



**Fraunhofer**  
CHILE

CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA DE SISTEMAS - DIVISIÓN AGRICULTURA

# POLINIZACIÓN Y AGRICULTURA SUSTENTABLE



Mejoramiento para la competitividad del sector agroalimentario a través de procesos innovadores de gestión de la polinización en la Región Metropolitana

FIC-R-RM 30194774-0

## Contenidos

1. CONTEXTO	Pág 4
2. EVOLUCIÓN DE LA POLINIZACIÓN	Pág 6
3. ABEJA MELÍFERA COMO POLINIZADOR	Pág 7
4. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	Pág 8
5. ACTIVIDADES	Pág 9
6. OBSERVACIONES DE CAMPO	Pág 14
7. RESULTADOS	Pág 18
8. PRODUCTO DE LA INVESTIGACIÓN	Pág 22
9. RECOMENDACIONES	Pág 26
10. GUÍA PARA UN ACUERDO DE POLINIZACIÓN	Pág 32



La creación, en 2011, del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC-R) del Gobierno Regional, ha sido un gran salto para la innovación y el fomento en la Región. Creemos que el objetivo básico de este fondo es impulsar la innovación en PYMEs a través del apoyo de la investigación aplicada que realizan las universidades y centros especializados, lo que ha implicado un gran avance, pero también muchos desafíos que proyectamos abordar.

El desarrollo de las PYMEs constituye un gran reto. El mercado les exige un nivel de competitividad que en muchas ocasiones les resulta complejo abordar, y que exige del Estado un fuerte apoyo en la generación de innovación. Debemos entender la innovación no solo desde el desarrollo de la tecnología y de la optimización de la gestión, sino además, desde la identidad social, donde cada persona constituye, si es correctamente guiada, un agente de cambio.

Hoy hablamos de organizaciones del conocimiento, basadas en personas que representan una identidad social, lugar desde el que debemos fortalecer a las PYMEs. Lo que llamamos innovación social.

En el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC 2013) una de las entidades adjudicatarias fue Fraunhofer, con su proyecto: "Mejoramiento de la competitividad del sector agro-alimentario a través de procesos innovadores de gestión de la polinización en la Región Metropolitana". Su mérito innovador radica en incentivar un sistema de polinización más eficiente, mediante la alianza estratégica entre los sectores hortofrutícolas y apícolas de la región, para tender a generar mayores y mejores frutos.

Creemos que es fundamental que los pequeños agricultores y apicultores sean apoyados en el diseño e implementación de estrategias de agregación de valor, a bajos costos, de manera cooperativa y natural. El propósito, entonces, es añadir valor a productos frutícolas junto con apoyar a los apicultores.

Esto va en concordancia con la carta de navegación que estableció la presidenta Bachelet para el desarrollo de PYMEs en la "Agenda de Productividad Innovación y Crecimiento" del Ministerio de Economía, cuyo sustento es fomentar la diversificación productiva y el impulso a sectores con alto potencial de crecimiento, pero también con el cuarto Eje Estratégico de desarrollo en nuestra región que es ser "Una región innovadora y competitiva", cuyo desafío fundamental es profundizar y diversificar el fomento productivo en la región, resguardando su identidad y relevando sus territorios.

La Región Metropolitana tiene el potencial para ser una de las metrópolis de referencia de América Latina, tanto en términos económicos como de innovación, enfrentando el reto de mantener la senda de crecimiento positivo, en forma sustentable y equitativa, diversificando sus actividades productivas hacia actividades con mayor valor agregado. Pero para ello se requiere coordinación y mecanismos de conexión entre las empresas, particularmente PYMEs, las entidades de conocimiento y las autoridades públicas.

Hoy se cierra un ciclo y culmina esta iniciativa, que constituye un gran aporte a sus beneficiados. Pero que es solo un grano de arena para el inmenso desafío, que este sector tiene, y que nosotros como Gobierno Regional, hemos asumido como tarea preponderante.



**Sr. Claudio Orrego Larrain**  
Intendente de la Región Metropolitana

## 1. CONTEXTO



Chile como potencia agroalimentaria se ubica **entre los tres mayores exportadores de 13 alimentos a nivel mundial.**



Somos un importante productor de **manzanas, kiwis, peras, cerezas, ciruelas, paltas y berries.**

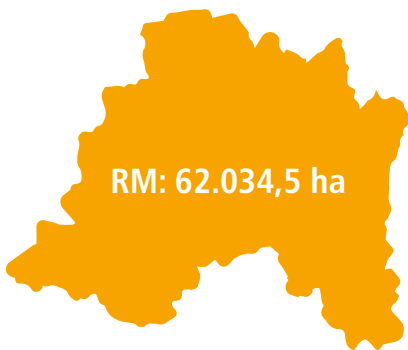


La actividad frutícola se distribuye desde el **extremo norte hasta la Región de Los Lagos.** En la zona centro-sur se localiza más del 80% de la superficie plantada.





La **Región Metropolitana** es la tercera región con mayor superficie de cultivos frutícolas: 62.034,5 ha.



Aun considerando estos antecedentes, el **rendimiento promedio de los principales cultivos no alcanza el de los países competidores.**



Un proceso de polinización deficiente es uno de los factores asociados al menor rendimiento en huertos comerciales, dentro del siguiente contexto:

- Una alta dependencia de los cultivos de la participación de las abejas para la producción de frutos y semillas para el consumo humano
- Un alto valor asociado tanto a la diversidad de alimentos como a sus propiedades nutricionales, organolépticas, número, tamaño y vida útil de frutos y semillas, características provenientes de una polinización exitosa
- La escasa asignación de valor a la participación de la abeja melífera en la producción de frutas, hortalizas y semillas por parte de los agricultores
- El uso de colmenas deficientes respecto de su estado sanitario y estructura poblacional para polinización por parte de los apicultores



## 2. EVOLUCIÓN DE LA POLINIZACIÓN

En el éxito evolutivo de las plantas con flores y su alta diversificación, los insectos –a través del proceso de polinización– han desempeñado un papel de gran importancia.

**Polinización** es la transferencia de polen desde el órgano reproductivo masculino de una flor al órgano femenino de otra flor. La polinización cruzada ocurre entre individuos diferentes de la misma especie. Si el polen es compatible, ocurre la fecundación del óvulo y la formación del fruto (Fig. 1).

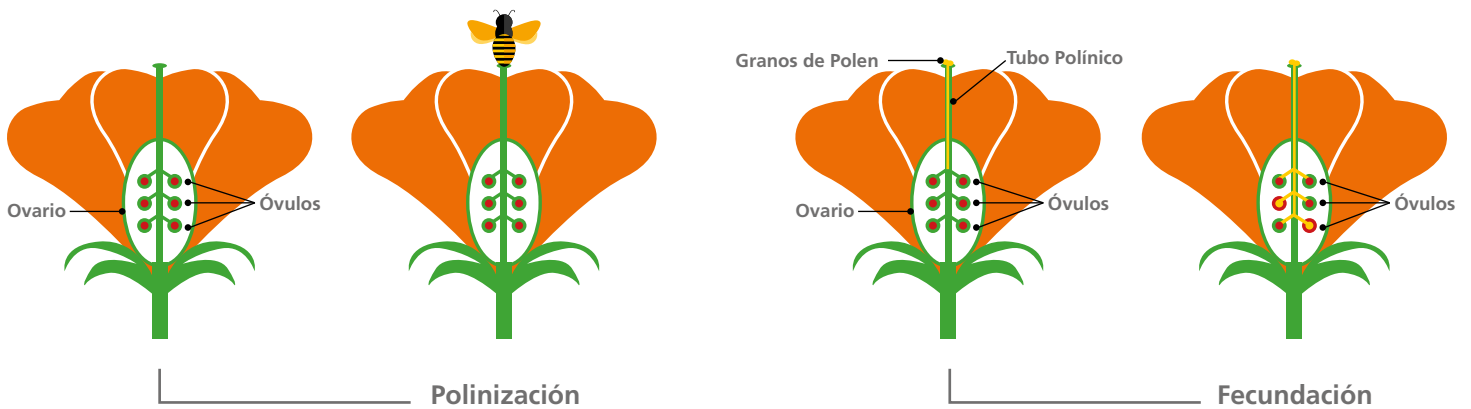


Figura 1. Procesos de polinización y fecundación

### LA POLINIZACIÓN, FACTOR CLAVE EN LOS CULTIVOS

- Aumenta el tamaño, la uniformidad, la cantidad y la calidad (textura y sabor) de los frutos
- Contribuye al 35% de la producción agrícola del mundo<sup>1</sup>
- Aumenta la vida útil de los frutos
- Incrementa la capacidad germinativa de las semillas
- Contribuye a la cuaja de los frutos
- Reduce la caída del fruto durante el crecimiento

<sup>1</sup> Klein et al. 2007



### 3. ABEJA MELÍFERA COMO POLINIZADOR

De todos los insectos, la abeja de miel (*Apis mellifera* L.) es el polinizador de huertos comerciales más eficiente, de mayor población y posibilidades para ser manejado por el hombre. Por este motivo, mejorar las prácticas de polinización es un desafío de primera importancia y una necesidad para apicultores y agricultores.

La fortaleza de la colmena (número de individuos) está directamente relacionada con la eficiencia de polinización<sup>2</sup>: una alta población de abejas tiene una mayor proporción de pecoreadoras que buscan néctar y polen entre las flores del huerto, lo que aumenta las probabilidades de ocurrencia de polinización (Fig. 2).

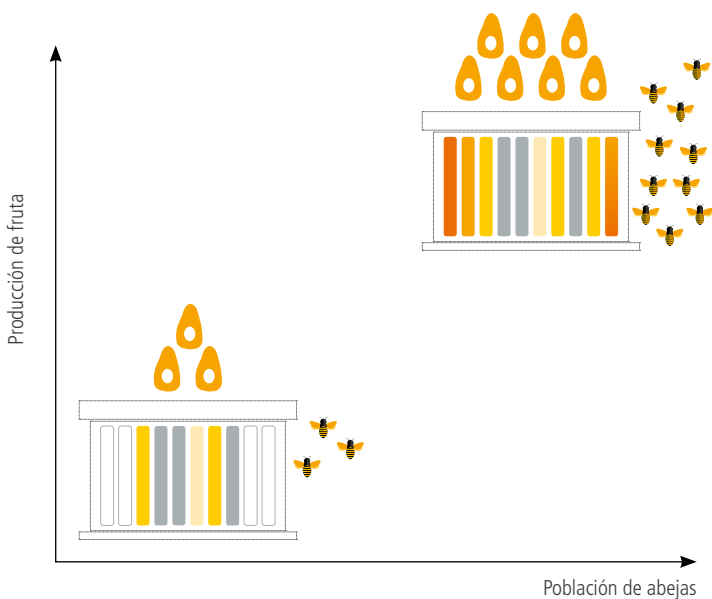


Figura 2. Eficiencia de polinización según fortaleza de la colmena

El principal servicio de las colmenas es la polinización, pero ¿son dependientes nuestros cultivos de la polinización por abeja melífera? (Fig. 3).

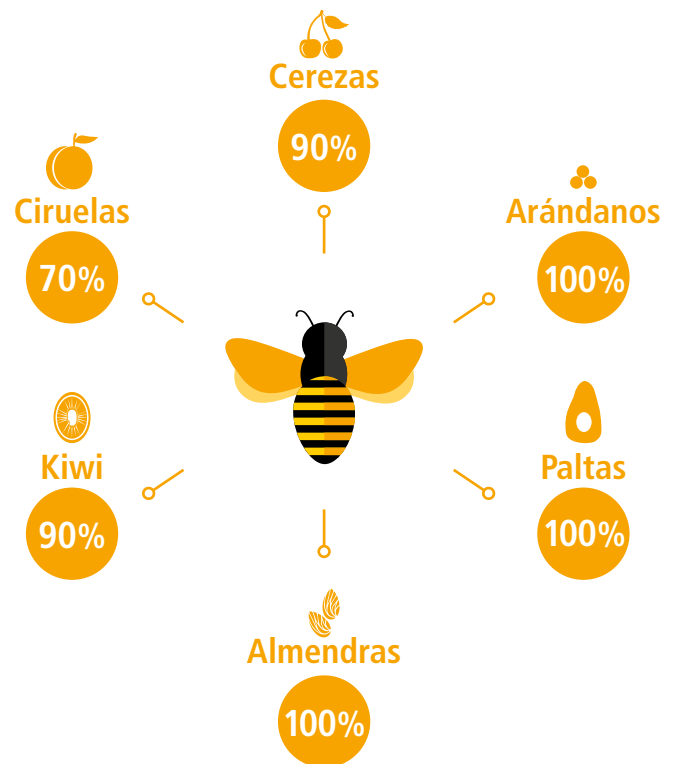


Figura 3. Expresión de dependencia de polinización de frutales<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> De la Cuadra, 2015

<sup>3</sup> Monck, 2008

## 4. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Considerando estos antecedentes, el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago financió el proyecto "Mejoramiento para la competitividad del sector agro-alimentario a través de procesos innovadores de gestión de la polinización en la Región Metropolitana", ejecutado por Fraunhofer Chile Research.

### Objetivo general del proyecto

Identificar los principales factores asociados a la eficiencia polinizadora de las colmenas de *A. mellifera* y transferir mejores prácticas y tecnologías al sector apícola.



### Rubros

Almendro / Cerezo / Ciruelo / Palto / Kiwi

### Huertos

14 huertos de la Región Metropolitana

### Provincias

Chacabuco / Cordillera / Maipo / Melipilla / Talagante

### Comunas

Lampa / Pirque / Buin / Paine / Talagante / El Monte  
Til Til / Melipilla / Peñaflo / Curacaví

30

Agricultores  
vinculados

100

Apicultores  
vinculados

354

Colmenas  
monitoreadas

  
354

Muestras de abejas adultas para  
análisis de *Varroa* y *Nosema*



## 5. ACTIVIDADES

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron diversas actividades de campo (con productores apícolas y agrícolas), de laboratorio y difusión, orientadas al logro del objetivo propuesto.

**A.** Se establecieron las visitas a los apiarios y huertos frutales (almendro, cerezo, ciruelo, kiwi, palta) en acuerdo con productores que formaron parte del estudio. En cada visita se registraron antecedentes generales en una encuesta a apicultores y agricultores con el fin de verificar los patrones de manejo de colmenas y del huerto (Fig. 4 y 5).



*Figura 4. Colmenas para polinización en huerto de almendros. Huelquén, comuna de Paine, agosto 2014.*



*Figura 5. Colmenas en huerto de cerezos en período de floración. La Trilla, comuna de Paine, septiembre 2014.*

**B.** En cada una de las visitas se observó el estado general de las colmenas y del huerto, se georreferenciaron los apiarios, se midieron y registraron las variables ambientales (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento), y se cronometró la entrada de abejas/minuto en la piquera (Fig. 6).



*Figura 6. Colmenas en huerto de ciruelos en período de floración. Chada, comuna de Paine, septiembre 2014.*

**C.** En cada uno de los huertos comerciales estudiados fue registrada la presencia de flora acompañante (Fig. 7) y de abejas nativas asociados a arbustos y malezas o bien visitando flores de los frutales estudiados.



*Figura 7. Flora de borde en huerto de almendros, Huelquén, comuna de Paine, agosto 2014.*

**D.** Se implementaron ensayos de exclusión de polinizadores en huertos de almendros y paltos con el fin de verificar el impacto de la abeja de miel sobre el número de frutos cuajados (Fig. 8).



*Figura 8. Ensayos de exclusión de polinizadores en huerto de palto, Cuncumén, comuna de Melipilla, septiembre 2015.*

**E.** Se realizó monitoreo de colmenas para conocer su estado sanitario y estructura poblacional (Fig. 9).



*Figura 9. Monitoreo de colmenas en huerto de almendros. Huelquén, comuna de Paine, agosto 2014.*

**F.** Registro de datos de estructura poblacional de las colmenas y estimación de miel y polen en cada marco de las colmenas seleccionadas (Fig. 10).



Figura 10. Registro de datos de monitoreo de colmenas.

**G.** Desde cada apiario se tomaron muestras de abejas adultas para análisis de *Varroa* y *Nosema* (Fig. 11). El análisis de plagas y enfermedades se realizó en el Laboratorio FCR ubicado en Pirque.



Figura 11. Toma de muestra de abejas adultas para determinar presencia y cuantificar plagas y patógenos.

H. Se etiquetaron colmenas con el fin de iniciar la implementación del Sistema Piloto FCR de trazabilidad de colmenas para polinización (Fig. 12 y 13).



Figura 12. Etiquetado de colmenas para incorporarlas en sistema de trazabilidad.



Figura 13. Colmena etiquetada y codificada incluida en Sistema FCR de trazabilidad de colmenas para polinización.

I. En el primer monitoreo, y en la medida que se desarrollaron estas actividades, se detectaron colmenas deprimidas en población de abejas adultas, crías y reservas de alimento para enfrentar el invierno. Dado que no se había establecido el origen de las condiciones observadas, se consideró necesario realizar un análisis de residuos de plaguicidas como potencial explicación.

De manera aleatoria se tomó una muestra de pan de abeja de cada apiario para este análisis (Fig. 14), el cual fue realizado por SGS Chile Ltda.

Esta actividad, no incluida en los objetivos del proyecto, fue financiada por FCR.



Figura 14. Muestra de pan de abeja colectado para análisis de residuos de plaguicidas.

## 6. OBSERVACIONES DE CAMPO

Se registraron las siguientes condiciones de manejo de colmenas y de huerto que impactarían sobre la eficiencia de polinización:

- A.** Aplicación de fungicidas, herbicidas e insecticidas dentro y fuera de la temporada de floración y en particular cuando las abejas se encuentran forrajeando, prácticas altamente riesgosas y que impactan negativamente sobre los polinizadores (Fig. 15).
- B.** Ausencia de fuentes de agua no contaminada para satisfacer las necesidades de las abejas.
- C.** Productos químicos para el control de *Varroa* aplicados de forma artesanal, que permanecen por tiempo indefinido dentro de la colmena. Como consecuencia, surgen ácaros resistentes, mueren abejas adultas y crías, reduciendo la fortaleza de la colmena, y se contaminan con residuos prohibidos la cera, miel, polen, propóleos y jalea real (Fig. 16).



Figura 15. Aplicación de fungicida en huerto de almendros en presencia de colmenas destinadas a polinización.



Figura 16. Tratamientos químicos artesanales aplicados en colmenas.

**D.** Insuficiencias en la alimentación de las familias de abejas destinadas a polinización, la que impactaría sobre la postura de la reina y el crecimiento de la población de abejas (Fig. 17 y 18).



*Figura 17. Consistencia inadecuada de suplemento alimenticio.*



*Figura 18. Aplicación incorrecta de alimento.*

**E.** Materiales usados, sucios y sin desinfectar, almacenados en el apiario. Restos de cera, propóleos y miel al alcance de las abejas. Estos materiales son portadores de agentes patógenos (Fig. 19).



*Figura 19. Restos de cera y material usado en el apiario.*

**F.** Piso sanitario con acumulación de residuos (alas, patas y otros restos de abejas, ácaros moribundos y muertos), desarrollo de polillas y presencia de otros patógenos. Probable reinfestación o reinfección de las colmenas (Fig. 20).



Figura 20. Escasa higiene al interior de la colmena.

**G.** Abejas muertas en el terreno, lo que aumenta el riesgo de enfermedad por reinfestación o reinfección (Fig. 21).



Figura 21. Abejas muertas en el apiario.

**H.** Marcos viejos y en mal estado en la cámara de cría, lo que limitaría la postura de la reina y el desarrollo sano y vigoroso de la colonia (Fig. 22).



Figura 22. Marco viejo y en mal estado.

**I.** Ausencia de orden y limpieza en apiarios monitoreados. Se almacena material usado con potencial reinfestación de la colmena (Fig. 23).



Figura 23. Apiario sin orden ni limpieza.



■ Se observaron 13 especies de abejas nativas pertenecientes a las familias Andrenidae, Apidae, Colletidae y Halictidae visitando flores de la vegetación acompañante en diferentes huertos comerciales (borde y entrehileras de huerto) y flores de los frutales (Fig. 24 a 27).



Fig 24. Abeja nativa visitando flores de palto. Mallarauco, comuna de Melipilla, septiembre 2015.



Fig 26. Abeja nativa visitando flores de palto. Cuncumén, comuna de Melipilla, septiembre 2015.

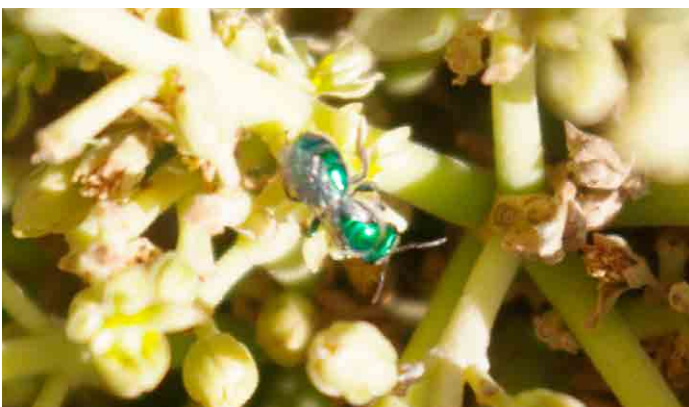


Fig 25. Abeja nativa visitando flores de palto. Mallarauco, comuna de Melipilla, septiembre 2015.



Fig 27. Abeja nativa visitando flores de palto. Naltahua, comuna de Isla de Maipo, septiembre 2015.

## 7. RESULTADOS

### Grado de infestación por *Varroa* e infección por *Nosema* en las colmenas estudiadas

Los principales problemas sanitarios asociados a las abejas en Chile son el ácaro *Varroa* y especies del hongo *Nosema*, los cuales disminuyen la vitalidad y el tamaño poblacional de la colmena y como consecuencia la eficiencia con que la abeja poliniza los cultivos. Con el fin de conocer la condición sanitaria de las colmenas que se utilizan para polinización en huertos y compararlas con aquellas que no polinizan, se tomaron muestras de abejas desde las colmenas para análisis de laboratorio determinando la prevalencia y grados de infestación de estas especies.

Se registró una mayor presencia de *Varroa* y *Nosema* en colmenas que ofrecieron el servicio de polinización en comparación a aquellas que no polinizaron. Esta tendencia es atribuible a estrés de diverso origen, aplicación de prácticas de manejo productivo poco apropiadas, y una deficiente gestión sanitaria que deriva en recurrente contaminación de las familias de abejas (Fig. 28).

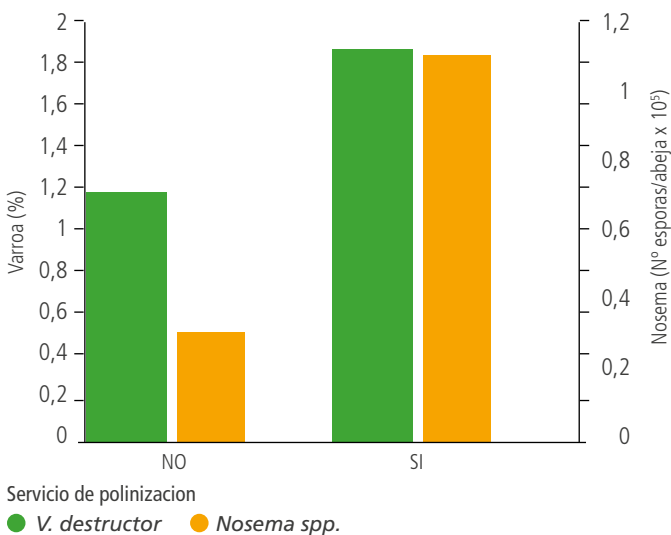


Figura 28. Comparación de infestación con *Varroa* y *Nosema* en colmenas que polinizaron (SI) y aquellas que no lo hicieron (NO).

A partir del análisis de plagas y patógenos se observa que en el período septiembre-octubre se produce una disminución en la infestación por *Varroa* (a la mitad) y un aumento de la infección por *Nosema* (5 veces) respecto a los valores obtenidos en período abril-mayo (Fig. 29).

Una mayor presencia de esporas del hongo en sep-oct se explicaría por su reproducción invernal.

Una menor presencia de *Varroa* en el mismo período estaría atribuida a las aplicaciones de acaricidas a la salida del invierno.

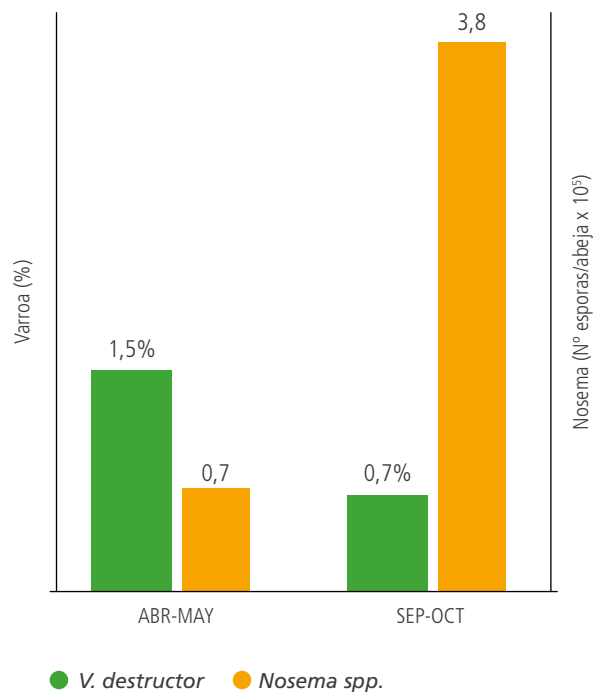


Figura 29. Comparación de infestación con *Varroa* y *Nosema* en colmenas entre dos periodos del año.



### Fortaleza de la colmena

Las malas prácticas de producción apícola antes y durante la polinización, constituyeron la principal causa de la presencia de colmenas débiles detectadas durante el monitoreo. Un alto número de colmenas no tenían suficientes marcos con crías abiertas, crías operculadas y población de abejas adultas. Esta situación hace más susceptibles a las colmenas de abejas a plagas y enfermedades, o bien agrava los problemas sanitarios existentes. Como consecuencia, las colmenas brindarán un débil servicio de polinización. En los monitoreos de colmenas realizados en abril-mayo y septiembre-octubre, se registró una composición de la colmena que no se ajusta al óptimo requerido para ofrecer un servicio de polinización eficiente (Fig. 30).

- Cría operculada
- Cría abierta
- Miel
- Polen
- Abejas adultas

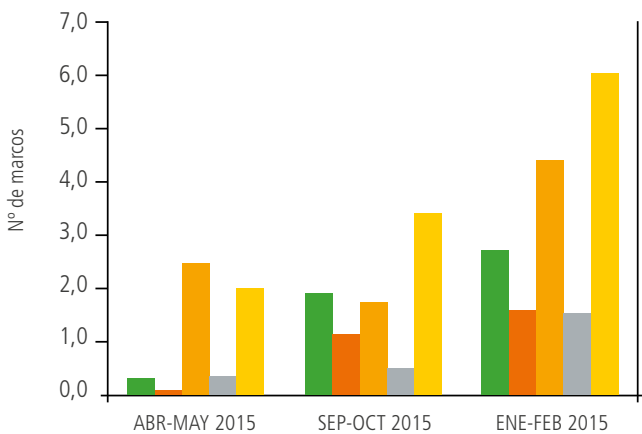


Figura 30. Composición de la colmena en diferentes períodos de monitoreo

### Análisis de residuos de plaguicidas

Se realizó análisis de multiresiduos sobre 118 muestras de pan de abeja para explorar la presencia y concentración de productos químicos utilizados en el manejo de plagas y enfermedades tanto en el huerto como en la colmena (Fig. 31).

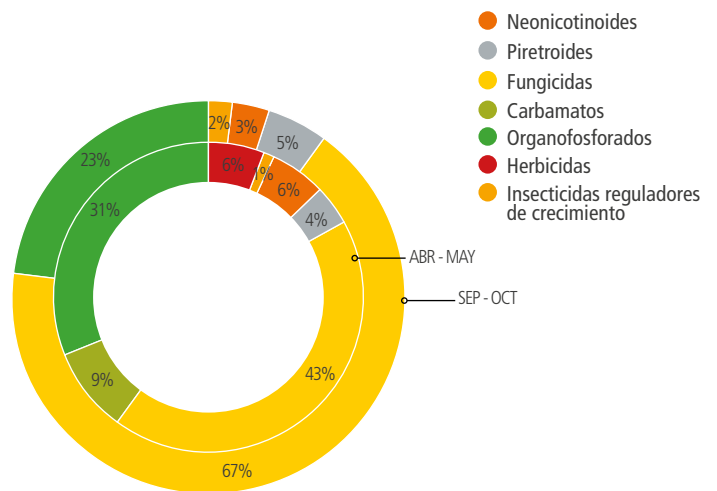


Figura 31. Frecuencia de plaguicidas en muestras de pan de abeja analizadas

El mayor número de plaguicidas agrícolas fue detectado en colmenas que permanecen en la zona central en comparación a aquellas que migran al sur. En ambas fechas de monitoreo (abr-may y sep-oct) fue detectado Coumaphos con mayor frecuencia que otros plaguicidas en las muestras de pan de abeja, explicado por el uso generalizado de este producto como tratamiento contra *Varroa*, a pesar de no estar registrado por el SAG para estos fines. Agrupados por familias de plaguicidas, los fungicidas son los compuestos más frecuentes en las muestras analizadas tanto en otoño como durante la polinización. El fungicida Tebuconazole presentó una mayor concentración en colmenas que polinizaron huertos.

Las concentraciones de los ingredientes activos detectados en las muestras de pan de abeja no corresponden a valores que exceden la dosis letal 50% (LD50).

### Ensayos de exclusión de abejas

Con el fin de estimar el impacto de la polinización por abeja de miel en la producción de fruta en huertos comerciales de paltos y almendros, se realizaron ensayos de enmallado de brotes florales excluyendo a las abejas del proceso.

En huertos seleccionados se establecieron al azar 2 tratamientos: tratamiento 1 "sin abejas" correspondió al enmallado para exclusión de abejas del proceso de polinización; tratamiento 2 "con abejas", brotes sin enmallado para permitir la visita de las abejas a las flores y su potencial polinización (Fig. 32). Se utilizan brotes florales y no flores abiertas con el objetivo de evitar la ocurrencia de polinización antes del enmallado.



Figura 32. Enmallado de brotes florales en ensayo de exclusión de polinizadores en almendros para posterior recuento de frutos cuajados. Cuncumén, comuna de Melipilla, agosto 2015.

Los resultados muestran un número mayor de frutos producidos en huertos de paltos y almendros en los tratamientos sin malla, de libre visita de abejas a las flores (Fig. 33). La polinización por abejas mejora el tamaño y la cantidad de los frutos, aumentando la productividad del huerto (Fig. 34).

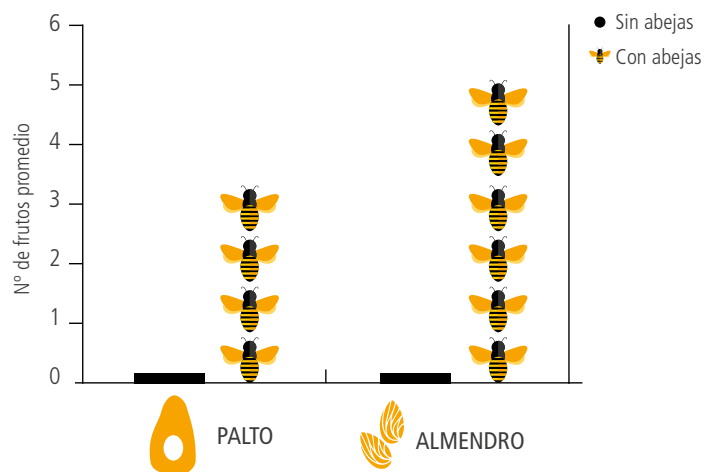


Figura 33. Número de frutos cuajados en tratamientos con y sin abejas en huertos de palto y almendro.

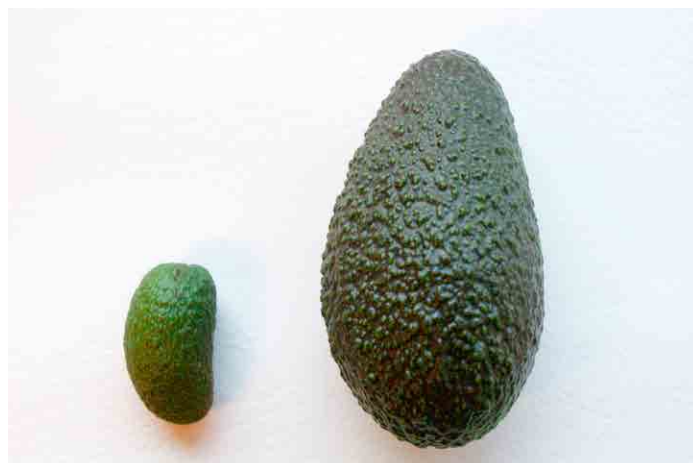


Figura 34. Fruto sin desarrollo (izq.) proveniente de tratamiento de exclusión de abejas; fruto de desarrollo normal (der.), a partir de brotes no enmallados.

### Flora acompañante y abejas nativas

Vegetación de borde como hierbas, arbustos y árboles y malezas en entrehileras forman en conjunto la flora acompañante de huertos, que tiende a mitigar la escasa biodiversidad asociada a los monocultivos de la zona central de Chile. Esta estructura provee fuentes de alimentación (néctar y polen) y sitios de refugio para la abeja melífera, abejas nativas y especies de insectos importantes para el control biológico de plagas (enemigos naturales) presentes en los huertos.

En Chile se han descrito 365 especies de abejas nativas<sup>4</sup> caracterizadas por una alta diversidad y endemismo e históricamente asociadas a la polinización de flora nativa, sin embargo, también han sido observadas forrajeando vegetación de borde en huertos comerciales y sobre palto en flor.

Durante las observaciones y ensayos realizados en huertos de palto se registraron 13 especies de abejas nativas pertenecientes a 4 familias de abejas (Andrenidae, Apidae, Colletidae y Halictidae). Los individuos se encontraban visitando flores de la vegetación acompañante en diferentes huertos comerciales (borde y entrehileras de huerto) y flores de palto (Fig. 35 a 37). En palto se obtuvo un número y diversidad de especies de abejas nativas mayor al registrado por De La Cuadra<sup>5</sup> en huertos de similares condiciones.

En general, las abejas colectadas presentan un menor tamaño corporal respecto de *A. mellifera*. Las especies de abejas asociadas a flores de palto eran compartidas por la flora nativa como litre, ortiga caballuna y culén, entre otras, que forma parte de las malezas de borde en los huertos monitoreados.



Figura 36. Abeja nativa en flor de rábano silvestre.



Figura 35. Abeja nativa en flores de culén.



Figura 37. Abeja nativa en flor de ortiga.

<sup>4</sup>Toro 1989  
<sup>5</sup>De La Cuadra 2004

## 8. PRODUCTO DE LA INVESTIGACIÓN

### Sistema Piloto FCR de Trazabilidad de Colmenas

Con el fin de implementar un sistema que facilite y mejore el registro de apicultores e identificación y transporte de colmenas asociado a datos de producción, Fraunhofer Chile se encuentra implementando un sistema de trazabilidad de colmenas destinadas a polinización en la Región Metropolitana que es de interés para apicultores y agricultores.

Para establecer un ordenamiento territorial de la actividad apícola y así optimizar el uso de los recursos melíferos, es necesario incorporar un enfoque de sanidad preventiva en la cadena apícola e implementar un sistema de trazabilidad para asegurar la calidad e inocuidad de los productos. El fin último es facilitar la proyección del desarrollo económico según las posibilidades naturales, económicas y sociales del territorio.

De acuerdo al Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE (2013), las colmenas de abejas tienen un radio de vuelo de por lo menos 3 km (Fig. 38), con un área de pecoreo en relación a la distancia de la fuente de alimento (néctar y polen) de la colmena.



Figura 38. Esquema de radio de vuelo económico (círculo rojo) establecido alrededor del punto de ubicación del apiario.



El radio de vuelo económico de la abeja describe la relación entre el tiempo de pecoreo y la energía obtenida, con una fuerte preferencia por forrajear cerca de la colmena. La distancia económica de pecoreo varía entre 0,4 y 5 km, en la búsqueda de flores de mayor valor nutricional o nutrientes particulares como aminoácidos específicos, dependiendo finalmente de la cantidad de azúcar con la cual las abejas regresan a la colmena.

En este contexto, el ordenamiento territorial de la apicultura, como sustento de transformaciones estructurales y sanitarias, debe surgir desde una visión ecosistémica que incorpore el radio de vuelo económico de una colmena o apiario.

Con estos antecedentes, Fraunhofer Chile Research (FCR) diseñó un sistema piloto de trazabilidad de colmenas utilizando las herramientas que provee la comunicación digital para rastrear el movimiento de las colmenas destinadas a polinización y para la captura de datos útiles al manejo apícola y agrícola. El sistema FCR de trazabilidad tiene como punto de partida un código de barras adherido a cada colmena, leído a través de una aplicación especial dispuesta en un teléfono móvil (Fig. 39). Las lecturas incorporadas al sistema mejoran el registro de apicultores, apiarios y colmenas.

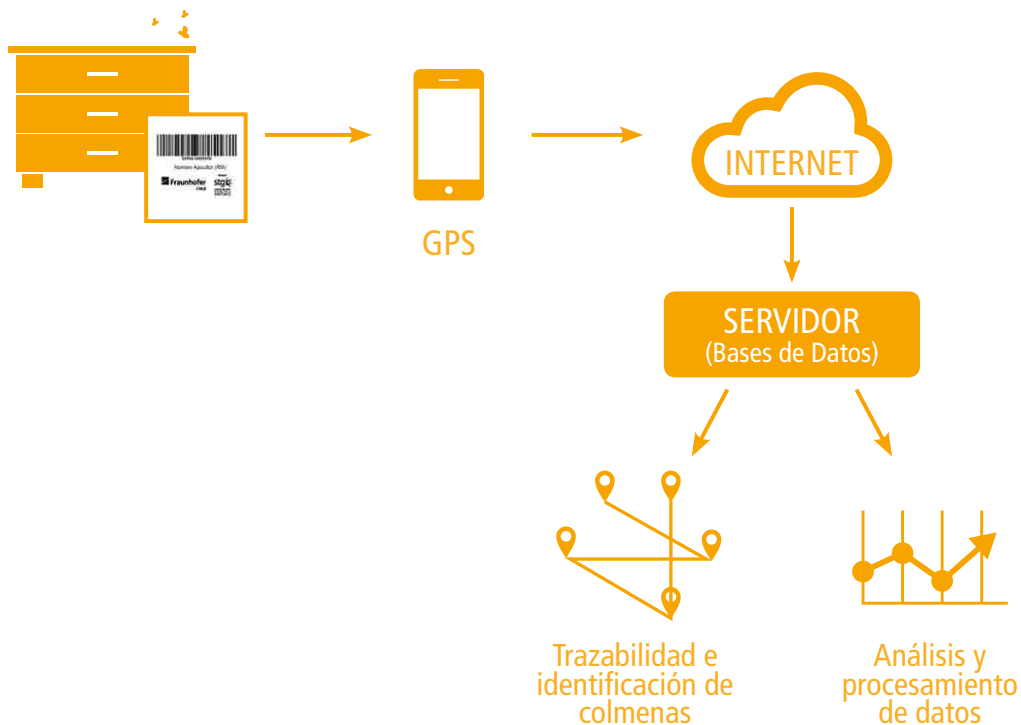


Figura 39. Sistema de trazabilidad de colmenas desarrollado por Fraunhofer Chile Research en el marco del proyecto de polinización.

Si a este sistema se le incorporan sistemáticamente datos de manejo de colmenas y de producción por parte del apicultor y de manejo del huerto por parte del agricultor, se genera un registro que permite a ambos productores, y en particular a los servicios agrícolas y de salud, dar seguimiento a las colmenas destinadas a polinización o a producción de miel, convirtiéndose en una herramienta útil para proyectar el desarrollo sostenible del sector agropecuario gracias a la interpretación de la interacción del radio de vuelo de apiarios y colmenas entre sí y con los ecosistemas productivos (Fig. 40).



Figura 40. Ventajas del sistema FCR de trazabilidad de colmenas.



La aplicación del sistema FCR de trazabilidad de colmenas sobre apiarios destinados a polinización ha derivado en la identificación y ubicación geográfica de colmenas (Fig. 41) que forman parte del proyecto de investigación y transferencia que se ha desarrollado en la Región Metropolitana (Chile) desde el 2014 a la fecha.

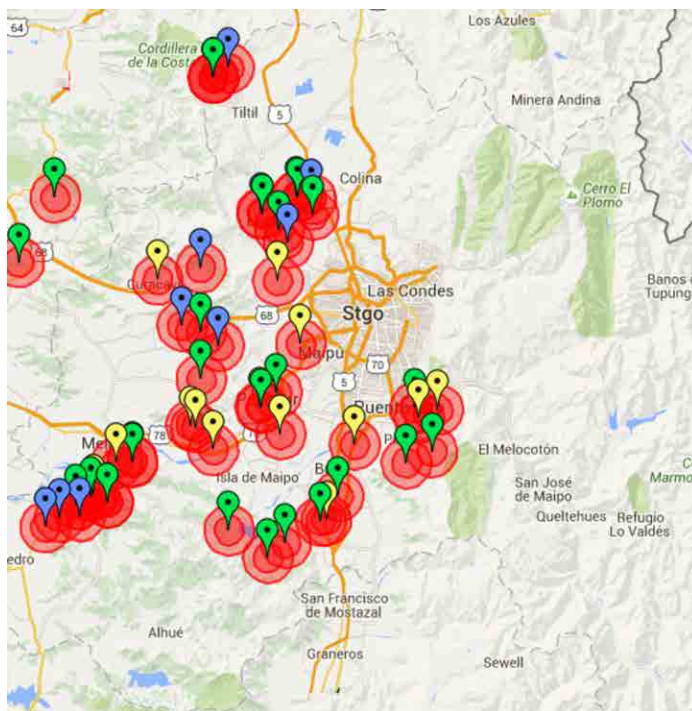


Figura 41. Ubicación geográfica de apiarios de la Región Metropolitana (Chile) incluidos en el sistema FCR de trazabilidad de colmenas. En azul: productores pequeños (<50 colmenas); verde: productores medianos (50 a 500 colmenas); amarillo: productores grandes (>500 colmenas).

Con la información recopilada y analizada es posible establecer consideraciones acerca de la situación sanitaria de la abeja melífera en ese territorio, evaluar la calidad de las colmenas destinadas a polinización (Fig. 42) y estimar el riesgo sanitario y ambiental de la apicultura local, facilitando la toma de decisiones en torno al manejo apícola.



Figura 42. Colmena etiquetada para trazabilidad.

## 9. RECOMENDACIONES

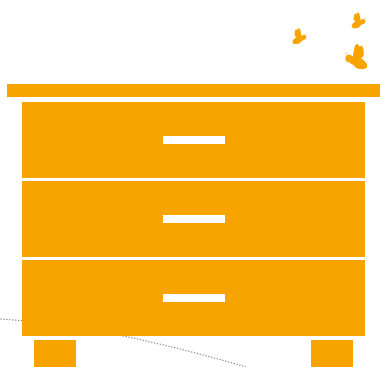
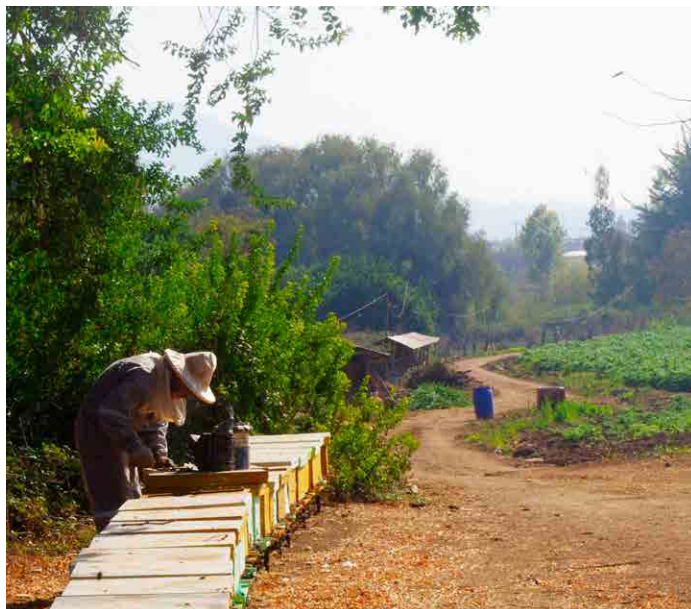
Dada la importancia económica que tiene el proceso de polinización tanto para el apicultor como para el agricultor, es necesario que ambos trabajen de manera coordinada y profesional para obtener los mejores resultados. Con este fin es que se entregan las siguientes recomendaciones.

### Recomendaciones para el Apicultor

#### ¿Cómo deben prepararse las colmenas destinadas a polinización?

La calidad del servicio de polinización es el resultado de un trabajo previo en las diferentes etapas y actividades asociadas al manejo apícola.

Como guía de este trabajo se sugiere tener presente el calendario que se muestra en la Tabla 1, detallando además las actividades asociadas a cada una de las etapas.



**Tabla 1. Actividades asociadas a cada etapa del trabajo apícola en la Región Metropolitana**

<b>Preparación para la invernada</b>	<b>Invernada</b>	<b>Post invernada y pre cosecha</b>	<b>Cosecha</b>
MAR / ABR / MAY	MAY / JUN / JUL / AGO	AGO / SEP	OCT / NOV / DIC / ENE / FEB
<p>Limpieza del apiario. Limpiar bajo la colmena y frente a la piquera. Mantener el emplazamiento libre de pasto y malezas. Vigilar la inclinación de las colmenas y la separación del terreno.</p>	<p>45 días antes de llevar colmenas a polinizar, dar alimentación estimulante. Prestar especial atención a las colonias que polinizan almendro y ciruelo*.</p>	<p>Limpieza del apiario. Limpiar bajo la colmena y frente a la piquera. Mantener el emplazamiento libre de pasto y malezas.</p>	<p>Limpieza del apiario. Limpiar bajo la colmena y frente a la piquera. Mantener el emplazamiento libre de pasto y malezas.</p>
<p>Distribuir los panales en las alzas, organizando la estructura de la colonia. Retirar los marcos estirados que sobran y almacenarlos en la bodega.</p>	<p>Estar atento a las reservas alimenticias de las colmenas. Alimentar con jarabe concentrado (2:1) o jarabe de fructosa (80% azúcares y 20% agua).</p>	<p>Alimentación estimulante. Asegurar agua para consumo de las abejas.</p>	<p>Revisión de control a las colmenas. Crecimiento vertical según fortaleza. Fusión de colmenas. Nivelación del apiario.</p>
<p>Eliminar las láminas no obradas. Eliminar los panales viejos y defectuosos y retirar alzas vacías. Fundir cera.</p>	<p>Limpieza del apiario. Limpiar bajo la colmena y frente a la piquera. Mantener el emplazamiento libre de pasto y malezas.</p>	<p>Alambrado y laminado de los cuadros. Introducción de láminas de cera estampada para el estirado.</p>	<p>Cosecha de limpieza.</p>
<p>Evaluar la conducta a seguir con las colmenas débiles. De ser necesario, fusionar colmenas.</p>	<p>Después de un temporal o mal tiempo, revisar la integridad física de las colmenas.</p>	<p>Revisión y renovación de la cámara de cría.</p>	<p>Cosecha de producción. No esquilmar las colmenas en la cosecha, de modo que llegue con reservas de alimento a la invernada.</p>
<p>Asegurar que la colmena quede con reservas suficientes de miel y polen para la invernada. Suministrar alimentación. Incluir la fuente de agua potable.</p>	<p>Fusión de colmenas de ser necesario. Tratar de manipular las colmenas lo menos posible.</p>	<p>Formación de núcleos. Creación de nuevas familias con reinas de origen conocido y fecundadas. Cambio de abeja reina o introducción de reinas fecundadas. Impedir la presencia de colmenas huérfanas.</p>	<p>Eliminar las crías de zánganos que puedan estar presente en las colonias.</p>
<p>Reducir piqueras y eliminar piqueras adicionales.</p>	<p>Desinfección y reparación de materiales. Repintar cajas.</p>	<p>Control de la enjambrazón.</p>	<p>Labores de limpieza en la sala de cosecha. Separar las áreas limpias de las sucias.</p>
<p>Limpieza interior de la colmena. Higienización del piso.</p>	<p>Realizar los trabajos de bodega. Alambrado y laminado de los cuadros. Fundir cera.</p>	<p>Introducción del panal trampa de zánganos (no más de uno por colmena). Eliminar las crías de zánganos presentes en las colonias.</p>	<p>Registro de la producción alcanzada por colmena y de otras actividades técnicas.</p>
<p>Monitoreo de <i>Varroa</i> y <i>Nosema</i>. Aplicar tratamientos**.</p>		<p>Monitoreo de <i>Varroa</i> y <i>Nosema</i>. Aplicar tratamientos en caso necesario, de preferencia orgánico.</p>	<p>Asegurar agua para consumo de las abejas.</p>
<p>Limpieza y organización de los materiales apícolas en la bodega. Desinfección y reparación de materiales. Repintar cajas.</p>			

\*En junio no existen nectáreos naturales disponibles para las abejas. La alimentación estimulante se aplica en jarabe preparado con azúcar y agua en proporción 2:1, y hervido.

\*\*Tratar con tasas de infestación  $\geq 3\%$ . Para pre-invernada en Canadá se recomienda aplicar tratamientos contra *Varroa* cuando las tasas de infestación en abejas adultas superan 4%, para evitar mortalidad en invierno y en post-invernada; cuando éstas son mayores a 2%, el tratamiento es sugerido para evitar pérdidas en la producción de miel<sup>6</sup>. En Alemania, tasas de infestación en abejas de invierno de 7% provoca el colapso de la colonia<sup>7</sup>. Se sugiere tratamientos con productos registrados por el SAG, no artesanales ni recomendados para otra especie, respetando instrucciones de etiqueta. Monitorear la eficacia post-tratamiento. Priorizar productos orgánicos. Tratar todos los apiarios en un radio de 3 km en la misma fecha.

<sup>6</sup> Curie y Gatién 2006

<sup>7</sup> Rosenkranz et al. 2010

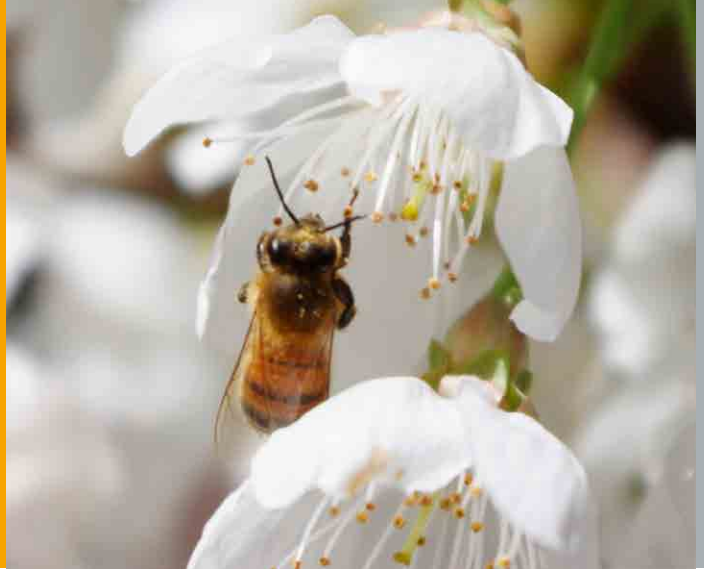
## Floración y polinización

El servicio de polinización depende tanto de factores de manejo (apícolas, agrícolas) como ambientales (estación del año, floración), lo que se traduce en diferente oferta/demanda de colmenas según zonas geográficas, meses y/o tipo de cultivo (Tabla 2).

**Tabla 2. Calendario de floración y requerimientos de colmenas para polinización por cultivo en la Región Metropolitana**

Cultivo	Colmenas/ha	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ALMENDRO*	10								●				
CIRUELO*	10								●	●			
CEREZO	10 - 12									●	●		
PALTO	10										●	●	
KIWI	10 - 12											●	

\*Particularmente, en huertos de almendro y ciruelo, el apicultor debe preparar las colmenas destinadas a polinización en meses en que aún las temperaturas son bajas para la labor de las abejas. En este caso, debe estimular la postura de la reina de manera artificial 45 días antes, con jarabe de azúcar (concentración 2:1) y suplementos proteicos que contengan como mínimo 30% de polen.



### Características de una colmena de abeja de miel para polinización

En términos de la preparación que requieren las colmenas para sobrevivir el invierno y llegar con una población adecuada a la polinización de frutales en la Región Metropolitana, nuestro estudio evidencia un bajo número de marcos que contienen cría abierta y operculada a lo largo del año, en particular en meses previos a la invernada (abril – mayo), y en período de polinización de huertos (septiembre – octubre). El número de marcos con cría en la etapa de polinización en las colmenas analizadas fue inferior a lo recomendado por la Norma Chilena de Polinización (NCh3255) (Fig. 43).

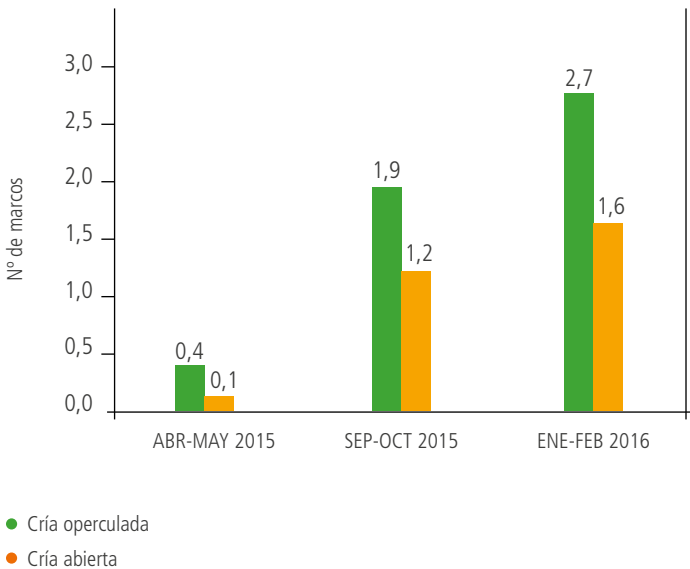


Figura 43. Número de marcos con cría en distintos momentos del año.

Aunque no existe una clara descripción acerca de la calidad de una colmena para polinización, existen aproximaciones que deben ser compartidas por el agricultor y el apicultor. El tamaño y composición adecuada de la colonia tipo Langstroth para polinizar, se debe basar en el número de marcos cubiertos con abejas y crías<sup>8</sup>. De los 10 marcos que tiene la colmena de un cuerpo (cámara de cría), 7 a 8 de ellos debieran contar con 75% de su superficie cubierta con abejas adultas por ambos lados, alcanzando alrededor de 3.000 individuos.

Las crías deben ser abundantes y en diferentes estados de desarrollo (huevos, larvas y celdas operculadas que contienen pupas) para estimular a las recolectoras de polen (25% del total que forrajean) en la búsqueda de alimento y para el reemplazo de las abejas que mueren por desgaste. Una colmena con 6 marcos, que tenga alrededor de 60% de crías, tendrá el equivalente a 3,6 marcos llenos<sup>9</sup>. También debe disponer de reservas de miel suficientes mientras se encuentran en cultivos, sobre todo si existe déficit de néctar. Para la mayoría de los casos, las colmenas deben tener al menos el equivalente a dos marcos llenos con miel. De modo que la estructura óptima de una colmena destinada a polinización sería la siguiente (Fig. 44).

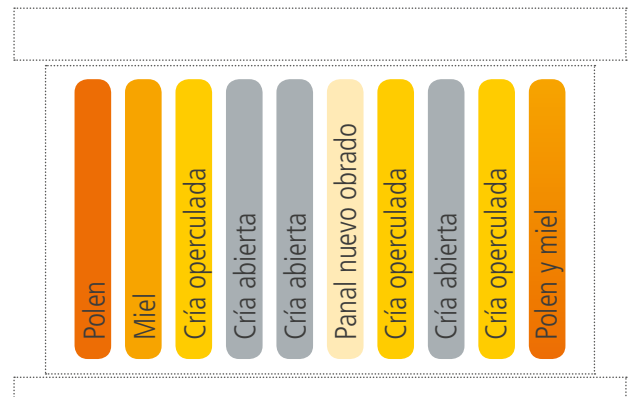


Figura 44. Estructura óptima de una colmena destinada a polinización

<sup>8</sup> Goodwin 2012  
<sup>9</sup> De la Cuadra 1999

### Manejo de colmenas durante la polinización

Los apicultores deben cumplir requisitos técnicos de buenas prácticas en el manejo de sus colmenas, que conduzcan a mayor eficiencia en la actividad polinizadora de la abeja melífera. Con este fin se recomienda, específicamente:

- 1 **Trasladar las colmenas al huerto cuando en éste exista alrededor de 10% de floración. Evitar la pérdida de abejas durante el traslado.**
- 2 **Asegurar que cada colmena tenga un número adecuado de marcos de cría.**
- 3 **Seleccionar lugares de fácil acceso y asoleados para la ubicación de las colmenas. Utilizar banquillos, no ubicar la colmena directamente en el suelo.**
- 4 **Establecer grupos pequeños de colmenas (4 a 8) de manera uniforme en el huerto, a no más de 250 metros de distancia entre sí.**
- 5 **Orientar las piqueras hacia la salida del sol y contra la dirección del viento. Evitar la presencia de obstáculos en las piqueras.**
- 6 **Asegurar la presencia de fuentes de agua potable para las abejas.**
- 7 **Ante aviso de aplicación de agroquímicos, tome las medidas necesarias para evitar pérdida de abejas.**
- 8 **Realizar monitoreo sistemático de la población de abejas y del estado sanitario y nutricional de las colmenas.**
- 9 **Evitar la enjambrazón y la presencia de colmenas huérfanas.**
- 10 **De ser necesario, alimentar las colmenas (con jarabe y/o sustituto de polen) para evitar una posible disminución de la población.**
- 11 **Impedir que la cámara de cría se bloquee con polen.**



## Recomendaciones para el Agricultor



### ¿Cómo generar condiciones para maximizar la producción de fruta a través de la polinización?

La calidad del servicio de polinización prestado por apicultores impacta directamente sobre la cantidad y calidad de la producción de fruta. Sin embargo, las condiciones físicas del huerto y el manejo del agricultor son aspectos clave para alcanzar una buena producción.

1

Reconocer el valor económico (en términos de producción de fruta) de la polinización por abeja de miel con el fin de velar, junto al apicultor, por el cumplimiento de las condiciones necesarias para una labor eficiente de las abejas en el huerto.

2

Para minimizar los efectos adversos a las personas y al ambiente y en particular sobre las abejas, se sugiere un manejo adecuado de productos químicos por su efecto directo e indirecto sobre las abejas melíferas (Fig. 45).

3

De ser necesario el uso de plaguicidas, se recomienda aplicar solo productos autorizados por el SAG. Respetar y cumplir las indicaciones establecidas por el fabricante y dispuestas en la etiqueta.

4

Mantener en el huerto una alta diversidad de flora acompañante (plantas nativas en borde y malezas en entrehileras) siempre que ésta no sea hospedera de plagas que limiten la producción.

5

Acordar con el apicultor (sugerido a través de un contrato) el momento de ingreso al huerto de las colmenas para polinización y un lugar apropiado de ubicación de las colmenas en el huerto.

6

Prevenir la intoxicación de las abejas coordinando con el apicultor las aplicaciones de agroquímicos. Evitar la aplicación de productos químicos cuando estén las colmenas en el huerto y las abejas en forrajeo.

7

Disponer de fuentes de agua potable para que beban las abejas, elemento fundamental para una buena labor de éstas. Cuidar de no contaminar las fuentes de agua.

## 10. GUÍA PARA UN ACUERDO DE POLINIZACIÓN

En su forma más básica, un contrato de polinización significa que un apicultor acepta colocar sus colmenas en la propiedad de un agricultor durante la floración de su huerto. Por su parte, el agricultor se compromete a pagar al apicultor una suma de dinero, por lo general, en función de cada colmena. La importancia económica que tiene el proceso de polinización para ambos productores deriva en la necesidad de establecer un acuerdo base que incluya requisitos mínimos considerando la protección frente a cuestiones legales y de responsabilidad que un contrato formal puede ofrecer.

Existen numerosos ejemplos de acuerdos y contratos disponibles proporcionando diferentes perspectivas y nivel de detalles. Sin embargo, en este contexto, la información contenida en este anexo solo tiene el propósito de ser una guía para la confección de un acuerdo o contrato de servicio de polinización entre apicultor y agricultor.

### Términos del Contrato

- Debido a que el comienzo de la floración de cada huerto es variable, el agricultor y el apicultor deben estar de acuerdo en un plazo de preaviso\*, luego del cual las colmenas (o un porcentaje de ellas) deben ser ingresadas al huerto
- La duración del servicio de polinización se debe especificar por el agricultor, quien además señalará mediante un preaviso\* la fecha de retiro de las colmenas

### Condiciones de pago

- Acordar el precio por colmena especificando el número de marcos poblados de abejas adultas y marcos con crías (según lo conversado), y la presencia de reina fecundada en postura, para prestar el servicio de polinización
- Número, distribución y ubicación específica de las colmenas en el huerto
- Fecha de vencimiento del pago y cualquier cargo adicional por retraso
- Indicar expresamente la forma de compensación al agricultor por desviaciones en el tamaño mínimo de las colmenas acordado
- Indicar la forma de compensación al apicultor por movimiento adicional de las colmenas ya instaladas en el huerto (por ejemplo, en casos en que el agricultor requiera aplicar plaguicidas)
- Indicar la forma de compensación al apicultor por pérdida o daño de colmenas que ocurrieran por mal manejo del huerto por parte del agricultor (por ejemplo, robo de colmenas o muerte de abejas por aplicación de plaguicidas)

### Responsabilidades del apicultor

- El apicultor se compromete a ingresar y retirar las colmenas dentro de un período de tiempo acordado, luego del preaviso\* del agricultor
- El apicultor se compromete a proporcionar colmenas con la estructura poblacional previamente acordada con el agricultor
- El apicultor abrirá colmenas para demostrar que se cumple con las condiciones de tamaño mínimo acordadas. Alternativamente, un tercero habilitado para ello, puede verificar y validar el estado de las colmenas
- El apicultor mantendrá las colmenas en las condiciones (físicas, poblacionales y sanitarias) acordadas mientras dure el contrato
- El apicultor asumirá el costo por daño causado a las colmenas cuando, existiendo un preaviso\* del agricultor por aplicación de plaguicidas, el primero no tome las medidas que aseguren el resguardo de sus abejas

### Responsabilidades del agricultor

- El agricultor, a través de un preaviso\*, informará al apicultor para el ingreso e instalación de las colmenas en el huerto cuando éste alcance un porcentaje apropiado de floración, y de la misma forma para el retiro de las colmenas antes que expire el contrato
- El agricultor proveerá de sitio(s) adecuado(s) para el emplazamiento de las colmenas. También permitirá el acceso al apicultor y sus vehículos para las actividades de mantenimiento de las colmenas durante el período de polinización
- El agricultor se compromete a proporcionar una fuente de agua potable no contaminada a las abejas y que se brinde en bebederos apropiados para el consumo de los insectos. Esta fuente debe estar ubicada a una distancia no mayor a 1 km respecto al punto donde se encuentren las colmenas
- El agricultor compensará al apicultor por el daño, destrucción o pérdida de colmenas mientras éstas se encuentren en el huerto
- El agricultor asumirá la responsabilidad por cualquier incidente en que personas o animales (asociadas o ajenas al huerto) sufran picaduras por las abejas que prestan el servicio de polinización
- El agricultor se compromete a extender un preaviso\* al apicultor de cualquier aplicación de plaguicidas en el huerto o en áreas colindantes que puedan comprometer la integridad de las abejas durante la prestación del servicio de polinización. Al no informar, el agricultor asume la responsabilidad por daños a las colmenas debido al uso incorrecto o deriva de productos fitosanitarios e imprevistos o mal funcionamiento del equipo de aplicación

Es posible agregar cualquier otra condición solicitada por alguna de las partes, previamente acordada entre éstas. Además se recomienda describir las vías de resolución de conflictos.

\*Preaviso sugerido de un mínimo de 48 horas.





### Desarrollo de contenidos

Equipo División Agricultura Fraunhofer Chile Research:

- Marnix Doorn
- Sebastián Monsalve
- Mario Rivas
- Pamela Rodríguez
- Sharon Rodríguez
- Gerard Van Lookeren
- Mayda Verde

### Agradecimientos

En la realización de este proyecto, agradecemos sinceramente a:

- Gobierno Regional Metropolitano de Santiago por el financiamiento entregado
- Sergio de la Cuadra, Apicultor, Consultor Apícola
- Felipe Gelcich, Asesor Apícola

### Productores agrícolas y apícolas que hicieron posible este proyecto

- Ana Flores
- Andrés Saldías
- Aracel Cortés
- Arnolfo Inostroza
- Benjamín Barros
- Carlos Eduardo Mery
- Carlos Tagle
- Carmen Orellana
- Cecilia Urra
- Ceferino Toledo
- Cesar Tobar
- Claudia Salgado
- Cristián Allendes
- Darío Ortega
- David Villalón
- Denise Toro
- Edith Gutiérrez
- Edmundo Álvarez
- Emilio Gana
- Ernesto Gana
- Felipe Huneus
- Felipe Iglesias
- Fernando Quirilao
- Fernando Landeros
- Francisco Devía
- Francisco Leiva
- Francisco Rey
- Francisco Rivera
- Fredy Valdés
- Gabriel Galleguillos
- Germán Caro
- Gustavo Espinoza
- Héctor Abarca
- Héctor Celis
- Héctor Zambrano
- Horacio Galaz
- Hugo Fuentes
- Irma Carreño
- Italo Bozzi
- Jaime García
- Jaime Muñoz
- Jaime Xarpell
- Javier Jeréz
- John Hernández
- Jorge Ahumada
- Jorge Zúñiga
- José Manuel Navarrete
- Juan Antonio Cabezas
- Juan Aquiles Zúñiga
- Juan Carlos Vilches
- Juan Ganga
- Juan Jara
- Juan Pablo Abarca
- Juan Rafael Calderón
- Leonardo Badani
- Lorenzo Quirilao
- Lucía Zamorano
- Manuel Bustos
- Manuel Márquez
- Manuel Pérez
- María Eugenia Mortt
- María Inés Carvallo
- María Martínez
- María Teresa Irrarázaval
- María Teresa Sánchez
- Mario Moscoso
- Mario Param
- Mario Rivas
- Martín Binder
- Miguel Quiñones
- Miriam Ortega
- Moises Soto
- Mónica Cartagena
- Mónica Rodríguez
- Myriam Aguilar
- Patricio Abarca
- Patricio Zañartu
- Paulina Cámpora
- Pedro Jiménez
- Ramón Kulm
- Raul Vega
- Rodrigo Leiva
- Roger Paredes
- Sergio Castillo
- Sergio Mujica
- Silvana Cuevas
- Soledad Bahamondes
- Víctor Ahumada
- Werner Kurz
- Yamil Gana



CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA DE SISTEMAS - DIVISIÓN AGRICULTURA

#### Fraunhofer Chile Research

Avenida Mariano Sánchez Fontecilla 310, Piso 14

Las Condes

Santiago

Chile

+56 2 2378-1650

[www.fraunhofer.cl](http://www.fraunhofer.cl)

Proyecto financiado por el Gobierno Regional Metropolitano de Santiago y ejecutado por Fraunhofer Chile Research.

