

# Polinización Sostenible: Adaptación al cambio climático para la producción de fruta en Chile

Proyecto Corfo 19 BP 117423

Sharon Rodríguez Sandoval  
Isabel Acuña Yáñez  
Catalina Escanilla Jaramillo



Universidad  
Andrés Bello®

CSB

CENTRO DE  
BIOTECNOLOGÍA  
DE SISTEMAS



Proyecto apoyado por

CORFO



Fraunhofer  
CHILE





## Polinización Sostenible: Adaptación al cambio climático para la producción de fruta en Chile

Sharon Rodríguez Sandoval

Isabel Acuña Yáñez

Catalina Escanilla Jaramillo

Centro de Biotecnología de Sistemas

CSB - UNAB

---

Un proyecto del programa Bienes Públicos  
con Adaptación al cambio climático de Corfo

2022

Diseño gráfico e ilustraciones  
Carmen Tobar Molina

Diagramación  
Mauricio Guerra Poblete

Impreso en los talleres de Brújula Publicidad

Noviembre 2022



# Índice

## 9 Prólogo

---

## 11 Proyecto Corfo Bienes Públicos Polinización Sostenible: Adaptación al cambio climático para la producción de fruta en Chile

---

## 13 Familias de abejas chilenas

---

14 Representantes de las cinco familias de abejas nativas

## 17 Desde paisaje agrícola a producción de fruta

---

## 19 Polinización sostenible en huertos de almendro, cerezo y palto de la Región Metropolitana

---

## 21 Polinización sostenible para la producción de fruta en Chile

---

## 23 Paisaje agrícola

---

24 El paisaje agrícola y su impacto en la polinización de frutales

25 Metodología

27 Resultados

29 Importancia para la sostenibilidad de la polinización

## 31

### Bordes de flora nativa

---

- 32 Restauración de hábitats para polinizadores mediante implementación de bordes de flora nativa
- 33 Metodología
- 34 Plan de implementación de una estructura de borde de flora nativa
- 35 Resultados
- 37 Importancia para la sostenibilidad de la polinización

## 39

### Abejas nativas

---

- 40 Abejas nativas como visitantes florales y polinizadores de frutales
- 41 Metodología
- 43 Resultados
- 45 Importancia para la sostenibilidad de la polinización

## 47

### Manejo sostenible de colmenas para polinización

---

- 48 *Apis mellifera* y la polinización sostenible de frutales
- 49 Metodología
- 52 Resultados
- 54 Importancia para la sostenibilidad de la polinización

## 57

### Modelo de polinización sostenible

---

- 58 Integración de variables en un modelo de polinización sostenible
- 60 Importancia para la sostenibilidad de la polinización

## 61

### Conclusiones

---

## 63

### Agradecimientos

---





## Prólogo

El cambio climático es probablemente el mayor desafío socioambiental de este tiempo. Si bien Chile contribuye sólo con un 0,25% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, nuestro país cumple con siete de los nueve criterios de vulnerabilidad frente al cambio climático, siendo la agricultura, uno de los sectores que se ve más afectado. Bajo este escenario, es vital la mantención y eficiencia de la polinización, tanto de abejas melíferas, como de abejas nativas, dado su rol en disminuir la vulnerabilidad de la agricultura frente a la crisis climática.

La fruticultura depende estrechamente de la polinización por abejas para su sostenibilidad y productividad. Sin embargo, existe gran evidencia sobre la declinación de los servicios de polinización debido a diferentes factores, tales como la pérdida, fragmentación y degradación de hábitats, la introducción de especies foráneas y el cambio climático.

En este contexto surgió el proyecto “Polinización Sostenible: Adaptación al Cambio Climático para la Producción de Fruta en Chile”, que establece una visión amplia e integrada de la polinización y la fruticultura en Chile, considerando desde el paisaje agrícola en el que se insertan los huertos, hasta la producción de fruta. Todo esto con el objetivo de armonizar la producción de fruta y la conservación de la biodiversidad en un contexto de cambio climático, mediante la elaboración de un protocolo de polinización sostenible. Este protocolo permitirá a productores y productoras transitar desde un proceso de polinización tradicional a una más sustentable, valorando y resguardando el rol de las abejas nativas como parte fundamental del proceso.

Uno de los ejes centrales para el para el quehacer de este Ministerio de Agricultura es “Seguridad y soberanía alimentaria”, que tiene como objetivo principal resguardar el derecho a la alimentación mediante el fortalecimiento de los patrimonios nacionales que están en la base del sistema alimentario, donde los recursos naturales y la biodiversidad constituyen un patrimonio fundamental.

Todos los sistemas agrícolas y alimentarios se basan en la biodiversidad y los recursos naturales, por lo que es necesario mantener y respaldar las funciones de los ecosistemas para asegurar la producción de alimentos. En este sentido, la actividad no debe enfocarse solo en lo productivo y económico, sino que debe poner un énfasis en la protección del medio ambiente, así como contribuir a la sociedad, lo que es esencial para que la actividad se mantenga a largo plazo.

Valoramos enormemente el esfuerzo realizado en torno a la elaboración de este protocolo, y este libro representa también un importante aporte, ya que permite contribuir a enfrentar los desafíos del sector, haciendo una gestión sustentable de los recursos naturales y la biodiversidad para lograr un crecimiento productivo mientras aportamos positivamente al medio ambiente y la sociedad.

Tenemos que continuar desplegando iniciativas que permitan avanzar hacia el desarrollo de un sector más sustentable, que tenga la producción de alimentos como centro, resguardando los patrimonios que lo hacen posible.

**Andrea García Lizama**  
Directora Nacional de Odepa



## Proyecto Corfo Bienes Públicos Polinización Sostenible: Adaptación al cambio climático para la producción de fruta en Chile

Este proyecto surge a partir de la necesidad de transformar el servicio ecosistémico de polinización que conocemos tradicionalmente, en un proceso más sostenible, que permita armonizar la conservación de la biodiversidad y la producción agrícola en un contexto de cambio climático. Deriva además, de la apertura hacia la instalación de una visión amplia e integrada del paisaje agrícola, en la que el huerto es un componente más del sistema y no el eje de las interacciones. Y finalmente, releva el papel del proceso de polinización y de los polinizadores en la producción de fruta, y en general, como importantes contribuyentes a la producción de alimentos y a la seguridad nutricional de nuestra población.

La mantención de la función de polinización está estrechamente ligada a la conservación de la biodiversidad, sin embargo, muchas veces el manejo de los recursos agrícolas ignora los fundamentos biológicos en los que se sostiene, limitando los beneficios que provienen de su implementación. Pérdida y fragmentación de hábitats, degradación de la biodiversidad, introducción de especies foráneas (incluyendo plantas, polinizadores, plagas y patógenos), manejo inapropiado de plaguicidas y los efectos directos e indirectos del cambio climático, son algunas de las variables que impactarían sobre el proceso de polinización.

La producción de fruta en Chile está estrechamente relacionada a la polinización por abejas, debiendo enfrentar una baja disponibilidad de colmenas de abeja melífera (*Apis mellifera* L.) para una alta demanda en temporada de floración de frutales, considerando además un aumento de la superficie cultivada con frutales altamente dependientes de la polinización por abejas, como es el caso de almendros, cerezos y paltos. Los productores agrícolas contratan los servicios de apicultores y sus colmenas de abeja europea para hacer efectiva la polinización, sin conocer la participación de abejas no-*Apis* en la producción de fruta, en particular de las abejas nativas, como visitantes florales y efectivos polinizadores.

A partir de los elementos antes descritos y con la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) como mandante, se propuso a Corfo este Bien Público: un protocolo de Polinización Sostenible que entregue a los agricultores esta nueva visión de su huerto, teniendo como base el reconocimiento al desempeño de las abejas chilenas, que le permita recibir los frutos de un manejo más sostenible del paisaje agrícola en su aporte a la producción de alimentos.

Un componente esencial de este protocolo y eje de nuestro trabajo son la abejas nativas, que se presentan a continuación.



## Familias de abejas chilenas

Las abejas son un grupo diverso de insectos, reconocido por su importancia como polinizadores, componente clave de la biodiversidad y por la provisión del servicio ecosistémico de polinización, vital para la reproducción de los cultivos y las plantas silvestres.

La polinización se define como el proceso por el cual el polen se mueve de las anteras masculinas a los estigmas femeninos, ya sea dentro de la misma flor (autopolinización) o entre plantas (polinización cruzada). En este último caso, la presencia de vectores como las abejas es fundamental para la reproducción de las plantas con flor.

En Chile existen alrededor de 500 especies de abejas nativas, con alto nivel de endemismo (70%). Sin embargo, son casi desconocidas para la mayoría de las personas, aunque son parte habitual de los distintos paisajes a lo largo del país. Esta falta de conocimiento sobre su comportamiento, ciclo de vida y función polinizadora, podría derivar en un riesgo para su conservación. De ahí la necesidad de conocerlas y reconocer su valor, tanto en el mantenimiento de la diversidad de plantas silvestres, como en la estabilidad de los ecosistemas en general, la producción de cultivos, la seguridad alimentaria y el bienestar humano.

Considerando que las abejas nativas proporcionan servicios ‘no solicitados’ de polinización en áreas silvestres y cultivadas, poco se conoce acerca de su susceptibilidad a los cambios ambientales y a las prácticas de manejo de huerto.

En este contexto, indagar en la diversidad y transporte de polen de las abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) es una buena aproximación a la búsqueda de patrones de organización y caracterización de la comunidad asociada a paisajes agrícolas. Este estudio examina la abundancia y riqueza de familias de abejas nativas presente en huertos frutales y forma parte de una extensa caracterización del paisaje agrícola asociado al proyecto de polinización sostenible. Los resultados presentados describen la comunidad de abejas nativas con el fin de identificar su aporte a la producción de fruta, a partir del reconocimiento de las cinco familias de Apoidea presentes en Chile: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae y Megachilidae.

Su incorporación en el proceso de polinización de frutales, en complemento a la labor desarrollada por *Apis mellifera*, es un indicador más de la necesidad de conocer las especies y familias de abejas nativas para generar estrategias de conservación estrechamente asociadas a la producción agrícola.

## Representantes de las cinco familias de abejas nativas

### Halictidae

*Caenohalictus azarae*



La familia Halictidae incluye un número importante de especies de abejas nativas registradas en mayor abundancia en este estudio respecto de las otras familias. De tamaño corporal pequeño a medio y generalmente de color verde o azul metálicos, son abejas solitarias, pero pueden presentar un comportamiento más social y generalista que las otras familias.

### Andrenidae

*Calliopsis trifasciata*



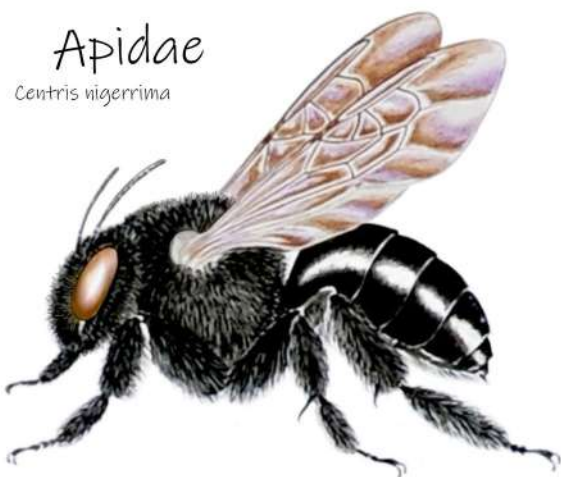
Miembros de la familia Andrenidae son abejas de tamaño corporal pequeño a medio y tienen como rasgo distintivo la presencia de dos suturas subantenas y manchas amarillas en la cara de los machos. Todas las especies de la familia nidifican en el suelo, de preferencia suelos arenosos de áreas expuestas al sol con vegetación escasa o descubiertas. La mayoría son especies típicamente solitarias.

### Megachilidae

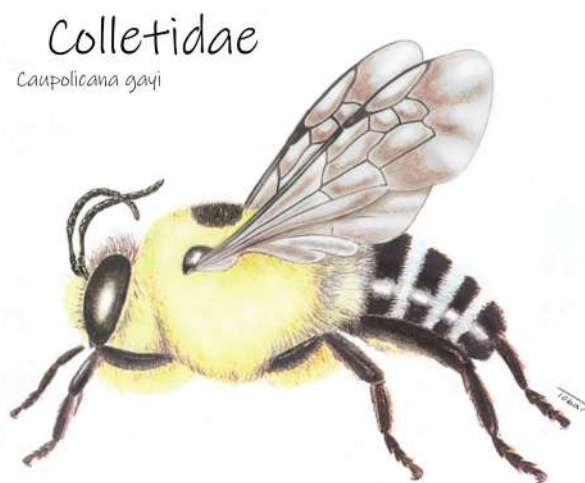
*Megachile pollinosa*



La familia Megachilidae es una familia diversa y numerosa de abejas. Especies de esta familia por lo general son de tamaño corporal mediano y solitarias. Se caracterizan por presentar una escopa ventral bien desarrollada que le permite recoger polen en la parte inferior de sus abdómenes y cortar hojas y pétalos de flores con sus mandíbulas para construir sus nidos. Algunas especies son reconocidas mundialmente por su valor como polinizadores de cultivos agrícolas.



Las abejas melíferas y los abejorros son miembros destacados de la familia Apidae y su principal característica es que son insectos sociales. Presenta numerosos pelos ramificados que cubren su cuerpo y patas posteriores modificadas a modo de canasta para el transporte de polen. Son de tamaño corporal mediano a grande, color amarillo, negro o marrón. Sus maxilares y labios forman una lengua especializada en la recolección de néctar.



La familia Colletidae incluye abejas de tamaños y formas variadas. Muy atractivas, algunas especies chilenas son las de mayor tamaño corporal en relación a las otras familias (hasta 20 mm de largo). Son abejas solitarias, nidifican principalmente en el suelo y tienen lengua con dos lóbulos que usan como pincel para distribuir la secreción con la que cubren las paredes interiores del nido (celdas de celofán), carácter único para las abejas pertenecientes a esta familia.





## Desde paisaje agrícola a producción de fruta

Con un enfoque amplio e integrado del paisaje agrícola —donde el huerto es un componente más del sistema— la biodiversidad surge como eje principal para estudiar la función de polinización y estimar su impacto sobre la producción de fruta, intentando además identificar y hacer frente a los efectos del cambio climático asociados al proceso.

Este enfoque permite modificar la forma tradicional de visualizar y trabajar en polinización, considerando que aún queda mucho trabajo por hacer para mantener las poblaciones de polinizadores comerciales, ya que se ve amenazado el suministro de colonias de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.), el principal polinizador doméstico en Chile.

El servicio de polinización que conocemos, basado en el uso casi exclusivo de la abeja melífera, podría reforzarse mediante el desarrollo y la adopción de estrategias y prácticas relacionadas con la conservación de la biodiversidad en agrosistemas por parte de productores agrícolas, favoreciendo la labor complementaria de las abejas nativas en el proceso. En este sentido, el camino más efectivo y sostenible hacia la estabilidad del servicio de polinización es identificar e implementar prácticas que promuevan la disponibilidad de diversos polinizadores (*Apis* y no-*Apis*).

Esta vía requiere un manejo distinto al habitual de las colonias de *A. mellifera* dentro y fuera de las colmenas: la saturación de los campos con esta abeja doméstica podría impactar negativamente sobre el desempeño de las abejas nativas debido a que el comportamiento generalista de la abeja de miel limitaría la disponibilidad de recursos para los polinizadores nativos con efectos sobre la polinización y, por ende, en la producción de fruta. Mantener diversas comunidades de polinizadores (silvestres y controlados) es parte de la sostenibilidad del proceso, sin embargo requiere comprensión de las necesidades de hábitat y de la gestión del paisaje para proporcionar los recursos necesarios para las abejas: alimentos en general y áreas para anidar, pasar el invierno y reproducirse, en el caso de las especies nativas.

El manejo sostenible de la polinización, de las poblaciones y comunidades de polinizadores requiere planificación y acción a nivel local y territorial, dada su importancia ecológica y económica, lo que se alcanzaría implementando este enfoque integrado de paisaje agrícola, multiescala, que incluye manejo del hábitat, restauración y conservación de la biodiversidad.

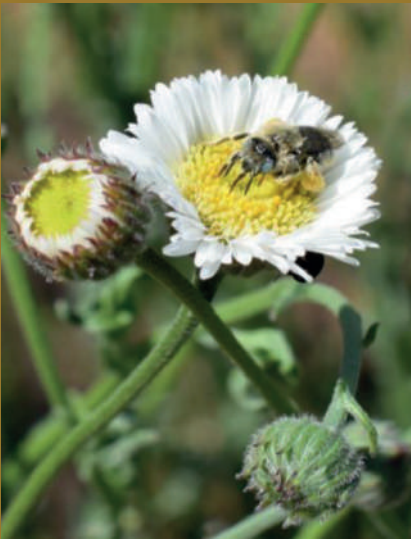


## Polinización sostenible en huertos de almendro, cerezo y palto de la Región Metropolitana

Los beneficiarios directos de este Bien Público desarrollado por el proyecto Polinización Sostenible: adaptación al cambio climático para la producción de fruta en Chile, corresponden a fruticultores de almendros, cerezos y paltos de las comunas de Melipilla, Paine e Isla de Maipo, de la Región Metropolitana. Ellos han sido gestores clave en la implementación de las líneas de acción propuestas, cumpliendo con las actividades sugeridas y siguiendo las recomendaciones planteadas para levantar la información base del protocolo que se presentará en las próximas páginas.

Asimismo, si se analizan todos los esfuerzos productivos de los agricultores, debe incorporarse el proceso de polinización como un factor asociado al clima, variedades, condiciones de riego y suelo, entre otros. Sin embargo, existen ciertas limitaciones al establecimiento de un proceso de polinización sostenible en huertos frutales que los agricultores deben integrar a sus esfuerzos de producción para alcanzar una polinización exitosa:

- Los efectos del cambio climático podrían traducirse en falta de sincronía en la apertura floral y la visita de los polinizadores, incidiendo en menor eficiencia de polinización al adelantar o acortar los períodos de floración de frutales.
- En términos de manejo del paisaje, la disminución de hábitats naturales adyacentes al huerto restringe las fuentes de recursos alimenticios, refugio físico, sitios de cópula y nidificación de los polinizadores.
- La aplicación de productos fitosanitarios debe considerar los momentos de forrajeo de las abejas nativas y *Apis mellifera*. La ausencia de fuentes de agua y mal manejo de colmenas limitan el desempeño y sobrevivencia de las abejas.
- Paisajes simplificados con áreas productivas extensas y sin límites aparentes (monocultivos), reducen la diversidad de flores de las que se alimentan las abejas y con ello, la cantidad, variedad y calidad de polen necesario para el crecimiento poblacional.
- La alta demanda de colmenas para polinización en temporada de floración de frutales deriva muchas veces en la división de las colonias de *A. mellifera*, lo que las debilita y disminuye las posibilidades de una polinización eficiente.
- Debido al escaso conocimiento que existe sobre el aporte de las abejas nativas a la producción de fruta a través de la polinización, las prácticas comunes de manejo de huerto no están asociadas a la restauración de la flora nativa ni a la conservación de sitios de nidificación para sostener sus poblaciones.



## Polinización sostenible para la producción de fruta en Chile

El cambio climático surge como un nuevo desafío que deben enfrentar los agricultores ajustando sus prácticas de manejo para mantener o mejorar su producción. Es también un reto para los insectos benéficos, abejas introducidas y nativas, que deberán adaptarse a nuevas condiciones para cumplir su labor de polinización.

Con el fin de incluir en la propuesta como beneficiarios del proyecto a pequeños y grandes productores agrícolas y a los apicultores asociados a la polinización de sus cultivos, fueron seleccionados para este estudio seis huertos de frutales de importancia económica para el país, insertos en diferentes paisajes agrícolas (tres huertos diversos y tres huertos simplificados), para el desarrollo de las distintas actividades planificadas en una colaboración de dos años con los agricultores (2020-2021), como la instalación de trampas de muestreo de abejas en huerto y entorno, la implementación de un borde de flora nativa de 90m<sup>2</sup> y, junto con el apicultor, el monitoreo de las colmenas de *A. mellifera* destinadas a polinización, que forman el protocolo de Polinización Sostenible.

Este protocolo incluye cuatro líneas de acción:

1. **Paisaje agrícola.** Una visión integrada del paisaje agrícola en el que se inserta el huerto, que relaciona los atributos del entorno con la presencia y desempeño de las abejas nativas en el proceso de polinización.
2. **Borde de flora nativa.** La incorporación de bordes de plantas nativas en los huertos frutales como medida de restauración de la flora y para el suministro de recursos alimenticios, refugio físico, sitios de cópula y nidificación para las abejas.
3. **Abejas nativas.** El reconocimiento de la presencia de abejas nativas en ambientes agrícolas y su aporte como polinizadores complementarios de frutales.
4. **Manejo sostenible de colmenas para polinización.** Una propuesta de manejo sostenible de colmenas de *A. mellifera* destinadas a polinización.

Se considera que la abundancia y riqueza de especies de polinizadores en un paisaje agrícola es clave para la obtención de una mejor producción en frutales dependientes de polinización, enfatizando en la conservación del hábitat de los polinizadores.

Al conocer y estimar el aporte de las abejas nativas a la producción de fruta bajo el enfoque de este protocolo de Polinización Sostenible, se espera fomentar la conservación de los polinizadores y la protección de su hábitat, a nivel de público general y trabajadores asociados al agro, así como un manejo de huerto que involucre estas acciones propuestas en huertos frutales.





**Paisaje agrícola**

## El paisaje agrícola y su impacto en la polinización de frutales

Una matriz paisajística diversa favorecería la sobrevivencia de polinizadores nativos e introducidos y con ello, una mejor función ecosistémica de polinización asociada a paisajes agrícolas y mayor participación en la producción de fruta. Cambios que tienden a simplificar los paisajes agrícolas ponen en peligro la biodiversidad y también pueden amenazar la estabilidad y la productividad de los sistemas de producción de alimentos, al modificar las comunidades de polinizadores.

La mantención del servicio de polinización requiere la presencia y calidad de recursos suficientes para las abejas nativas dentro de los paisajes agrícolas, como hábitats de nidificación (sustratos de suelo) adecuados y recursos florales. Para los cultivos polinizados por abejas, la cercanía de los sitios de nidificación a los huertos es un factor importante en su desempeño, ya que las abejas regresan a los nidos después de colectar polen para alimentar a las larvas.

El diseño y ejecución de manejos específicos en paisajes agrícolas para una mejor polinización busca ajustar las necesidades tanto de la biodiversidad como de los agricultores, al garantizar la protección adecuada del hábitat de los polinizadores. Entre las acciones propuestas se incluye la conservación de áreas naturales y seminaturales con flora nativa en la cercanía de los huertos, la mantención de quebradas y coberturas vegetacionales, así como la presencia de cultivos diversos, de manera de fomentar la abundancia y eficiencia de polinizadores nativos e introducidos y, con ello, su participación en la producción de fruta.

Para esto es necesario conocer las características del paisaje que promueven la labor de las abejas en frutales que demandan polinización.





## Metodología

El estudio se realizó entre 2020 y 2021 en seis huertos seleccionados de la Región Metropolitana: dos huertos de almendro (Paine y Melipilla), dos huertos de cerezo (Paine y Melipilla) y dos huertos de palto (Isla de Maipo y Melipilla). Las figuras 1-6 muestran los sitios de estudio y la ubicación de los puntos de muestreo por huerto.

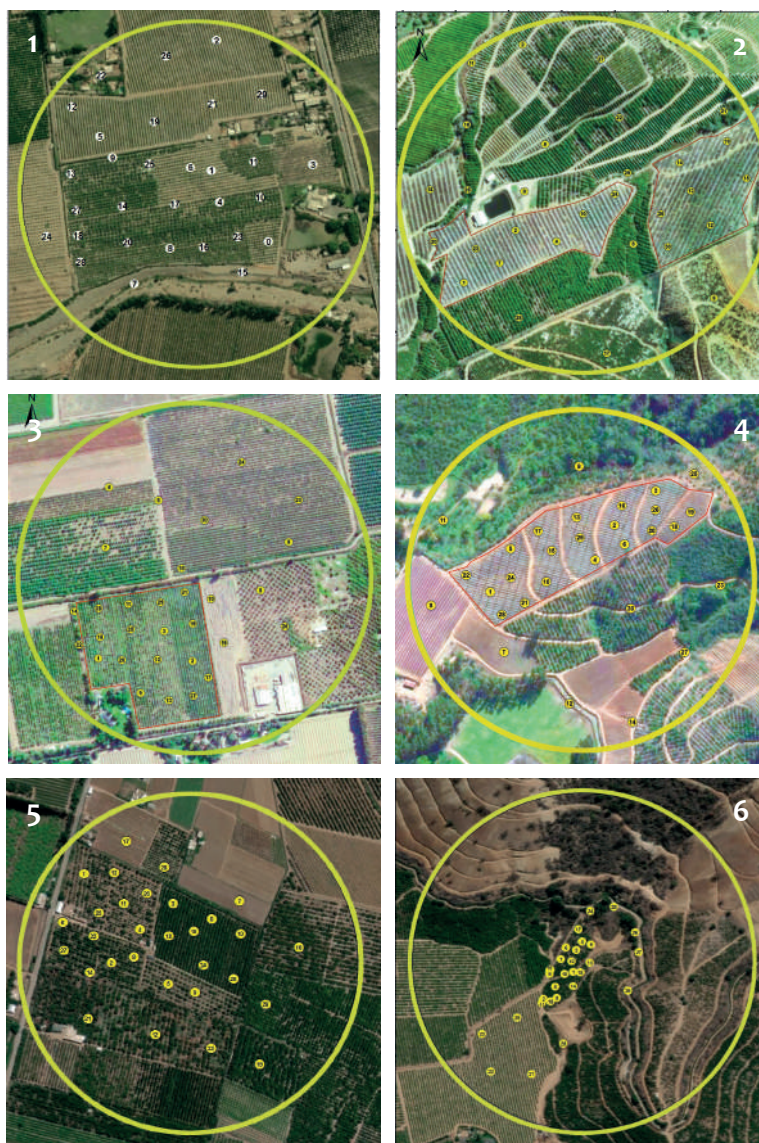


Figura 1-2. Huertos de almendro de Paine y Melipilla.

Figura 3-4. Huertos de cerezo de Paine y Melipilla.

Figura 5-6. Huertos de palto de Isla de Maipo y Melipilla.

Los huertos seleccionados en este estudio se insertan en distintos paisajes agrícolas. Los siguientes ejemplos muestran la diferencia en el caso de los huertos de palto. El huerto de palto ubicado en la localidad de Mallarauco (-71.0132,-33.5703) de la comuna de Melipilla, cuenta con 84 hectáreas de paltos y parches de vegetación natural colindante a los cultivos (cítricos y paltos), en forma de bosque nativo y quebradas (Fig. 7).

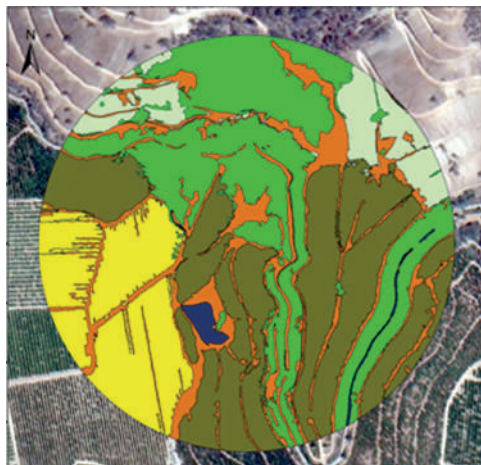


Figura 7. Huerto de paltos, Mallarauco, Melipilla (verde oscuro corresponde a la plantación de palto).

El huerto de palto ubicado en la localidad de Naltahua (-71.0113,-33.7358) de la comuna de Isla de Maipo, presenta 7 hectáreas de palto que corresponden casi a la totalidad del campo. Es un huerto plano en el que no se observa vegetación natural periférica ni presencia de otros cultivos (Fig. 8).

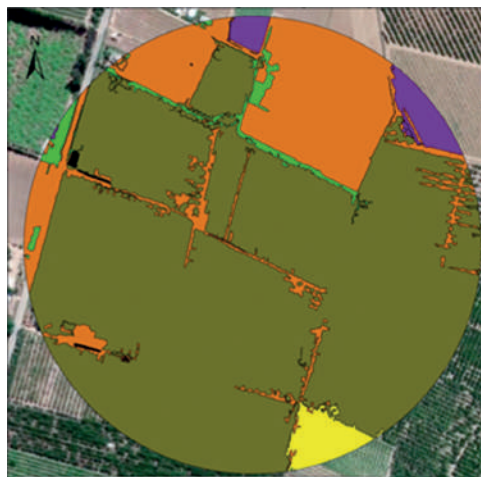
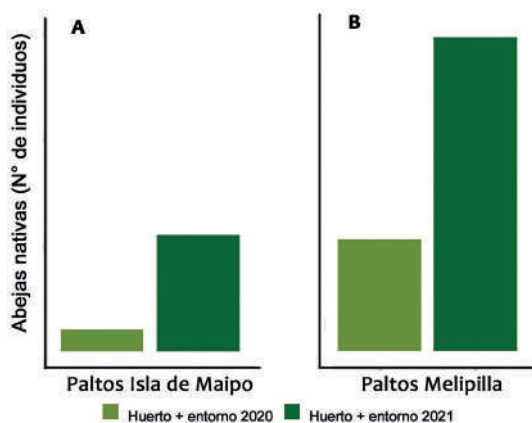


Figura 8. Huerto de paltos de Naltahua, Isla de Maipo (verde oscuro corresponde a la plantación de palto).

## Resultados



Al comparar la abundancia de abejas nativas en paisajes agrícolas simplificados y diversos en ambas temporadas (2020 y 2021) se registró un mayor número de individuos en el paisaje con presencia de bosque nativo, quebradas y otros cultivos.

Figura 9. Abundancia de abejas nativas en huertos de palto con diferente estructura de paisaje: A. Paisaje simplificado, huerto de palto de Isla de Maipo, y B. Paisaje diverso, huerto de palto de Mallarauco (Melipilla, 2020-2021).



En un paisaje agrícola simplificado (ausencia de bosque nativo, quebradas u otros cultivos), las abejas nativas se distribuyeron homogéneamente en el huerto y su entorno, en número similar en los diferentes puntos de muestreo.

Figura 10. Ubicación y registro de puntos de muestreo en huerto de almendro, de paisaje simplificado.



En relación a la distribución de las abejas en el huerto, en un paisaje agrícola con áreas naturales adyacentes al huerto, presencia de quebradas y distintos cultivos, las abejas nativas tendieron a concentrarse en puntos de muestreo ubicados en áreas de vegetación nativa, principalmente quebradas dentro del sitio de estudio.

Figura 11. Ubicación y registro de puntos de muestreo en huerto de almendro de Melipilla, indicando en color rojo los puntos con mayor número de abejas nativas (temporada 2021).

En el cultivo de almendro de Melipilla, huerto diverso, se observó mayor abundancia de abejas nativas y un aumento en la producción de fruta en la temporada 2021. El huerto de Paine se inserta en un paisaje simplificado (Fig. 12).

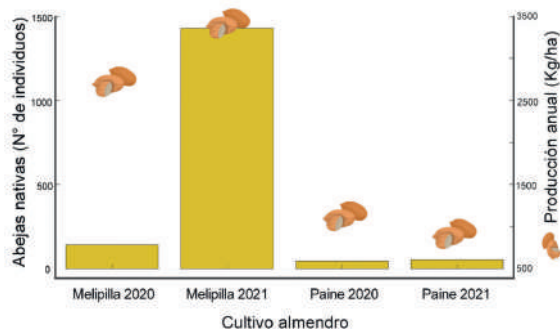


Figura 12. Producción de fruta y abundancia de abejas nativas en huertos de almendro estudiados: Melipilla con paisaje diverso; Paine, paisaje simplificado (temporada 2021).

Cerezo. Ambos huertos (Paine y Melipilla) registraron mayor producción el 2021 respecto del 2020 (Fig. 13). El huerto de Melipilla, además, exhibió mayor abundancia de abejas en ambas temporadas de floración, asociado probablemente a la heterogeneidad del paisaje, entre otros factores.

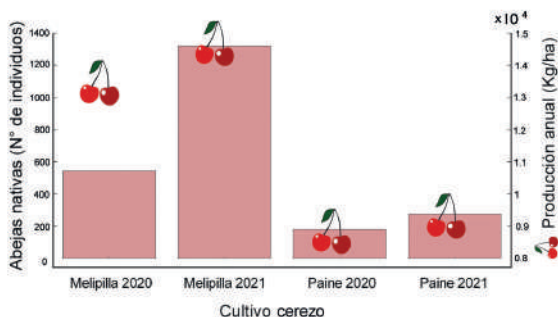


Figura 13. Producción de fruta y abundancia de abejas nativas en huertos de cerezo estudiados: Melipilla con paisaje diverso; Paine, paisaje simplificado (temporada 2021).

Palto. Tanto la abundancia de abejas nativas como la producción de fruta aumentó de 2020 a 2021 (Fig. 14). En el caso de Mallarauco (Melipilla), ambas variables son mayores que los resultados obtenidos para el huerto de Isla de Maipo, simplificado en términos de paisaje.

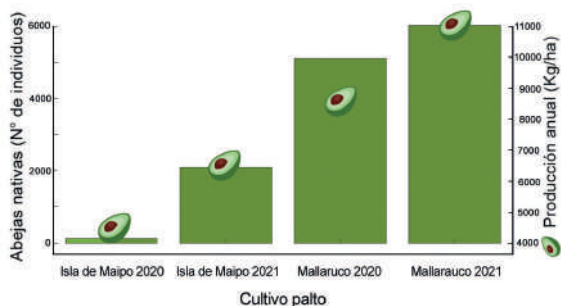


Figura 14. Producción de fruta y abundancia de abejas nativas en huertos de palto estudiados: Mallarauco (Melipilla) con paisaje diverso; Isla de Maipo, paisaje simplificado (temporada 2021).

## Importancia para la sostenibilidad de la polinización

En paisajes agrícolas diversos como aquellos en los que se ubican los huertos de almendro, cerezo y palto de Melipilla, se registra mayor producción de fruta por hectárea en las temporadas estudiadas, lo que estaría asociado a una mayor abundancia de abejas nativas, en comparación a paisajes simplificados que tienden a monocultivo, como los casos de huertos de almendro y cerezo de Paine, y huerto de palto de Isla de Maipo.

La estructura y las características del paisaje impactan sobre la abundancia de abejas nativas en los diferentes huertos estudiados: paisajes agrícolas con presencia de vegetación natural o hábitats seminaturales en el entorno, principalmente flora nativa (bosque y quebradas, por ejemplo), y diversidad de cultivos, presentan una mayor abundancia de abejas, lo que respaldaría la importancia de la conservación de áreas de flora nativa asociada a huertos o la restauración de áreas degradadas o subutilizadas en paisajes con escasa biodiversidad. Hábitats naturales y seminaturales, en particular aquellos que presentan especies de plantas nativas, impactan positivamente sobre el número de abejas que forrajean sobre los recursos florales, lo que se traduciría en una mayor polinización y producción de fruta.

Las correlaciones observadas sugieren el efecto benéfico y las consecuencias del manejo del paisaje sobre los polinizadores y la productividad de los cultivos. Así, todo manejo dirigido a la conservación del paisaje agrícola y al aumento de la diversidad está estrechamente ligado al aumento de la producción de fruta.

Las abejas nativas pueden cumplir un rol esencial brindando un servicio de polinización adicional o complementario al entregado por *A. mellifera*, actividad que se ha vuelto cada vez más relevante a medida que disminuyen las poblaciones de la abeja de miel utilizadas tradicionalmente para la polinización de frutales. La presencia de ecosistemas naturales, policultivos y entornos con diversidad floral cercanos a los huertos, promueve una mayor abundancia de abejas nativas a través de un continuo suministro de recursos. Esto implica mantener un conjunto de potenciales polinizadores disponibles en el huerto durante todo el período de floración del frutal, aumentando la probabilidad de ocurrencia de polinización exitosa, fecundación y formación de frutos, confirmando la estrecha relación entre la diversidad de abejas silvestres, los niveles de polinización y el rendimiento de cultivos frutales, sugiriendo la existencia de un valor intrínseco en la biodiversidad de polinizadores más allá de su abundancia o frecuencia de visitas.



**"Polinización sostenible: Adaptación al cambio climático para la producción de fruta en Chile"**

**Proyecto Bienes Públicos 19 BP - 117423**

Agrícola YOYE SPA  
Fundo La Rinconada de Puangue, Melipilla



- |   |                 |                                 |    |                     |                            |    |                    |                               |
|---|-----------------|---------------------------------|----|---------------------|----------------------------|----|--------------------|-------------------------------|
| 1 | Nectar          | <i>Baccharis proserpin</i>      | 7  | Canelillo           | <i>Escallonia divisa</i>   | 13 | Yumbillo           | <i>Solanum elaeagnifolium</i> |
| 2 | Macha del campo | <i>Sphaeralcea obtusiloba</i>   | 8  | Macha de Cordillera | <i>Androsace chilensis</i> | 14 | Culin              | <i>Plumbago grandifolia</i>   |
| 3 | Canelillo       | <i>Hedyscymum macrocephalum</i> | 9  | Flor del mirador    | <i>Cardamine chilensis</i> | 15 | Chusilla           | <i>Eryngium paniculatum</i>   |
| 4 | Euforbia        | <i>Euphorbia lasiocoma</i>      | 10 | Alcaparra           | <i>Cassia nesaea</i>       | 16 | Borombillo español | <i>Solidago chilensis</i>     |
| 5 | Yumbillo        | <i>Baccharis linearis</i>       | 11 | Maqui               | <i>Sapotea macrocarpa</i>  | 17 | Pala               | <i>Siphoria coccinea</i>      |
| 6 | Rubus           | <i>Siphochromis pastillatus</i> | 12 | Canelillo           | <i>Lycium chilense</i>     |    |                    |                               |

Bordes florales nativos





## Bordes de flora nativa

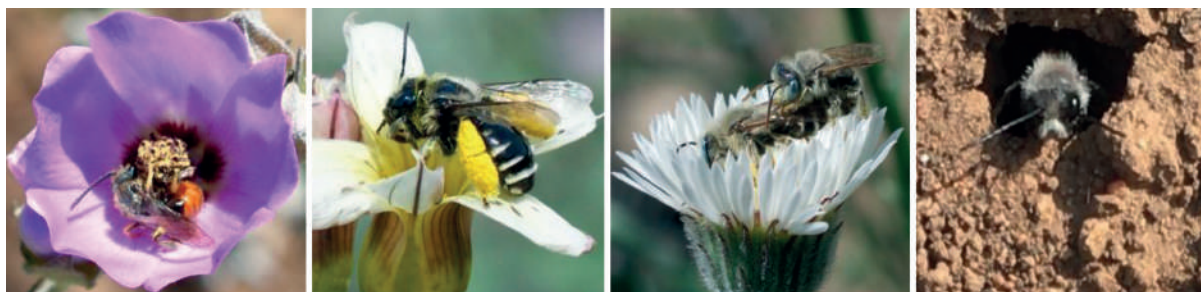
## Restauración de hábitats para polinizadores mediante implementación de bordes de flora nativa

El cambio climático obliga a fortalecer el desarrollo y aplicación de planes de manejo sostenibles en la agricultura para enfrentar su impacto. Una de las alternativas propuestas, es la conservación de hábitats naturales o seminaturales asociados a paisajes agrícolas con el fin de proveer recursos a los polinizadores. Por otro lado, es posible la incorporación de parches de plantas nativas para restaurar la flora, y ofrecer alimentación, refugio físico, sitios de cópula y nidificación entre otros recursos, a las abejas nativas.

Al mantener o aumentar la diversidad floral, en particular nativa, las abejas nativas contribuyen de mejor forma a la función de polinización y en consecuencia a la producción de fruta.

La incorporación de bordes florales en huertos frutales plantea algunos principios técnicos y ambientales. Es conveniente dar preferencia a especies de plantas que provengan de la misma zona geográfica del huerto que se desea intervenir, que resulten atractivas a las abejas, y que registren un período de floración largo y paralelo al cultivo.

Dada la preocupación que genera el cambio climático junto a la intensificación de la actividad agrícola, se ha fortalecido la implementación de esquemas agroambientales que ayuden a mitigar tales consecuencias impulsando una producción agrícola sostenible a través del reestablecimiento de hábitats naturales que ofrezcan recursos alimenticios, refugio físico, sitios de cópula y nidificación para abejas nativas que participan en el proceso de polinización en cultivos comerciales. Esta restauración de ambientes agrícolas propuesta se implementa en forma de estructuras de borde con especies de plantas nativas que logren una mayor abundancia y riqueza de familias y especies de abejas, base del servicio ecosistémico de polinización. Al aumentar la heterogeneidad de las tierras cultivadas se proporcionan recursos complementarios y diferente combinación de recursos en tiempo y espacio, proporcionando recursos útiles a las abejas silvestres y mejorando la polinización en los campos de cultivos colindantes.



Refugio físico

Alimentación

Cópula

Sitios de nidificación



## Metodología

En los seis paisajes agrícolas estudiados se implementó un borde de flora nativa de 90m<sup>2</sup> el año 2020, adyacente a cada huerto. Así se incrementa la diversidad de plantas que proveen recursos a las abejas nativas. Para ellas se elaboró un calendario (Fig. 15), que permite visualizar las floraciones sucesivas de las plantas seleccionadas.

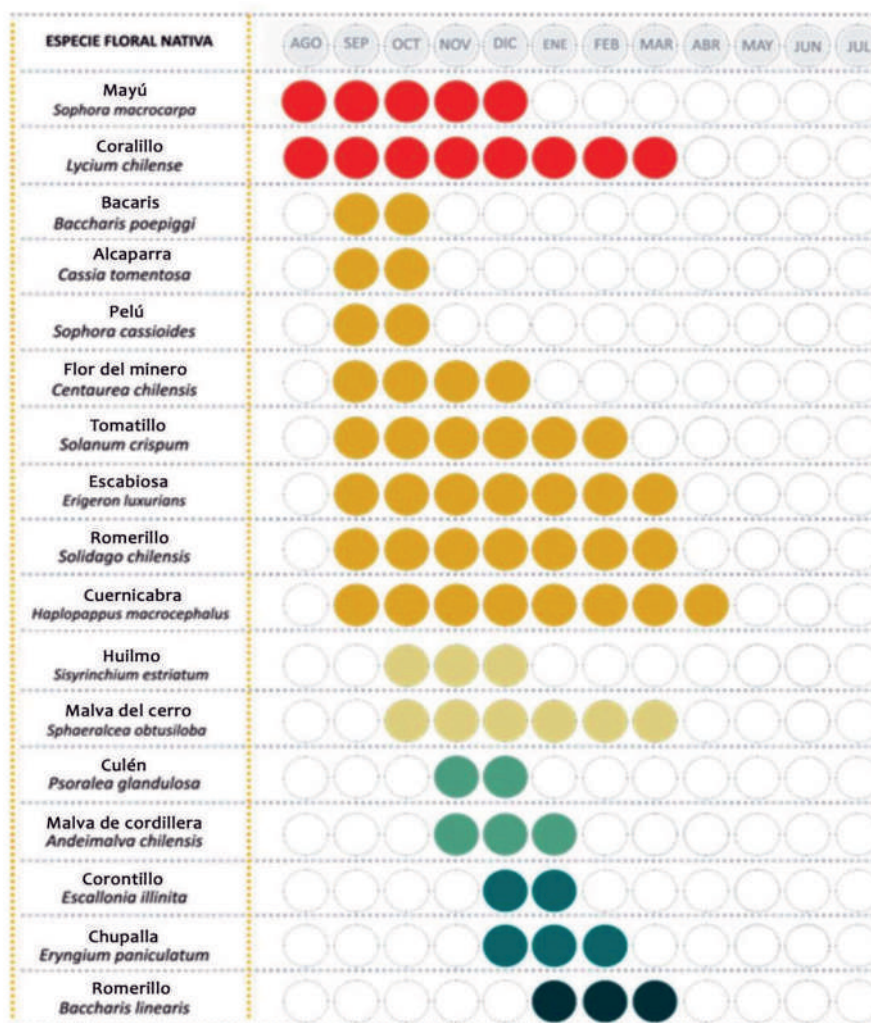


Figura 15. Calendario de floración de las especies de plantas nativas de los bordes implementados en los huertos estudiados (2020).

La ilustración de la página siguiente tiene por objeto dar a conocer los principales pasos mediante los cuales se implementaron las estructuras de borde en los huertos frutales.

# Plan de implementación de una estructura de borde de flora nativa



1. Elección del sitio para la implementación del borde floral



2. Instalación de estructura de protección



3. Instalación del sistema de riego



4. Plantación



5. Mantenimiento del borde floral

## Resultados

Dentro de las especies de plantas nativas seleccionadas en la estructura de borde destacan cuatro por resultar mas atractivas a las abejas: malva del cerro (*Sphaeralcea obtusiloba*, Malvaceae), escabiosa (*Erigeron luxurians*, Asteraceae), huilmo (*Sisyrinchium striatum*, Iridaceae) y malva de cordillera (*Andeimalva chilensis*, Malvaceae) (Figs. 16-19).



Figura 16. Malva del cerro



Figura 17. Escabiosa



Figura 18. Huilmo



Figura 19. Malva de cordillera

El borde de flora nativa en paisajes agrícolas, adyacente a los huertos, debe resultar atractivo para las abejas y proveer recursos distintos a los que obtienen de la floración del cultivo.

La presencia de recursos forales diversos es de gran importancia en polinización: además de considerar la proximidad de estos hábitats al cultivo (menor gasto de energía para encontrar néctar y polen y llevarlo al nido), es importante que las abejas se desplacen desde el borde al interior del huerto en busca de recursos alimenticios, verificando la polinización.

En los huertos estudiados, se registró una amplia dispersión de abejas nativas hacia puntos lejanos al borde en ambas temporadas de trabajo (2020 y 2021). En 2021 se observa una mayor abundancia de abejas nativas en el conjunto de los campos, lo que podría estar asociado a la presencia de borde en floración (Fig. 20).

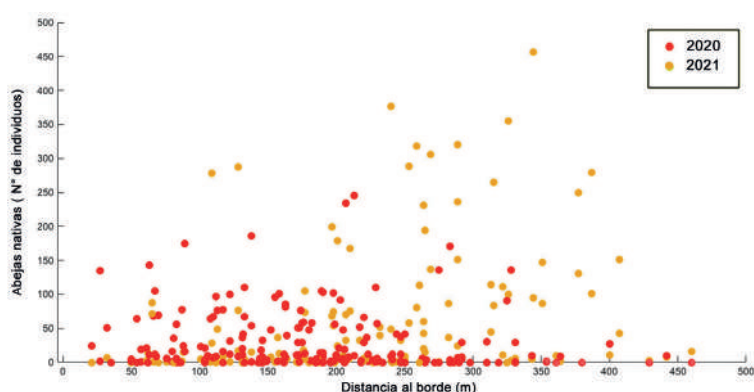


Figura 20. Abundancia total de abejas nativas colectadas y su distancia al borde floral, según año de muestreo (rojo 2020; amarillo 2021).

A nivel de familia de abejas, individuos de la familia Halictidae presentan dispersión más amplia que las otras familias, registrándose en puntos de muestreo cercanos al borde como en puntos más interiores en el huerto (Fig. 21).

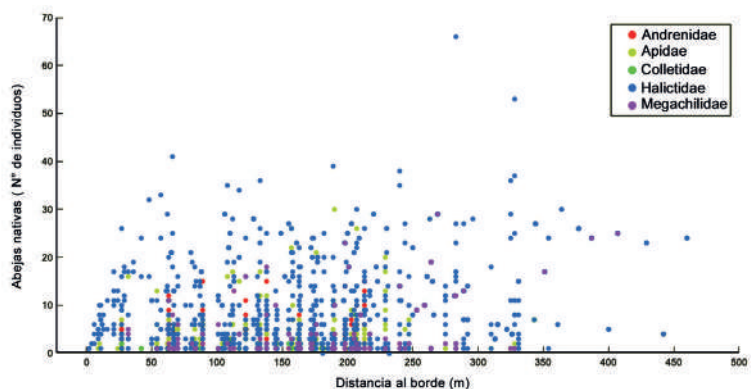


Figura 21. Abundancia de abejas nativas colectadas por familia, en cada punto de muestreo (trampas 2020 y 2021) y su distancia al borde floral.

## Importancia para la sostenibilidad de la polinización

Los agricultores a menudo eliminan las plantas que no pertenecen al cultivo para evitar competencia por los recursos del suelo y polinizadores, sin embargo, la presencia de diversidad de flores antes y durante la floración de los cultivos facilitaría la polinización de frutales.

La riqueza de especies florales causa mayor impacto en la abundancia de abejas que el número de plantas en flor, siendo un antecedente a considerar cuando se seleccionan las especies florales. Las variaciones en la abundancia de abejas en cada borde fueron reguladas principalmente por la estructura del paisaje y la disponibilidad del recurso floral en cada huerto.

El establecimiento de franjas de plantas nativas ofrece recursos que pueden aumentar localmente la riqueza y abundancia de abejas nativas, en particular en campos con paisajes simplificados, como el monocultivo.

Los bordes florales proveen refugio físico, alimentación (néctar y polen), sitios de cópula y nidificación a las abejas nativas, incrementando su capacidad para moverse desde estos bordes al huerto en flor, lo que impactaría positivamente sobre la polinización y producción de fruta.

Las propiedades de los bordes de flora nativa podrían aumentar con el tiempo a medida que más insectos benéficos utilicen los recursos proporcionados por estos parches de hábitat menos perturbado. Es posible atraer más poblaciones de visitantes florales y potenciales polinizadores implementando nuevos bordes, de acuerdo a las características del paisaje agrícola. Es importante a futuro estimar cuántos bordes se requieren por hectárea de cultivo, su ubicación y tamaño. Nuevas investigaciones con mediciones de producción de fruta a diferentes distancias del borde demostraría las ventajas económicas de su implementación, sumándolas a los beneficios ambientales.







# Abejas nativas

## Abejas nativas como visitantes florales y polinizadores de frutales

Las abejas son un grupo diverso de insectos, con una gran importancia como polinizadores, sin embargo, ha habido una disminución global en las poblaciones de abejas debido al cambio de uso de la tierra, la agricultura intensiva y el cambio climático, lo que podría derivar en reducción de los servicios ecosistémicos necesarios para producir alimentos, como la polinización de cultivos.

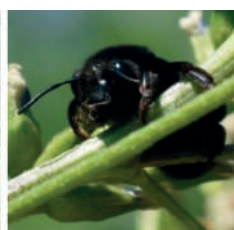
Actualmente en Chile, la demanda por servicios de polinización está localizada principalmente en las regiones centrales, y en respuesta, los agricultores introducen tradicionalmente *Apis mellifera* (abeja de miel o melífera) en sus huertos para la polinización de cultivos dependientes de la labor de las abejas para la producción de frutas, semillas, hortalizas y forrajeras. Sin embargo, la demanda del servicio de polinización que brindan los polinizadores domésticos supera la oferta.

Se han descrito 464 especies de abejas nativas que forman parte de las cinco familias presentes en Chile: Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae y Megachilidae. Éstas podrían mejorar el rendimiento y calidad de la producción, ya que en muchos casos visitan flores que son inaccesibles para la abeja de miel y forrajean en condiciones de temperatura más amplias, dada la ventaja adaptativa respecto de las abejas exóticas, labor que podría constituir un modelo sostenible de producción de alimentos a mediano y largo plazo.

En la presencia de abejas nativas en los huertos aportando a la polinización y producción de fruta, radica la importancia de conservar un paisaje agrícola diverso y de restaurar la flora nativa local asociada a cultivos. Ambas estrategias promueven una mayor abundancia y diversidad de abejas chilenas, las que podrían desarrollar labores de polinización de cultivos de manera complementaria a la abeja de miel.



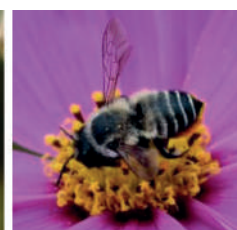
Fam. Colletidae



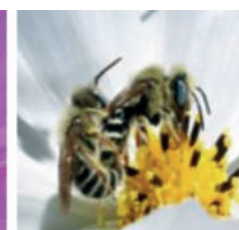
Fam. Apidae



Fam. Halictidae



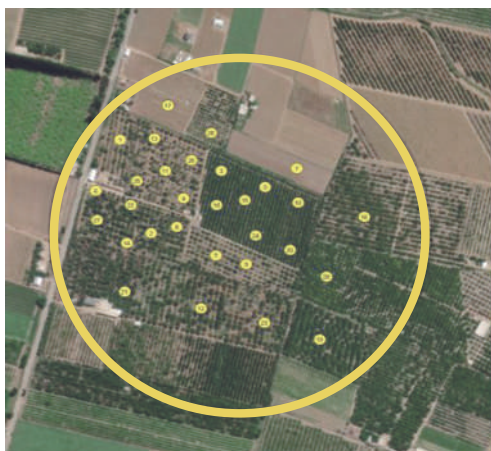
Fam. Megachilidae



Fam. Andrenidae



## Metodología



Para el muestreo de abejas nativas se instalaron trampas en 30 puntos seleccionados al azar, dentro del área de estudio de cada paisaje agrícola (500m<sup>2</sup>) que incluye huerto y alrededores.

Figura 22. Mapa de huerto de paltos en Isla de Maipo con los 30 puntos de muestreo de abejas ubicados dentro del círculo amarillo.



Colecta de abejas nativas mediante trampas de bandejas de colores amarillo, azul y blanco, con líquido de preservación. Las trampas permanecieron hasta plena floración.

Figura 23. Instalación de trampas y registro de colecta.



Para la identificación, las abejas se montaron previamente en alfiler entomológico.

Figura 24. Abeja nativa de la familia Megachilidae.

Para determinar la participación de las abejas nativas en la polinización es necesario diferenciar entre visitantes florales y polinizadores. Los primeros visitan la flor sin contactar las estructuras reproductivas (sin adherir polen a su cuerpo), mientras que los polinizadores contactan anteras y estigmas en búsqueda de alimento, transportando polen entre flores de distintas plantas.

El concepto de constancia floral indica la fidelidad del visitante con la flor objetivo, lo que facilita la transferencia de polen entre flores de la misma especie. Este concepto fue utilizado para determinar el aporte de las abejas nativas en la producción de fruta. En los ensayos se colectó polen de 25 individuos (abejas nativas) por huerto para observación y cálculo de constancia floral (Fig. 25).



Figura 25. Flores de almendro, cerezo y palto en microscopio óptico con sus respectivos granos de polen.

## Resultados

Se estimó la diversidad de familias de abejas asociadas a cada huerto durante las temporadas 2020 y 2021 (Fig. 26). Huertos de palto (Isla de Maipo y Mallarauco) registraron mayor diversidad de familias de abejas nativas, siendo la familia Halictidae la mejor representada en almendro, cerezo y palto.

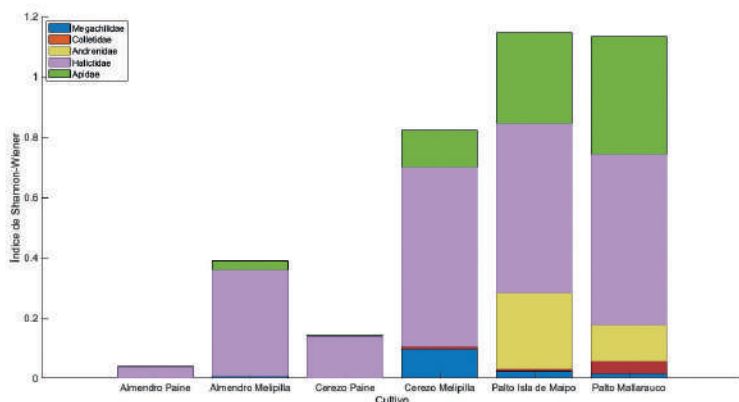


Figura 26. Diversidad de familias de abejas nativas en huertos de almendro, cerezo y palto (2020 y 2021).

Se registraron valores de constancia floral bajos y altos (Fig. 27) tanto en puntos cercanos al borde (izquierda) como en puntos lejanos (derecha), áreas dominadas principalmente por abejas nativas pertenecientes a la familia Halictidae, indicando un alto grado de fidelidad de estas abejas tanto hacia la flora de borde como a las flores de los frutales.

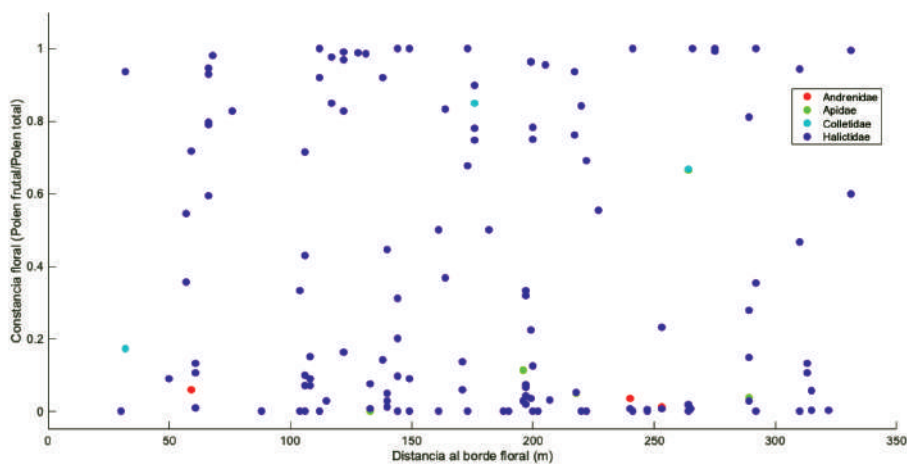


Figura 27. Dispersión de individuos en borde y cultivo asociado a la constancia floral de las familias de abejas nativas (temporada 2021). Valores cercanos a 0 indican menor constancia floral y menor distancia al borde.

La implementación del borde floral el año 2020 y su floración el año 2021 explica la mayor abundancia y riqueza de familias de abejas nativas en los huertos. El año 2021 registró igualmente un aumento de las constancias florales de las abejas nativas, siendo los representantes de la familia Halictidae los de mayores valores en todos los cultivos (Fig. 28).

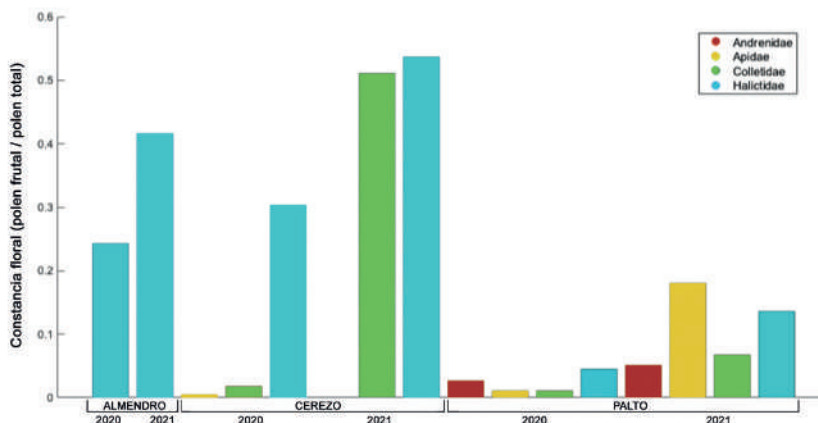


Figura 28. Valores promedio de constancia floral de las familias de abejas nativas (2020 y 2021).

Al relacionar la constancia floral con el tipo de frutal se observa mayor fidelidad en flores de cerezo (*Prunus*, Rosaceae) respecto de las flores de palto (Fig. 29), a pesar que Halictidae está presente en todos los huertos. El huerto de almendro de Paine registra baja constancia floral y baja producción, atribuible a la simplificación del paisaje en el que se inserta.

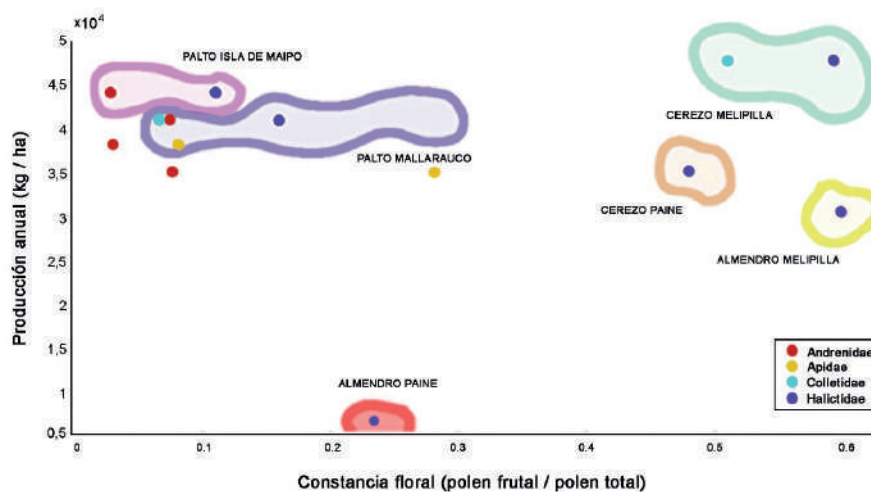


Figura 29. Constancia floral de las familias de abejas nativas (2021).

## Importancia para la sostenibilidad de la polinización

Las abejas solitarias, como las chilenas, comprenden la mayoría de las especies de abejas en el mundo. Juegan un papel importante en el servicio de polinización, siendo consideradas polinizadores más efectivos que *Apis mellifera* para algunos cultivos que dependen de las abejas para la producción de fruta. Sin embargo, diversas especies de polinizadores proporcionan un servicio más estable en el tiempo, protegiendo a los cultivos contra las fluctuaciones de población o disminución de alguna especie al no depender de una sola especie de polinizador.

Muchos cultivos son polinizados por una variedad de insectos, en particular abejas, las que responden de manera diferente a la estructura del paisaje y a factores ambientales, por lo que una diversidad de polinizadores enfrenta mejor cualquier cambio ambiental.

El mayor número de abejas nativas en la temporada 2021 estaría asociado a la implementación del borde floral nativo, con una floración paralela a la del frutal. Asimismo, se verificó la participación de las abejas nativas en la polinización de frutales, no solo en su calidad de visitante floral, sino transportando polen de almendro, cerezo y palto.

Los antecedentes expuestos plantean la necesidad creciente de reconocer, evaluar y valorar la participación de las abejas nativas como polinizadores complementarios a la abeja de miel, en un contexto de producción frutícola sostenible.

Chile es un país en desarrollo de la OCDE, reconocido como un importante exportador de fruta que provee a gran parte del mundo, sin embargo, el manejo agrícola y el cambio climático se vislumbran como grandes desafíos en torno a la conservación de la biodiversidad y la producción de alimentos. Los polinizadores en general y los nativos en particular, surgen como nexo entre conservación y producción, por lo que es necesario desarrollar e implementar estrategias de cuidado ambiental y de manejo de huertos que permitan que las abejas nativas realicen su labor y sean reconocidas y protegidas por ella. Hasta el momento, no se han implementado planes de manejo territorial que compatibilicen la producción y la conservación de la biodiversidad, por lo que estudios de este tipo suman aún más importancia para levantar información a considerar al momento de gestionar los paisajes agrícolas de manera sostenible.





# Manejo sostenible de colmenas para polinización

## *Apis mellifera* y la polinización sostenible de frutales

En el marco de este proyecto Bienes Públicos de Corfo, la participación de *Apis mellifera* es uno de los ejes fundamentales para la implementación del protocolo de Polinización Sostenible. La forma en la que se plantea su incorporación en el modelo es a través del agricultor (no del apicultor), quien reconoce el indispensable trabajo de la abeja de miel en la producción de fruta, y por lo mismo, se preocupa del cuidado y mantención de las colmenas durante su permanencia en el huerto para llevar a cabo el proceso de polinización. Para esto se debe instruir a los agricultores de manera que puedan reconocer la calidad de las colmenas contratadas para polinización y prevenir sucesos que podrían impactar negativamente sobre el desempeño de estas abejas domésticas.

En Chile, *Apis mellifera* es un importante polinizador de frutales, cultivos hortícolas, semilleros y forrajeras, con un alto aporte económico principalmente en la producción de fruta de exportación. Sin embargo, las abejas introducidas (como *Apis* y *Bombus* spp., entre otras) y las abejas nativas se han vuelto particularmente vulnerables tanto a las variaciones ambientales como al manejo agrícola de huertos frutales comerciales.

En este contexto, realizar observaciones repetidas y registrar la actividad de las abejas es fundamental para que los apicultores tomen decisiones correctas y oportunas, y en especial controlen el estado sanitario, nutricional y poblacional de las colmenas.

Existen riesgos sanitarios y ambientales asociados a las colmenas, por lo que es necesario definir estrategias para mejorar las buenas prácticas agrícolas y apícolas. Este proyecto propone un manejo sostenible de colmenas de *A. mellifera* para polinización mediante la aplicación de un Modelo de Gestión Agroapícola donde por una parte, el apicultor es el encargado de disponer de colmenas saludables y por otro el agricultor, provee los cuidados necesarios durante su permanencia en el huerto. La base de este modelo radica en considerar el ambiente y manejo del huerto para establecer un número adecuado de marcos con cría que asegure un número elevado de abejas adultas forrajearo y concretando la polinización.

Este esquema de trabajo agroapícola colaborativo con fines de polinización permitirá mejorar la producción de fruta de la mano con el cuidado ambiental y el bienestar de las abejas.



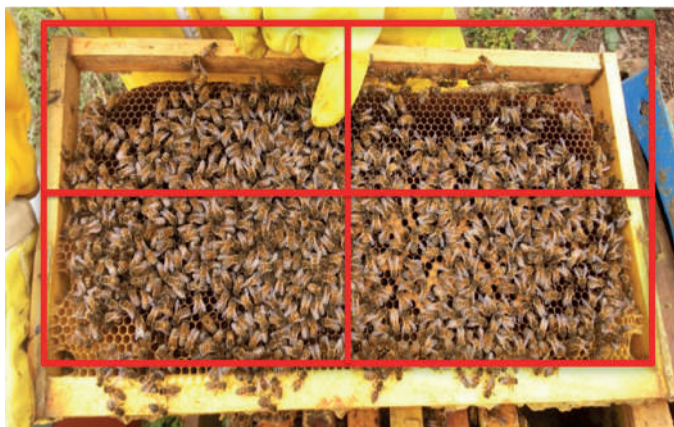


## Metodología



El monitoreo frecuente de colmenas es una herramienta que permite identificar el estado sanitario, nutricional y poblacional de las colmenas destinadas a polinización.

Figura 30. Actividad de transferencia con enfoque en el monitoreo de colmenas, dirigida a agricultores participantes del proyecto. Huerto de paltos de Isla de Maipo (2021).



El monitorear de colmenas permite establecer la presencia de miel, polen, cría abierta y cerrada, y población de abeja adulta. Se inspecciona cada marco por ambos lados en una muestra.

Figura 31. Estimación de la presencia de miel, polen, crías y adultas, por cuartos de cada marco en las colmenas monitoreadas.

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. En este sentido, surge la propuesta de un Modelo de Gestión Agroapícola que integre compromisos de ambos rubros con el mismo objetivo y con un enfoque sostenible.

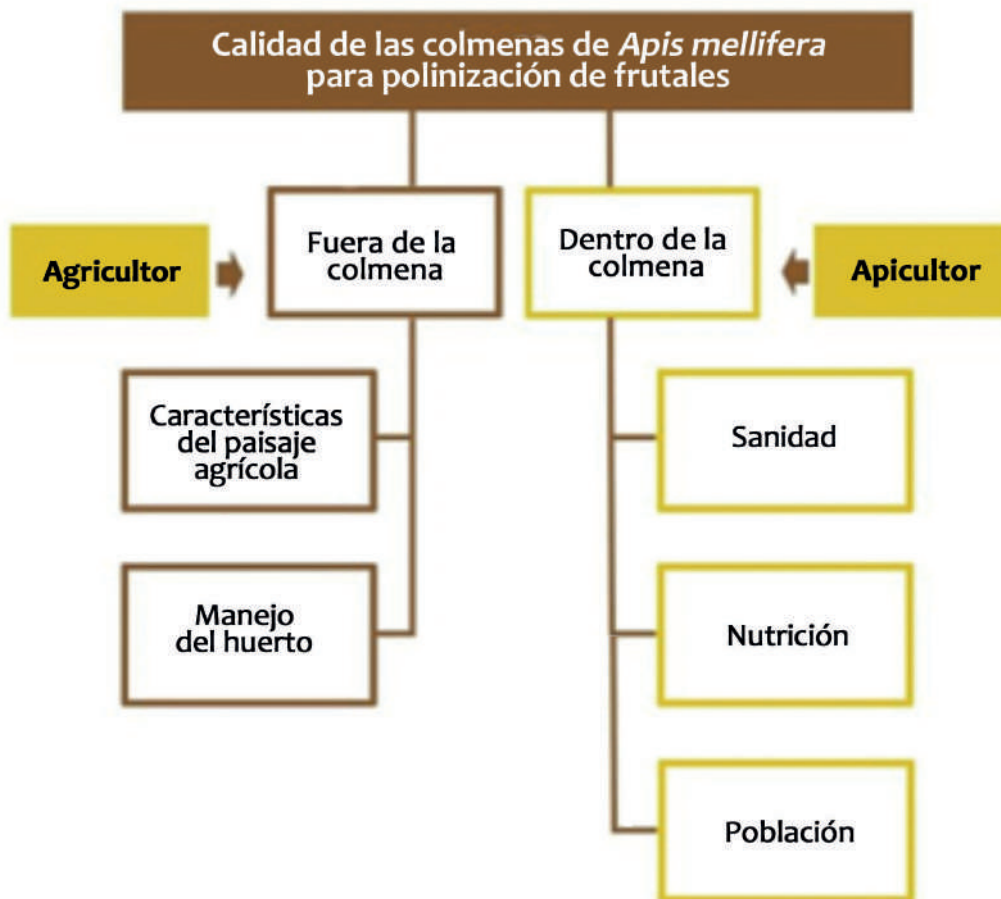
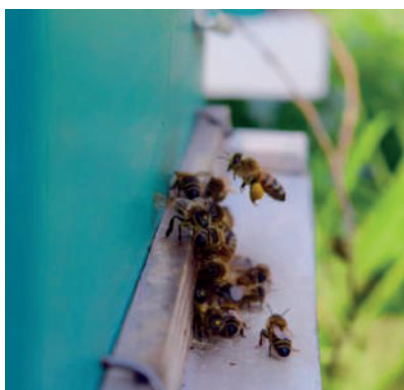


Figura 32. Modelo de Gestión Agroapícola que integra la labor del agricultor y del apicultor con fines de polinización.

La evaluación de la calidad de las colmenas de *Apis mellifera* destinadas a polinización radica en el monitoreo, generando información útil para la toma de decisiones de manejo por parte del apicultor y recibiendo un pago por aquellas colmenas instaladas en el huerto. Por otro lado, monitorear las colmenas y establecer su calidad, significa para el agricultor relacionar su inversión (por el arriendo de colmenas) con la futura producción de fruta. De esta forma, la confianza entre productor agrícola y apícola es fundamental para lograr un proceso de polinización eficiente y con ello incrementar la producción de fruta.

El Modelo de Gestión Agroapícola incorpora al agricultor en el cuidado de las colmenas asegurándose de la calidad de las mismas mientras permanecen en su huerto para polinizar frutales. Se proponen 3 pasos para el monitoreo de colmenas por parte del agricultor, desde la aplicación de una técnica simplificada a una más compleja (pasos 1, 2 y 3, Fig. 33).



1. Ingreso de abejas por la piquera/minuto: no requiere abrir la colmena, sin embargo genera una estimación imprecisa de la población.



2. Inspección de cabezales de los marcos: método rápido para estimar población de abejas adultas pero no de cría ni de alimento.



3. Monitoreo de variables internas: estima cantidad de abejas adultas, cría y alimento. Requiere entrenamiento del agricultor.

Figura 33. Monitoreo de colmenas propuesto al agricultor para estimar la calidad de las colmenas destinadas a polinización.

## Resultados

Con respecto a la calidad de las colmenas se estudió la relación entre el número de abejas adultas en las colmenas y la abundancia de abejas forrajeando en el huerto (potencialmente polinizando). El huerto de paltos de Mallarauco (Melipilla) registró un mayor número de abejas pecoreadoras (>3000 individuos), correlacionado con un alto número de abejas adultas presentes en las colmenas (Fig. 34).

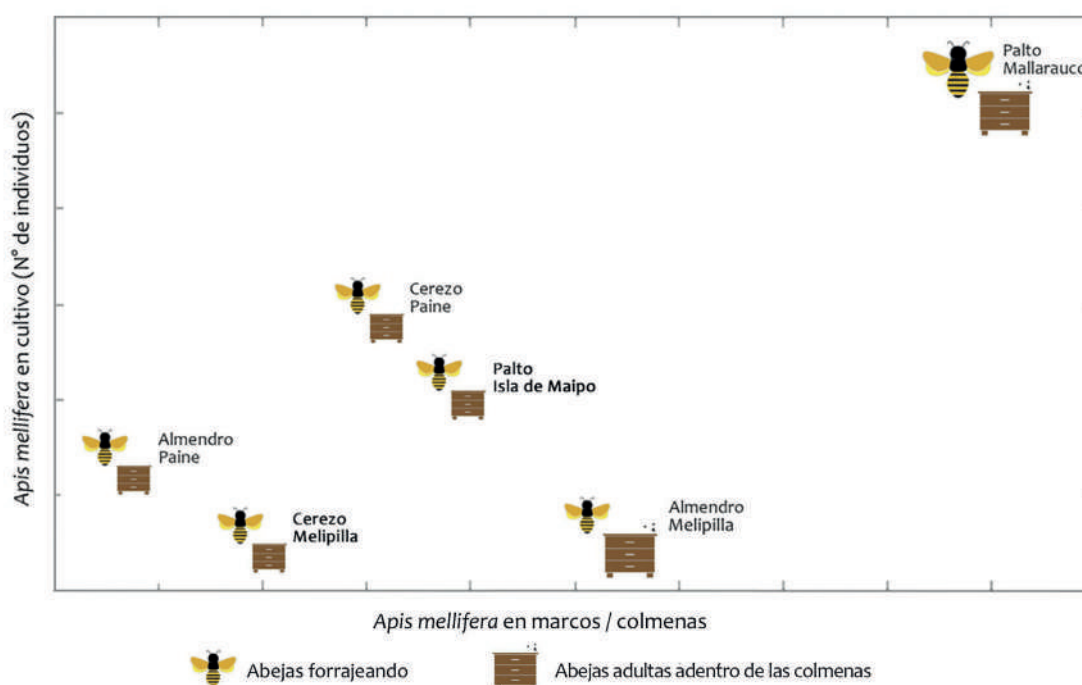


Figura 34. Relación entre abundancia de *Apis mellifera* adultas presentes en los huertos en actividad de forrajeo y población de abejas adultas dentro de las colmenas.

El punto más alto en la relación entre el número de abejas forrajeando sobre flores del cultivo y el número de abejas dentro de la colmena se observa en el huerto de paltos de Mallarauco (Melipilla), que contaba con colonias mas grandes (verificado a partir del monitoreo realizado en el huerto) y se encuentra inserto en un paisaje diverso, en relación a los otros cultivos. La época del año y el tamaño de la colonia pueden interactuar afectando el comportamiento de búsqueda de alimento de las obreras.

Se estudió la relación entre el número de cría abierta presente en las colmenas, lo que estimula el forrajeo por polen de las abejas adultas, con la abundancia de abejas forrajeando en el huerto (potencialmente polinizando). El huerto de paltos de Mallarauco (Melipilla) registró un alto número de abejas pecoreadoras y colmenas con alto número de marcos con cría (abierta + cerrada) (>4 marcos) (Fig. 35).

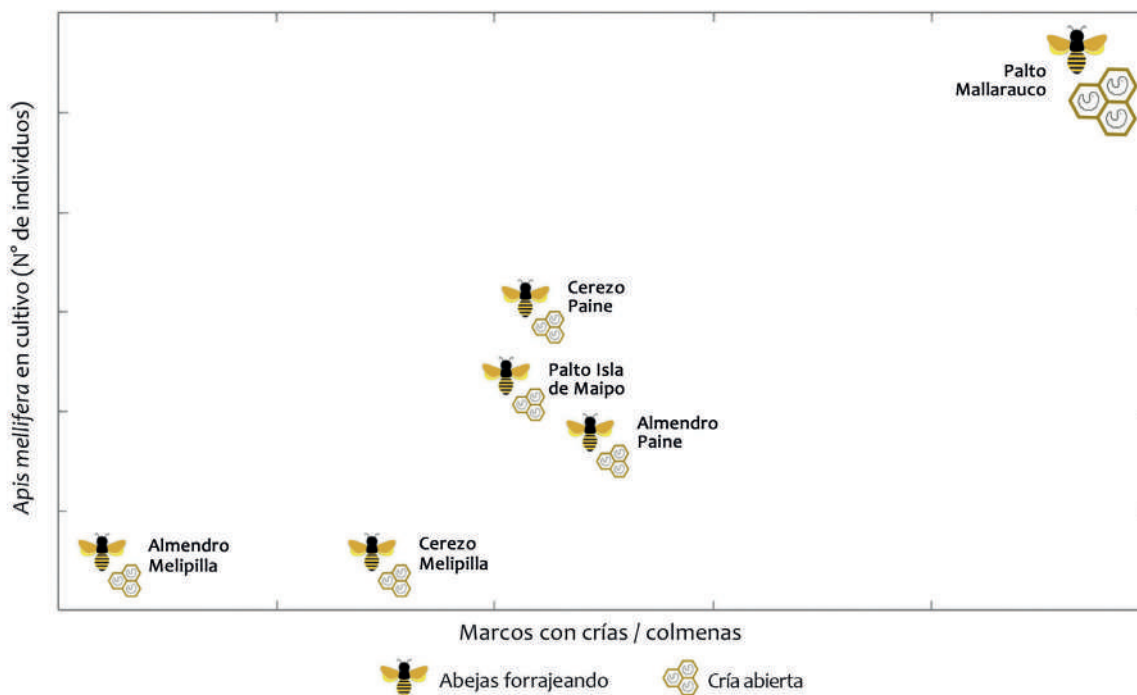


Figura 35. Relación entre abundancia total de cría (abierta + cerrada) de *Apis mellifera* en colmenas y abejas adultas forrajeando en los huertos.

El comportamiento de búsqueda de alimento, tanto de néctar como de polen, por parte de las obreras es influenciado por el estado de la colonia: cuando se requiere más polen, se realizaría un mayor esfuerzo de búsqueda de alimento para ayudar a satisfacer esas necesidades, las que son evaluadas constantemente por las recolectoras de polen usando diferentes señales, como las feromonas de cría.

Se registró un mayor número de abejas adultas forrajeando sobre flores del cultivo cuando provenían de colmenas con un número alto de marcos con cría, relación observada en el huerto de paltos de Mallarauco (Melipilla), que presenta paisaje diverso y un alto número de marcos con cría registrado en el monitoreo realizado en el huerto. Un menor número de abejas pecoreadoras se observó en huertos con un bajo número de cría en las colmenas monitoreadas en huerto, durante la floración del cultivo.

## Importancia para la sostenibilidad de la polinización

El monitoreo frecuente de colmenas de *A. mellifera* con fines de polinización es esencial para identificar el estado sanitario y poblacional de las abejas, y con ello la calidad de las colmenas.

El diagnóstico del estado de la población de abejas adultas dentro de las colmenas y fuera de ellas es una buena estimación de su calidad: a mayor presencia de crías abiertas mayor será el transporte de polen a la colmena y en consecuencia un mayor potencial polinizador. Esta relación podría variar por factores abióticos tales como la temperatura ambiente, la hora del día, y la luz de sol.

El crecimiento de cultivos dependientes de polinización ha sobrepasado la disponibilidad de colmenas, por lo que surge la necesidad de contar con polinizadores alternativos y complementarios a la labor de *A. mellifera*. Las abejas nativas aumentadas con un manejo ambiental se presentan como una alternativa viable para suplir esta insuficiencia.

Los polinizadores tienen un rol fundamental en la producción agrícola, esto porque una adecuada polinización aumenta el cuajado de frutos, mejora la capacidad de germinación de semillas y la calidad de los frutos y contribuye al aumento de la productividad, lo que favorece un mejor precio al consumidor, fortaleciendo su nutrición. Es por esto que la polinización es ampliamente reconocida como un importante servicio ecosistémico y una actividad fundamental para la seguridad alimentaria.

El monitoreo de colmenas tiene por función evaluar el estado de la población de abejas dentro de una colmena, identificando los factores que generan pérdida de fortaleza de la colonia, así como también el riesgo sanitario al que están expuestas, y de esta manera proponer estrategias que permitan establecer buenas prácticas apícolas y fortalecer el papel polinizador de las abejas. Si bien no todas las colmenas monitoreadas en este estudio fueron catalogadas como óptimas, se considera que la mayor parte de ellas tiene la capacidad de cumplir adecuadamente su papel polinizador. Un buen indicio del estado de estas colmenas es que no se registró una proporción elevada del ácaro *Varroa* que pudiera impactar negativamente sobre la colonia. Se debe considerar además, que el número de abejas pecoreando y de marcos poblados de abejas en las colmenas puede variar por factores ambientales como la temperatura, la hora del día y la luz de sol que recibe la colmena, entre otros.







# **Modelo de polinización sostenible**

## Integración de variables en un modelo de polinización sostenible

Una visión amplia de la agricultura sirve como base para instalar la idea de paisaje agrícola e identificar los componentes asociados al proceso de polinización contribuyendo a desarrollar labores productivas más sostenibles, armonizando la producción y la conservación de la biodiversidad de los huertos frutales.

La transformación de sistemas agrícolas tradicionales en sistemas sostenibles, donde se incluye la polinización, requiere de la conservación del hábitat natural o seminatural en las cercanías de los huertos. Se incluye la restauración de ambientes perturbados mediante la instalación de franjas o bordes de flora nativa que ofrecen alimento, refugio físico y sitios de nidificación, entre otros recursos, a los polinizadores, en particular a las abejas nativas.

Este enfoque integrado del paisaje agrícola considera también un manejo sostenible de la polinización tradicional con *Apis mellifera*.

El modelo de polinización sostenible que se presenta, establece cuatro ejes que en conjunto e integrados promueven la producción de fruta, conservando y aumentando la biodiversidad con el fin de armonizar conservación y producción. Las siguientes variables deben ser consideradas para alcanzar este objetivo: la caracterización del agroecosistema permite identificar los atributos del paisaje agrícola que promueven la presencia y mantención de polinizadores, la implementación de un borde floral nativo para restaurar hábitats atractivos a las abejas, la participación y aporte de las abejas nativas a la polinización de frutales y un manejo sostenible de colmenas de *A. mellifera* destinadas a polinización.

Estas variables influyen en la frecuencia de visita de los polinizadores y en la carga polínica que transportan entre flores de diferentes plantas, aumentando tanto la probabilidad de polinización como la calidad de la fecundación y la posterior formación de frutos. Con la proyección de la producción de fruta obtenida mediante la integración de estas variables se alcanzaron valores de crecimiento de la producción de fruta a corto, mediano y largo plazo en los seis huertos estudiados, a partir de 2021.

Resulta clave el aumento en la abundancia de las abejas nativas, la floración de las plantas de borde y los atributos del paisaje agrícola, ya que en aquellos con paisaje diverso (paltos Mallarauco y cerezos Melipilla), el crecimiento según sus hectáreas es mayor en comparación con los huertos insertos en paisajes simplificados (paltos Isla de Maipo y cerezos Paine).

Dentro de las variables estudiadas, la abundancia de abejas nativas resultó fundamental para relacionarla con la producción de fruta en cada uno de los huertos, mostrando en ambas un aumento en el tiempo. La siguiente figura (Fig. 36) resume el comportamiento de la abundancia de abejas nativas y la producción de fruta.

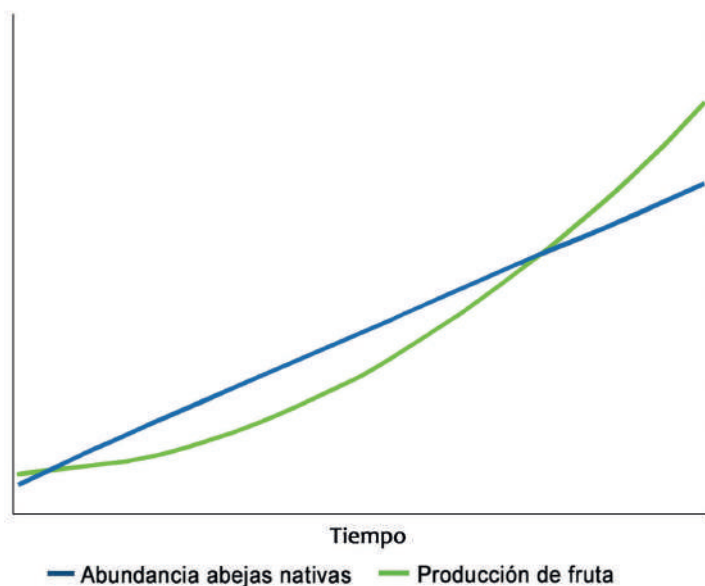


Figura 36. Representación del comportamiento de las variables abundancia de abejas nativas y producción de fruta, en la simulación del modelo construido.

La siguiente Tabla muestra la proyección de la producción de fruta por área de estudio (hectáreas) en los huertos estudiados. La incorporación de la abundancia de abejas nativas en el modelo hace posible proyectar la producción de fruta, identificando la proporción de aumento de las producciones anuales en corto (3 años), mediano (5 años) y largo plazo (10 años), desde el año de implementación del borde floral (2021).

Huerto	N° hectáreas	2021		+3 años		+5 años		+10 años	
		kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Almendo Paine	7	6.874		6.987	2%	7.143	4%	7.817	13%
Almendo Melipilla	9	30.402		31.061	2%	31.582	4%	33.166	9%
Cerezo Paine	4	35.000		35.280	1%	35.547	2%	36.498	4%
Cerezo Melipilla	3,38	47.590		48.201	1%	48.689	2%	50.191	5%
Palto Isla de Maipo	7	44.002		48.858	11%	52.176	18%	60.753	38%
Palto Mallarauco	3,78	40.962		43.518	6%	45.327	10%	50.132	22%

## Importancia para la sostenibilidad de la polinización

Un paisaje complejo y un manejo sostenible del mismo son requisitos para proteger los ecosistemas y garantizar los servicios de polinización en los cultivos, por lo que conocer las características del paisaje permitiría llegar a manejar de manera armónica los ensambles de polinizadores en sectores agrícolas, apoyando a su vez la convivencia entre *Apis* y no-*Apis* en el huerto.

La estructura y atributos del paisaje tienen importancia en la producción de fruta. Huertos con presencia de vegetación natural en el entorno (en particular flora nativa) y diversidad de cultivos, presentan una mayor abundancia de abejas nativas y mayor producción cuando son comparados con paisajes simplificados.

Una oportunidad se ha evidenciado durante los últimos años, donde a escala de hábitat y paisaje se han implementado estrategias que han permitido evaluar el impacto del manejo agrícola y efectos del cambio climático sobre la estructura del ecosistema y cómo se ven afectados los servicios que éste ofrece. Nuevas tecnologías como la incorporación de satélites comerciales y drones han permitido realizar estudios de este tipo entregando una visión general de los campos, pudiendo identificar problemas y aplicar soluciones en torno a la gestión del huerto. Sin embargo, sigue resultando fundamental el diseño y ejecución de planes específicos de manejo del paisaje de acuerdo a cada territorio, dirigidos a una producción sostenible de los campos agrícolas, como la implementación de hábitats naturales de flora nativa.

La implementación de parches de flora nativa estableció un flujo de abejas nativas desde el borde al cultivo en flor, con una alta dispersión de abejas en el huerto.

Constancia floral es un concepto útil para explicar la relación de familias de abejas nativas con las flores de los cultivos. El transporte de polen del frutal estudiado por la abeja es una buena aproximación a la polinización exitosa y producción de fruta.

Dentro de la estructura poblacional de las colmenas *Apis mellifera* contratadas para polinización, es importante conocer el número de marcos con cría ya que derivaría en un mayor forrajeo de la abeja de miel, evidenciando la necesidad de realizar un buen monitoreo de colmenas. Se registró aumento en la producción de fruta en los 6 huertos estudiados, sin embargo fueron incluidas en el modelo solo 2 variables asociadas a abejas nativas y producción de fruta, por lo tanto es necesario profundizar y complementar el modelo de polinización sostenible.

En las colmenas de *Apis mellifera* es importante conocer el número de marcos con cría ya que una cantidad óptima deriva en un mayor forrajeo de la abeja de miel. De ahí la necesidad de un monitoreo de colmenas ajustado a polinización.

## Conclusiones

La abeja de miel representa tan solo una pequeña fracción de las aproximadamente 20.000 especies conocidas de abejas. En 1848 se introdujo a Chile y desde entonces ha sido utilizada en el proceso de polinización y para la producción de miel. A lo largo de la historia se han introducido al país otras abejas con fines productivos agrícolas, pero no han logrado tener el alcance de la abeja melífera.

Sin embargo, al ser comparada con abejas silvestres ha resultado ser un visitante frecuente pero un polinizador poco eficiente, como en paltos por ejemplo, donde la contribución de polinizadores nativos es mucho más alta debido en parte a que *A. mellifera* no comparte historia evolutiva con este cultivo, el que presenta rasgos florales poco atractivos para esta especie de abeja.

Las abejas silvestres (no-*Apis*) conforman casi el 90% del total de abejas del mundo. Pueden mejorar el rendimiento y calidad de la producción de fruta, labor que podría constituir un modelo sostenible de producción de alimentos a largo plazo. En este sentido, Chile podría tener un fortaleza polinizadora en sus abejas nativas, no compartida con otras áreas pero no reconocida ampliamente por sus aportes en términos de patrimonio, ambientales y económicos. Por lo mismo, surge la necesidad de reconocer y evaluar agentes polinizadores alternativos a la abeja de miel para la producción frutícola de importancia económica. Las abejas nativas podrían potenciar la polinización de huertos comerciales ya que estarían asociadas tanto a las flores de frutales como a la flora acompañante de huertos como ocurre en la producción frutícola de la zona central de Chile. El protocolo de Polinización Sostenible propuesto por este proyecto Bien Público, permite evaluar la sostenibilidad del paisaje agrícola en su conjunto, incluido el huerto, y propone un diseño más resiliente al cambio climático, y un manejo que incorpore la valoración de los servicios ecosistémicos.

El manejo propuesto no requiere alta tecnología ni inversión, pero sí un mayor conocimiento y valoración de los recursos naturales asociados a los paisajes agrícolas, incluyendo flora y abejas nativas, por ejemplo.





@CSB\_UNAB



@csbunab



<https://csb.unab.cl>



Centro de Biotecnología de Sistemas Universidad Andrés Bello



## AGRADECIMIENTOS

Corfo  
Constanza Cerda  
Miguel Soto

Odepa  
María José Pizarro  
Daniela Acuña

PRODUCTORES  
Sr. Adolfo Ávalos  
Sr. José Antonio Cabezas  
Sr. Andrés Velasco  
Sr. Marcelo Wolde  
Sr. Luis Medina  
Sr. Francisco Leiva

APICULTORES  
Sr. Sergio Mujica  
Sr. Gabriel Galleguillos  
Sr. Juan Pablo Abarca  
Sr. Cristian Ahumada  
Sra. Hilda Cartagena  
Sr. Guillermo Olivares

COLABORADORES  
Leslie Vallejos  
Laura Pérez  
Gabriela Aceitón  
Vanessa Palma  
Fernanda Pérez  
Tiare Becerra  
Gabriel Sánchez  
Ignacio Orellana



Un proyecto del programa Bienes Públicos  
con Adaptación al cambio climático  
de Corfo