterilidad, el cual incluye distintos alelos incompatibles entre ellos mismos (Grau, 2007).

Por otro lado, otras especies tienen la capacidad de poder auto fecundarse, aceptando el polen de la misma flor. En cerezos, esta facultad se ha logrado gracias a una mutación del gen S (gen Sf) (Donoso *et al.*, 2011).

Entre las variedades de cerezos de polinización cruzada con mayor superficie en Chile se encuentran 'Regina', 'Bing' y 'Kordia', mientras que en las autocompatibles están 'Lapins' y 'Santina' (CIREN-ODEPA, 2020).

La elección de las variedades para el establecimiento de un huerto debe considerar la pertenencia a grupos compatibles para asegurar una productividad frutal (Donoso *et al.*, 2011).

### **2.4.1. Factores que afectan la polinización en cerezos**

La polinización en los cerezos depende de las condiciones ambientales, factores logísticos y la preparación de las colmenas.

La polinización es variable a lo largo del día. Los mejores porcentajes se obtienen en las primeras horas de la mañana, producto de una mayor actividad de las abejas en condiciones de temperatura óptima. Se ha observado mayor vuelo de estos insectos entre 15 a 26 °C (Donoso *et al*, 2011).

La ubicación de las colmenas es otro factor que influye en la eficacia de la polinización. Cuando las colmenas son puestas próximas al cultivo de interés, facilita que las abejas lo visiten y se logre un mayor porcentaje de cuaja, que cuando son ubicadas lejos o cerca de distractores como malezas o otras especies en floración (Estay, 2012).

Por último, dependiendo de la especie, se requiere de una cantidad mínima de las colmenas por hectárea para lograr una buena polinización. En cerezos, al menos son necesarias 8 colmenas por hectárea, libres de enfermedades y plagas, con un número de abejas que salen de la piquera igual o mayor a 50, para lograr una alta polinización (Pavez y Lobos, 2020).

#### **2.4.2. Antecedentes biológicos de las abejas**

La abeja (*Apis mellifera*) pertenece al orden Hymenóptera, cuyos miembros se caracterizan por presentar alas membranosas, de las cuales el par delantero es más grande que el trasero, y también por su particular vida en sociedad (Montenegro, 2016).

Según las cifras del Formulario de Registro de Apicultores y Declaración de Apiarios (FRADA), hasta el año 2017 la cantidad inscrita de apicultores en Chile era 4.567, y el número de colmenas era 779 mil, agrupadas en 8.851 apiarios. La superficie nacional que requiere la presencia de abejas para la polinización es de 177 mil ha, siendo las principales especies demandantes las pomáceas y los carozos (Estay, 2012).

Además de ser considerada como el principal agente polinizador a nivel mundial, la abeja es uno de los seres vivos más inteligentes y estructurados en la biodiversidad actual. Estos insectos presentan una jerarquía social especializada, de tal forma que cada individuo tiene una función específica dentro de la colmena (Montenegro, 2016).

Los rangos jerárquicos se dividen en: reina, que es la única hembra fértil de la colmena, capaz de oviponer alrededor de 2 mil huevos diarios; obreras, que se encargan de la colecta de alimentos, mantención y preparación de la colmena; y los zánganos, cuya única función es fecundar a la reina y mantener la temperatura estable dentro de la colmena (Montenegro, 2016). Para alcanzar el estado adulto y realizar su respectiva labor tardan 16, 21, y 24 días respectivamente (Pavez y Lobos, 2020).

Durante la floración, las abejas obreras salen a recolectar el néctar de las flores y, de forma indirecta, realizan la transferencia del polen entre ellas (Estay, 2012). A diferencia de otros insectos, las abejas visitan sólo una especie de flor durante sus viajes (Bradbear, 2004).

Las flores del cerezo son atractivas para las abejas, debido a que son vistosas y contienen hasta 13 mg diarios de néctar con 55% de azúcar, lo cual las hace muy atractivas (Gil, 2012).

## **2.5. Polinización Asistida**

La polinización asistida es una labor complementaria para la transferencia del polen y aumentar la fecundación de los cultivos hortofrutícolas (Pinillos y Cuevas, 2008). Algunos ejemplos son la polinización manual, refuerzo de polen en piqueras, implementación de corredores biológicos para la atracción de más agentes polinizadores y la polinización mecánica a través de equipos pulverizadores (Lina y Protacio, 2013).

Entre las metodologías de polinización mecánica se encuentran las aplicaciones de polen a través pulverizadores electrostáticos, los cuales generan una nube de solución cargada con partículas de agua y polen. La carga electrostática posibilita que la solución sea atraída a las estructuras florales, lo que favorece su fecundación (Vaknin *et al.*, 2000). La eficiencia de la polinización asistida con pulverizadora electrostática depende de aspectos técnicos, morfológicos de la planta y climáticos.

Entre los aspectos técnicos, se encuentran las características del equipo pulverizador, la forma de carga de la solución y cómo es implementada la aplicación en el campo. Existen distintas técnicas para cargar la solución, siendo uno de los más utilizados el principio de carga por inducción electrostática, el cual realiza una transferencia de energía desde un electrodo cilíndrico cargado hacia la solución (Aristizábal, 2008). La carga eléctrica de las gotas depende del voltaje utilizado, aunque un nivel muy elevado puede generar desestabilidad hidrodinámica de las gotas rompiéndose en unidades más pequeñas sin carga. Además, la distancia entre la boquilla y la planta también influye en la carga eléctrica de las gotas, ya que mientras mayor es el tiempo de recorrido mayor es la pérdida de carga (Zhao *et al.*, 2005).

Respecto a las características morfológicas de las plantas es relevante la anatomía floral, ya que en flores donde el estigma sobresale, la transferencia de polen es más eficiente que en aquellas que no (Corbet *et al.*, 1982). Además, los electrones permanecen relativamente estacionarios sobre las plantas concentrándose más en lugares afilados y finos como los extremos de hojas o flores (Vaknin *et al.*, 2000).

Por último, las principales variables climáticas que afectan la eficiencia de la polinización electrostática son el viento y la temperatura. Cuando las aplicaciones son realizadas con una velocidad del viento mayor a 10 m/s la efectividad de la polinización es casi nula, debido a que las fuerzas electrostáticas no son capaces de captar el polen (Bowker y Crenshaw, 2007). Por otro lado, la temperatura al momento de la aplicación, afecta las cargas superficiales de las plantas. Por ejemplo, en días despejados las cargas superficiales suelen ser negativas, en cambio en condiciones de baja temperatura, como con cielo cubierto o lluvia, puede ocurrir una variación en el campo eléctrico y volverse las cargas positivas (Maw, 1962).

A continuación, se presenta un resumen de los principales resultados de experiencias realizados en polinización electrostática en cultivos hortofrutícolas:

**Cuadro 1.** Resumen de los principales resultados reportados por la implementación de polinización electrostática en cultivos hortofrutícolas alrededor del mundo.

Ubicación	Temporada	Cultivo	Principales resultados reportados	Referencia
Bristol, Reino Unido.	1972-1973	Manzano	-Aumento de la cuaja en aplicaciones mecánicas del polen. -Sin variaciones en el rendimiento cuando el polen fue aplicado electrostáticamente.	Williams y Legge, 1979
Vernisson, Francia.	1997	Alerce	-Aumento de 3 veces en la cantidad de polen sobre las brácteas, cuando el polen se aplicó de manera electrostática (15 granos frente a 5 granos de polen por bráctea con polinización tradicional).	Philippe y Baldet, 1997
Wisconsin-Madison, Estados Unidos.	1999	Dátiles	-Aumento de 75% a 185% en la cuaja de las flores con la aplicación de polen cargado. -Mayor cobertura de polen en el estigma de flores cuando se aplicó electrostáticamente.	Bechar <i>et al.</i> , 1999
Kibbutz Yizreel, Israel.	1998	Almendo	-Aumento de un 13% en el rendimiento por aplicación electrostática de polen. -Disminución en un 5% del peso del fruto cuando se aplicó polinización electrostática.	Vaknin, Gan-Mor y Eisikowitch, 2000
Valle San Joaquín, California, EE.UU.	1998	Pistacho	-Aumento de 11,3% en el rendimiento cuando se implementó polinización electrostática. -Reducción de un 18% de nueces partidas y 60% las nueces en blanco.	Vaknin, Gan-Mor y Eisikowitch 2000
New Jersey, Estados Unidos.	2000	Almendo	-Aumento en 5,6 veces en el depósito de polen en el estigma de flores cuando se aplicó electrostáticamente.	Law, 2000
Washington, Estados Unidos	2015	Cerezo	-Aumento de 15% en el rendimiento cuando se implementó polinización electrostática.	Hansen, 2015
Washington, Estados Unidos	2015	Manzano	-Aumento de 56 y 75% en la cuaja por aplicación electrostática de polen.	Hansen, 2015



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización y Antecedentes de la Zona

El ensayo se realizó en el Cuartel 5 del Fundo La Estrella de la empresa Sociedad Comercial Agrícola Julio Giddings Ltda, en la comuna de San Clemente, Región del Maule (35°32'17.4"S, 71°27'31.4"O, 232 msnm).

La precipitación anual fue de 595 mm para el año 2018 y 418 mm en 2019 (Agrometeorología, 2020). En el año 2019, las temperaturas máximas fueron 24 y 25,6 °C en los meses de septiembre y octubre respectivamente, mientras que las temperaturas mínimas fueron -1,6 y -1 °C en los mismos meses.

La localidad presentó una acumulación de 959 horas frío en el año 2019, siendo una temporada con poca presencia de lluvias y temperaturas relativamente bajas a la salida del receso invernal.

El suelo se encuentra en la Serie Talca de clase de uso II (leve inclinación, drenaje moderado, y profundidad mayor a 70 cm) y origen sedimentario. Los suelos son moderadamente profundos, y tienen textura franca a franca arcilloso en superficie y arcillosa en profundidad (Rojas, 2005; Casanova, 2010).

#### 3.2. Material vegetal

Se trabajó con árboles de cerezo cv. 'Regina' en patrón 'GiSelA 6', plantados el año 2015. Los árboles tenían una distancia de plantación de 4,0 x 1,8 m (1.388 árboles/ha), orientación Este-Oeste y estaban conducidos en eje central.

El manejo nutricional y fitosanitario del huerto era convencional y aplicado acorde las necesidades del cultivo (**Anexo 3**). El riego era por goteo, con 2 líneas por hilera, 4 emisores por planta de 5,3 L/h de caudal. El agua provenía del canal Silva Henríquez Oriente (Ministerio de Agricultura, 2019).

#### 3.3. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en una Polinización Tradicional, con 10 colmenas de abejas por hectárea, a modo de testigo, y una Polinización Asistida con otras 10 colmenas de abejas por hectárea más dos aplicaciones de 40 g de polen 'Lapins' (Polen Chile) más aditivos no

informados, por medio de una pulverizadora electrostática modelo V Trellis Orchard (On Target Spray System, Mt Angel, Oregón, Estados Unidos)

Los tratamientos se establecieron en los cuarteles 5 Sur (Polinización Tradicional) y 5 Norte (Polinización Asistida) de 3,8 ha, ambos con cubiertas plásticas desplegadas durante todo el periodo de floración. Las evaluaciones se realizaron en las dos hileras centrales de cada cuartel.

### **3.4.1. Indicadores de productividad**

El efecto de los tratamientos de polinización fue evaluado en los siguientes indicadores de productividad:

- Cuaja (%): número de frutos fecundados respecto al total de flores formadas por centro frutal.
- Retención (%): número de frutos que llegaron a cosecha respecto al total de frutos fecundados por centro frutal.
- Rendimiento (kg/ha): producción de fruta/árbol por el número de árboles/ha.

La cuaja y retención fueron evaluadas mediante el seguimiento fenológico de 3 centros frutales/árbol con al menos 15 flores/centro frutal, en 10 árboles/tratamiento (5 árboles/hilera). Mientras que el rendimiento fue estimado de la cosecha completa de 3 árboles aleatorios por tratamiento.

### **3.4.2. Indicadores de madurez a cosecha y postcosecha**

Al inicio de la cosecha comercial, se recolectaron 10 kg de fruta por tratamiento y se transportaron en un *cooler* a los laboratorios del Centro de Pomáceas (CP) de la Universidad de Talca. La fruta se dividió en dos lotes de 5 kg cada uno, realizándosele un análisis inmediato a uno y el otro se empacó en bolsas de atmósfera modificada (Envases Pac Life, Santiago, Chile) y se guardó en las cámaras de frío convencional del CP (0 °C y 90% H.R.).

Los indicadores de madurez evaluados fueron:

- Peso (g): medido con una balanza gravimétrica modelo Belltronic Scales.
- Diámetro (mm): medido con un pie de metro digital.
- Color (1-5): clasificado de acuerdo a la Tabla para Color y Calibre de Cerezas de la Pontificia Universidad Católica de Chile, como rojo claro (1), rojo (2), rojo caoba (3), caoba oscuro (4) y negro (5).
- Firmeza (g/mm): estimada con un medidor FirmTech II (BioWorks Inc, Wamego, USA).
- Sólidos solubles (°Brix): medido con un refractómetro digital (PAL-1, Atago, Tokyo, Japón),

Las evaluaciones fueron realizadas a una submuestra de 60 frutos/tratamiento (6 repeticiones de 10 frutos).

### **3.5. Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental fue en parcela dividida, con dos tratamientos, 10 repeticiones para las mediciones de los árboles en el campo y 6 para los análisis de la fruta en laboratorio.

El análisis estadístico fue realizado con el programa Statgraphics versión 18-X64, mediante un análisis de varianza simple, considerando diferencias estadísticas con un valor  $p \leq 0,05$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Cuaja

La cuaja corresponde a la transformación de una flor a fruto (Kang *et al.*, 2011). La evolución de esta variable puede estimarse como la razón porcentual entre el número de frutos fecundados y el total de flores formadas en la planta.

A continuación, se presenta la cuaja de los árboles en los dos tratamientos de polinización.

**Cuadro 2.** Cuaja (%) de cerezos cv. 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.

Tratamiento	Cuaja (%)
Polinización Tradicional	14,1
Polinización Asistida	18,2
Significancia	n.s
Valor P	0,29

n.s: no significativo; \*: significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\*: altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

En este ensayo la cuaja rondó entre 14 a 18%, similar a lo reportado en otras variedades de cerezos, cuando se midió la germinabilidad del polen bajo distintos tratamientos de polinización en condiciones de campo y laboratorio (Békefi y Brózik, 2005; Tosun y Koyunku, 2007).

La cuaja tendió a ser más alta en los árboles con polinización asistida respecto a los que recibieron tradicional, aunque sin diferencias significativas. Estos resultados se pueden deber principalmente a factores climáticos al momento de la aplicación. En estos días la temperatura promedio fue de 11 °C, lo cual sería desfavorable para la adherencia del polen (Hedhly, 2005). Además, las condiciones ambientales durante la floración y los primeros días de formación del fruto continuaron bajas, con un valor promedio de 10 °C entre los meses de septiembre y octubre, lo que pudo desfavorecer el vuelo de las abejas (Gil, 2000).

Otro factor ambiental que pudo haber influido en la mínima diferencia de cuaja entre los tratamientos, fueron las bajas temperaturas nocturnas, cuyo valor rondó en 6 °C promedio en el periodo de floración. En condiciones con temperaturas nocturnas bajo 10 °C, se ha observado que la viabilidad del polen y, por ende, su capacidad germinativa disminuye en alrededor de un 50% (Hernandez, 2002).

Williams y Legge (1971) en un ensayo en manzanos aplicaron polen cargado electrostáticamente en forma mecanizada, y obtuvieron un aumento en la cuaja. Sin embargo, en los años posteriores el efecto fue negativo. Los investigadores atribuyen esta diferencia a que, en la primera temporada de estudio, las condiciones climáticas fueron más favorables que las siguientes, con temperaturas más bajas y con presencia de lluvia.

Por otro lado, evaluaciones de polinización asistida realizadas en dátiles mostraron un aumento del 85% en la cuaja (Bechar *et al.*, 1999), lo que entrega un precedente que el tratamiento puede tener efecto positivo en algunas especies.

La cuaja es una etapa crucial en el desarrollo productivo de los cultivos. En los cerezos se alcanzan valores bajos en comparación con otros frutales, por lo que el poder aumentar este indicador a través de herramientas externas, como la polinización asistida electrostática, puede constituir un gran aporte a la rentabilidad del cultivo, no obstante se requiere de más investigación para lograr los resultados observados en otras especies.

## 4.2. Retención

La retención corresponde a la razón porcentual entre el número de frutos que llegaron a cosecha y el número de frutos fecundados por centro frutal. Este indicador representa la inversa de la tasa de aborto frutal (pasma).

A continuación, se presenta los valores de retención de los árboles en los dos tratamientos de polinización.

**Cuadro 3.** Retención (%) de cerezas cv 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.

Tratamiento	Retención (%)
Polinización Tradicional	50,9
Polinización Asistida	52,6
Significancia	n.s
Valor P	0,24

n.s = no significativo; \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

Los resultados mostraron que la fruta de los árboles con polinización asistida, tuvieron una retención levemente más alta, en comparación de los que recibieron una polinización tradicional. Sin embargo, esta diferencia no logra ser estadísticamente significativa.

En las especies frutales, la retención depende de múltiples variables climáticas y de manejo. La acumulación de frío invernal (horas  $< 7$  °C) es clave para la fertilidad de las flores y viabilidad de los frutos. Una acumulación insuficiente reduce la cuaja y aumenta el aborto floral (Couvillon, 1995). Entre los meses de mayo y agosto en la temporada 2019, la acumulación de frío invernal en el huerto alcanzó 959 h  $< 7$  °C, valor casi al límite del requerimiento de la variedad 'Regina' (1.000 HF) (FDF, 2010), lo cual pudo haber influido negativamente en la fertilidad de las flores.

Otro factor climático que puede afectar la retención del fruto es la presencia de heladas ( $T^{\circ} < 0$  °C) durante el periodo de floración. La ocurrencia de este fenómeno, incluso cuando la flor aún

se encuentra cerrada, puede generar daños internos, como necrosis en el estilo y ovario, dejando la flor estéril o propensa a caer prontamente (Cazanga, 2012). Durante septiembre de 2019, en el huerto se registraron temperaturas de -1,9 °C por alrededor de 4 h, lo cual pudo haber afectado el desarrollo de las yemas y posterior crecimiento de los frutos.

Por último, la sincronía de floración entre la variedad principal y los polinizantes es otro factor relevante en la retención. Este desfase en el desarrollo morfológico de las flores genera que las primeras fecundadas absorban antes las reservas de asimilados, dejando menor disponibilidad para las fecundaron después, lo que aumenta su probabilidad de aborto (Headly, 2003).

En síntesis, las condiciones climáticas de cada temporada son determinantes para el éxito en la formación y retención de los frutos. No obstante, la aplicación de una polinización electrostática podría favorecer una fecundación y desarrollo inicial homogéneo de los frutos del árbol, equilibrar la distribución de asimilados y evitar el aborto. Sin embargo, se requiere de mayor investigación para comprender estos efectos en cerezos.

### 4.3. Rendimiento

El Rendimiento se define como el peso total de la fruta por unidad de superficie. Esta variable depende de factores genéticos (variedad y compatibilidad polínica), ambientales (temperatura, humedad relativa y precipitaciones) y de manejo (conducción, podas, raleos y mantención) (Aliaga, 2017).

A continuación, se presentan los resultados en el rendimiento de los árboles con los dos tratamientos de polinización:

**Cuadro 4.** Rendimiento (kg/ha) de cerezas cv. 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.

Tratamiento	Peso frutal/ árbol (kg)	Rendimiento (kg/ha)
Polinización Tradicional	11,1	15.424
Polinización Asistida	13,3	18.479
Significancia	n.s	n.s
Valor P	0,52	0,52

n.s = no significativo; \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

El rendimiento de los árboles que recibieron polinización asistida tendió a ser superior al obtenido en los con polinización tradicional, aunque sin diferencias estadísticas.

Evaluaciones realizadas en otros cultivos, observaron una mayor adherencia del polen al estigma de la flor luego de una polinización electrostática, dando paso a una mayor formación de frutos y rendimiento a cosecha (Vaknin *et al.*, 2000). Philippe y Baldet (1997) observaron en

alceres 3 veces más cantidad de polen adherida en los estigmas de sus flores, cuando éste fue cargado electrostáticamente. Por su parte, Law (2000) registró un aumento de 5,6 veces en el depósito de polen en el estigma de almendros cuando la polinización se complementó con aplicación electrostática.

Investigaciones realizadas por Vaknin, Gan-Mor y Eisikowitch (1998) sobre polinización electrostática en almendro y pistacho, mostraron un aumento de 13 y 11,2% en el rendimiento de fruta a cosecha, respectivamente, en comparación con solo una polinización tradicional. No obstante, Williams y Legge (1973) no observaron variaciones en el rendimiento de manzanos cuando se aplicó polen cargado electrostáticamente, asociándolo a la presencia de precipitaciones y bajas temperaturas en las temporadas de estudio.

La mayoría de las investigaciones encontradas sobre polinización electrostática muestran un alza en la producción de fruta. No obstante, también indican que la efectividad del tratamiento dependerá de las condiciones ambientales, tanto al momento de la aplicación como en la primera etapa de crecimiento del fruto. En cerezos, la investigación aún es incipiente, requiriéndose más trabajos para comprender la efectividad de este complemento.

#### 4.4. Indicadores de madurez en cosecha

Los indicadores de madurez son utilizados para conocer el estado general de un lote de fruta y analizar su evolución durante el almacenamiento (Candan *et al.*, 2017).

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de los indicadores de madurez de la fruta cosechados de los dos tratamientos de polinización.

**Cuadro 5.** Indicadores de madurez en cosecha de cerezas cv. 'Regina' con dos tratamientos de polinización: Tradicional y Asistida.

Tratamiento	Peso (g)	Diámetro (mm)	Color (1-5)	Firmeza (g/mm)	Sólidos solubles (°Brix)
Polinización Tradicional	12,4	28,1	4,0	285,0	19,1
Polinización Asistida	11,7	28,2	4,4	262,6	20,4
Significancia	**	n.s	**	**	**
Valor P	0,01	0,92	0,00	0,00	0,01

n.s = no significativo; \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ )  
Análisis de la variable Color a través del Test de Kruskal-Wallis.

Al momento de la cosecha, los indicadores de madurez mostraron variación en la mayoría de las variables entre los tratamientos. Aunque con baja magnitud en las diferencias.

El peso de la fruta tendió a ser más bajo en los árboles que recibieron polinización asistida, no obstante, dentro del requerimiento comercial (>10 g) (Flores, 2017). Esta disminución puede

derivar de una mayor cuaja y competencia de asimilados. A pesar de estas diferencias, no se observaron cambios en el diámetro de los frutos. En estudio realizados en 1998 por Vaknin, Gan-Mor y Eisikowitch en almendros cuando se aplicó polinización electrostática, el peso de la fruta disminuyó en 5%, situación similar al obtenido en este ensayo.

El color de la fruta cosechada de los árboles que recibieron polinización asistida tendió a ser más intenso que en los con polinización tradicional, aunque, ambos resultados promediaron en la misma categoría de color (4: caoba oscuro), considerado como el óptimo para la variedad 'Regina' (FDF, 2010). El buen desarrollo de color en la fruta fue favorecido producto de la ocurrencia de bajas temperaturas nocturnas durante el periodo previo a cosecha, lo cual reduce el consumo de carbohidratos en la respiración, y aumenta la cantidad de sustrato para la formación de compuestos fenólicos como las antocianinas (Arribillaga, 2013).

En cuanto a la firmeza y contenido de sólidos solubles, se observaron valores inferiores y superiores en los frutos con polinización asistida, respectivamente, lo que indicaría un estado de madurez más avanzado. La variedad 'Regina' se caracteriza por presentar valores altos de firmeza al momento de cosecha, cercanos a los 80 unidades durofel y alto contenido de sólidos solubles, alrededor de 19-21 °Brix (Candan *et al.*, 2017).

La maduración de las cerezas requiere de una alta demanda de fotoasimilados, por lo que una alta relación área foliar/fruto favorece un mayor calibre y acumulación de sólidos solubles (Flore y Layne, 1999). Los árboles estudiados se encontraban en su primer año de plena producción, con una carga frutal equilibrada, lo cual habría favorecido un buen desarrollo de la fruta (Blažková *et al.*, 2002).

En general, se puede observar un leve aceleramiento de la maduración en los frutos bajo Polinización Asistida, principalmente en un color más intenso, mayor acumulación de sólidos solubles y menor firmeza, consecuencia que debe tenerse presente en la planificación de cosecha.



#### 4.5. Indicadores de madurez en postcosecha

Luego de 30 días de almacenaje, los indicadores de madurez de la fruta mostraron los siguientes resultados:

**Cuadro 6.** Indicadores de madurez en postcosecha de cerezas cv 'Regina' con dos métodos de polinización: Tradicional y Asistida.

Tratamiento	Peso (g)	Diámetro (mm)	Color (1-5)	Firmeza (g/mm)	Sólidos solubles (°Brix)
Polinización Tradicional	11,8	28,4	4,1	322,1	19,1
Polinización Asistida	11,7	28,0	4,1	355,1	20,5
Significancia	n.s	*	n.s	**	**
Valor P	0,81	0,05	0,64	0,00	0,01

n.s = no significativo; \* = significativo ( $p \leq 0,05$ ); \*\* = altamente significativo ( $p \leq 0,01$ )

Análisis de la variable Color a través del Test de Kruskal-Wallis.

Tras la postcosecha, la mayoría de los indicadores de madurez mostraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, esta variación fue leve en todas las variables.

El peso y el diámetro de los frutos fueron iguales entre los tratamientos luego de 30 días de almacenaje, y muy similar al registrado en cosecha. También, el color se equilibró entre los tratamientos, y permaneció en la misma categoría desde la cosecha (4: caoba oscuro). Este atributo es de los más valorados al momento de comprar cerezas (Chiang *et al.*, 2018).

Los valores de firmeza fueron más altos en los frutos con Polinización Asistida, aunque con baja diferencia con los que recibieron Polinización Tradicional. En ambos tratamientos aumentó la firmeza de los frutos en postcosecha, debido principalmente a las condiciones de almacenamiento en frío que optimizan este indicador y le otorgan mayor crocancia (Candan *et al.*, 2017).

Con respecto a los sólidos solubles, los valores fueron similares entre los tratamientos y muy semejantes a los obtenidos en la cosecha.

En general, el comportamiento de los frutos en postcosecha fue equivalente entre los dos tratamientos de polinización, lo cual indicaría que no habría consecuencias en la senescencia de la fruta para las condiciones de conservación evaluadas. No obstante, son necesarios nuevos estudios para comprender los efectos en otras variedades de cerezas.

## V. CONCLUSIÓN

La implementación de una polinización asistida como complemento a la tradicional en cerezos cv 'Regina', aplicada a través de una pulverizadora electrostática, tendió a aumentar los indicadores de productividad expresados como la cuaja, retención y rendimiento de fruta.

La fruta cosechada de los árboles con polinización asistida presentó un leve adelanto en la madurez, en comparación con los que recibieron polinización tradicional. En postcosecha, los indicadores de madurez mantuvieron mínimas diferencias entre los tratamientos y valores muy similares a los de cosecha.

Futuras investigaciones debieran realizar evaluaciones en más variedades, así como comparación de resultados en distintas condiciones ambientales al momento de la aplicación. Además, se pueden realizar mejoras a las estrategias de evaluación, como mayor número de repeticiones, segmentar las mediciones en el árbol (interior y exterior, inferior y superior, etc.), a fin de homogenizar y reducir el error experimental.

## VI. REFERENCIAS

- Agrometeorología. 2020.** Estación Meteorológica de San Clemente. Recuperado en: <http://www.agrometeorologia.cl/>. Consultado el: 30 de abril del 2020.
- Álvarez, S. 2003.** Caracterización fenológica y productiva de 14 cultivares de cerezo dulce en la zona de Quillota V Región. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Quillota. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Aristizábal, I.D. 2008.** La pulverización electrostática de agroquímicos: teoría, evaluaciones y aplicaciones en el sector agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos.
- Arribillaga, D. 2013.** Manejo de pre y post cosecha del cultivo del cerezo (*Prunus avium* L.) en Chile Chico, Región de Aysén. Boletín INIA N° 265, 47 p.
- ASOEX. 2017.** Expediente de exportador, N° 1. Recuperado en: <http://www.asoex.cl>. Consultado el: 28 de septiembre del 2019.
- Barrera, D. 2018.** Apicultura chilena: actualización de mercado y estadísticas sectoriales. Recuperado en: <https://sgs.odepa.gob.cl/handle/20.500.12650/2593>. Consultado el: 05 de octubre del 2019.
- Bechar, A., Shmulevich, I., Eisikowitch, D., Vaknin, Y., Ronen, B., & Gan-Mor, S. 1999.** Modeling and experiment analysis of electrostatic date pollination. Transactions of the ASAE 42(6): 1511-1516.
- Békefi, Z.S., & Brózik, S. 2005.** Cross-compatibility studies in some Hungarian sweet cherry hybrids. Acta Hort. 667: 75–82. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.8>.
- Blažková, J., Hlušičková, I., & Blažek, J. 2002.** Fruit weight, firmness and soluble solids content during ripening of Karešova cv. sweet cherry. Hort. Sci. (Prague) 29(3): 92-98.
- Bowker, G.E., & Crenshaw, H.C. 2007.** Electrostatic forces in wind-pollination—Part 2: simulations of pollen capture. Atmospheric environment 41(8): 1596-1603.
- Bradbear, N. 2004.** La apicultura y los medios de vida sostenibles (Vol. 1). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura. Roma. 70 p.
- Candan, A.P., Raffo, D., Gomila, T., & Colodner, A. 2017.** Pautas para el mantenimiento de la calidad de cerezas frescas. Recuperado en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_pautas-para-el-mantenimiento-de-cerezas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pautas-para-el-mantenimiento-de-cerezas.pdf). Consultado el: 05 de octubre del 2019.
- Carrillo, M. 2018.** Año Nuevo Chino: Arándanos y cerezas llegan a Zhengzhou. Recuperado en: <https://blueberriesconsulting.com/ano-nuevo-chino-arandanos-cerezas-llegan-zhengzhou/>. Consultado el: 16 de marzo del 2020.
- Casanova, M. 2010.** Estudios de Suelos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Ingeniería y Suelos. 29 p.
- Cazanga, R. 2012.** Zonificación de la aptitud productiva de frutales y berries en la Región del Maule: bajo condiciones climáticas actuales y futuras (2009-2012). Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).
- Chiang, A., Schnettler, B., Mora, M., & Aguilera, M. 2018.** Perceived quality of and satisfaction from sweet cherries (*Prunus avium* L) in China: Confirming relationships through structural equations. Ciencia e Investigación Agraria 45(3): 211-219.
- Corbet, S.A., Beament, L., & Eisikowitch D. 1982.** Are electrostatic forces involved in pollen transfer? Plant, Cell and Environment 5: 125-129.
- Couvillon, G.A. 1994.** Temperature and stress effects on rest in fruit trees: a review. Acta Hort. 395: 11-20.

- De La Cuadra, S., & Le Boulenge, P.R. 2019.** Manual de polinización de cultivos agrícolas. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). 20 p.
- Donoso, J., Lemus G., Muñoz, C. & Desmarts D. 2011.** Consideraciones para optimizar la polinización en huertos de cerezos (*Prunus avium* L.). Revista Tierra Adentro 94: 20-24.
- Ellena, M. 2012.** Formación y sistemas de conducción del cerezo dulce. Boletín INIA N° 247: 165-184.
- Estay, P. 2011.** Servicios de polinización con abejas en frutales. Parámetros técnicos y de calidad. Revista de Actualidad Apícola del Consorcio Apícola 3: 4-8.
- FAO. 2019.** Definiciones para los fines del Codex Alimentarius. Recuperado en: <http://www.fao.org>. Consultado el: 28 de septiembre del 2019.
- FAO. 2019.** La reducción de la población de abejas es una amenaza para la seguridad alimentaria y la nutrición. Recuperado en: <http://www.fao.org>. Consultado el: 13 de enero del 2021.
- FDF. 2010.** Fichas técnicas variedades. Programa de Difusión Tecnológica en cerezos. Recuperado en: [http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/10\\_fichas\\_variedades\\_cerez.pdf](http://www.fdf.cl/biblioteca/publicaciones/2010/archivos/10_fichas_variedades_cerez.pdf). Consultado el: 13 de enero del 2021.
- Flores, C., 2017.** Uso de cobertor antipartidura y su efecto sobre la calidad y condición de la fruta y fisiología de cerezos (*Prunus avium* L.) cultivares Bing y Regina. Memoria de Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Talca, Chile. 35 p.
- Flore, J.A., & Layne, D.R. 1999.** Photoassimilate production and distribution in cherry. HortScience 34(6): 1015-1019.
- Gil, G. 2012.** Fruticultura: La Producción de Fruta: Frutas de climas templado y subtropical. Ediciones UC. Chile.
- Greenpeace. 2013.** El declive de las abejas peligros para los polinizadores y la agricultura de Europa. Nota técnica de la unidad científica de Greenpeace. Recuperado en: [http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el\\_declive\\_de\\_las\\_abejas.pdf](http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/Agricultura-ecologica/el_declive_de_las_abejas.pdf). Consultado el: 05 de octubre del 2019.
- Hansen, M. 2015.** Precision pollination mechanical pollination could end use of chemicals or hand labor for thinning. Recuperado en: <http://read.dmtmag.com/i/473131-march-15/31?> Consultado el: 5 de abril del 2021.
- Hedhly, A. 2003.** Efecto de la temperatura sobre la fase reproductiva en cerezo (*Prunus avium* L.). Recuperado en: <https://digital.csic.es/handle/10261/128750>. Consultado el: 09 de octubre del 2019.
- Hedhly, A., Hormaza, J.I., & Herrero, M. 2005.** Influence of genotype-temperature interaction on pollen performance. J. Evol. Biol. 18(6): 1494–1502. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1420-9101.2005.00939.x>
- Johnson, R.M., Ellis, M.D., Mullin, C.A. & Frazier, M. 2010.** Pesticides and honey bee toxicity — USA. Apidologie 41: 312–331. <https://doi.org/10.1051/apido/2010018>
- Kang, M., Yang, L., Zhang, B., & De Reffye, P. 2011.** Correlation between dynamic tomato fruit-set and source–sink ratio: a common relationship for different plant densities and seasons? Annals of Botany 107(5): 805-815.
- Leiva, C., Schmidt, C., Gajardo, G., & Rodríguez, A. 2017.** Manual técnico productivo y económico bajo condición actual y clima proyectado al 2030. CIREN. 216 p.
- Lina, D.P., & Protacio, C.M. 2013.** Assisted Pollination Techniques for Improved Fruit Quality Development in Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). In II Southeast Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems 1088: 501-504.
- Long, L.E., Kaiser, C., & Brewer, L.J. 2016.** Yield and fruit quality of 'Regina' sweet cherry (*Prunus avium* L.) comparing five semi-dwarfing rootstocks in combination with Kym Green Bush or Vogel central leader training systems. In XI International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems 1228: 193-196.

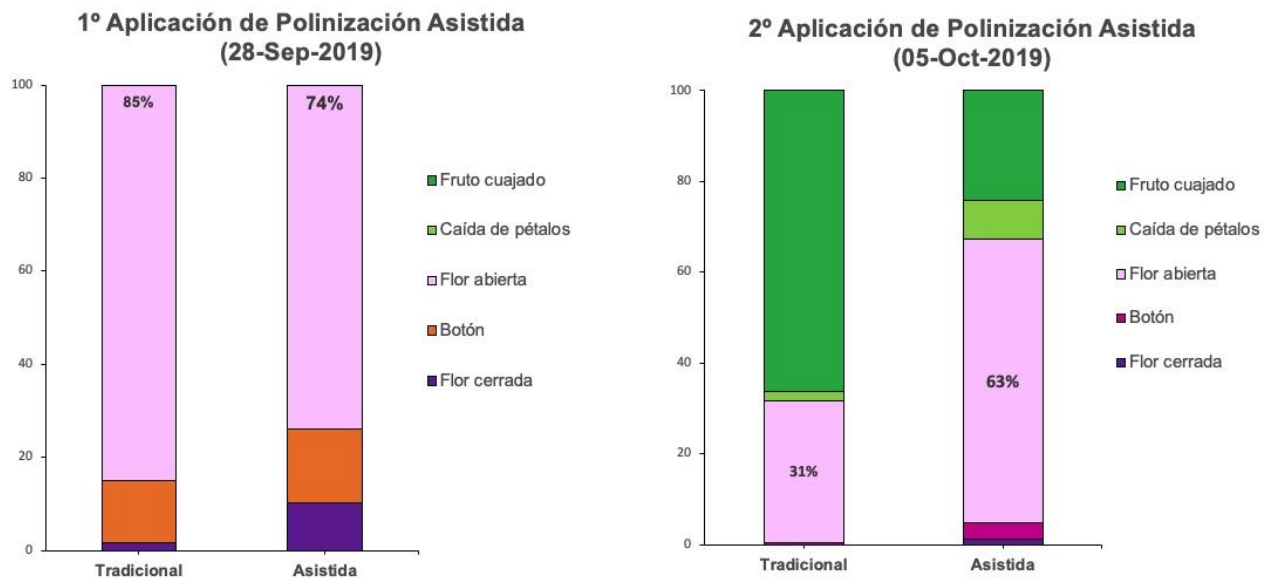
- Martin-Culma, N.Y. & Arenas-Suarez, N.E. 2018.** Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entomol. exp. appl.* 14(1): 232-240. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>
- Maw, M.G. 1962.** Some biological effects of atmospheric electricity. *Proceedings of the Entomological Society of Ontario* 92: 33–37.
- ODEPA. 2019.** Boletín de fruta fresca. Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletin-de-fruta-fresca-febrero-de-2019>. Consultado el: 28 de septiembre del 2019.
- Pávez, P. & Lobos, I. 2020.** Principios básicos en Apicultura. Boletín INIA N° 248. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/4025>. Consultado el: 19 de marzo de 2021.
- Philippe, G., & Baldet, P. 1997.** Electrostatic dusting: an efficient technique of pollination in larch. In *Annales des sciences forestières*. EDP Sciences 54(3): 301-310.
- Pinillos, V. & Cuevas, J. 2008.** Artificial Pollination in Tree Crop Production. *Hortic. Rev.* 34: 239- 276.
- ProChile, 2020.** Fruta fresca y seca en China. Recuperado en: <https://www.prochile.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/Estudio-Fruta-Fresca-China.pdf>. Consultado el: 13 de enero de 2021.
- Quero-García, J., Lezzoni, A., Putawska, J., & Lang, G. 2017.** Cherries: Botany, production and uses. Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). Boston, USA. 550 p.
- Rodrigo, J. 2011.** Biología reproductiva: factores que afectan a la polinización y al cuajado del fruto. Recuperado en: [https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/1775/1/2011\\_421.pdf](https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/1775/1/2011_421.pdf) Consultado el: 05 de octubre del 2019.
- Rodrigo, J., Negueroles, J., & Wünsch, A. 2019.** Elección de variedades polinizadoras en cerezo. *Revista de Fruticultura* 70: 68-71,
- Rojas, P. 2005.** La vitivinicultura y su proceso de expansión en ladera en el Valle de Lontué, Séptima Región del Maule. Descripción de suelos de la Región del Maule. Memoria de Geógrafo. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 108 p.
- Torres, C. & Barros, F. 2017.** El cambio climático y su efecto sobre la calidad de manzanas y cerezas. *Pomáceas Boletín Técnico* 17(4): 1-4.
- Tosun, F., & Koyuncu, F. 2007.** Investigations of suitable pollinator for 0900 Ziraat sweet cherry cv.: pollen performance tests, germination tests, germination procedures, in vitro and in vivo pollinations. *Hortic. Sci.* 34: 47–53.
- Vaknin, Y., Gan-Mor, S., Bechar, A., Ronen, B., Eisikowitch, D., 2000.** The role of electrostatic forces in pollination. *Plant Systematics and Evolution* 222: 133–142. <https://doi.org/10.1007/BF00984099>
- Williams, R.R., & Legge, A.P. 1979.** Pollen application by mechanical dusting in English apple orchards. *Journal of Horticultural Science* 54(1): 67-74.
- Zhao S., Castle S.P., Adamiak, K. 2005.** The effect of space charge on the performance of an electrostatic induction charging spray nozzle. *Journal of Electrostatics* 63: 261-272.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Estados fenológicos de cerezos cv. 'Regina'.



### Anexo 2. Distribución de los estados fenológicos de cerezos cv. 'Regina' al momento de la aplicación de la Polinización Asistida.



### Anexo 3. Programa de fertilización nutricional implementado en el huerto

<b>Momento de la aplicación</b>	<b>Producto</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Dosis/100 L</b>
40 a 25 días antes de brotación	Siberio	18,6% nitrógeno, 5,5% óxido de calcio	5 L
35 días antes de apertura de yemas	Erger	15% nitrógeno, 4,7% calcio	5 L
35 a 30 días antes de brotación	Syncron	80% materia orgánica 2% aminoácidos	2 L
Desde botón floral hasta floración.	Back boro	8% boro	150 cc
Desde puntas verdes	Back zinc	10% zinc	150 cc
Desde inicio de flor	Citogrower	6% Fósforo, 5% potasio, 2,5% aminoácidos	150 cc
Desde ramillete expuesto.	Metalosate de Calcio	9,5% de Calcio	164 cc
Desde aparición de brotes	Stimplex	Nitrógeno, Potasio soluble	200 cc
Desde fruto cuajado	Stimule Fruit sizer	Citoquininas, ácido giberélico	67 cc