

Prácticas de manejo sustentable para la transformación de predios frutícolas y vitivinícolas

Eduardo Arellano, Rosanna Ginocchio y Camila Rey
Editores

 **Centro UC**
CAPES - Center of Applied
Ecology & Sustainability


**FACULTAD DE AGRONOMÍA
Y SISTEMAS NATURALES**
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE


**INSTITUTO PARA EL DESARROLLO
SUSTENTABLE**
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE


**Agencia Nacional de
Investigación y Desarrollo**
Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Gobierno de Chile



Recuperación del Paisaje

Vivo en una ciudad al borde del desierto de Atacama. Mi paisaje es evidente cuando se vive a los pies de un seco abismo maltratado por erradas visiones humanas que remontan desde el norte. Ayer salí de mi casa y comencé a plantar árboles. Uno primero con las manos en eclipse, dos, tres, cien. Salieron los parroquianos de mi ciudad y no pudieron ver el horizonte antes cubierto de hilos telefónicos y cables eléctricos. Ahora somos una horda extravagante que se multiplica en superficie exponencial que tiene escrito un solo objetivo: llenar el espacio de grandes biomasas abrazadas al suelo de este lastimado desierto. Ayer salí de mi bosque y comencé a plantar pájaros. Uno primero al borde de la tarde para acompañar el despertar de las siestas, dos, cien, mil en un extenso abrir de brazos. Salieron los vecinos de mi ciudad saltando de júbilo por el viento y las alas que pasaban en colores. Ahora somos una bandada de exóticas figuras que se desplazan

con un solo objetivo escrito: llenar el aire de vuelos de circo sobre primaveras de pastos y árboles pegados al aire de este herido desierto.

Como era esperado, ayer salí de mi nido y comencé a plantar vientos. Primero alisios cerca del vuelo de los pájaros, dos, tres, cien, un millón. Ahora salen miles de niños que sobre los árboles elevan volantines que se confunden con el vuelo de frescos ideales. Somos una ola de seres obsesionados por la vida con un solo objetivo escrito: plantar árboles, pájaros y vientos y plantar más árboles, más pájaros y más vientos y más, más árboles, pájaros y vientos.

Sueño con borrar de nuestra memoria ese errado paisaje humano de villas que mueren al borde del más majestuoso desierto escondido en el horizonte.

Marcelo Miranda
Fragmento del poema Recuperación del
Paisaje del libro Paisaje Cibernético
2019

Prácticas de manejo sustentable para la transformación de predios frutícolas y vitivinícolas

Eduardo Arellano, Rosanna Ginocchio y Camila Rey
Editores

Prácticas de manejo sustentable para la transformación de predios frutícolas y vitivinícolas

Editores: Eduardo Arellano, Rosanna Ginocchio y Camila Rey

I.S.B.N. 978-956-09038-6-0

Derechos reservados

Pontificia Universidad Católica de Chile



*Esta publicación fue financiada con el apoyo
del Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES)
y ANID PIA/BASAL AFB240003*



Centro UC
CAPES - Center of Applied
Ecology & Sustainability



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Y SISTEMAS NATURALES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



INSTITUTO PARA EL DESARROLLO
SUSTENTABLE
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

Fotografías:

Paul Amouroux, Valentina Jiménez, Nadia Rojas-Arévalo y Valentina Undurraga

Diseño, ilustraciones y producción editorial:

Loyca Comunicación Ltda.

Como citar este libro: Arellano, E., Ginocchio, R. y Rey, C. (Editores) 2025. Prácticas de manejo sustentable para la transformación de predios frutícolas y vitivinícolas. Pontificia Universidad Católica de Chile. 128 pp.

Contacto: Eduardo Arellano - eduardoarellano@uc.cl

Agradecimientos

Este manual es el reflejo de más de diez años de trabajo del equipo liderado por los profesores Eduardo Arellano y Rosanna Ginocchio, en el marco de diversos proyectos de investigación y transferencia desarrollados principalmente en la region del Libertador Bernardo O'Higgins.

Los editores de este documento agradecemos a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), el Gobierno Regional de O'Higgins y al Center of Applied Ecology and Sustainability CAPES (ANID PIA/BASAL AFB240003) por el financiamiento. Damos gracias y valoramos el trabajo y dedicación de las y los autores de cada capítulo por su dedicación y entrega de su conocimiento y resultados de sus investigaciones.

Por último, agradecemos también a las y los colegas, a estudiantes y amigos que son o han sido parte del Laboratorio de Restauración, Suelo y Metales y que aportaron con su trabajo en terreno y con fotografías para la elaboración de este manual.

Agradecemos también a las investigadoras del proyecto SUFICA, a los encargados de los predios donde hemos puesto los pilotajes y ensayos y a sus trabajadores y a todas las instituciones con las que hemos colaborado o han hecho posible nuestro trabajo.



Colaboran:






Con profunda alegría tengo el privilegio de presentar este Manual de Prácticas de Manejo Sustentable para la Transformación de Predios Frutícolas y Vitivinícolas, el cual es fruto del gran trabajo de muchos proyectos de investigación y del genuino interés de los autores que se sienten comprometidos en visibilizar y compartir los aprendizajes y nuevos conocimientos que han recopilado durante más de 10 años. Como es bien sabido, nuestra fruticultura y viticultura en Chile han experimentado un crecimiento significativo, consolidando al país como uno de los principales exportadores de frutas frescas a nivel mundial. Este desarrollo, impulsado por la demanda de alimentos saludables y la apertura de nuevos mercados, ha traído consigo desafíos ambientales considerables. La intensificación agrícola ha generado cambios drásticos en el uso del suelo, afectando la biodiversidad, la calidad del agua y la estabilidad del paisaje. En respuesta a estos desafíos, la implementación de prácticas agrícolas sostenibles se ha convertido en una necesidad imperativa para garantizar la viabilidad y competitividad de la industria frutícola y vitivinícola chilena.

Este manual aborda las **acciones de intensificación ecológica** para frutales y vides, proponiendo estrategias innovadoras que optimizan los procesos productivos, reducen los impactos ambientales y fortalecen la resiliencia de los agroecosistemas. El documento se centra en la conservación de la biodiversidad y la optimización de los servicios ecosistémicos, proporcionando recomendaciones prácticas para la implementación de estas estrategias en huertos frutícolas. Se destacan las prácticas agroecológicas seleccionadas y validadas a través de talleres y evaluaciones, considerando las barreras para su adopción, como los costos iniciales, la disponibilidad de insumos y la necesidad de planificación y mantenimiento.

Además, el documento explora la **protección y restauración de áreas de conservación** en paisajes agrícolas, enfatizando la importancia de mantener una cobertura de vegetación nativa entre el 20% y el 40% de la superficie para asegurar el soporte de los procesos ecosistémicos. Se presentan pasos detallados para el diseño, implementación y mantenimiento de estas áreas, incluyendo la selección de especies nativas, la preparación de sitios de plantación y el monitoreo continuo.

En el contexto de la gestión sostenible de la entre hilera, se abordan prácticas como el uso de **cubiertas vegetales, enmiendas orgánicas, reducción de la labranza y mulch orgánico**, destacando sus beneficios para la salud del suelo y la biodiversidad. Estas prácticas no solo mejoran la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, sino que también promueven la actividad biológica y la captura de carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.



Finalmente, el documento incluye ejemplos concretos de implementación en predios frutícolas y vitivinícolas, demostrando cómo estas acciones pueden mejorar la conservación del suelo, incrementar la biodiversidad y fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas. La adopción de estas prácticas sostenibles es esencial para enfrentar los desafíos ambientales y asegurar un futuro próspero para la fruticultura y viticultura en Chile.

Sin duda este manual será una guía integral que busca transformar la gestión agrícola en Chile, promoviendo prácticas sostenibles que aseguren la productividad y la conservación ambiental en el largo plazo.

Dr. Rodrigo Figueroa E.

Académico

Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales UC

Introducción	9
I Protección de áreas de conservación en agroecosistemas: una perspectiva local y de paisaje	13
1. Introducción	13
2. Descripción general	14
3. Base Técnica de Implementación	20
4. Conclusiones	24
BOX	25
II Rehabilitación de la biodiversidad vegetal nativa y sus servicios ecosistémicos en zonas no productivas de predios frutícolas: setos e islas de vegetación	31
1. Introducción	31
2. Descripción general	32
3. Base Técnica de Implementación	39
BOX: Experiencia práctica de establecimiento de un seto en la Región de O'Higgins.	49
III Bandas Florales	57
1. Introducción	58
2. Descripción general	59
3. Base Técnica de Implementación	61
BOX 1. Bandas de flores nativas perennes en huertos de palto de la Región Metropolitana	71
BOX 2. Banda de flores nativa en huerto frutal de la Región de Coquimbo	74
IV Estructuras para la conservación de la vida silvestre	83
1. Introducción	83
2. Descripción general	84
3. Base Técnica de Implementación	89
BOX: Refugios para murciélagos	93
4. Conclusiones	96
V Gestión sostenible de la entre hilera	103
1. Introducción	103
2. Descripción general	104
3. Base Técnica de Implementación	113
BOX	122
4. Conclusiones	123
VI Lecciones aprendidas y perspectivas para una agricultura sustentable	127
VII Anexo	129
Autores	134



Introducción

La fruticultura es una de las actividades agrícolas de mayor crecimiento y dinamismo a nivel mundial, impulsada por la demanda de alimentos saludables y la apertura de nuevos mercados. En Chile, esta industria ha consolidado al país como uno de los principales exportadores de frutas frescas, gracias a su diversidad climática y capacidad productiva. Sin embargo, este desarrollo ha estado acompañado de desafíos ambientales significativos. La intensificación agrícola ha generado cambios drásticos en el uso del suelo, impactando negativamente la biodiversidad, el funcionamiento ecosistémico, la calidad del suelo y del agua, además de la estabilidad y resiliencia del paisaje.

A estos desafíos ambientales se suman las crecientes exigencias de los mercados locales e internacionales en materia de sustentabilidad. Los consumidores, cada vez más informados y conscientes del impacto ambiental de sus decisiones de compra, demandan productos agrícolas con menor huella ecológica, lo que ha llevado a la implementación de certificaciones y estándares más rigurosos en torno a la producción sostenible. Certificaciones como Global GAP, Rainforest Alliance y LEAF exigen prácticas agrícolas que minimicen sus impactos ambientales. Además, diversas políticas públicas y comerciales están incorporando criterios de sustentabilidad en distintos reglamentos y regulaciones, creando incentivos para que los productores adopten estrategias de manejo con enfoque regenerativo y de mitigación del cambio climático.

En este contexto, un fruticultor enfrenta el desafío de adaptarse a estas nuevas condiciones sin comprometer su productividad y competitividad en los mercados globales. Para ello, se requiere incorporar en la gestión predial, enfoques innovadores que permitan optimizar los procesos productivos, reducir los impactos ambientales y fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas.

Hacia una intensificación ecológica y valoración de servicios ecosistémicos

Una aproximación clave en esta transición es el de intensificación ecológica, la que propone que la productividad agrícola puede incrementarse mediante el uso eficiente de los procesos ecológicos que sostienen la vida en los agroecosistemas. A diferencia del modelo convencional, que depende del reemplazo de funciones naturales por insumos externos (como riego, fertilizantes y pesticidas), la intensificación ecológica busca potenciar la biodiversidad funcional y mejorar la resiliencia del sistema agrícola.

El principio de la intensificación ecológica se basa en la integración de procesos naturales dentro del manejo agrícola, incluyendo:

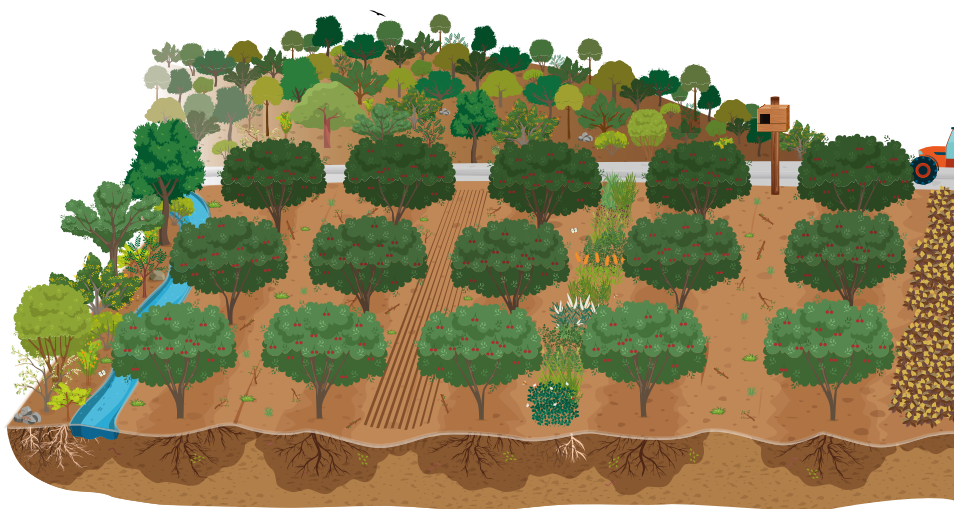
- **Diversidad funcional:** Incorporación de especies nativas y biodiversidad en el sistema productivo para mejorar la estabilidad y funcionalidad del ecosistema.

- *Optimización de los servicios ecosistémicos:* Aprovechamiento de procesos naturales como la polinización, el control biológico de plagas y la regulación hídrica.
- *Conservación del suelo y el agua:* Estrategias para reducir la erosión, mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad de retención de agua.

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad y que sostienen la producción agrícola de manera indirecta. Estos se dividen en cuatro grandes categorías:

1. *Servicios de soporte:* Incluyen la formación del suelo, el ciclaje de nutrientes y la producción primaria, procesos esenciales para la sostenibilidad de los agroecosistemas.
2. *Servicios de regulación:* Comprenden la polinización, el control biológico de plagas, la regulación hídrica y la captura y ciclaje de carbono. La vegetación perenne, como los setos y las islas de vegetación, contribuye significativamente a la fijación de carbono atmosférico en la biomasa vegetal y en los suelos, reduciendo la huella de carbono de los sistemas agrícolas y aumentando la resiliencia frente al cambio climático.
3. *Servicios de provisión:* Se refieren a los productos obtenidos del ecosistema, como frutas, madera y fibras naturales.
4. *Servicios culturales:* Beneficios inmateriales, como el valor estético del paisaje y la recreación.

En los sistemas frutícolas de producción intensiva, el foco principal del manejo productivo está en maximizar el servicio ecosistémico de provisión, obviando los otros posibles servicios ecosistémicos. Sin embargo, en los agroecosistemas frutícolas, la acumulación de materia orgánica en el suelo, promovida por la incorporación de cubiertas vegetales y la reducción de la labranza, favorece la estabilidad del carbono a largo plazo y mejora la fertilidad del suelo.



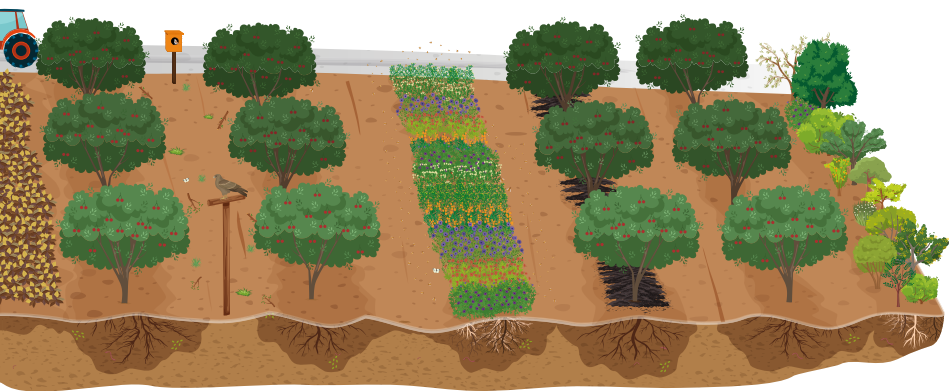
Objetivos y estructura de la guía

El objetivo principal de esta guía es proporcionar recomendaciones prácticas para la implementación de estrategias de intensificación ecológica en huertos frutícolas, por medio de prácticas agroecológicas, promoviendo la conservación de la biodiversidad y la optimización de los servicios ecosistémicos en estos sistemas productivos.

El conjunto de prácticas agroecológicas presentadas en esta guía no es arbitrario, sino el resultado de un proceso de selección y validación basado en la experiencia de distintos actores del sector. Estas prácticas han sido identificadas y priorizadas a través de una serie de talleres y evaluaciones realizadas en el marco de proyectos coordinados por CAPES UC, con el apoyo de empresas del sector frutícola, el Gobierno Regional de O'Higgins y la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). La primera selección de prácticas se construyó a partir de la información recopilada mediante la iniciativa Conservation Evidence y fue posteriormente priorizada por fruticultores de la región de O'Higgins y del Valle de San Francisco en Brasil, en el marco del proyecto SUFICA.

A pesar de los beneficios ampliamente documentados de las prácticas agroecológicas, los fruticultores enfrentan diversas barreras para su implementación. Entre las principales dificultades se encuentran los costos iniciales, la disponibilidad de insumos adecuados y la necesidad de diferentes formas de planificación y mantenimiento. Factores como la escasez hídrica, la falta de asesoría técnica especializada y las barreras tecnológicas pueden dificultar su adopción en distintos contextos. Además, las limitaciones en el acceso a financiamiento y la ausencia de incentivos específicos representan un desafío adicional, especialmente para pequeños y medianos productores. Dado que cada predio y contexto es único, la adopción de estas prácticas debe considerar distintos factores que influyen en su diseño y efectividad. Entre ellos:

- *Los objetivos de producción:* Algunos predios pueden priorizar la resiliencia del sistema frente a eventos climáticos extremos, mientras que otros pueden enfocarse en mejorar la fertilidad del suelo o reducir el uso de agroquímicos.
- *Los recursos disponibles:* Tanto la inversión inicial como la disponibilidad de conocimiento técnico y mano de obra pueden influir en la escala y ritmo de implementación de estas prácticas.



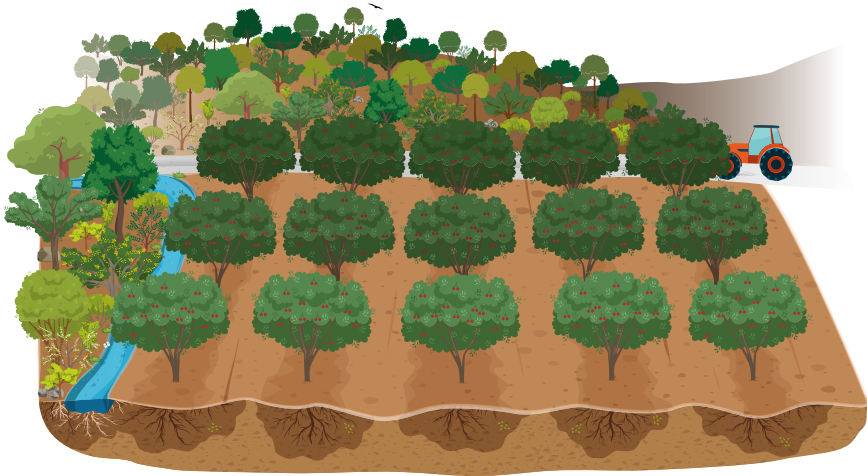
- *Las condiciones edafoclimáticas:* La disponibilidad de agua, el tipo de suelo y la exposición a eventos climáticos extremos determinarán qué prácticas son más adecuadas en cada caso.
- *El diseño predial:* La distribución de los huertos, la presencia de vegetación nativa y la conectividad con el paisaje circundante influyen en la implementación de las estrategias recomendadas.

A pesar de los beneficios ampliamente documentados de las prácticas agroecológicas, los fruticultores enfrentan diversas barreras para su implementación, las cuales varían según el tipo de intervención. La rehabilitación de la biodiversidad vegetal en zonas no productivas mediante setos e islas de vegetación puede verse limitada por la disponibilidad de especies nativas y los costos de implementación iniciales. La incorporación de bandas florales requiere una planificación rigurosa para garantizar el suministro de plantas y evitar problemas en su establecimiento. En el caso de la gestión de la entre hilera, la competencia por agua y los costos de mantenimiento pueden dificultar su adopción, especialmente en zonas con escasez hídrica. La implementación de estructuras para la vida silvestre enfrenta barreras tecnológicas y de asesoría técnica, ya que su diseño e instalación requieren conocimientos específicos. Además, las limitaciones en el acceso a financiamiento y la falta de incentivos específicos pueden restringir la adopción de estas estrategias, particularmente en pequeños y medianos productores.

A lo largo de los capítulos, se presentan recomendaciones basadas en la evidencia científica y en experiencias locales, con un enfoque flexible y adaptativo. Se espera que cada agricultor o técnico pueda evaluar y ajustar estas prácticas según su realidad, asegurando que las intervenciones sean efectivas y sostenibles en el tiempo.

Protección de áreas de conservación en agroecosistemas: una perspectiva local y de paisaje

Victoria Madrid, Eduardo Arellano



1. INTRODUCCIÓN

En un contexto de transición hacia una agricultura sustentable, la protección o restauración de áreas de conservación en predios agrícolas es una estrategia clave para la recuperación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos. En paisajes agrícolas altamente intervenidos y fragmentados, el resguardo de áreas de vegetación no productiva, como parches de bosque nativo o matorrales esclerófilos, sirve de refugio y aporta recursos esenciales para diversas especies autóctonas. Además, estos sitios pueden generar corredores biológicos continuos para el movimiento de la fauna (Kremen & Merenlender, 2018). En paisajes dominados por la agricultura, estas áreas pueden proveer diversos servicios ecosistémicos hacia la agricultura, tales como la regulación de los ciclos hidrológicos y del ciclo del carbono, la retención de sedimentos, la polinización, el control biológico, entre otros (Decocq et al., 2016).

Los efectos positivos de la conservación o mejora de estos parches de vegetación pueden tener un alcance tanto a nivel local como a nivel más amplio de territorio. Esto se debe a que los procesos ecológicos ocurren más allá de los límites administrativos de un predio (Case et al., 2020). Por ejemplo, la protección de la ladera de un cerro puede contribuir localmente a la retención de sedimentos y, al mismo tiempo, en un nivel de paisaje mayor, mediante la recarga de aguas subterráneas y el aporte al flujo total de salida de la cuenca. Por otro lado, procesos que ocurren a nivel de paisaje también pueden impactar procesos locales. Un ejemplo de esto es cómo los cambios en la cantidad en la cobertura de bosques dentro de un paisaje que rodea un predio agrícola podrían afectar localmente la cantidad de polinizadores silvestres (Lavin et al., 2024).

Ahora la pregunta es, ¿Cuánto es el mínimo de superficie de cobertura de vegetación nativa que deberíamos tener dentro de un territorio?. Diversos estudios han sugerido que debiese mantenerse un rango entre el 20 y el 40% de la superficie con una cobertura de tipo natural o seminatural para asegurar

el soporte de los procesos ecosistémicos dentro del paisaje (Garibaldi et al., 2020). Por lo tanto, las acciones desarrolladas a este nivel de organización biológica permiten contemplar tanto las necesidades ecológicas como los intereses humanos (Wu, 2013). Finalmente, los impactos reales de las intervenciones prediales sobre elementos como la biodiversidad, estarán vinculados siempre al entorno de la unidad predial.

La región de Chile central está marcada por un cambio histórico en el uso de suelo, que ha promovido la homogenización o sustitución de los elementos naturales no agrícolas que la componen. Los procesos de expansión en la superficie agrícola son uno de los principales factores causantes de la transformación de estos paisajes y de la pérdida de hábitat para biodiversidad. Por ejemplo, en toda la región de O'Higgins la superficie boscosa es de 209.858 ha (12,8% de la superficie regional), mientras que la cobertura agrícola abarca 451.744 ha (28% de la superficie regional). Dado que esta área coincide con una región de alto endemismo de flora y fauna nativa, es fundamental diseñar estrategias que incorporen elementos de conservación para potenciar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en sistemas agrícolas sustentables. Se ha demostrado que paisajes más heterogéneos y con una mayor cantidad de cobertura forestal, son capaces de albergar diversas especies nativas de mamíferos, aves e insectos (Greze et al., 2021; Lavín et al., 2024; Muñoz-Sáez et al., 2017; Soto et al., 2023).

En respuesta a esta problemática, el propósito de este capítulo es presentar acciones y consideraciones necesarias para diseñar, implementar y restaurar áreas de protección de biodiversidad, con énfasis en diseños de predios frutícolas y vitivinícolas de la zona central de Chile.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

2.1. Conservación de la Vegetación y Servicios Ecosistémicos en Agroecosistemas

La protección de áreas con vegetación natural o seminatural es una de las principales estrategias para la conservación de biodiversidad en paisajes agrícolas (Harvey et al., 2008). Esta estrategia consiste en resguardar, mejorar y/o ampliar las superficies de vegetación nativa presentes en los predios, los cuales se asemejan a los ecosistemas que existirían en ausencia de agricultura intensiva. Proteger estas áreas beneficia a diversas especies, las cuales representan roles claves dentro de los agroecosistemas y contribuyen de manera directa o indirecta a la sostenibilidad de las actividades agrícolas. Así, en los paisajes agrícolas, los servicios ecosistémicos son resultado de un efecto en cadena de la presencia de diferentes especies que habitan los agroecosistemas (Haines-Young & Potschin, 2007).

Cada servicio ecosistémico puede ser proporcionado en distintos niveles tróficos, es decir, por distintas especies o grupos de especies. Por ejemplo, el control de plagas puede ser brindado por diversas taxas o grupos de especies que cumplen funciones ecológicas específicas, asociadas a este servicio. Dado esto, el servicio de control biológico puede estar desempeñado por diversos enemigos naturales, tales como: (1) mamíferos carnívoros y aves rapaces, controladores de roedores y lagomorfos; (2) aves insectívoras, controladoras de artrópodos en sus distintos estadios; o (3) insectos parasitoides y depredadores. En particular, en Chile central, especies como zorros, gatos silvestres, quiques y chingues, aportan al control de roedores y conejos, reduciendo el daño a la fruta y la herbivoría dentro de las áreas de cultivos, así como su presencia en centros de acopio de cosechas y potenciales problemas de calidad de fruta (García et al., 2020). Por ejemplo, entre las aves rapaces, la Lechuza blanca y el Bailarín, son las especies que más contribuyen a esta función, pudiendo comer cerca de la mitad de los roedores presentes en un km² al año (Muñoz-Pedreros, 2019). En huertos frutícolas, las aves insectívoras como el chercán y la golondrina

tienen el potencial de controlar insectos que podrían ser plaga. Por su parte, algunos grupos de insectos como coccinélidos (chinitas), sírfidos, taquínidos, carábidos, avispas, chinches y ácaros nativos aportan al control de áfidos (pulgones), conchuelas, escamas, huevos de lepidópteros, otros insectos y arañas. Para poder realizar esta práctica, es imperante que previamente se identifiquen y mitiguen ciertas amenazas que existen en los campos que son claves para la conservación de la biodiversidad dentro de los predios agrícolas, como el control de perros y gatos domésticos (Ponce et al., 2023).

En Chile central, se ha observado que la riqueza de aves y mamíferos se incrementa significativamente cuando más del 70% del área circundante está compuesta por vegetación natural (Soto et al., 2023). Por lo que, la conservación de los hábitats remanentes de vegetación no productiva contribuye a resguardar a las especies nativas o endémicas presentes en los agroecosistemas y aportan a la provisión del servicio de control biológico.

2.2. Áreas claves para la conservación de la biodiversidad en paisajes agrícolas

Es posible identificar que algunos hábitats son especialmente prioritarios para la conservación debido a la gran cantidad de funciones y servicios que potencialmente se pueden generar. En primer lugar, la vegetación en áreas adenañas a cauces hídricos (zonas riparianas) genera beneficios superiores para la biodiversidad en comparación con otras áreas no riparianas. La vegetación ripariana, ha demostrado albergar una mayor cantidad de especies, teniendo un impacto local y a nivel de paisaje (Bennett et al., 2014). Además, estas áreas favorecen la movilidad de especies, mejorando la conectividad de parches a través del paisaje (Zimbres et al., 2017). En Chile, también se ha reconocido el aporte crucial de la vegetación ribereña a la conectividad de hábitats. Se ha evidenciado que la recuperación de la cobertura vegetal en cauces hídricos, de acuerdo con la normativa vigente, podría llegar a mejorar entre 30-40% la conectividad del paisaje, afectando positivamente el hábitat para la fauna (Rojas et al., 2020) (Figura 1).



Figura 1. (a) Faja de protección lineal con árboles nativos y exóticos entre cuarteles de manzanos.



Figura 1. (b) Zona de protección de bosque nativo en cerro o área de pendiente (arriba), y faja de protección ribereña con vegetación mixta entre cuarteles de uva (abajo).



Figura 1. (c) Faja de protección con vegetación nativa en el borde de un camino intrapredial.



Figura 1. (d) Faja de protección lineal con árboles exóticos en margen predial.

Otras áreas prioritarias para la conservación son los grandes parches con vegetación nativa remanente que son de propiedad privada y no están formalmente asociados al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). La preservación de este tipo de áreas es crucial para el resguardo de especies raras, especialistas del bosque, especies de amplio rango de movilidad o sensibles a las perturbaciones de hábitat (Szangolies et al., 2022). La focalización de los esfuerzos de conservación en áreas naturales grandes y continuas está respaldada por múltiples teorías ecológicas. Entre ellas, se destaca que la diversidad de especies tiende a incrementarse con el tamaño del hábitat, que la efectividad de las acciones de conservación se ve potenciada por el crecimiento del tamaño de la población, y que el aumento en la extensión y diversidad del hábitat contribuye a mantener la integridad ecológica de los ecosistemas (Ekroos et al., 2016).

En las zonas agrícolas del centro de Chile, los cerros islas y las zonas de mayor pendiente con vegetación nativa remanente en predios privados desempeñan un papel clave para promover los servicios ecosistémicos hacia la agricultura. Estas zonas aún mantienen grandes parches continuos de vegetación nativa y endémica que generalmente carecen de protección formal por encontrarse dentro de predios privados. Si bien, existen áreas de producción agrícola en zonas con más de 5% de pendiente, se ha reconocido que cerca del 90% de estas zonas son de limitada productividad y que, debido a su cobertura de vegetación natural, necesitan ser conservados o protegidos para reducir riesgos de erosión (Lebuy et al., 2023).

2.3. Importancia de la Heterogeneidad del Paisaje

Aunque existen áreas prioritarias para la conservación en sistemas agrícolas, la heterogeneidad del paisaje es fundamental para mejorar los servicios ecosistémicos y promover la sostenibilidad en la producción (Benton et al., 2003; Mitchell et al., 2014). Por lo tanto, la estrategia más efectiva debe incluir la preservación y mejora de todas las áreas que contienen remanentes de vegetación

natural o seminatural dentro de los predios, independiente del tamaño (Harvey et al., 2008). Este enfoque permite comprender los efectos de las prácticas agrícolas sobre la conservación de ecosistemas y resguardar su integridad a múltiples escalas espaciales. Aunque las decisiones se toman a nivel de predios, la gestión efectiva de la biodiversidad requiere un enfoque que contemple las necesidades a escalas más amplias (Case et al., 2020) que debería ser orientado por los organismos pertinentes como el Ministerio de Medio Ambiente o Agricultura. Con la inclusión de esta superficie dentro de estrategias más amplias, es posible integrar las acciones prediales con la creación de paisajes agrícolas conectados que alberguen una diversidad de especies en grupos funcionales clave (Estrada-Carmona et al., 2022). En consecuencia, las acciones a nivel predial pueden repercutir en la biodiversidad a escalas paisajísticas y regionales, por lo que es fundamental adoptar una perspectiva que contemple múltiples niveles y que contenga una coordinación integrada de diversos actores (Case et al., 2020).

Específicamente, las estrategias de rediseño de paisajes agrícolas intensivos señalan la necesidad de mantener un porcentaje de cobertura forestal en grandes áreas continuas, complementado con pequeños fragmentos forestales (Arroyo-Rodríguez et al., 2020). Grandes parches de vegetación continua benefician a especies que requieren áreas extensas o condiciones forestales específicas. A su vez, los fragmentos más pequeños favorecen a especies generalistas o a aquellas con menores requerimientos de movilidad, que pueden desplazarse a través de la matriz agrícola (Ekroos et al., 2016).

En los paisajes agrícolas de las regiones de O'Higgins y Maule, dominados por frutales y vides, la cobertura de vegetación forestal y arbustiva representa menos del 15% del paisaje total en sistemas productivos de la depresión intermedia, y se concentran en áreas de mayor pendiente en los faldeos de las cordilleras (Madrid, 2024). En una evaluación de estos paisajes agrícolas de ambas regiones se encontró que este porcentaje está por debajo del rango recomendado (entre 20 y 40%) y resulta insuficiente para sostener estrategias de recuperación de especies y funciones de la biodiversidad (Arroyo-Rodríguez et al., 2020; Garibaldi et al., 2020; Neugarten et al., 2024). Por lo tanto, la protección de la vegetación natural o seminatural remanente, que muchas veces ya existe en los campos de frutales y vides, es el primer paso para el resguardo de la biodiversidad. El siguiente paso implica restaurar estos elementos forestales en el paisaje, con el fin de alcanzar coberturas de hábitats suficientes para garantizar la supervivencia de las especies locales (Harvey et al., 2008).

2.4. Servicios Ecosistémicos en Paisajes Agrícolas: Beneficios para la Producción y Conservación.

En paisajes agrícolas, los ecosistemas naturales generan beneficios para la flora, la fauna y las personas, aportando diversos servicios de regulación, soporte y culturales (Kremen & Merenlender, 2018). La vegetación contribuye al control de la erosión, la regulación del viento, temperaturas extremas, la mantención de los ciclos del carbono y el ciclaje de nutrientes, la regulación de inundaciones y purificación del agua. Las aves e insectos pueden promover el control biológico de plagas y la polinización, entre otros (Haddaway et al., 2018). Además, proporcionan beneficios estéticos, recreativos y culturales en entornos agrícolas (Leary et al., 2021). Incluso estos beneficios se han visto reflejados en el aumento de los rendimientos en sistemas agrícolas que utilizan prácticas como la cero labranza, la diversificación de cultivos, el uso de leguminosas y control biológico (Pretty et al., 2006). Sin embargo, algunas estrategias de conservación también pueden tener efectos adversos sobre el bienestar humano, denominados deservicios ecosistémicos. Por

ejemplo, el aumento de la biodiversidad en sistemas agrícolas podría facilitar la proliferación de especies exóticas, generando competencia y desplazamiento de especies nativas. De manera similar, el conflicto con la fauna silvestre puede intensificarse cuando especies como aves o mamíferos utilizan áreas agrícolas como refugio, pudiendo afectar negativamente la producción y el rendimiento de los cultivos.

Dependiendo de su ubicación, en relación con tierras de cultivo o viviendas, los elementos forestales (árboles y/o arbustos permanentes) previenen la erosión y arrastre de sedimentos del suelo de manera efectiva, protegiendo contra la contaminación de canales de regadío, la pérdida de rendimiento en los cultivos y la disminución de la capacidad de almacenamiento de agua (Decocq et al., 2016). También, los bosques desempeñan un papel crucial en la regulación del clima. La cobertura forestal y la fragmentación pueden influir en las condiciones abióticas tanto a escala local como de paisaje (Arroyo-Rodríguez et al., 2020). Los paisajes con mayor cobertura forestal suelen tener temperaturas más bajas en comparación con paisajes más abiertos (Arroyo-Rodríguez et al., 2020).

La biomasa arbórea contribuye a acumular materia orgánica y regula la disponibilidad de nutrientes en el suelo a largo plazo (Decocq et al., 2016). Los árboles aumentan la fertilidad natural del suelo y pueden contribuir a la resiliencia del sistema agrícola, ya que influyen en la temperatura y humedad del suelo (Zomer et al., 2016). La captura de carbono en vegetación permanente en predios frutícolas tiene el potencial de mitigar los efectos de emisiones de gases efecto invernadero. En Chile se ha observado que el bosque esclerófilo tiene la capacidad de almacenar 23.3 ton C/ha de carbono biogénico, que corresponde al contenido de carbono en la materia orgánica viva o recientemente muerta, como árboles y raíces (Garfías et al., 2019).

En paisajes de Chile central, donde la gestión del agua es crucial para sostener la producción, es posible mejorar la retención de agua de lluvia en los suelos como estrategia para reducir los impactos de las temperaturas extremas (Decocq et al., 2016). La capacidad de almacenamiento de agua es influenciada por la cobertura vegetal, la materia orgánica y las comunidades bióticas. Al aumentar la infiltración y reducir la evaporación mediante la transpiración, la vegetación arbórea mejora la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Por ejemplo, los bosques riparios facilitan la infiltración del agua superficial hacia las aguas subterráneas, lo que reduce el riesgo de inundaciones y mejora la disponibilidad de agua. Además, ayudan a mitigar la contaminación de acuíferos capturando sustancias nocivas arrastradas en aguas y sedimentos (Castellano et al., 2022).

Los ecosistemas forestales promueven el hábitat para la presencia de enemigos naturales en paisajes agrícolas, aumentando el control biológico dentro de los cultivos (Greze et al., 2021). Asimismo, las áreas con vegetación no productiva dentro de paisajes agrícolas son hábitats para especies de insectos capaces de polinizar los campos frutícolas adyacentes. Los paisajes con mayor complejidad y heterogeneidad suelen sostener niveles más altos de biodiversidad, lo que refuerza las poblaciones de polinizadores silvestres y mejora los servicios de polinización en los cultivos adyacentes (Lavín et al., 2024). De este modo, se ha observado que la polinización en frutales aumenta en áreas más cercanas a bordes de ecosistemas forestales (Arroyo-Rodríguez et al., 2020). Más aún, los polinizadores han demostrado ser sensibles a variables de configuración del paisaje, disminuyendo sus funciones en hábitats aislados de otras áreas forestales (Garibaldi et al., 2011).

3. BASE TÉCNICA DE IMPLEMENTACIÓN

3.1. Suprimir prácticas de deforestación y promover las certificaciones

Antes de establecer áreas de conservación, es crucial evitar la tala o reducción de la superficie de bosque nativo. La deforestación es una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad a nivel global, lo que contradice directamente las prácticas de conservación que se desean implementar. Estas actividades deben eliminarse o incorporarse en un plan de manejo forestal que permita proteger el bosque en su totalidad, respetando las medidas y acciones permitidas por la legislación forestal vigente (Ley N° 20.283). Este instrumento, al contener información general de los recursos naturales presentes en el predio, actúa como una guía para definir el alcance de las intervenciones. Asimismo, en dicho instrumento es posible establecer acciones para la protección de la biodiversidad en el apartado de “*Medidas de protección ambiental y del recurso forestal*”. Además, si se identifican especies bajo alguna categoría de conservación durante el proceso, la normativa exige la creación de un plan de manejo de preservación para garantizar su resguardo.

3.2. Diseño

El diseño de la protección de áreas de conservación debe planificarse a nivel de paisaje. Para ello, es recomendable utilizar herramientas de cartografía como Sistemas de Información Geográfica (SIG) que permitan la identificación y zonificación de áreas prioritarias para la conservación. Dentro de las propiedades agrícolas, algunas de estas áreas incluyen:

Grandes áreas de vegetación nativa: En Chile central, se encuentran ubicadas en zonas con pendientes pronunciadas o cerros islas. Debido a su amplitud territorial, son altamente relevantes para la movilidad y refugio de especies que requieren grandes extensiones de hábitat, como zorros y gatos silvestres. Estas zonas corresponden a suelo de aptitud preferentemente forestal (APF) y suelen albergar a una alta biodiversidad de especies de flora y fauna nativa.



Vegetación ripariana o bordes de cauces hídricos: Estos ecosistemas protegen plantas hidrófilas, benefician a la fauna nativa y juegan un papel clave en la regulación y control de los recursos hídricos, además de facilitar la conectividad del paisaje. Para la planificación de conservación en áreas riparianas, es esencial establecer una “*Zona de protección de exclusión de intervención*” correspondiente a 5 metros aledaños a ambos lados de cursos naturales de agua (DS N°82, 2010. Ley N° 20.283). En este marco, se deben evitar eventos de perturbación, como por ejemplo limitar el ingreso de ganado a estas áreas de protección mediante barreras físicas (Tavares et al., 2024).



Pequeños parches de hábitat: Son los más comunes y esenciales para la conectividad del paisaje. Se contempla la protección y recuperación de pequeñas áreas no productivas que benefician la movilidad de especies entre áreas más grandes. Estas estructuras paisajísticas pueden corresponder a cercos vivos, cortinas cortaviento, fajas de protección, márgenes prediales y parches de vegetación aislados. Por ejemplo, se ha observado que el mamífero Guiña (*Leopardus guigna*) se ve beneficiado por la presencia de corredores biológicos de al menos 3 metros de ancho en paisajes altamente fragmentados (Sanderson et al., 2002). El rango de tamaño de estos parches es altamente dependiente de la intensidad de modificación de los paisajes, la especie de interés y la escala de análisis. Sin embargo, considerando las características de los paisajes frutícolas de

Chile central, estos pequeños parches podrían abarcar entre 0,1 y 1 hectáreas (Crowther et al., 2024). Estas áreas promueven la biodiversidad en entornos agrícolas, facilitando la interacción de especies autóctonas y mejorando el rendimiento de los cultivos en sus alrededores (*Ver Capítulo II*).



3.3 Implementación de acciones para la protección de áreas de biodiversidad

Una vez definidas las áreas de conservación, se deben llevar a cabo las siguientes acciones:

Realización de un estudio inicial: Un análisis exhaustivo del área permite identificar especies y evaluar el estado actual del ecosistema, proporcionando una base sólida para la implementación de medidas de restauración, seguimiento y control. Este estudio debe incluir un inventario detallado de especies de flora y fauna, análisis de suelos y evaluación de la calidad del agua y del suelo, utilizando metodologías de muestreo estándar, como transectos o estaciones de monitoreo.

Restauración ecológica: Dependiendo de los requerimientos identificados, estas técnicas pueden incluir acciones pasivas y/o activas para la recuperación de la biodiversidad. Mediante la restauración pasiva se busca dejar que la sucesión natural siga su curso, una vez eliminados los factores de degradación antrópicos. De esta forma, se pueden ejecutar algunas acciones que favorecen la recuperación y desarrollo de la vegetación local presente. Entre estas acciones se puede considerar la exclusión de herbívoros, el control de la erosión mediante técnicas de bioingeniería o el control de especies invasoras que compiten por recursos con las especies nativas. Por otro lado, las acciones activas de restauración pueden incluir la incorporación de plantas nativas mediante la instalación de casillas de plantación. Es importante considerar la cuidadosa selección de individuos y lugares para la recolección de material genético y la producción de plantas de calidad en vivero. Estos aspectos contribuirán al éxito de la reintroducción de especies nativas y a la recuperación de ecosistemas que han sufrido degradación. La implementación de acciones de restauración debe considerar las especies nativas presentes en el área de protección como referencia de las especies que deben ser reintroducidas, resguardando el material genético local. Además, se recomienda la plantación de especies pioneras, es decir, plantas capaces de colonizar rápidamente áreas sin vegetación leñosa, siendo especialmente eficientes en ambientes alterados con alta exposición solar y déficit hídrico (*Anexo I*).

Incorporación de estructuras que benefician a la biodiversidad: La preservación de árboles muertos en pie o volteados, la adición de perchas para aves rapaces, la instalación de casas anideras, charcos artificiales y hoteles de insectos, montículos de piedras, entre otros, ayudan a fortalecer los hábitats locales. Estas estructuras deben ser ubicadas estratégicamente en áreas menos perturbadas y con alta biodiversidad.

Instalación de señalética: Colocar señales informativas en las áreas de conservación ayuda a sensibilizar y educar sobre su importancia, además de evitar intervenciones humanas que alteren su equilibrio. Se recomienda utilizar materiales resistentes y ecológicos, identificar claramente las áreas de protección y conservación, informar sobre las actividades prohibidas, y colocar afiches con fotografías de especies nativas y exóticas de interés.

Capacitación a los trabajadores: Es fundamental realizar jornadas informativas para los trabajadores sobre la ubicación y las prácticas permitidas en las áreas de conservación. La sensibilización y participación del personal son claves para garantizar el éxito de estas prácticas.

Se sugiere utilizar material formativo, realizar capacitaciones a nuevos trabajadores y auditorías internas anuales para verificar y asegurar el cumplimiento de los compromisos ambientales corporativos.

3.4 Consideración de prácticas perjudiciales para la biodiversidad en ecosistemas protegidos

Es crucial regular o evitar prácticas que impacten negativamente la biodiversidad en las áreas protegidas. Entre ellas se incluyen:



Evitar cercos que fragmenten el hábitat: Estas barreras físicas dificultan el movimiento de la fauna, afectando su supervivencia. En su lugar, se deben buscar soluciones que no obstaculicen la movilidad de las especies, como el uso de cercos permeables o la eliminación de barreras innecesarias.



Control del acceso humano y de animales domésticos: La presencia humana y de animales domésticos puede afectar la fauna silvestre, provocando desde mortalidad directa hasta la degradación del hábitat. Se deben restringir las actividades recreativas y de caza, limitando el acceso a senderos habilitados y crear puntos de control en los accesos principales para monitorear la entrada y salida de personas y animales.



Regulación de la extracción de recursos naturales: La recolección de productos forestales como hongos, frutos y plantas medicinales, así como la extracción de tierra de hoja, debe ser controlada para evitar la degradación del ecosistema y garantizar su sostenibilidad a largo plazo. Se recomienda establecer una cantidad limitada y establecer temporadas de recolección, basados en estudios de capacidad de carga del ecosistema.



Control de especies exóticas invasoras: Esto incluye Aromo (*Acacia dealbata*), Zarzamora (*Rubus ulmifolius*), Rata negra (*Rattus rattus*), Cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) y *Scleroderma bovista*. Por ejemplo, es esencial evitar la proliferación de especies como la zarzamora, utilizando métodos manuales o mecánicos que reduzcan su impacto sin dañar las especies nativas. Se debe implementar un monitoreo periódico de las especies invasoras y aplicar tratamientos con base en su densidad y localización.

3.5 Monitoreo

El monitoreo constante de la biodiversidad es fundamental para evaluar la eficacia de las acciones de conservación a lo largo del tiempo. Se recomienda establecer protocolos de monitoreo estandarizados que incluyan la toma de datos a intervalos regulares (por ejemplo, cada seis meses o un año) para asegurar la recolección de información comparativa. Es recomendable mantener parcelas de inventario forestal que permitan monitorear el desarrollo y sobrevivencia de la vegetación. Estas parcelas deben establecerse de manera representativa, cubriendo diferentes tipos de hábitats presentes en el predio, como zonas riparianas, cerros islas y parches de vegetación nativa. Además, se recomienda llevar a cabo muestreos periódicos de diversidad de especies clave, como aves, mamíferos, reptiles y anfibios, mediante la instalación y monitoreo de cámaras trampa para mamíferos y la realización de transectos de avistamiento de aves, reptiles y anfibios.

El análisis de los datos recopilados debe guiar la implementación de medidas correctivas si se observan tendencias negativas, como disminución en la abundancia de especies clave o aumento de especies invasoras. Si se identifican efectos positivos derivados de las medidas adoptadas, las más exitosas pueden ser reforzadas o replicadas.

3.6 Guías y reglamentaciones internacionales o nacionales

3.6.1. Guías internacionales:

La protección de áreas de conservación en paisajes agrícolas forma parte de los principios de la Restauración del Paisaje Forestal (RPF), una iniciativa de carácter internacional impulsada por la UICN y WWF. Esta iniciativa busca *“Recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en los paisajes forestales, deforestados o degradados”* (WWF & IUCN, 2000). Los principios de la RPF destacan la importancia de proteger y mejorar los ecosistemas naturales existentes, complementando estas acciones con la restauración en paisajes antropizados. En Chile, estos criterios se encuentran integrados en el Plan de Restauración a Escala de Paisaje, instrumento liderado por los Ministerios de Agricultura y Medio Ambiente, el cual fue aprobado por el Consejo de Ministros por la Sustentabilidad en diciembre del año 2021 (MINAGRI - CONAF - MMA, 2021).

3.6.2. Reglamentaciones y normativa nacional vigente

De acuerdo a la Ley de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley N° 20.283), se considera:

Bosque: Sitio poblado con árboles de al menos 0,5 ha y con un ancho mínimo de 40 metros. A su vez, se considera bosque nativo a los bosques conformados por especies autóctonas. Estos pueden ser intervenidos únicamente mediante un plan de manejo aprobado por CONAF en donde se definan las actividades a realizar y se resguarde su condición.

Bosque nativo de conservación: Son los bosques ubicados en pendientes iguales o superiores a 45%, en suelos frágiles, o a menos de doscientos metros de manantiales, cuerpos o cursos de aguas naturales, destinados al resguardo de tales suelos y recursos hídricos. La misma ley incluye la protección de las zonas ribereñas, donde se define la exclusión de intervención sobre 5 metros aledaños a ambos lados de cursos naturales de agua cuya área de sección transversal es entre 0,2 y 0,5 m². Para secciones transversales mayores a 0,5 m² se considera una zona de exclusión de 10 m a cada lado del cuerpo de agua. Para este último caso, este buffer de exclusión debe ser ampliado a 20 m en sitios de pendiente superior a 45% (Romero et al., 2014).

Bosque nativo de preservación: Son los bosques que presentan especies vegetales protegidas legalmente o en categoría de conservación, cuyo manejo sólo puede hacerse con el objetivo de su resguardo.

Adicionalmente, esta ley establece subsidios concursables destinados a la conservación, recuperación o manejo sustentable del bosque nativo. Es posible postular a los beneficios y recursos que ofrece el Fondo de Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo. Algunas de las actividades bonificables relacionadas con la protección de áreas de conservación son: reforestaciones y plantaciones suplementarias, clareos, podas sanitarias, acciones de protección contra incendios, entre otros.

3.6.3. Requerimientos para certificaciones ambientales y de buenas prácticas

Existen diversas certificaciones que garantizan la calidad de la producción y fomentan la implementación de prácticas agrícolas sostenibles en predios frutícolas y vitivinícolas destinados a la exportación. La adopción de estas certificaciones no solo asegura el cumplimiento de estándares ambientales y productivos, sino que también puede incentivar la creación y mantenimiento de áreas de conservación dentro de los predios, contribuyendo a la biodiversidad y a la sostenibilidad a largo plazo. Dentro de los criterios de certificaciones como LEAF, Global G.A.P, Rainforest Alliance, Fair Trade y Tesco Nuture, se considera la protección de áreas de conservación de biodiversidad. Por ejemplo, la certificación Rainforest Alliance en un predio frutícola exportador incentiva la implementación de corredores biológicos y áreas de conservación. Si bien estos criterios suelen ser de categoría recomendado o menor, este tipo de certificaciones marcan una diferencia para el ingreso a mercados internacionales. Cabe destacar que la actualización de los criterios para conseguir estas certificaciones es cada vez más exigente e incluso pueden considerar la participación en un plan de restauración a nivel de paisaje.

El **Forest Stewardship Council (FSC)**, es un sistema internacional de certificación que garantiza que la gestión de los bosques se realiza de manera responsable, respetando criterios ambientales, sociales y económicos. En un paisaje agrícola, la certificación FSC se aplica para conservar áreas de bosque nativo, promoviendo prácticas sostenibles que protejan la biodiversidad, los recursos hídricos y los suelos, mientras se integran en la producción agrícola. En Chile, la empresa vitivinícola Viña Concha y Toro S.A. ha incorporado iniciativas de protección en su "*Estrategia de Sustentabilidad*" al declarar como áreas de protección sectores de manejo con pendientes elevadas, así como también las fajas protectoras de cursos de agua.

A nivel nacional, los **Acuerdos de Producción Limpia (APL)** son una certificación otorgada por la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático (ASCC), que permite a los productores privados garantizar el manejo sustentable de su patrimonio forestal. A través de un Plan de Manejo basado en el criterio de Ordenación Forestal, es posible planificar las intervenciones y gestionar los recursos forestales de un predio de manera sostenible en el tiempo. Un ejemplo de esto es la Asociación de Empresarios Vitivinícolas del Valle de Casablanca (AEVC), que ejecuta un APL con el objetivo de implementar acciones para mitigar los impactos del cambio climático, promover la sostenibilidad del sector productivo y conservar la biodiversidad. En este contexto, la protección de áreas de conservación se convierte en parte de una estrategia productiva y ambiental, que no solo fomenta la preservación de la biodiversidad, sino que también permite ser más sustentables, competitivos y acceder a nuevos mercados.

4. CONCLUSIONES

La protección de áreas de conservación en paisajes agrícolas, no solo enriquece la biodiversidad local y sus servicios ecosistémicos, sino que también promueve un entorno más resiliente y productivo, beneficiando tanto a la naturaleza como a las comunidades agrícolas que dependen de ella. Es fundamental implementar estrategias y planes de acción efectivos para la gestión y protección de estas zonas dentro de los sistemas productivos, con el fin de favorecer la vida silvestre, sus funciones, y los servicios ecosistémicos que proporciona. La adopción de esta práctica agroecológica permite desarrollar paisajes productivos que funcionen en armonía con el entorno natural, asegurando la preservación de la biodiversidad para las generaciones futuras.

Se realizó un estudio en Chile central para evaluar la relación entre la biodiversidad de un predio y la superficie de áreas naturales o seminaturales presentes en el paisaje circundante. En estos paisajes, las áreas naturales corresponden a bosques y matorrales esclerófilos, compuestos por especies como el quillay (*Quillaja saponaria*), el peumo (*Cryptocarya alba*), el litre (*Lithraea caustica*), el espino (*Vachellia caven*) y el colliguay (*Colliguaja odorifera*). Por otro lado, las áreas seminaturales incluyen sitios con una mezcla de especies nativas y exóticas, como álamos (*Populus spp.*), zarzamoras (*Rubus ulmifolius*) y aromos (*Acacia dealbata*). El muestreo se llevó a cabo en 21 predios frutícolas de producción intensiva en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule. Al interior de cada predio, se recopiló información sobre la riqueza de especies presentes tanto en las áreas productivas como en las no productivas, con vegetación natural o seminatural. Se utilizaron métodos de transecto para el muestreo de flora y reptiles, y puntos de avistamiento y escucha para aves.

Para el análisis espacial de las coberturas forestales, se definió un *buffer* circular con un radio de 3 km alrededor de cada predio. El porcentaje promedio de cobertura natural y seminatural al interior de los *buffers* fue de 40,6%. Se observó que los predios rodeados con mayor cobertura natural se encontraban ubicados cerca de cordones montañosos o cerros islas con vegetación remanente, alcanzando hasta un 88,9% de cobertura natural o seminatural. Por el contrario, propiedades presentes al centro de la depresión intermedia mostraron un menor porcentaje de cubierta natural, con mínimas de 11,3%.

Al analizar los gráficos de la relación entre las variables, todos mostraron una tendencia positiva entre la cobertura natural y riqueza, es decir, a mayor porcentaje de coberturas de vegetación forestal o arbustiva, es posible encontrar una mayor composición de especies. Sin embargo, al aplicar los modelos de regresión lineal, la cobertura natural no mostró una relación estadísticamente significativa con la riqueza de aves y reptiles. Adicionalmente, la flora presentó una relación estadísticamente significativa con la cobertura natural. No obstante, fue necesario aplicar una transformación logarítmica para cumplir con los supuestos del modelo. En todos los modelos, incluidos los ajustados con transformaciones, se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad necesarios para asegurar la validez de los resultados (Figura 2).

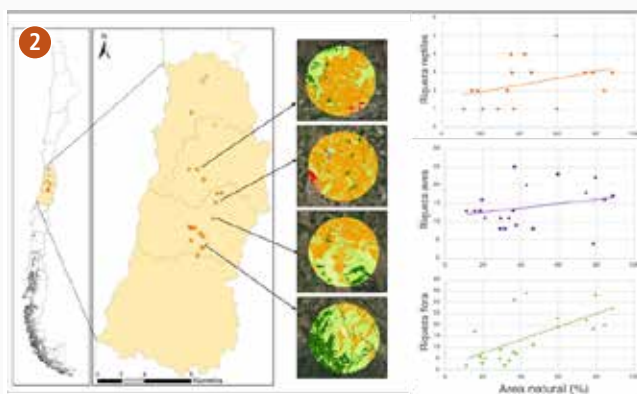


Figura 2. Relación entre el porcentaje de cobertura de áreas naturales y seminaturales y la riqueza de aves, reptiles y flora en entornos agrícolas de la región central de Chile. A la izquierda, se detalla la distribución espacial de las áreas de estudio y los diferentes usos del suelo circundante en los predios muestreados. A la derecha, los gráficos de dispersión muestran la relación entre la cobertura de vegetación y la riqueza de especies para aves (morado), reptiles (naranja) y flora (verde).

Este estudio respalda la literatura existente al aportar datos locales sobre la importancia de proteger los hábitats remanentes en los agroecosistemas. Aunque la riqueza de especies no se considera un indicador directo de la provisión de servicios ecosistémicos, estos resultados sugieren posibles beneficios de las prácticas de conservación de ecosistemas en la biodiversidad de paisajes productivos.

Agradecimientos

Agradecemos al **Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES UC)** la oportunidad de realizar esta investigación y a **ANID PIA/BASAL AFB240003** por el financiamiento. Además, agradecemos a los proyectos **“Transferencia Integración de la Biodiversidad a la Fruticultura”** (FIC N°IDI30428004-0) y SUFICA - **“Sustainable Fruit farming In the Caatinga: managing ecosystem service trade-offs as agriculture intensifies”** (ANID N°BBR0164291).

Referencias

Arroyo-Rodríguez, V., Fahrig, L., Tabarelli, M., Watling, J. I., Tischendorf, L., Benchimol, M., Cazetta, E., Faria, D., Leal, I. R., Melo, F. P. L., Morante-Filho, J. C., Santos, B. A., Arasa-Gisbert, R., Arce-Peña, N., Cervantes-López, M. J., Cudney-Valenzuela, S., Galán-Acedo, C., San-José, M., Vieira, I. C. G., ... Tscharntke, T. (2020). Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology Letters*, 23(9), 1404–1420. <https://doi.org/10.1111/ele.13535>

Bennett, A. F., Nimmo, D. G., & Radford, J. Q. (2014). Riparian vegetation has disproportionate benefits for landscape-scale conservation of woodland birds in highly modified environments. *Journal of Applied Ecology*, 51(2), 514–523. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12200>

Benton, T. G., Vickery, J. A., & Wilson, J. D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution*, 18(4), 182–188. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9)

Case, B. S., Pannell, J. L., Stanley, M. C., Norton, D. A., Brugman, A., Funaki, M., Mathieu, C., Songling, C., Suryaningrum, F., & Buckley, H. L. (2020). The roles of non-production vegetation in agroecosystems: A research framework for filling process knowledge gaps in a social-ecological context. *People and Nature*, 2, 292–304. <https://doi.org/10.1002/pan3.10093>

Castellano, C., Bruno, D., Comín, F. A., Rey Benayas, J. M., Masip, A., & Jiménez, J. J. (2022). Environmental drivers for riparian restoration success and ecosystem services supply in Mediterranean agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 337. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108048>

Crowther, L. P., Luke, S. H., Arellano, E. C., McCormack, C. G., Ferreira, V., Hillier, J., Heathcote, R., Kloen, H., Muñoz-Sáez, A., Oliveira-Rebouças, P., Oliveira da Silva, F., Rojas-Arévalo, N., Zielonka, N., & Dicks, L. V. (2024). The Cool Farm Biodiversity metric: An evidence-based online tool to report and improve management of biodiversity at farm scale. *Ecological Indicators*, 161(May 2023). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111897>

Decocq, G., Andrieu, E., Brunet, J., Chabrerie, O., De Frenne, P., De Smedt, P., Deconchat, M., Diekmann, M., Ehrmann, S., Giffard, B., Mifsud, E. G., Hansen, K., Hermy, M., Kolb, A., Lenoir, J.,

Liira, J., Moldan, F., Prokofieva, I., Rosenqvist, L., ... Wulf, M. (2016). *Ecosystem Services from Small Forest Patches in Agricultural Landscapes*. *Current Forestry Reports*, 2(1), 30–44. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0028-x>

Ekroos, J., Ödman, A. M., Andersson, G. K. S., Birkhofer, K., Herbertsson, L., Klatt, B. K., Olsson, O., Olsson, P. A., Persson, A. S., Prentice, H. C., Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2016). Sparing Land for Biodiversity at Multiple Spatial Scales. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3(January), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00145>

Estrada-Carmona, N., Sanchez, A. C., Remans, R., & Jones, S. K. (2022). *Complex agricultural landscapes host more biodiversity than simple ones: A global meta-analysis*. <https://doi.org/10.1073/pnas>

García, C., Svensson, G., Bravo, C., Undurraga, M., Díaz-Forestier, J., Godoy, K., Neaman, A., Barbosa, O., Abades, S., & Celis-Díez, J. (2020). Remnants of native forests support carnivore diversity in the vineyard landscapes of central Chile. *Fauna y Flora Internacional*, 1–8. <https://doi.org/10.1017/S0030605319000152>

Garfias, R., Castillo, M., Vita, A., Bown, H., Zuñiga, N., Ruiz, F., & Caldentey, J. (2019). *Funciones de biomasa y estimación de carbono fijado por las principales especies del bosque esclerófilo de las Regiones de O'Higgins y del Maule*.

Garibaldi, L. A., Oddi, F. J., Miguez, F. E., Bartomeus, I., Orr, M. C., Jobbágy, E. G., Kremen, C., Schulte, L. A., Hughes, A. C., Bagnato, C., Abramson, G., Bridgewater, P., Carella, D. G., Díaz, S., Dicks, L. V., Ellis, E. C., Goldenberg, M., Huaylla, C. A., Kuperman, M., ... Zhu, C. D. (2020). *Working landscapes need at least 20% native habitat*. *Conservation Letters*, September, 1–10. <https://doi.org/10.1111/conl.12773>

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Carvalho, L. G., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Greenleaf, S. S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Morandin, L. A., Potts, S. G., Ricketts, T. H., Szentgyörgyi, H., ... Klein, A. M. (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. In *Ecology Letters* (Vol. 14, Issue 10, pp. 1062–1072). <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>

Greze, A. A., Zaviezo, T., Casanoves, F., Oberti, R., & Plissock, P. (2021). The positive association between natural vegetation, native coccinellids and functional diversity of aphidophagous coccinellid communities in alfalfa. *Insect Conservation and Diversity*, 1–12. <https://doi.org/10.1111/icad.12473>

Haddaway, N. R., Brown, C., Eales, J., Eggers, S., Josefsson, J., Kronvang, B., Randall, N. P., & Uusi-Kämpä, J. (2018). The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. *Environmental Evidence*, 7(1), 1–43. <https://doi.org/10.1186/s13750-018-0126-2>

Haines-Young, R., & Potschin, M. (2007). *The Ecosystem Concept and the Identification of Ecosystem Goods and Services in the English Policy Context*.

Harvey, C. A., Komar, O., Chazdon, R., Ferguson, B. G., Finegan, B., Griffith, D. M., Martínez-Ramos, M., Morales, H., Nigh, R., Soto-Pinto, L., Van Breugel, M., & Wishnie, M. (2008). Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conservation Biology*, 22(1), 8–15. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00863.x>

Kremen, C., & Merenlender, A. M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412). <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>

Lavín, U., Martínez-Harms, M. J., Celis-Diez, J. L., Francois, J. P., Aguirre, Y., & Martínez-Harms, J. (2024). Modelling pollination maps in agroecosystems of a Chilean biodiversity hotspot. *Ecosystems and People*, 20(1). <https://doi.org/10.1080/26395916.2024.2358471>

Leary, J., Grimm, K., Aslan, C., Mark, M., Frey, S., & Bath-Rosenfeld, R. (2021). Landowners' Socio-Cultural Valuation of Ecosystem Services Provided by Trees in Costa Rican Agricultural Landscapes. *Environmental Management*, 67(5), 974–987. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01442-5>

Lebuy, R., Mancilla-Ruiz, D., Manríquez, H., & De la Barrera, F. (2023). Degraded Landscapes in Hillside Systems with Agricultural Use: *An Integrated Analysis to Establish Restoration Opportunities in Central Chile*. *Land*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/land12010005>

Madrid, V. (2024). *Prioritization of strategic areas for forest restoration in high-productivity agricultural landscapes in Central Chile*. (Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica de Chile).

Ministerio de Agricultura - Corporación Nacional Forestal - Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030*. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/Plan-Nacional-de-Restauracion-de-Paisajes-2021-2030.pdf>

Mitchell, M. G. E., Bennett, E. M., & Gonzalez, A. (2014). Forest fragments modulate the provision of multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 909–918. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12241>

Muñoz-Pedreros, A. (2019). Aves rapaces y control biológico de plagas. In *Aves Rapaces de Chile: Vol. Segunda edición* (pp. 447–487). <https://www.researchgate.net/publication/373072441>

Muñoz-Sáez, A., Perez-Quezada, J. F., & Estades, C. F. (2017). Agricultural landscapes as habitat for birds in central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 90(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40693-017-0067-0>

Neugarten, R. A., Chaplin-Kramer, R., Sharp, R. P., Schuster, R., Strimas-Mackey, M., Roehrdanz, P. R., Mulligan, M., van Soesbergen, A., Hole, D., Kennedy, C. M., Oakleaf, J. R., Johnson, J. A., Kiesecker, J., Polasky, S., Hanson, J. O., & Rodewald, A. D. (2024). Mapping the planet's critical areas for biodiversity and nature's contributions to people. *Nature Communications*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43832-9>

Ponce, M., Undurraga, M., Pozo, R., & Celis-Diez, J. (2023). Patrón de actividad horaria del Zorro culpeo en ambientes rurales de Chile central: Interferencia del Perro doméstico. *La Chiricoca*, 31.

Pretty, J. N., Noble, A. D., Bossio, D., Dixon, J., Hine, R. E., De Vries, F. W. T. P., & Morison, J. I. L. (2006). Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science and Technology*, **40**(4), 1114–1119. <https://doi.org/10.1021/es051670d>

Rojas, I. M., Pidgeon, A. M., & Radeloff, V. C. (2020). Restoring riparian forests according to existing regulations could greatly improve connectivity for forest fauna in Chile. *Landscape and Urban Planning*, **203**(July), 103895. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103895>

Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A., & Naulin, P. I. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque*, **35**(1), 3–12. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>

Sanderson, J., Sunquist, M. E., & Iriarte, A. W. (2002). Natural history and landscape-use of guignas (*Oncifelis guigna*) on Isla Grande de Chiloé, Chile. *Journal of Mammalogy*, **83**(2), 608–613. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2002\)083<0608:NHALUO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083<0608:NHALUO>2.0.CO;2)

Soto, E. F., Pozo, R. A., Díaz-Siefer, P., Celis-Diez, J. L., & Fontúrbel, F. E. (2023). Vertebrate diversity in productive landscapes in Mediterranean Chile: The role of neighboring natural vegetation. *Global Ecology and Conservation*, **45**. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02508>

Szangolies, L., Rohwäder, M. S., & Jeltsch, F. (2022). Single large AND several small habitat patches: A community perspective on their importance for biodiversity. *Basic and Applied Ecology*, **65**, 16–27. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.09.004>

Tavares, B. M., Amui, G. S. C., Silva, V., Pereira, T. N. A., Pelicice, F. M., Brancalion, P. H. S., Chamon, C. C., & Azevedo-Santos, V. M. (2024). Livestock in Riparian Areas: A Neglected Environmental Issue. *Environmental Management, Brazil 2012*, 846–852. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02041-w>

Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, **28**(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>

WWF, & IUCN. (2000). *Forests Reborn. A workshop on forest restoration*.

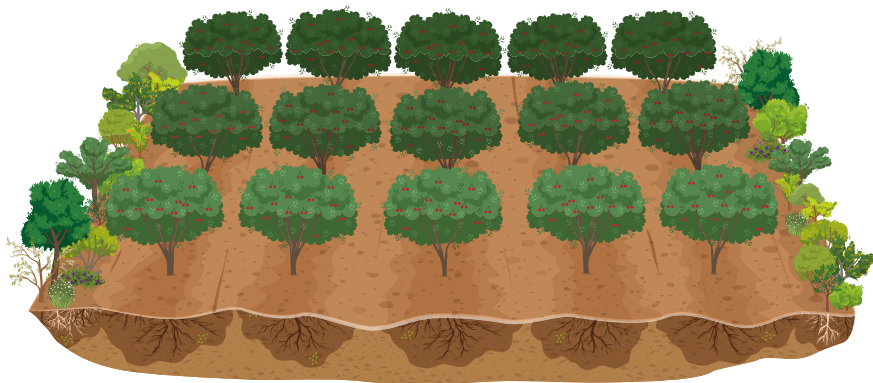
Zimbres, B., Peres, C. A., & Machado, R. B. (2017). Terrestrial mammal responses to habitat structure and quality of remnant riparian forests in an Amazonian cattle-ranching landscape. *Biological Conservation*, **206**, 283–292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.033>

Zomer, R. J., Neufeldt, H., Xu, J., Ahrends, A., Bossio, D., Trabucco, A., Van Noordwijk, M., & Wang, M. (2016). Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Scientific Reports*, **6**. <https://doi.org/10.1038/srep29987>



Rehabilitación de la biodiversidad vegetal nativa y sus servicios ecosistémicos en zonas no productivas de predios frutícolas: setos e islas de vegetación

Luz María de la Fuente, Victoria Madrid, Mónica Musalem, y Rosanna Ginocchio



1. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la creciente demanda de alimentos por parte de la población humana, desde 1940 (inicio de la revolución Verde Agrícola) se ha producido un importante conflicto a nivel mundial entre la expansión territorial de la agricultura intensiva y la conservación de la biodiversidad presente en los ecosistemas naturales (Pilgrim et al., 2010). La expansión e intensificación agrícola ha llevado a la simplificación de los paisajes con monocultivos, con una pérdida significativa de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos aportados por los ecosistemas naturales que existían en esos territorios (Chappell y La Valle, 2011; Landis, 2017). Chile no ha estado ajeno a este conflicto entre el uso de la tierra para la producción agrícola intensiva y la conservación de la biodiversidad nativa, particularmente en la zona norte-central del país (Ginocchio et al., 2019). Sin embargo, la mayor conciencia ambiental que se ha venido desarrollando a nivel de los consumidores y otros actores sociales relevantes en el siglo XXI, ha determinado la necesidad de generar una agricultura sustentable (FAO, 2019). Esta necesidad también se ha visto fortalecida a partir de la evidencia científica actual que demuestra que el aumentar la biodiversidad silvestre en predios agrícolas asegura un buen suministro de servicios ecosistémicos para la propia producción agrícola, como por ejemplo los servicios de polinización de los cultivos por parte de polinizadores nativos y de control de plagas por insectos nativos (Rey-Benayas y Bullock, 2012; IPBES, 2016; Ginocchio et al., 2019). Así, en las últimas décadas se han venido generando algunos enfoques tendientes a lograr una mejor convivencia entre la producción de alimentos de los sistemas agrícolas intensivos y la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, tales como la **"intensificación ecológica"** (Foley et al., 2011) y la **"agricultura amiga"** (*land sharing* en inglés), entre otros (Rey-Benayas y Bullock, 2012). En el caso de la agricultura amiga, el enfoque es compatibilizar dentro del mismo predio la producción agrícola intensiva con la incorporación y el mantenimiento de la biodiversidad nativa y su provisión de servicios ecosistémicos (Rey-Benayas, 2012). El aumento de la biodiversidad y de

los servicios ecosistémicos que esta brinda puede producirse a nivel local, dentro del predio, pero se ha demostrado que los mayores beneficios ocurren a nivel de paisaje, cuando un conjunto de predios en un mismo territorio realiza este tipo de acciones en forma coordinada. En la actualidad, existe bastante evidencia científica sobre los beneficios que entregan estas coberturas vegetales multifuncionales en los territorios agrícolas (Rey-Benayas et al., 2008; Rey-Benayas et al., 2016).

Bajo el enfoque de la agricultura amiga, la incorporación de especies vegetales nativas se realiza en áreas no productivas de los predios agrícolas o en sectores donde ya existe vegetación nativa y es posible enriquecerla (p. ej. cerros islas, deslindes, bordes de caminos, remanentes de vegetación nativa en laderas no productivas) (Rey-Benayas, 2012). Generalmente, las áreas no productivas corresponden a zonas lineales, como deslindes intra prediales, bordes de caminos y canales, por ende, la incorporación de vegetación se realiza en forma lineal, generándose estructuras conocidas como **“setos”**. Sin embargo, también existen otras áreas no productivas, donde es posible incorporar vegetación nativa en estructuras conocidas como **“islas de vegetación”**. Tanto para los setos como para las islas de vegetación se realiza una rehabilitación ecológica consistente en el mejoramiento del suelo acorde a su condición inicial y la plantación de especies nativas, seleccionadas de acuerdo a las condiciones ambientales del lugar (Rey-Benayas et al., 2008). Tanto los setos como las islas de vegetación han demostrado que pueden proporcionar valiosos servicios a los predios frutícolas (Rey-Benayas et al., 2008). Entre ellos, mejorar la fertilidad del suelo, mitigar los procesos erosivos, contribuir a la polinización, el control de plagas, la fijación de carbono y la conectividad entre hábitats a escala de paisaje (Rey-Benayas et al., 2016).

En este capítulo se abordan algunas formas de incorporación de vegetación nativa en sistemas productivos agrícolas intensivos, con énfasis en predios frutícolas de la zona central de Chile bajo el enfoque de la agricultura amiga. Específicamente, se detalla la instalación de setos e islas de vegetación en base a vegetación nativa, con el fin de mejorar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos derivados de ella (p. ej. polinización, incorporación de nitrógeno al suelo, hábitat para insectos controladores de plagas, control de la erosión).

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Los setos e islas de vegetación son prácticas agroecológicas y de rehabilitación de la biodiversidad, que consisten en implementar y mantener áreas con vegetación nativa permanente en zonas no productivas de los predios agrícolas (Arellano et al., 2022). Los setos se establecen en zonas lineales, como bordes de caminos, límites de cuarteles productivos, bordes de canales y deslindes intra-prediales (Arellano et al., 2022). Las islas de vegetación se disponen en áreas de forma irregular, que pueden incluir o no remanentes de vegetación, las que en algunos casos dan lugar a pequeños bosquetes entre las plantaciones o ayudan a contener taludes de tranques y pequeños embalses.

Los setos como estructuras vegetales lineales, fueron creados por el hombre hace cientos de años con diversas finalidades (Baudry et al., 2000). Estos son comunes en los paisajes agrícolas de distintas partes del mundo (Baudry et al., 2000), como en el noroeste de Europa y en el Reino Unido, donde existe gran interés en su conservación (Montgomery et al., 2020). Las funciones de los setos a lo largo de la historia han sido diversas, las más antiguas se relacionan a la extracción de madera y la generación de cercos vivos, y las más recientes están asociadas a su valor ecológico y cultural (Baudry et al., 2000). Actualmente, son considerados como parte de la **“restauración agroecológica”** (Rey-Benayas et al., 2016) y como una solución basada en la naturaleza, debido a que son estructuras naturales planeadas, diseñadas e integradas a

nivel de paisaje para mitigar los impactos del cambio ambiental antropogénico (Collier, 2021). Para ello, los setos e islas de vegetación deben promover la biodiversidad y cumplir diversas funciones ecosistémicas dentro del predio. Esto se logra aumentando la riqueza vegetal con una amplia diversidad de especies nativas propias del lugar que estén adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del sitio.

Los tipos de setos están relacionados al objetivo que cumplen dentro del predio. Por ejemplo, hay setos que tienen funciones de cortaviento, de cerco, barreras contra la erosión, o pueden ser multifuncionales. Las islas de vegetación proporcionan valor estético y sirven de refugio para animales en diversos puntos del predio. El objetivo que cumplen los setos e islas de vegetación se logra con la estructura y funcionalidad de las especies vegetales seleccionadas. Para eso es importante conocer las características biológicas y ecológicas de las especies, lo cual permitirá un adecuado crecimiento, asegurar el establecimiento y la auto sustentabilidad, sin la necesidad de riego permanente (Rey-Benayas et al., 2016).

El diseño y el lugar de establecimiento del seto e islas de vegetación proporciona múltiples funciones que se traducen en la prestación de servicios ecosistémicos (Collier, 2021). El diseño incluye la elección de especies y debe considerar las dimensiones, como la altura y diámetro al estado adulto, como también en el caso del seto, el ancho y largo del terreno. La selección de especies se realiza tomando como referencia los remanentes de vegetación nativa aledaños, la información sobre su distribución natural, descripciones bibliográficas o el asesoramiento con expertos en vegetación nativa (Rey-Benayas et al., 2016).

Preferentemente se seleccionan arbustos y árboles, pero también hierbas perennes si el objetivo es diversificar y/o cubrir espacios entre las estratas en altura. El objetivo que cumple el alto del seto está relacionada a diversas funciones como, por ejemplo, actuar de barrera, aislando de manejos agronómicos indeseados de vecinos, en el caso de huertos biodinámicos u orgánicos. También genera mayor aporte de nichos para la fauna, especialmente para aves. Sin embargo, en caso de ser muy alto puede generar sombra sobre los cultivos, lo cual podría tener efectos negativos.

Variables como el largo y ancho del seto ayudarán a potenciar ciertas funcionalidades como el secuestro de carbono (Montgomery et al., 2020), la materia orgánica y la capacidad de infiltración del suelo. Setos más largos y con riqueza de especies nativas del lugar, aumentan la red y diversidad de la vegetación dentro del predio. Esto promueve la disponibilidad de recursos para polinizadores y la conectividad del paisaje, al potenciar el rol de corredor biológico especialmente si se encuentra cercano a áreas naturales. Por otro lado, el ancho permite definir el número de hileras que se pueden plantar. Habitualmente, considerando que son áreas angostas, se establece una hilera de plantas, que puede ir en línea o en bolillo (zig-zag), si son más anchas pueden ir hileras paralelas, generando un corredor interno entre hileras.

La densidad junto a la diversidad de especies del seto, genera condiciones micro ambientales relativamente estables que cumplen un rol de hábitat, particularmente cuando ocurren variaciones adversas de humedad, temperatura o viento, además diversifica la provisión de recursos alimenticios y genera refugio para la vida silvestre (García de León et al., 2021). Si el seto tiene una alta densidad en la estrata baja y además se establece perpendicular a una pendiente, ayudará a controlar la escorrentía y a retener el agua, reduciendo así la erosión y mejorando la incorporación de nutrientes al suelo (Rey-Benayas et al., 2020). Sin embargo, si se genera un seto muy tupido, podría ejercer un efecto de barrera para algunos animales, lo cual podría incrementarse cuando se ve afectado por especies invasoras, como zarzamoras.

Se ha demostrado que la presencia de setos e islas de vegetación en los paisajes agrícolas mejora la contribución de la naturaleza a las personas que los habitan (García de León et al., 2021) y a los ecosistemas presentes en el territorio, al constituirse como corredores biológicos (Pelletier-Guitier et al., 2020). Por ello, con el fin de maximizar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos a nivel mundial, en Europa se recomienda la conservación y la incorporación de nuevos setos (García de León et al., 2021). Específicamente, en España existen leyes que favorecen la plantación de setos e islas de vegetación (Rey-Benayas et al., 2016).

En Chile, en el valle central de la Región de la Araucanía, un estudio propuso la restauración de una red de setos a escala de paisaje en un área donde la mayoría de los predios contaban con ellos. Los desafíos encontrados fueron el reemplazo de las especies leñosas exóticas por nativas y el financiamiento de la restauración. La selección de especies incluyó especies nativas de la zona y se realizó bajo principios de teoría ecológica, conservación biológica y restauración ecológica. Se propusieron tres módulos de cuatro especies, cada uno con 15 plantas en total, para una superficie de 20 m de largo por 3 m de ancho (Rey-Benayas et al., 2020). La especie dominante en todos los módulos fue *Nothofagus obliqua* (roble), acompañada según módulo por *Drimys winteri* (canelo), *Laurelia sempervirens* (laurel) y *Eucryphia cordifolia* (ulmo). Otros estudios nacionales donde se consideran setos, han evaluado la abundancia de aves (Muñoz-Sáez et al., 2017) y el efecto en el control biológico de plagas (Peñalver-Cruz et al., 2020). En ambos se tuvieron resultados positivos, ya que el primero favoreció la riqueza general de aves (Muñoz-Sáez et al., 2017) y el segundo tuvo un efecto sobre la abundancia de arañas depredadoras de pulgones (Peñalver-Cruz et al., 2020).

Considerando que los predios agrícolas con setos aumentan los niveles de biodiversidad y los servicios ecosistémicos que aquellos sin (Rey-Benayas y Bullock, 2012; Albrecht et al., 2021; García de León et al., 2021) y que el país no cuenta con apoyos o incentivos financieros, difundir los beneficios a través de la educación y la capacitación de los agricultores, es prioritario para promover la implementación de este tipo de acciones (Rey-Benayas et al., 2020).

2.1. Servicios ecosistémicos

Entre los tipos de servicios ecosistémicos que aportan los setos y las islas de vegetación están los servicios de soporte, regulación, provisión y cultural (Baudry et al., 2000; Montgomery et al., 2020). Estos servicios derivan en su mayoría de la biodiversidad que aporta la incorporación de múltiples especies vegetales nativas y de sus relaciones interespecíficas con otros organismos. Entre los potenciales servicios que proveen al predio y a los cultivos, están la captura de carbono, la polinización, el control biológico, el ciclaje de nutrientes, el control de contaminantes, la protección contra la erosión y la regulación del régimen hídrico (Arellano et al., 2022). Adicionalmente, generan conectividad del paisaje, mantenimiento de sus características y contribuciones a la biodiversidad (Montgomery et al., 2020).

Las investigaciones y estudios sobre el aporte de los setos y las islas de vegetación a los servicios ecosistémicos en los predios agrícolas han evidenciado una variedad de resultados. Las recopilaciones de datos de estos estudios han concluido que estas estructuras efectiva y significativamente aumentan los servicios ecosistémicos en los predios agrícolas (Montgomery et al., 2020; García de León et al., 2021), pero no han sido claros ni significativos en los casos de los servicios de soporte y regulación (Albrecht et al., 2021; García de León et al., 2021). En el caso del servicio de provisión, que incluye la contribución a las personas y el aporte a la biodiversidad, los resultados aumentan significativamente (García de León et al., 2021).

Los setos e islas de vegetación entregan servicios de soporte que son necesarios para la provisión de los demás servicios ecosistémicos. Entre ellos están la formación de suelo y ciclado de nutrientes por la descomposición de la materia orgánica y hojarasca, y la incorporación de nitrógeno y la captura de carbono desde el aire. Como los setos e islas de vegetación suelen ser superficies más bien pequeñas, parece poco evidente la prestación del servicio de soporte (Sánchez-Balibrea et al., 2020); sin embargo, se ha encontrado un aumento en el contenido de materia orgánica, reserva de carbono (Van Vooren et al., 2017) y una mayor fertilidad de los suelos bajo los setos (Holden et al., 2019), además de mayor capacidad de infiltración y mayor actividad microbiana (Dabney et al., 2006).

Los setos y las islas de vegetación aportan al servicio ecosistémico de regulación ya que tienen un efecto en el control micro climático, como la reducción del viento (particularmente los setos cortavientos), regulando la movilización de material particulado y aerosoles, y la regulación de la temperatura ambiental (Sánchez-Balibrea et al., 2020). Controlan la erosión y la reducción de la escorrentía (Sánchez-Balibrea et al., 2020). Ofrecen recursos alimentarios, refugio y sitios de oviposición para los polinizadores y los enemigos naturales de las plagas presentes en los cultivos. Por ello, son una de las medidas de intensificación ecológica más implementadas para promover la polinización de los cultivos y el control de plagas (Albrecht et al., 2021).

Con el fin que el seto o las islas de vegetación aumenten la diversidad de enemigos naturales y la visita de polinizadores, se considera la incorporación de una gran diversidad de especies vegetales, la cercanía y continuidad espacial con áreas naturales o seminaturales (conectividad), y el diseño y manejo que se realice a estas estructuras (Sánchez-Balibrea et al., 2020).

También ofrecen servicios de provisión, que son aquellos que se obtienen del ecosistema, como materias primas y recursos naturales (Sánchez-Balibrea et al., 2020). Incluyen cosecha de frutos silvestres, semillas, hierbas aromáticas y medicinales. Además, la colecta de semillas a partir de los setos e islas de vegetación, facilitan la obtención de este material en caso de especies escasas y tienen mayor rendimiento al disponer de riego y fertilización.

Los servicios ecosistémicos culturales entregan beneficios no materiales, como enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, las actividades recreativas y las experiencias de disfrute estético (Sánchez-Balibrea et al., 2020). Este servicio es uno de los más valorados por los agricultores ya que involucran un aporte estético (Sánchez-Balibrea et al., 2020). En la zona central del país, muchas de las especies leñosas nativas tienen un hábito siempreverde, contrario a los ciclos foliares de los frutales de hoja caduca y viñedos, por lo tanto, los setos y las islas de vegetación pueden constituir un aporte al suministro de áreas verdes y sombra en la extendida época estival de la zona central del país.

Los servicios ecosistémicos de los setos e islas de vegetación, y los procesos asociados a ellos, dependerán de la composición florística que posean. Esto, debido a que las especies vegetales, mediante sus rasgos funcionales, tienen un efecto directo sobre los procesos que determinan los servicios ecosistémicos (de Bello et al., 2010). En la *Tabla 1* se indican las especies vegetales nativas, que por sus rasgos funcionales (densidad y tamaño de dosel, forma de crecimiento, fenología, fisiología y tipo de sistema radicular), potencian uno o varios de los principales servicios que entregan los setos e islas de vegetación (*Figura 1*).

Tabla 1. Servicios ecosistémicos de los setos e islas de vegetación y sus procesos asociados. Se indican las especies vegetales nativas de la zona central de Chile, su hábito y su nombre común.

Servicio Ecosistémico		Proceso	Hábito	Especies	Nombre Común
Soporte	Ciclado de nutrientes, aumento de la materia orgánica y fertilidad del suelo.	Descomposición de materia orgánica y hojarasca. Mineralización de nutrientes y movilización.	Árbol	<i>Escallonia pulverulenta</i> <i>Kageneckia oblonga</i> <i>Maytenus boaria</i> <i>Quillaja saponaria</i> <i>Vachellia caven</i>	Corontillo Bollén Maitén Quillay Espino
			Arbusto	<i>Azara dentata</i> <i>Baccharis linearis</i> <i>Colliguaja odorifera</i> <i>Muehlenbeckia hastulata</i> <i>Podanthus mitiqui</i> <i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	Corcolén Romerillo Colliguay Quilo Mitique Malva de cerro
		Fijación de nitrógeno atmosférico por bacterias.	Árbol	<i>Neltuma chilensis</i> <i>Tara spinosa</i> <i>Vachellia caven</i>	Algarrobo Tara Espino
			Arbusto	<i>Retanilla trinervia</i> <i>Senna candolleana</i> <i>Sophora macrocarpa</i> <i>Trevoa quinquenervia</i>	Tevo Quebracho Mayu Tralhuén
Regulación	Regulación hídrica.	Aumento temporal de la humedad del suelo (levantamiento hidráulico).	Árbol	<i>Neltuma chilensis</i>	Algarrobo
		Disminución del flujo superficial (reducción de velocidad de escorrentía).	Arbusto	<i>Portieria chilensis</i> <i>Senna candolleana</i>	Guayacán Quebracho
			Hierba	<i>Cortaderia speciosa</i> <i>Libertia chilensis</i> <i>Sisyrinchium striatum</i>	Cola de zorro Calle Calle Huilmo
		Protección de riberas.	Hierba	<i>Cortaderia speciosa</i>	Cola de zorro
	Regulación del clima.	Secuestro de carbono en vegetación y suelo.	Árbol	<i>Escallonia pulverulenta</i> <i>Kageneckia oblonga</i> <i>Maytenus boaria</i> <i>Quillaja saponaria</i> <i>Vachellia caven</i>	Corontillo Bollén Maitén Quillay Espino
			Arbusto	<i>Azara dentata</i> <i>Baccharis linearis</i> <i>Colliguaja odorifera</i> <i>Muehlenbeckia hastulata</i> <i>Podanthus mitiqui</i> <i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	Corcolén Romerillo Colliguay Quilo Mitique Malva de cerro
	Regulación de plagas (Biocontrol).	Provisión de alimento y refugio para insectos controladores de plagas.	Árbol	<i>Escallonia pulverulenta</i> <i>Quillaja saponaria</i> <i>Vachellia caven</i>	Corontillo Quillay Espino
			Arbusto	<i>Azara dentata</i> <i>Baccharis linearis</i> <i>Baccharis rhomboidalis</i> <i>Buddleja globosa</i> <i>Colliguaja odorifera</i> <i>Escallonia illinita</i> <i>Escallonia rubra</i> <i>Gardoquia gilliesii</i> <i>Muehlenbeckia hastulata</i> <i>Plectocephalus chilensis</i> <i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	Corcolén Romerillo ----- Matico Colliguay Barraco ----- Menta de árbol Quilo Flor del minero Malva de cerro
			Hierba	<i>Geum magellanicum</i> <i>Sisyrinchium striatum</i>	Geum Huilmo
		Provisión de hábitat para fauna controladora de plagas (aves rapaces y murciélagos).	Árbol	<i>Kageneckia oblonga</i> <i>Maytenus boaria</i> <i>Quillaja saponaria</i> <i>Vachellia caven</i>	Bollén Maitén Quillay Espino

Servicio Ecosistémico		Proceso	Hábito	Especies	Nombre Común
	Estabilidad del suelo.	Prevención de la erosión por sistema radicular firme.	Árbol	<i>Tara spinosa</i>	Tara
			Arbusto	<i>Colliguaja odorifera</i> <i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Colliguay Quilo
			Hierba	<i>Eryngium paniculatum</i>	Chupalla
	Polinización.	Provisión de alimento y refugio para polinizadores.	Árbol	<i>Escallonia pulverulenta</i> <i>Kageneckia oblonga</i> <i>Maytenus boaria</i> <i>Quillaja saponaria</i> <i>Vachellia caven</i>	Corontillo Bollén Maitén Quillay Espino
			Arbusto	<i>Azara dentata</i> <i>Baccharis linearis</i> <i>Baccharis rhomboidalis</i> <i>Buddleja globosa</i> <i>Colliguaja odorifera</i> <i>Escallonia illinita</i> <i>Escallonia rubra</i> <i>Gardoquia gilliesii</i> <i>Lobelia excelsa</i> <i>Muehlenbeckia hastulata</i> <i>Plectocephalus chilensis</i> <i>Retanilla trinervia</i> <i>Sophora macrocarpa</i> <i>Sphaeralcea obtusiloba</i> <i>Trevoa quinquenervia</i>	Corcolén Romerillo ----- Matico Colliguay Barraco ----- Menta de árbol Tabaco del diablo Quilo Flor del minero Tevo Mayu Malva de cerro Tralhuén
			Cactácea	<i>Echinopsis chiloensis</i>	Quisco
			Hierba	<i>Eryngium paniculatum</i> <i>Geum magellanicum</i> <i>Sisyrinchium striatum</i>	Flor del minero Geum Huilmo
			Árbol	<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay
			Arbusto	<i>Azara dentata</i> <i>Podanthus mitiqui</i> <i>Sophora macrocarpa</i>	Corcolén Mitique Mayu
	Control micro climático, barrera a material particulado y aerosoles.	Reducción del viento (resistencia).	Árbol	<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay
	Provisión	Provisión materia prima medicinal.	Árbol	<i>Peumus boldus</i> <i>Salix humboldtiana</i> <i>Tara spinosa</i>	Boldo Sauce chileno Tara
			Arbusto	<i>Buddleja globosa</i>	Matico
Cultural	Recreación	Provisión de sombra.	Árbol	<i>Salix humboldtiana</i> <i>Maytenus boaria</i> <i>Quillaja saponaria</i>	Sauce chileno Maitén Quillay
	Valor estético, cultural y sentido de pertenencia.	Disfrute estético.	Árbol	<i>Salix humboldtiana</i> <i>Tara spinosa</i>	Sauce chileno Tara
			Arbusto	<i>Buddleja globosa</i> <i>Escallonia illinita</i> <i>Plectocephalus chilensis</i> <i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	Matico Barraco Flor del minero Malva de cerro
			Hierba	<i>Cistanthe grandiflora</i> <i>Cortaderia speciosa</i> <i>Geum magellanicum</i> <i>Libertia chilensis</i> <i>Sisyrinchium striatum</i>	Pata de guanaco Cola de zorro Geum Calle Calle Huilmo
			Cactácea	<i>Echinopsis chiloensis</i>	Quisco
			Suculenta	<i>Puya alpestris</i>	Chagual
		Disfrute sonoro por la atracción de aves.	Árbol	<i>Quillaja saponaria</i> <i>Vachellia caven</i>	Quillay Espino
			Arbusto	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> <i>Porlieria chilensis</i>	Quilo Guayacán



Figura 1. Setos con especies nativas que aportan servicios ecosistémicos al predio. (a) *Sphaeralcea obtusiloba* y *Baccharis linearis* que incorporan materia orgánica al suelo. (b) *Cortaderia rudijscula* de alto valor estético. (c) *Escallonia illinita* visitada por polinizadores. (d) *Muehlenbeckia hastulata* visitada por insectos controladores de plagas.

3. BASE TÉCNICA DE IMPLEMENTACIÓN

A continuación, se detallan los aspectos técnicos relacionados con el diseño, la planificación y la implementación, incluida la mantención y monitoreo, de setos e islas de vegetación en las zonas no productivas de predios frutícolas de la zona central del país. Aunque se enfatizan estos aspectos para los setos, estos también aplican para las islas de vegetación, con algunas modificaciones menores.

3.1. Diseño, implementación y consideraciones

3.1.1. Diseño

PASO 1 Caracterización general y definición de objetivos sitio-específicos

Para elaborar un diseño adecuado de los setos e islas de vegetación, se debe realizar primero una recopilación de los datos ambientales del predio y/o de la zona donde se desean ejecutar estas acciones. Esta información, permitirá definir los objetivos y/o ajustar las expectativas en forma realista y acorde a las condiciones sitio-específicas. Esta etapa incluye la definición del objetivo y/o las expectativas que se tienen para la incorporación de vegetación en los setos e islas de vegetación dentro del predio en cuestión, con énfasis en los servicios ecosistémicos que se desean promover. Para ello, se debe realizar un análisis de las imágenes satelitales (por ej. Google Earth) y una inspección complementaria en terreno, para reconocer las áreas no productivas del predio disponibles con la implementación de estos elementos. Adicionalmente, es recomendable identificar las zonas que ya cuenten con vegetación nativa, de forma de considerar la posibilidad de enriquecerlas con especies propias de la comunidad tipo. Esto permite aprovechar la biodiversidad nativa que ya pueda existir y mejorarla.

Un aspecto relevante en esta etapa temprana de diseño es conocer con qué recursos se dispondrá (económicos, materiales, humanos, etc.), para aprovecharlos en forma eficiente y alinear expectativas entre el diseño ideal y lo realmente factible. Si los recursos son escasos, se debería priorizar un diseño en etapas, que considere mejorar y enriquecer la biodiversidad nativa presente, para en etapas posteriores establecer setos y/o islas de vegetación dentro del predio. Por ejemplo, se puede determinar el total de área disponible dentro del predio para la instalación de estos elementos, hacer un diseño integral y luego definir etapas secuenciales de trabajo, que se ajusten a los recursos disponibles en un período de tiempo. De esta forma, según los recursos disponibles, la definición de áreas no productivas dentro del predio y la definición de los objetivos deseados (por ej. servicios ecosistémicos que se deseen privilegiar) se realiza el diseño de la o las instalaciones de vegetación, ya sean setos y/o islas de vegetación.

PASO 2 Caracterización edafoclimática y selección de especies vegetales sitio-específica

Una vez definidos los potenciales lugares donde se establecerán setos y/o islas de vegetación dentro del predio, conocidos los recursos disponibles y definidos los objetivos, se debe realizar una descripción más específica de cada lugar, que incluya una caracterización del microclima del sitio, de la calidad del suelo, las distancias a caminos, cursos de agua y/o al cultivo colindante, disponibilidad hídrica y la topografía del lugar (exposición a la radiación solar y pendiente). También es importante dimensionar (tamaño y forma) del área a revegetar. Se debe considerar también la frecuencia del tránsito de vehículos y maquinarias, para que el diseño no interrumpa el correcto desplazamiento.

Contar con estos antecedentes permitirá seleccionar las especies vegetales que mejor se adaptan al sitio y a los objetivos definidos (servicios ecosistémicos). En la selección de las especies es importante considerar una adecuada diversidad, de forma de asegurar la entrega al predio de todas las funcionalidades posibles de ser aportadas y que estén alineadas con los objetivos definidos. Por supuesto que el número de especies consideradas dependerá del tamaño de la superficie disponible para la instalación de estas estructuras. A mayor superficie disponible, mayor diversidad de especies es posible introducir.

En la **Tabla 1** se entrega una lista de especies que pueden ser utilizadas para diseñar setos o islas de vegetación según el servicio ecosistémico que se desea potenciar. Sin embargo, se debe considerar que todas las especies vegetales entregan algunas funciones al ecosistema; por ejemplo, son fuente de semillas y propágulos para la propia generación de plantas (servicio de provisión), son fuente de materia orgánica, lo que aporta nutrientes al suelo (servicio de soporte), entre otros.

En la **Tabla 2** se presenta una lista de especies posibles de usar y se indican sus requerimientos agroecológicos de cultivo. Estas especies han demostrado un establecimiento exitoso en predios frutícolas de Chile central (Arellano et al., 2022). Es importante considerar las especies nativas que ya existen dentro del predio, en remanentes de vegetación silvestre, o que hayan sido previamente incorporadas al predio con buenos resultados.

Tabla 2. Condición agroecológica (CAE) y época de floración referencial de algunas especies de plantas nativas recomendadas para el establecimiento de setos e islas de vegetación en predios agrícolas. Los meses de floración indicados son para especies nativas en su ecosistema natural, los cuales podrían variar bajo condiciones de cultivo o según el lugar geográfico de establecimiento. Se indica el color de las flores. El CAE está de acuerdo a Musalem (2019), CAE 1: especies de alta rusticidad, bajo requerimiento hídrico, pleno sol; CAE 2: especies rústicas, requerimiento hídrico bajo a medio, pleno sol; CAE 3: especies de rusticidad media, requerimiento hídrico medio, pleno sol.

Hábito	Especie	CAE	Periodo de floración (meses)											
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Arbusto	<i>Azara dentata</i>	2												
Arbusto	<i>Baccharis linearis</i>	1												
Arbusto	<i>Colliguaja odorifera</i>	2												
Hierba	<i>Cortaderia speciosa</i>	2												
Arbusto	<i>Escallonia illinita</i>	2												
Arbusto	<i>Escallonia pulverulenta</i>	2												
Arbusto	<i>Haplopappus velutinus</i>	2												
Árbol	<i>Kageneckia oblonga</i>	2												
Hierba	<i>Libertia chilensis</i>	3												
Árbol	<i>Maytenus boaria</i>	2												
Arbusto	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	1												
Árbol	<i>Quillaja saponaria</i>	2												
Árbol	<i>Salix humboldtiana</i>	2												
Arbusto	<i>Sophora macrocarpa</i>	2												
Arbusto	<i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	2												
Arbusto	<i>Trevoa quinquenervia</i>	1												
Árbol	<i>Vachellia caven</i>	1												

Finalmente, es importante que una vez seleccionadas las especies vegetales se indague tempranamente su disponibilidad en viveros locales especializados en especies nativas. De ser necesario, se debe ajustar las primeras plantaciones a las especies disponibles y solicitar las restantes por encargo, con al menos un año de anticipación, para comprometer su propagación y asegurar su disponibilidad futura. Adicionalmente, otra ventaja de agrupar las especies según su servicio ecosistémico y hábito (*Tabla 1*) es que existe la posibilidad de reemplazo de una especie por otra en caso de falta de disponibilidad de alguna especie en el mercado.

De ser necesario, para los pasos 1 y 2 se recomienda contar con un equipo multidisciplinario de apoyo, el que incluya profesionales especializados en suelo, fauna y flora nativa. Más información técnica respecto a la condición agroecológica de especies vegetales nativas está disponible en www.pumahuida.cl y Musalem (2019).

PASO 3 Diseño de setos e islas de vegetación

Cuando ya se ha seleccionado el sitio, definido el objetivo y escogidas las especies vegetales, se trabaja en el diseño específico de plantación en cada área identificada para el establecimiento de los setos o de las islas de vegetación. En el caso de los setos, por su forma lineal, se pueden diseñar en base a módulos lineales que corresponden a unidades estructurales básicas con una composición de especies y número de individuos definidos. Como referencia se pueden diseñar entre tres y cinco módulos diferentes, los que se van repitiendo hasta completar el largo del seto. La distribución de los diferentes módulos se puede realizar al azar, para evitar un patrón poco natural, o incorporando criterios de diseño para lograr un efecto determinado. También se pueden disponer módulos de diseños distintos según el gradiente de variación del tipo de suelo o de la exposición con respecto al sol (horas de luz directa), considerando especies adaptadas a las distintas condiciones edafoclimáticas. La disposición de las plantas dentro del seto depende del ancho. Si es angosto (0,5 m - 1 m), es más adecuado plantar en una hilera; si es un poco más ancho (1 m - 2 m), se pueden disponer en bolillo (zig-zag); si es ancho (2 m - 3 m), se pueden poner dos o más hileras. Todo este diseño debe quedar en un plano o esquema fácil de comprender y aplicar en terreno.

A modo de ejemplo, cada módulo puede considerar entre tres y cinco especies vegetales distintas, y tener entre uno y cinco individuos por especie de leñosas y entre seis y 12 individuos si son herbáceas. La finalidad de tener varios individuos por especie en cada módulo es poder repetir aquellas especies que pueden potenciar la función objetivo y asegurar una generación rápida de cobertura de suelo. La distancia entre plantas dependerá del hábito de la especie (árbol, arbusto, herbácea) y de la densidad que se desee lograr. Como referencia, la distancia de plantación entre arbustos y árboles puede ser 1,0 a 2,0 m, respectivamente, dependiendo del diámetro de copa potencial de las especies en estado adulto y de la densidad que se desea lograr. En el caso de las hierbas, la distancia de plantación es menor, de 0,5 m a 1,0 m. En este último caso, se puede considerar plantar en núcleos, es decir plantar varios individuos de la misma especie muy cercanos unos de otros, como por ejemplo entre tres y cinco plantas, lo que ayuda a ampliar la cobertura y lograr un rápido cubrimiento del suelo. La longitud de los módulos dependerá del número de individuos y de la distancia de plantación. Por ejemplo, un módulo con 10 arbustos en hilera, distanciados 1 m, tendrá una longitud de 10 m. Si están plantados en bolillo la longitud puede ser menor.

En el caso de las islas de vegetación se pueden hacer módulos no lineales con las mismas cantidades de individuos que el módulo lineal. Estos módulos se pueden hacer de forma cuadrada, rectangular o triangular, y se van disponiendo uno al lado del otro hasta completar la superficie.

Cuando se sospecha de baja sobrevivencia de alguna especie leñosa, particularmente cuando se tienen plantas muy pequeñas (menor a 20 cm) y no se quiere asumir un costo de replantación, se sugiere la plantación en núcleo. También es adecuada la plantación en núcleo con especies distintas cuando es sabido que alguna especie vegetal en particular es facilitadora del establecimiento de otras. Estas especies vegetales se conocen también como plantas nodriza. Por ejemplo, para la vegetación nativa de Chile central *Vachellia caven* (espino) y *Baccharis linearis* (romerillo) constituyen especies nodriza, ya que mejoran las condiciones microclimáticas, hídricas y/o nutricionales bajo su dosel.

Cuando se diseña un módulo se favorecen especies según el servicio ecosistémico objetivo. Por ejemplo, si el objetivo es aumentar la materia orgánica y fertilidad del suelo (servicio de soporte) se deberían favorecer especies que aumenten la acumulación de hojarasca para promover los procesos de descomposición, y especies fijadoras de nitrógeno. En ese caso se puede elegir *Baccharis linearis* (romerillo) y *Trevoa quinquenervia* (tralhuén), respectivamente (Tabla 1). Si además se desea aumentar el servicio de polinización, se recomienda seleccionar especies que provean de alimento a los polinizadores, como la especie *Sphaeralcea obtusiloba* (malva de cerro) que es una excelente promotora de visitas de abejas silvestres y abeja melífera (Muñoz et al., 2018). Además, esta especie, debido a su floración abundante y colorida tiene un alto valor estético (servicio cultural) (Tabla 1). Así, el módulo quedará con tres especies de arbustos. Sin embargo, si se quiere y es adecuado incorporar un árbol, se puede agregar, por ejemplo, *Vachellia caven* (espino). Es importante considerar que se pueden combinar especies de similar CAE, como CAE 1 y CAE 2, o CAE 2 y CAE 3, pero no es recomendable combinar CAE 1 y CAE 3. En el ejemplo, las cuatro especies tienen similar condición agroecológica (CAE 1 o CAE 2) (Tabla 2). Con las especies seleccionadas se puede definir el número de plantas, así el módulo podría quedar con un ejemplar de *Vachellia caven* (espino), cuatro *Baccharis linearis* (romerillo), cuatro *Trevoa quinquenervia* (tralhuén) y cinco *Sphaeralcea obtusiloba* (malva de cerro). Si los arbustos se distancian cada 1 o 1,5 m y el árbol cada 1,5 o 2 m, el módulo quedaría de 15 - 22 m lineales aproximadamente.

Para continuar con el diseño del siguiente módulo, se debe tomar en cuenta si la condición edafoclimática es la misma a lo largo del seto. Si es así, se debe seguir seleccionando especies según el objetivo definido y el mismo o similar CAE. Por el contrario, si las condiciones edafoclimáticas cambian, se deben escoger especies adecuadas para esa condición.

Para reducir los efectos negativos o la mantención, se debe cuidar de no seleccionar algunas especies. Por ejemplo, si el seto estará cerca de un cultivo, evitar plantar especies de hábito arbóreo que podrían proyectar sombra sobre los cultivos o aquellas que podrían ser huéspedes de plagas cuarentenarias. Si se quiere tener despejado de vegetación a ras de suelo, no debe seleccionarse especies de hábito herbáceo. Se debe evitar las especies que tengan frutos carnosos para no atraer animales que se alimenten de este tipo de frutos y por consecuencia prefieran los frutos carnosos de los cultivos.

Durante la selección de especies se podría incorporar a los trabajadores para ver qué tipo de especies le pueden ser útiles, por ejemplo, alguna que usen con fines comestibles, medicinales o aceites esenciales, como *Peumus boldus* (boldo) o *Buddleja globosa* (matico).

PASO 4 Planificación de la implementación

Una vez definido el diseño de los setos y/o islas de vegetación, se debe realizar una planificación de las etapas posteriores para asegurar la correcta implementación, mantención y monitoreo. Para

ello se debe generar un cronograma de trabajo, el cual guiará cada etapa. Una buena referencia es una Carta Gantt como se indica en la *Tabla 3*.

Tabla 3. Carta Gantt con las actividades involucradas en el diseño y la implementación del seto. Se incluye su secuencia cronológica y temporalidades involucradas. Considerar que, en caso de no contar con plantas de las especies definidas en el diseño, se requerirá de un año más para producirlas a pedido en vivero.

		AÑO 1												AÑO 2											
Actividad		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Diseño	Caracterización general y definición de objetivos sitio-específicos	X	X																						
	Caracterización edafoclimática y selección de especies vegetales sitio-específico		X	X																					
	Verificación de disponibilidad de plantas en viveros locales			X	X																				
	Diseño de setos y/o islas de vegetación			X	X																				
	Diseño del sistema de riego tecnificado (si corresponde)			X	X																				
	Planificación de la implementación			X	X																				
Implementación	Adquisición de las plantas y traslado				X	X																			
	Trazado de los sectores de plantación en terreno				X	X																			
	Preparación del suelo				X	X																			
	Instalación del sistema de riego tecnificado (si corresponde)				X	X																			
	Instalación de malla perimetral protectora contra lagomorfos (si corresponde)					X																			
	Marcación de ubicación de plantas y elaboración de casillas de plantación				X	X																			
	Riego de casillas				X	X																			
	Plantación (fecha óptima)					X	X																		
	Riego post plantación*					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Aplicación de capa de mulch orgánico					X	X																		
	Instalación de tutores y protectores contra lagomorfos (si corresponde)					X	X																		
	Mantenimiento y monitoreo						X	X	X	X	X	X	X		X				X			X			X

3.1.2. Implementación

La etapa de implementación requiere de la planificación y ejecución de varias actividades previas a la plantación. En esta etapa es importante llevar registro de todas las labores que se van realizando. Estos deben incluir la preparación del suelo, la ejecución de las casillas de plantación, la adquisición de las plantas y su aclimatación, la plantación, la instalación del sistema de riego, el registro del inicio y los criterios de riego (frecuencia y cantidad), e incluir las mantenciones y monitoreos. Llevar estos registros permitirá tener toda la información para tomar medidas correctivas de ser necesario o para replicar la experiencia en otros sitios.

La implementación incluye las siguientes etapas:

- Adquisición de las plantas

Se debe verificar la disponibilidad de especies y cantidad existente en los viveros comerciales cercanos al predio. La cercanía facilita el transporte y las visitas previas al vivero. Antes de adquirir las plantas se recomienda revisar la calidad de éstas, como la altura, aspecto, tamaño del contenedor y estado fitosanitario, especialmente de las raíces.

Antes que las plantas sean despachadas se debe implementar un lugar de acopio dentro del predio, el cual deberá contar con un sombreadero y estar cercano a una fuente de agua para facilitar el riego de las plantas previo a la plantación. Se debe considerar que mientras más pequeño sea el contenedor más frecuente debe ser el riego.

La disponibilidad de plantas se debe corroborar con antelación ya que dará alternativas en caso de no encontrar las especies definidas en el diseño. Se puede pedir al vivero comercial que propague las especies y las cantidades necesarias. Esto requiere al menos uno o dos años de antelación. Otra alternativa es que cada predio propague sus propias plantas.

- Trazado y ubicación de los puntos de plantación

Las labores en terreno se inician con el trazado del área a plantar y la ubicación de los puntos de plantación de acuerdo al diseño definido. Una forma de marcar los puntos es enterrar estacas en el lugar preciso con la identificación de la especie. Estos puntos indican donde se debe hacer la casilla de plantación y qué especie será plantada en ese lugar específico (*Figura 2*). En caso de poner más de una planta por casilla, se debe indicar en la etiqueta, por ejemplo, con el nombre de la especie y agregando un x3 si se deben poner tres plantas.

- Preparación del suelo

En muchos casos se requiere de una preparación inicial y básica del suelo en el área donde se establecerá el seto o la isla de vegetación, como por ejemplo la descompactación. También pudiera ser necesario incorporar alguna enmienda orgánica, como la incorporación de compost. Realizar un buen control de malezas perennes como chépica, maicillo y bermuda antes de la plantación será importante para evitar afectar fuertemente el éxito de la plantación.

- Elaboración casillas de plantación

Las casillas de plantación corresponden a los hoyos donde se establecerán las plantas. Estas pueden realizarse de forma manual o mecánica. Las casillas que se realizan en forma manual requieren de un gran esfuerzo, por lo que se recomiendan solo si el suelo ha sido descompactado previamente o se trata de suelos de relleno. Lo más recomendable son las casillas de manera

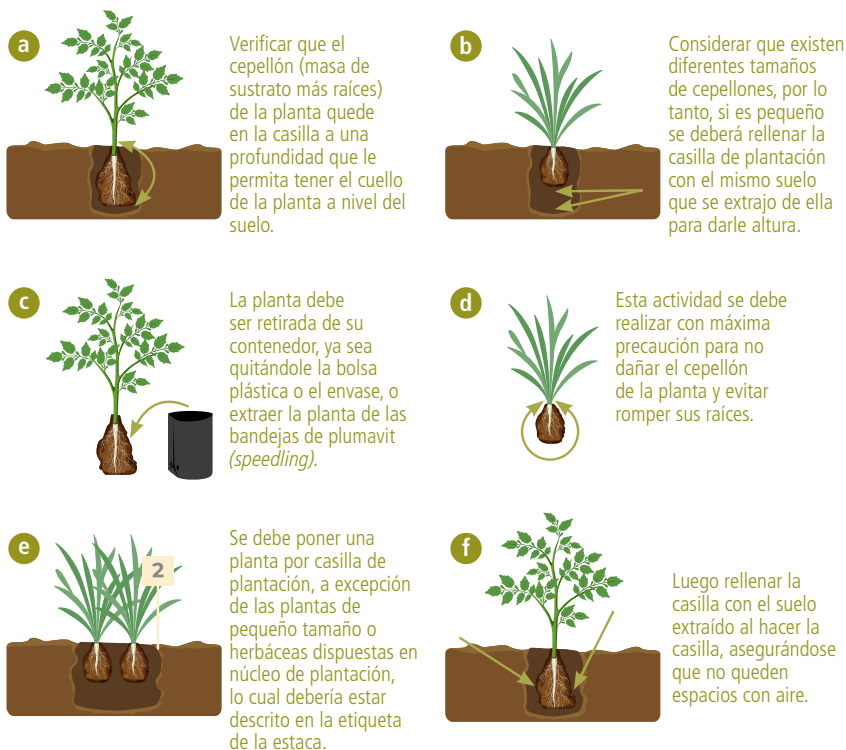
mecanizada con perforador de suelo o con tractores con apero o con ahoyador (Figura 2). En ambos casos deberían tener una dimensión de 40 cm x 40 cm x 40 cm.

- Plantación

Las actividades de plantación deben considerar mano de obra y su coordinación (Figura 2). Lo recomendable es que se haga en otoño, después de las primeras lluvias, sin embargo, también es buena época invierno, e inicio de primavera si existe disponibilidad de agua para riego permanente. Se debe realizar en el menor tiempo posible para reducir el periodo de mantención de las plantas en el lugar de acopio.

Es importante mantener las plantas identificadas y ordenadas por especie, y capacitar al personal en el reconocimiento de ellas para evitar errores en la plantación.

Antes de iniciar la plantación es recomendable dar un instructivo al personal que realizará la actividad, que debe considerar algunos puntos como:



Una vez realizada la plantación se debe regar inmediatamente con al menos 2 L de agua por planta. Se pueden utilizar las etiquetas de las estacas y ponerla en la planta para dejarla identificada. Si la planta es pequeña se puede dejar enterrada la estaca con la etiqueta al costado.

En las regiones donde las precipitaciones son más escasas se puede plantar bajo el nivel del suelo con el fin de aprovechar el agua, capturando la escorrentía y aumentando la infiltración.

- Riego

El riego es esencial para la sobrevivencia y establecimiento exitoso de las plantas. En los primeros años es fundamental, ya que sin riego es probable que las plantas no sobrevivan, siendo la sequía de verano la gran limitante para la sobrevivencia. Por ello, se deben definir los criterios de riego, cantidad y frecuencia, con el objetivo de promover la profundización de las raíces.

Se debe planificar con antelación para asegurar su funcionamiento inmediatamente posterior a la plantación. La recomendación es regar mediante riego tecnificado, o con el sistema que más facilite esta operación dentro del predio. En caso de utilizar camiones aljibe o similar, se debe evitar regar con mucha presión ya que la fuerza del agua compacta el suelo y daña las plantas.

Una alternativa es regar con el mismo sistema que se utiliza en el cultivo agrícola, sin embargo, se debería considerar un riego diferenciado ya que las especies nativas de la zona central presentan bajos requerimientos hídricos y de nutrientes. Este aporte de riego ajustado y sin fertilización, también ayudará a que las malezas no proliferen (Sánchez-Balibrea et al., 2020) y a hacer un uso eficiente del agua de riego considerando el cambio climático y las consecutivas sequías. La frecuencia y cantidad de riego dependerá de la estación del año. Por ejemplo, en un proyecto piloto de restauración ecológica de ecosistemas de bosque esclerófilo de la Región Metropolitana se riega con 1 L de agua cada una o dos semanas, entre noviembre y abril, cuando el objetivo es que las plantas sobrevivan (Becerra et al., 2018). Esto se ha demostrado con especies como *Quillaja saponaria* (quillay) y *Lithraea caustica* (litre). Si el objetivo es generar valor estético y mejorar espacios de trabajo y recreación con plantas que se mantengan vigorosas, el riego debe ser más abundante y frecuente. En ambos casos, es importante monitorear constantemente ya que con más frecuencia ocurren “olas de calor”. Durante el invierno también es importante supervisar la humedad del suelo, ya que en años de sequía puede ser necesario regar, y por el contrario en años lluviosos se debe evitar. De esta forma, el riego de las especies nativas establecidas en el predio debe definirse según el requerimiento hídrico de la especie, el tipo de suelo y su capacidad de retención de humedad, la evapotranspiración y el uso de ecotecnologías como hidrogel, mulch, protectores, etc.

La decisión de cortar el riego dependerá de la zona, de la variación de las condiciones climáticas que vayan surgiendo a corto y mediano plazo, y del objetivo del seto. La finalización del riego se podría realizar después del segundo o tercer año, de forma paulatina para no afectar la sobrevivencia de las plantas. Sin embargo, si el propósito es mantener las plantas en buen estado y entregando los servicios ecosistémicos potenciales, se deberá considerar el riego ajustado a sus requerimientos de manera permanente.

- Medidas adicionales

Una vez establecidas las plantas, se pueden incorporar medidas adicionales que ayudarán a la sobrevivencia y a su adecuado crecimiento. Algunas de ellas son instalar tutores a los árboles o arbustos leñosos. El tutor también puede servir para indicar donde hay una planta establecida.

La utilización permanente de una capa de mulch orgánico de al menos 10 cm ayuda a controlar malezas, conserva la humedad y permite la interacción con diferentes formas de biodiversidad que habitan en el suelo. La utilización de mallas anti-malezas localizadas únicamente alrededor de plantas muy pequeñas ayudan a evitar la pérdida de este tipo de plantas ya que habitualmente se confunden con malezas. Sin embargo, la recomendación es evitarlas ya que interrumpen el contacto del suelo con el ambiente.

La utilización de protectores para las plantas leñosas ayuda a evitar el ramoneo por herbívoros y puede tener un efecto positivo en el crecimiento de la planta. Estos pueden ser retirados al cabo de dos temporadas y, en muchos casos, pueden ser reutilizados. Al instalarlos es importante afirmarlos o anclarlos bien al suelo para evitar que se vuelen y dispersen, contaminando los alrededores de la plantación.

- **Mantenición y monitoreo**

Es importante que las actividades posteriores a la plantación sean informadas tempranamente a los administradores de los predios, para que exista un adecuado compromiso respecto a la realización de las labores que involucran.

Las labores de mantención deben ser programadas o establecidas según las necesidades que se vayan detectando en los monitoreos. Estas incluyen control de malezas, revisión y reemplazo de tutores, repaso de amarras, poda, revisión del funcionamiento del sistema de riego, monitoreo del estado fitosanitario y la revisión de los protectores de las plantas, entre otras.

El control de malezas debe realizarse a medida que éstas van apareciendo, evitando que crezcan demasiado y supriman a las plantas objetivo. Es importante considerar que, al existir riego, es muy frecuente un alto desarrollo de malezas. Se debe capacitar a los operarios para que reconozcan cuáles son las especies objetivo (Sánchez-Balibrea et al., 2020), ya que puede ocurrir que no se discrimine entre la planta objetivo y las malezas.

Se deben revisar los tutores y protectores de las plantas para reponerlos en caso de daño y asegurar que las amarras estén en buen estado. Una vez que están establecidas las plantas y/o tienen un grosor adecuado para mantenerse erguidas, se pueden retirar los tutores y protectores, y guardarlos en un lugar adecuado para luego reciclarlos o reutilizarlos. Se debe asegurar no dejar amarras que podrían generar un estrangulamiento de las ramas y/o troncos. En el caso de los protectores es recomendable monitorearlos de forma permanente para que se mantengan firmes y derechos, ya que en ocasiones se ladean afectando el crecimiento de las plantas.

En caso de instalar líneas de riego, éstas deben revisarse frecuentemente para asegurar que estén sin filtraciones y que el agua esté llegando a la planta objetivo. Se deben revisar los goteros y asegurar que no estén obstruidos.

Las podas deben ser mínimas y solo serán necesarias en caso de interferir con la visibilidad en intersecciones de caminos, generar algún problema de sombreamiento del cultivo y/o intervenir con el paso de personas o maquinarias. Uno de los objetivos del seto o de la isla de vegetación es que se vean naturales; sin embargo, si se quiere mantener cierto orden estético es necesario podar. Lo importante es que se eviten podas severas y en épocas inadecuadas las que puedan afectar la floración.

Si se pusieron etiquetas permanentes para la identificación de las plantas, es importante mantenerlas en buen estado y visibles, y revisar que sus amarras no generen algún daño a la planta como el estrangulamiento a medida que vayan creciendo.

En relación a los monitoreos estos se deben realizar de manera frecuente para tomar acciones correctivas de forma oportuna. Se sugiere realizarlos en forma mensual durante el primer año, distanciando la frecuencia a medida que la vegetación va alcanzando un grado mayor de madurez. Se recomienda llevar un registro de los hallazgos y de la sobrevivencia y, según sea, evaluar la factibilidad de reemplazar las plantas muertas.



Figura 2. Implementación de un seto e isla de vegetación. (a) Estaca con el nombre de la especie indicando el lugar donde se establecerá la planta. (b) Elaboración de las casillas de plantación con ahoyador. (c) Plantación. (d) Isla de vegetación de dos años desde su establecimiento.

3.1.3. Consideraciones generales

Al establecer setos y/o islas de vegetación al interior de un predio frutícola se debe considerar la factibilidad de establecer ciertos acuerdos y acciones consensuadas. Algunas de ellas son:

- Tanto el propietario como el administrador del predio deben estar comprometidos con la instalación y el propósito de este tipo de acciones.
- Se debe disponer de los recursos económicos y humanos adecuados para el establecimiento de estas estructuras y posterior mantención y monitoreo.
- Las áreas y el diseño de estos elementos deben ser adecuados al objetivo productivo del predio. En este sentido, los setos y las islas de vegetación no deben afectar la producción frutícola ni alterar el normal funcionamiento al interior del predio. Por ejemplo, no deben afectar la visibilidad ni el movimiento de los vehículos y maquinarias en las intersecciones de los caminos, ni la circulación de las personas dentro del predio.
- Se debe disponer del agua para el riego, ya que es fundamental para asegurar el adecuado establecimiento y desarrollo inicial. Aunque, según las condiciones ambientales podría ser necesario mantenerlo de manera permanente considerando el cambio climático, olas de calor y la disminución y profundización de napas por la sequía.
- En el diseño, es importante estimar la altura final de las especies seleccionadas en su edad adulta, para que estas no generen sombra a los cultivos colindantes.
- En relación al emplazamiento de estas unidades de vegetación, se deben evitar zonas donde se planeen expansiones de cultivos y/o de infraestructura requerida para el proceso productivo del predio, como por ejemplo aquellas relacionadas con las fuentes de agua, las que podrían recanalizarse o extenderse, como taludes de tranques o sectores específicos de canales.
- Verificar el entorno cuando el seto está delimitando el predio, para evitar efectos no deseados a vecinos o interrumpir caminos aledaños.

BOX. EXPERIENCIA PRÁCTICA DE ESTABLECIMIENTO DE UN SETO EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS.

Diseño del seto

Caracterización general y definición de objetivos sitio-específicos

El establecimiento del seto se realizó en un predio frutícola ubicado en la comuna de San Fernando, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. El predio cuenta con 36,8 ha de área productiva con cultivos de perales, cerezos, manzanos y uva de mesa. La zona no productiva seleccionada para establecer el seto es una franja angosta de aproximadamente 200 m lineales que está al costado de un camino intra predial y bordeando una zanja de infiltración (*Figura 3*). El objetivo del establecimiento del seto fue aumentar la biodiversidad para mejorar la estabilidad de la zanja y la calidad del suelo, promover la polinización, albergar insectos controladores de plagas, atraer fauna silvestre y otorgar valor paisajístico.

Caracterización edafoclimática y selección de especies vegetales sitio-específica

El predio está en una zona de clima Mesomediterráneo seco, y un piso vegetal que se caracteriza por una estructura vegetal modificada debido a la permanente presión antrópica. Es un área sin vegetación y con suelo de acopio (*Figura 3*). Para cumplir con el objetivo se seleccionaron las especies nativas *Baccharis linearis* (romerillo), *Escallonia pulverulenta* (corontillo), *Muehlenbeckia hastulata* (quilo), *Sophora macrocarpa* (mayu), *Sphaeralcea obtusiloba* (malva de cerro) y *Trevoa quinquenervia* (tralhuén) (*Tabla 4*). Se escogió *Escallonia pulverulenta*, de hábito arbóreo, y se combinó con arbustos, para que en conjunto promovieran la polinización, generación de hojarasca y aportaran valor estético al paisaje homogéneo típico de los cultivos agrícolas. Las especies seleccionadas en conjunto generan abundante y extensa floración, lo que permite atraer y extender la visita de insectos polinizadores, como abejas que pueden polinizar los cultivos de perales, manzanos y cerezos. El néctar y polen producido por las flores de estas especies son también para insectos controladores de plagas, como larvas de coccinélido y microavisas que controlan plagas de áfidos (Muñoz et al., 2018). Estas especies además permiten acoger una variedad de fauna silvestre, como aves, reptiles y roedores nativos. Por el diseño lineal y la extensión, este seto genera un parche vegetal que actúa como un pequeño corredor para animales menores. Para mejorar la fertilidad del suelo se consideró la incorporación de *Trevoa quinquenervia*, especie fijadora de nitrógeno.



Figura 3. (a) Imagen satelital del predio, el rectángulo blanco indica la franja donde se instaló el seto. (b) Área de establecimiento del seto indicada con flecha punteada blanca, se observa el suelo de acopio entre el camino y la zanja de infiltración.

Tabla 4. Listado de especies seleccionadas para el diseño del seto. Se indica la cantidad de individuos establecidos, el período de floración y el CAE (CAE 1: especies de alta rusticidad, bajo requerimiento hídrico, pleno sol; CAE 2: especies rústicas, requerimiento hídrico bajo a medio, pleno sol). La floración está representada por colores referenciales de las flores.

Especie	Cantidad	Hábito	CAE	Periodo de floración (meses)											
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Baccharis linearis	24	Arbusto	1												
Escallonia pulverulenta	24	Árbol	2												
Muehlenbeckia hastulata	20	Arbusto	1												
Sophora macrocarpa	8	Arbusto	2												
Sphaeralcea obtusiloba	24	Arbusto	2												
Trevoa quinquenervia	24	Arbusto	1												

Diseño del seto

El diseño contempló cuatro módulos repetidos cuatro veces dentro de la franja. Los módulos se definieron combinando el color de las flores. En total se dispusieron 124 plantas en hilera dentro de la franja (Figura 4). Los módulos fueron:

Módulo 1: cuatro Trevoa quinquenervia (Tq) y dos Muehlenbeckia hastulata (Mh).

Tq	Mh	Tq	Tq	Mh	Tq
----	----	----	----	----	----

Módulo 2: dos Sphaeralcea obtusiloba (So), dos Trevoa quinquenervia (Tq), dos Sophora macrocarpa (Sm) y tres Baccharis linearis (Bl).

So	Tq	Sm	Bl	Bl	Bl	Sm	Tq	So
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Módulo 3: una Sphaeralcea obtusiloba (So), dos núcleos de Escallonia pulverulenta (Ep), tres Baccharis linearis (Bl) y una Muehlenbeckia hastulata (Mh).

So	Ep x3	Bl	Bl	Bl	Ep x3	Mh
----	-------	----	----	----	-------	----

Módulo 4: dos Muehlenbeckia hastulata (Mh) y tres Sphaeralcea obtusiloba (So).

Mh	So	So	So	Mh
----	----	----	----	----



Figura 4. Diseño del seto con los cuatro módulos dispuestos en secuencias repetidas. Cada figura y color corresponde a una especie y a su color de floración.

Implementación del seto

Las plantas fueron adquiridas en viveros comerciales especializados. *Baccharis linearis*, *Sophora macrocarpa* y *Sphaeralcea obtusiloba* tenían una altura entre 30 a 60 cm, y venían en bolsas de 30x30. *Muehlenbeckia hastulata* y *Trevoa quinquenervia* tenían 40 cm y estaban en bolsas de 15x25. *Escallonia pulverulenta* tenía entre 20 a 30 cm y venían en bandejas speedling de 80 mL.

Los puntos de plantación en terreno se indicaron con estacas y se identificaron con el nombre de la especie (Figura 5), en base al diseño del seto. Las casillas de plantación se realizaron de forma manual, con chuzo y pala. Sus dimensiones fueron de 40 cm x 40 cm x 40 cm y se distanciaron cada 1 o 2 m aproximadamente. La plantación se realizó en junio del 2021 entre nueve personas. Se plantó una planta por casilla, a excepción de la especie *Escallonia pulverulenta*, que se plantó en núcleos de tres plantas por casilla, debido al reducido tamaño de las plantas (Figura 5). Con esto se espera que al menos sobreviva una planta.

El riego se instaló con una línea por goteo a lo largo de la franja, con un gotero por planta. Posterior al establecimiento de las plantas, se realizaron monitoreos para evaluar el estado general del seto y monitorear la sobrevivencia de las plantas. Los resultados después de dos años indican una alta sobrevivencia de *Baccharis linearis* y *Sophora macrocarpa* (88%), seguido por *Trevoa quinquenervia* (58%), *Muehlenbeckia hastulata* (52%), *Sphaeralcea obtusiloba* (44%) y, por último, *Escallonia pulverulenta* (4%). Las plantas que sobrevivieron estaban en buen estado, con gran desarrollo y algunas lograron florecer y fructificar (Figura 5). La mayor mortalidad de plantas coincidió con las plantas de menor tamaño.

Algunas recomendaciones que surgieron de esta experiencia fueron eliminar el gotero de las plantas que no sobrevivieron, con el fin de evitar la proliferación de malezas, y reemplazar plantas muertas por otras que cumplan con una adecuada altura.



Figura 5. (a) Demarcación con estacas en la hilera de plantación del seto. (b) Plantas de *Escallonia pulverulenta* plantada en núcleo de a tres por casilla. (c) Vista del seto tres meses después de la plantación. (d) Vista del seto nueve meses después de la plantación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al **Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES UC)** y a **ANID PIA/BASAL AFB24003** y al proyecto Transferencia Acciones Prediales en Fruticultura Sustentable (IDI40017922-0) por el financiamiento. Agradecimiento especial a Fabiola Orrego por su colaboración en las evaluaciones de los pilotajes y a los estudiantes voluntarios de pregrado y de magister de la P. Universidad Católica de Chile que participaron en las jornadas de plantación en los pilotajes establecidos en los predios frutícolas seleccionados.

Referencias

- Albrecht, M., Kleijn, D., Williams, N. M., Tschumi, M., Blaauw, B. R., Bommarco, R., Campbell, A. J., Dainese, M., Drummond, F. A., Entling, M., H., Ganser, D., Arjen de Groot, G., Goulson, D., Grab, H., Hamilton, H., Herzog, F., Isaacs, R., Jacot, K., Jeanneret, P.,... y Sutter, L. (2021). The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology letters*, 23(10), 1488-1498.
- Arellano, E. C., Rojas-Arévalo, N., Rey, C., Jiménez, V., Madrid, V., de la Fuente, L. M., y Ginocchio, R. (2022). *Guía de acciones de intensificación ecológica para frutales y vides de Chile Central*. Santiago, Chile.
- Baudry, J., Bunce, R. G. H., y Burel, F. (2000). Hedgerows: an international perspective on their origin, function and management. *Journal of environmental management*, 60(1), 7-22.
- Becerra, P., Smith-Ramírez, C., y Arellano, E. (2018). *Evaluación de técnicas pasivas y activas para la recuperación del bosque esclerófilo de Chile central*. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile.
- Chappell, M., y La Valle, L. (2011). Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis. *Agriculture and Human Values*, 28(1), 3-26.
- Collier, M. J. (2021). Are field boundary hedgerows the earliest example of a nature-based solution?. *Environmental Science & Policy*, 120, 73-80.
- Dabney, S. M., Moore, M. T., y Locke, M. A. (2006). Integrated management of in-field, edge-of-field, and after-field buffers. *Journal of the American Water Resources Association*, 42(1), 15-24.
- de Bello, F., Lavorel, S., Díaz, S., Harrington, R., Cornelissen, J. H., Bardgett, R. D., Berg, M. P., Cipriotti, P., Feld, C. K., Hering, D., Martins da Silva, P., Potts, S. G., Sandin, L., Paulo Sousa, J., Storkey, J., Wardle, D. A., y Harrison, P. A. (2010). Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, 19, 2873-2893.
- Foley, J., Ramankutty, N., Brauman, K., Cassidy, E., Gerber, J., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. E., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., ...y Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, 337-342.

Food and Agriculture Organization. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. Rome: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>.

García de León, D., Rey-Benayas, J. M., y Andivia, E. (2021). Contributions of hedgerows to people: a global meta-analysis. *Frontiers in Conservation Science*, 2, 789612.

Ginocchio, R., Melo, O., Plischoff, P., Camus, P., y Arellano, E. (2019). *Conflicto entre la intensificación de la agricultura y la conservación de la biodiversidad en Chile: alternativas para la conciliación*. Temas de la Agenda Pública, año 15, N°118. Centro de Políticas Públicas, Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile.

Holden, J., Grayson, R. P., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P. J., Edmondson, J. L., Firbank, L. G., Helgason, T., Hodson, M. E., Hunt, S. F. P., Jones, D. T., Lappage, M. G., Marshall-Harries, E., Nelson, M., Prendergast-Miller, M., Shaw, H., Wade, R. N., y Leake, J. R. (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture, ecosystems & environment*, 273, 1-12.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2016). *The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production*. Summary for policymakers. IPBES Secretariat. Bonn.

Landis, D. (2017). Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, 18, 1-12.

Montgomery, I., Caruso, T., y Reid, N. (2020). Hedgerows as ecosystems: service delivery, management, and restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 81-102.

Muñoz-Sáez, A., Perez-Quezada, J. F., y Estades, C. F. (2017). Agricultural landscapes as habitat for birds in central Chile. *Revista chilena de historia natural*, 90, 3.

Muñoz, A. E., Zaviezo, T., y Vásquez, D. A. (Editores). (2018). *Guía de campo diseño y establecimiento de biodiversidad funcional Región Metropolitana*. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Musalem, M. (2019). *Agrupación de especies nativas según condiciones agroecológicas aptas para su cultivo*. VI Congreso Nacional Flora Nativa de Chile. Resumen de Congreso Revista Simiente (p. 61-64). Talca.

Pelletier-Guittier, C., Théau, J., y Dupras, J. (2020). Use of hedgerows by mammals in an intensive agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 302, 107079.

Peñalver-Cruz, A., Alvarez, D., y Lavandero, B. (2020). Do hedgerows influence the natural biological control of woolly apple aphids in orchards? *Journal of Pest Science*, 93(1), 219-234.

Pilgrim, E., Macleod, C., Beaumont, D., Blackwell, M., Del Prado, A., y Firbank, L. (2010). *Learning how to model ecosystem trade-offs at the farm scale*. En: D. A. Swayne, W. Yang, A. A. Voinov, A. Rizzoli, T. Filatova (eds.). International Congress on Environmental Modelling and Software. Ottawa.

Rey-Benayas, J. M. (2012). Restauración de campos agrícolas sin competir por el uso de la tierra para aumentar su biodiversidad y servicios ecosistémicos. *Investigación Ambiental*, 4(1), 101-110.

Rey-Benayas, J. M., y Bullock, J. M. (2012). Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems*, 15, 883-889.

Rey-Benayas, J. M. R., Bullock, J. M., y Newton, A. C. (2008). Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(6), 329-336.

Rey-Benayas, J. M., Gómez-Crespo, J. I., y Mesa-Fraile, A. V. (2016). *Guía para la plantación de setos e islotes forestales en campos agrícolas mediterráneos*. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas. Madrid.

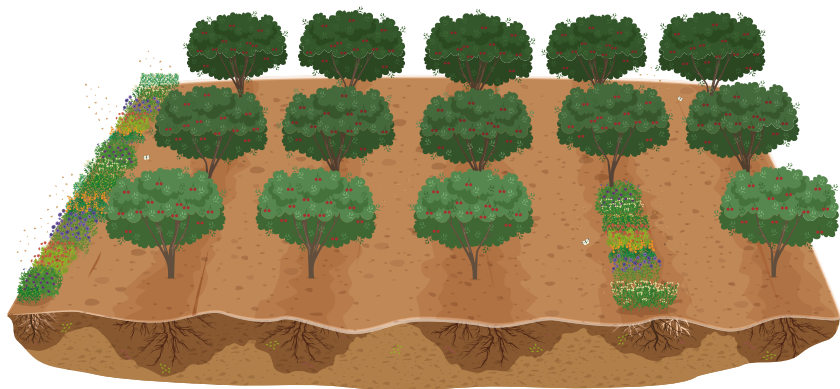
Rey-Benayas, J. M., Altamirano, A., Miranda, A., Catalán, G., Prado, M., Lisón, F., y Bullock, J. M. (2020). Landscape restoration in a mixed agricultural-forest catchment: Planning a buffer strip and hedgerow network in a Chilean biodiversity hotspot. *Ambio*, 49(1), 310-323.

Sánchez-Balibrea, J. M., Sánchez, J. A., Barberá, G. G., Castillo, V., Díaz, S., Perera, L., Pérez-Marcos, M., de Pedro, L., y Reguilón, M. (2020). *Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible*. Asociación Paisaje y Agricultura Sostenible. GO Setos. Murcia.

Van Vooren, L., Reubens, B., Broekx, S., De Frenne, P., Nelissen, V., Pardon, P., y Verheyen, K. (2017). Ecosystem service delivery of agri-environment measures: a synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 244, 32-51.

Bandas Florales

Alejandra E. Muñoz y Mónica Musalem



1. INTRODUCCIÓN

La agricultura intensiva, con un amplio uso de agroquímicos y la simplificación de paisajes agrícolas por la eliminación de hábitat semi-naturales, ampliación de mono-cultivos y simplificación de las rotaciones, han llevado a un severo empobrecimiento de la biodiversidad en agroecosistemas (Dudley & Alexander, 2017). Por esto en la actualidad, existe preocupación por mejorar la diversidad biológica o biodiversidad en ecosistemas agrícolas. Dentro de esta biodiversidad, la **biodiversidad funcional** o benéfica en agricultura está constituida por especies que de alguna forma mejoran el desempeño de las especies productivas.

Las bandas florales constituyen un tipo de intervención en el cual se establecen áreas con plantas de floración vistosa en agroecosistemas para promover biodiversidad y sus servicios. Estas bandas de flores son parte de las medidas impulsadas por los **esquemas agro-ambientales** en países desarrollados; estos esquemas son prácticas implementadas en agroecosistemas y financiadas por gobiernos que buscan mitigar o revertir las pérdidas de biodiversidad y fomentar servicios ecosistémicos en ecosistemas agrícolas (Tyllianakis & Martin-Ortega, 2021). Los esquemas agro-ambientales empiezan a impulsarse en países desarrollados a mediados de la década de los 80'. En Europa nacen en 1985 aunque fueron obligatorios de adoptar por los países miembros desde 1992. Estas medidas, inicialmente voluntarias de adoptar para los agricultores, se volvieron obligatorias en paisajes agrícolas intensivos de la Unión Europea en el año 2015 debido a modificaciones de su política agraria común (Nilsson et al., 2021). En Estados Unidos, por su parte, también surgen en el año 1985 al alero del programa "*Conservation Research Program*" del Departamento de Agricultura de dicho país, con una misión análoga a la de los esquemas agro-ambientales europeos (U.S. Department of Agriculture, 2023); no obstante, en la práctica, las estrategias de intervención de hábitat para promover biodiversidad funcional y sus servicios tardaron más en implementarse respecto a lo que ocurría en el continente europeo (Williams et al., 2015).

En Chile, donde no existen programas de gobierno que fomenten estas medidas, su adopción ha sido menor y partió por viñedos orgánicos con fines diversos que incluían tanto belleza escénica como aumento de biodiversidad (Fernandez, 2013). En la década pasada el Programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad, iniciativa científica liderada por la Dra. Olga Barbosa, ha implementado y estudiado los efectos de bandas de flores nativas en la entre la hilera de viñedos (Chile VCCB, 2024). Más recientemente y desde el ámbito privado, iniciativas privadas han financiado desde el año 2017 el establecimiento de bandas de flores con especies nativas e introducidas en huertos frutales y cultivos en distintos lugares de Chile para promover polinizadores (Syngenta, 2023).

Actualmente las bandas de flores constituyen una de las medidas más implementadas para favorecer insectos benéficos en la agricultura, tales como controladores biológicos de plaga y polinizadores (Albrecht et al., 2020). Gracias a los esquemas agro-ambientales se ha acumulado evidencia científica sobre su efectividad, criterios para selección de especies, rasgos clave a considerar en su diseño, etc.

Como se señaló anteriormente, las bandas de flores partieron siendo principalmente implementadas en Europa y en Estados Unidos; no obstante, su adopción se ha ido extendiendo en otras partes del mundo a medida que se fue reconociendo su utilidad como promotores de insectos benéficos y sus servicios. Se establecen tanto en cultivos como en huertos frutícolas, con especies herbáceas anuales o también con herbáceas perennes y arbustivas de floraciones llamativas y de bajo tamaño. En sistemas frutícolas son utilizadas para favorecer la obtención de control biológico de plagas y para favorecer polinización de frutales que requieren polinización entomófila para asegurar una mejor caja.

En este contexto, el objetivo de este capítulo es presentar información contextual, teórica y práctica para dar a conocer lo que son las bandas florales y sus servicios, así como aspectos clave a considerar en su diseño, implementación y manejo en agroecosistemas, y en los frutícolas en particular.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Las bandas de flores constituyen un tipo de intervención en agroecosistemas bajo el cual se establecen parches de especies vegetales herbáceas y/o arbustivas de floración vistosa, adyacentes o entremedio de cuarteles cultivados, con el fin de aumentar la población de polinizadores y enemigos naturales, y en general para incrementar la diversidad de flora y fauna en sistemas de cultivo tanto anuales como perennes (Pfiffner & Wyss, 2004; Williams et al., 2015). Constituyen un tipo de manipulación de hábitat, vale decir las bandas de flores buscan dar o mejorar el hábitat de ciertas especies benéficas o funcionales a la agricultura, típicamente artrópodos, a través de diversos mecanismos. Las bandas de flores pueden brindar recursos florales como néctar y polen a insectos benéficos, albergar hospederos o presas alternativas de enemigos naturales de plagas, modificar el micro-clima y brindar refugio y sitios de hibernación (Gurr et al., 2017) (*Figura 1*). Si bien distintas partes de las plantas pueden aportar en dar hábitat a insectos benéficos, el énfasis en la floración vistosa de las mismas y en efecto llamarlas “*bandas florales*” se relaciona con que el principal mecanismo por el cual su establecimiento causa un incremento en insectos benéficos y sus servicios, es la mayor oferta de recursos florales. Al respecto, la gran mayoría de insectos benéficos requiere recursos florales como néctar (rico en carbohidratos) y polen (rico en proteínas) en su estado adulto; las bandas de flores brindan estos recursos de forma complementaria al cultivo en calidad y temporalidad. En calidad, pues cada especie floral varía en el tipo de polen y néctar que brinda, lo cual ha demostrado ser beneficioso, por ejemplo, para polinizadores como abejas (Williams et al., 2015). También dan recursos complementarios

en el tiempo, pues típicamente pueden brindar recursos florales cuando las especies cultivadas (algunas con floración muy acotada en el tiempo) no están en flor (Muñoz, Amouroux, et al., 2021). Esto es sumamente relevante pues permite completar los ciclos biológicos de insectos benéficos y controladores como parasitoides; esta fuente de azúcares aumenta significativamente su capacidad de controlar plagas ya que les incrementa la longevidad, tasas de oviposición y disposición a buscar hospederos (Wäckers, 2004). Gracias a estos recursos florales y las otras formas señaladas de mejorar su hábitat, el establecimiento de bandas florales persigue fomentar la presencia, abundancia, diversidad y permanencia de insectos benéficos en agroecosistemas para una mejor y mayor obtención de sus servicios en los cultivos adyacentes (Gurr et al., 2017; Williams et al., 2015).

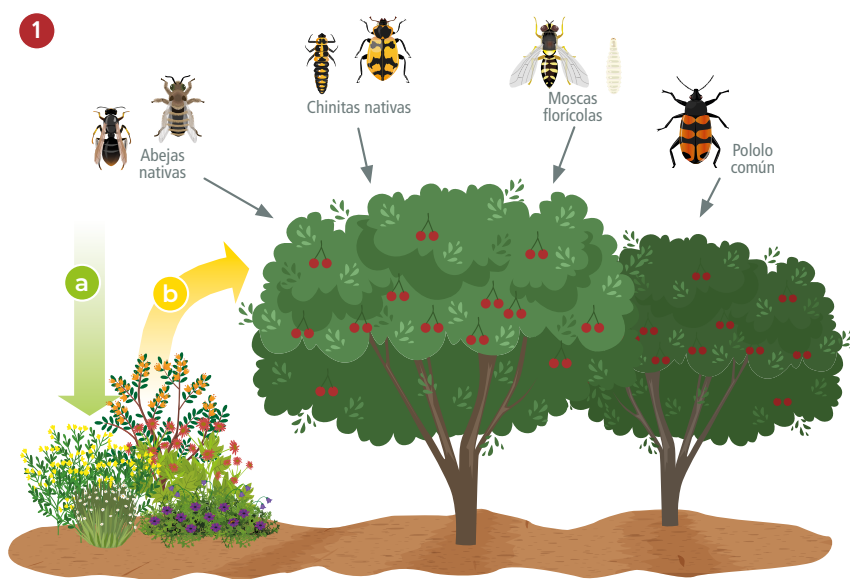


Figura 1. El establecimiento de Bandas de Flores busca diversos beneficios en la agricultura. (a) En la banda de flores aumenta la abundancia y diversidad de insectos benéficos (polinizadores y controladores de plaga). (b) En los cultivos adyacentes, propicia la polinización y el control biológico de plagas.

Las bandas de flores tributan también a otros beneficios. Por un lado, fomentan en general una mayor biodiversidad del agroecosistema, tanto por las plantas establecidas (que son distintas a las cultivadas) y su biodiversidad acompañante. Esta última categoría no incluye sólo a polinizadores y controladores biológicos específicos de las plagas del cultivo donde fueron establecidas, sino que también otros enemigos naturales generalistas y otros seres vivos como aves, reptiles y murciélagos, entre otros. Por último, si son establecidas con biodiversidad nativa de la zona, también aportan en conservación biológica en el área, lo cual se detallará en mayor profundidad más adelante.

Con alrededor de tres décadas desde la implementación de bandas de flores en agroecosistemas de países desarrollados, se ha ido acumulando evidencia científica sobre su uso y efectos. Han sido implementadas en agroecosistemas de diversas especies cultivadas incluyendo hortalizas (e.g. Balzan, 2017), cereales y otros cultivos (e.g. Campbell et al., 2012; Dively et al., 2020),

así como especies frutales (e.g. Blaauw & Isaacs, 2014; Pfiffner et al., 2018). Respecto a sus efectos, la evidencia muestra que generalizadamente el establecimiento de bandas florales en agroecosistemas genera un incremento de insectos benéficos, en alguna medida como riqueza, abundancia y/o diversidad, tanto para controladores biológicos como polinizadores (Heller et al., 2019). Sin embargo, estudios que investiguen si esa promoción de insectos benéficos se traduce en una mayor provisión del servicio ecosistémico perseguido (i.e. control biológico de plagas, polinización, cuaja frutal, etc.) son la minoría (e.g. Balzan, 2017). Más aún, cuando se evalúa si el establecimiento de bandas florales causa resultados positivos en el servicio buscado para la agricultura no hay consistencia en los resultados, vale decir, hay casos en que la promoción de insectos benéficos debido a la presencia de bandas se traduce en algún incremento del servicio (control biológico o polinización), pero también hay casos en los que no (Albrecht et al., 2020; Zamorano et al., 2020). Esto evidencia que más allá del mero establecimiento de las bandas, hay otros elementos que influyen en su efectividad. Desde las bandas, la riqueza de especies en las bandas, época y duración de floración, ciertos rasgos de la flora y la distancia a cultivos son algunos de los factores discutidos por distintos autores que estarían involucrados en el éxito de su uso (Boetzel et al., 2021; Dively et al., 2020; Sutter et al., 2017). Otro de los atributos altamente mencionados que tienen repercusión en la promoción de insectos benéficos por las bandas, es la composición y heterogeneidad del paisaje donde están insertas (Haenke et al., 2009). De acuerdo con Tscharrntke et al. (2012) los manejos de biodiversidad en agroecosistemas son más efectivos en paisajes de complejidad intermedia, pues los paisajes complejos ya tienen una alta diversidad y sus servicios asociados mientras que, en paisajes muy simples, los manejos pueden no tener efecto por la escasez de biodiversidad que puede inmigrar. Dentro de las áreas cultivadas, hay estudios que reportan que la riqueza, abundancia y/o diversidad de insectos benéficos decrece desde el borde del cultivo hacia el interior (Boetzel et al., 2021; Walton & Isaacs, 2011). Este tipo de estudios son muy relevantes para poder brindar recomendaciones técnicas efectivas de tamaño y ubicación de las bandas y lograr su efecto en toda la superficie cultivada (Hatt et al., 2017). Por último, también es necesario evaluar si las especies de plantas escogidas para conformar las bandas son hospederas de plagas del cultivo donde van a ser establecidas, como ha ocurrido en algunas situaciones (Fiedler & Landis, 2007; Rodríguez et al., 2018).

Respecto a la composición de las especies que componen las bandas florales, la elección de especies nativas al área donde se van a establecer supone una serie de ventajas. En términos agronómicos las especies nativas están adaptadas a las condiciones de suelo y climas del área, lo que puede significar poca o casi nula mantención de las bandas (Isaacs et al., 2009; Pandey & Gurr, 2019). Estas plantas no presentan el riesgo de convertirse en especies invasoras y más aún pueden ayudar a filtrar este tipo de especies (Cresswell et al., 2019). Respecto a su interacción con insectos benéficos, tienen mayor probabilidad de proveer recursos a polinizadores y enemigos naturales de plagas también nativos del área, siendo potencialmente más atractivas (Daane et al., 2018; Isaacs et al., 2009; Muñoz, Amouroux, et al., 2021). Por último y no menos importante, cuando se escogen especies nativas del área con su establecimiento se contribuye al uso, valorización y conservación del patrimonio biológico local (Fiedler et al., 2008; Muñoz, Amouroux, et al., 2021; Pandey & Gurr, 2019). Cabe mencionar que hay especies nativas que también tienen uso medicinal y comercial, y además se aporta en estética y servicios culturales (Fiedler et al., 2008). Lamentablemente, las asociaciones específicas entre insectos benéficos y plantas nativas han sido poco estudiadas en la mayoría de las regiones (Daane et al., 2018; Fiedler et al., 2008; Pandey & Gurr, 2019). Así también y análogo a lo que ocurre con las bandas de flores de especies exóticas, falta información sobre los mecanismos subyacentes al aumento de insectos benéficos, evaluar si dicho aumento se traduce en mejoras en los servicios de polinización

y/o regulación de plagas, y realizar análisis costo-beneficio de su uso (Zaviezo & Muñoz, 2023). Adicionalmente, no siempre hay disponibilidad de plantas nativas en el mercado, por lo cual es importante que exista una coordinación con viveros para asegurar la provisión de las especies y en la cantidad requerida. En consecuencia, si bien el uso de plantas nativas en bandas de flores en agroecosistemas, tanto en teoría como ratificado en algunos estudios, se ve promisorio y ventajoso, queda mucho por investigar aún en esta temática.

En el caso de especies frutales, la evidencia científica documenta que las bandas florales se han establecido principalmente en manzanos y vides, pero también en otros frutales como arándanos, frutillas, mango, sandía, paltos y granados. En estos frutales, bandas florales se establecen para fomentar polinizadores (e.g. Carvalheiro et al., 2012), controladores biológicos (Cahenzli et al., 2019) o ambos (Campbell et al., 2017). Pueden ubicarse adyacentes a los cuarteles cultivados (Muñoz, Plantegenest, et al., 2021), pero también en la entre-hilera de los frutales (Kratschmer et al., 2019). Al igual que para el resto de los cultivos, los estudios que muestran si el aumento de insectos benéficos se traduce en incrementar la polinización y/o regulación de plagas de cultivos son escasos. Entre los estudios que sí reportan efectividad en su uso podemos destacar aquellos que muestran incremento en rendimiento y/o calidad gracias a una mejora en la polinización en paltos, manzanos, arándanos, frutillas y mangos ((Blaauw & Isaacs, 2014; A. Campbell et al., 2017; Carvalheiro et al., 2012; Muñoz, Plantegenest, et al., 2021), así como también estudios que evidencian una disminución de plagas y/o daño en cultivos en viñedos, arándanos y manzanos (Blaauw & Isaacs, 2015; Cahenzli et al., 2019; Daane et al., 2018; Pfiffner et al., 2018).

Cabe resaltar que los huertos frutales se componen de especies perennes que suelen permanecer varios años en el agroecosistema. Esto permite el establecimiento de bandas o parches con vegetación también perenne que pasan a formar una parte estable del agroecosistema, a diferencia de lo que ocurre con bandas florales anuales de herbáceas intercaladas en cultivos, en donde forman parte de las rotaciones. Esto es relevante considerando que las bandas buscan contribuir dando hábitat y con especies perennes se puede lograr a largo plazo, mientras también se incurre en menor costo de establecimiento. En concordancia, las bandas florales de especies perennes han demostrado ser más efectivas que las compuestas por especies anuales, dado que dan hábitat a los insectos benéficos en invierno y a más largo plazo a través de los años (Albrecht et al., 2020).

3. BASES TÉCNICAS DE IMPLEMENTACIÓN

El establecimiento de bandas florales implica un proceso que debe ser bien planificado en cada una de sus etapas para poder llegar a una época apropiada para plantar, con las especies definidas y en las cantidades requeridas. En las zonas áridas y semiáridas de Chile, la mejor época de plantación es otoño o desde fines de invierno a inicios de primavera, época en que las condiciones ambientales son menos extremas y hay mayor humedad disponible en el suelo, lo que facilita el establecimiento y adaptación de las plantas en el terreno.

Para tener éxito en la implementación y permanencia de la banda floral en el tiempo, es clave seleccionar las especies adecuadas para el sitio y asociarlas correctamente entre ellas. Para lograr esto, es fundamental realizar un acabado análisis del lugar levantando información sobre las **condiciones agroecológicas (CAE)** del sitio. Las CAE involucran no sólo variables edafo-climáticas sino que otros factores como exposición solar, condiciones particulares de emplazamiento y del paisaje circundante incluyendo el piso vegetacional donde se emplazarán (para más detalles de CAE, consultar Vivero Pumahuída, n.d.).

Análisis del lugar

En particular, es importante estudiar factores y/o variables que determinan la posibilidad de cultivar ciertas especies en un lugar, las cuales definen prácticas de manejo como el riego.

Entre las variables climáticas es necesario conocer aquellas que condicionan la demanda hídrica (precipitaciones y distribución anual, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, olas de calor, ETo). También se debe considerar la ocurrencia de heladas que pudieran dañar algunas especies.

En relación al suelo, es importante conocer el contenido de materia orgánica, la conductividad eléctrica y el pH. Hay especies como *Escallonia pulverulenta* que son sensibles al pH del suelo, no tolerando condiciones de suelos alcalinos. Entre las propiedades físicas del suelo se debe considerar la textura y el grado de compactación. Algunas especies nativas son muy susceptibles a condiciones de drenaje deficiente y requieren de suelos sueltos, con un adecuado sistema poroso que asegure condiciones de buen drenaje y aireación.

También es relevante la exposición del sitio en relación al sol y las horas totales del día en que recibe luz directa.

En el caso de bandas florales con especies nativas, se debe considerar el piso vegetacional de referencia para la zona (Luebert & Pliscoff, 2018), y la vegetación nativa presente en el paisaje natural. Este punto es significativo cuando se desea imprimir un enfoque de restauración ecológica, poner en valor la flora nativa y contribuir a su conservación.

Así mismo, es importante conocer la disponibilidad de agua para riego, considerando que la demanda hídrica de las especies seleccionadas debe ser acorde a la disponibilidad de agua del predio, dada la crisis hídrica que se está viviendo.

Cabe resaltar que a lo largo del territorio, altitudinalmente se van presentando distintas unidades de paisaje que se suceden desde la costa hasta la cordillera de los Andes. Cada una de ellas presenta condiciones ambientales particulares que van variando con la altitud, y que determinan la posibilidad de cultivar una especie. En el caso de las especies nativas, que una especie sea originaria de la región no implica que pueda desarrollarse en todas las unidades del transecto altitudinal; algunas especies presentan una distribución altitudinal que responde a patrones específicos. En contraparte existen otras que presentan una plasticidad adaptativa que les permite crecer y cultivarse desde la franja costera hasta la precordillera como *Sphaeralcea obtusiloba*, *Eryngium paniculatum*, *Baccharis linearis*, *Lycium chilense*, entre otras.

Selección, asociación y provisión de especies

En el proceso de selección, es necesario definir una paleta de especies cuyos requerimientos de cultivo sean acordes a las condiciones agroecológicas (clima, suelo, exposición, disponibilidad hídrica) del predio donde se establecerá la banda. Esta coherencia entre requerimientos y las condiciones ambientales del sitio, especialmente en términos de la demanda hídrica y disponibilidad de agua para riego, es fundamental para asegurar el éxito y permanencia de la banda en el tiempo.

Por otro lado, es importante tener claro el o los objetivos de la banda floral y cómo estos se relacionan con los atributos propios de las especies, su valor ecológico y su ciclo fenológico (en particular época y duración de su floración), tipo, forma y color de sus flores, disponibilidad y accesibilidad de néctar y polen, y sus interacciones específicas con otras formas de vida. Por esto, antes de seleccionar las especies se debe conocer qué cultivo acompañarán, cuál es la finalidad de su implementación y cuál es el periodo del año en que se necesita la máxima abundancia de flores.

Respecto al valor ecológico, la experiencia ha demostrado que es recomendable privilegiar especies pertenecientes a familias reconocidas como funcionales como las Apiaceae, Malvaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Boraginaceae Escalloniaceae, Polygonaceae, Solanaceae, Rosaceae, Alstroemeriaceae, entre otras (Figura 2).

Al componer las asociaciones se recomienda considerar especies con distintas épocas de floración para lograr una sucesión de floraciones que permitan prolongar la disponibilidad de flores durante el transcurso del año. Esto se logra incorporando especies de floraciones tempranas (fines de invierno) como los arbustos nativos *Sophora macrocarpa*, *Berberis actinacantha* y *Flourensia thurifera*, otras de floraciones tardías (verano) como *Escallonia illinita* o *Escallonia myrtoidea*, así como especies que tienen la capacidad de florecer prácticamente todo el año bajo condiciones de cultivo como *Sphaeralcea obtusiloba*, *Andeimalva chilensis*, *Erigeron luxurians*, *Halopappus* spp., *Teucrium bicolor*, *Encelia canescens* y *Lycium chilense*, entre otros, y hierbas como *Stachys macraei*, *Oenothera picensis*, *Cistanthe laxiflora* y *Cistanthe grandiflora* (Tabla 1).



Figura 2. (a) Abejas mineras (*Acamptopoeum submetallicum*) forrajeando y apareándose en flor de Malva de cerro (*Sphaeralcea obtusiloba*, Malvaceae).

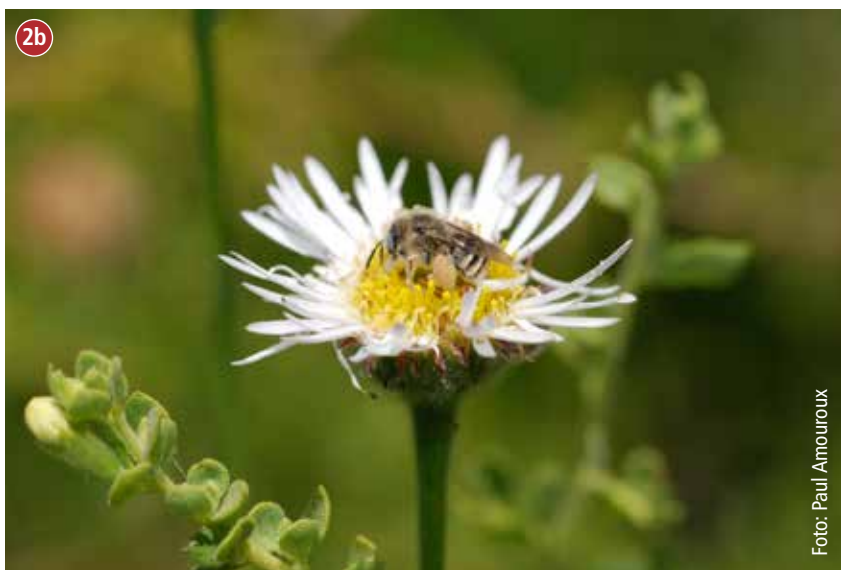


Foto: Paul Amouroux



Foto: Valentina Undurraga

Figura 2. (b) Abeja minera en Escabiosa (*Erigeron luxurians*, Asteraceae). (c) Abeja *Diadasia chilensis* en Malva de cerro.

Tabla 1. Calendario de floración referencial para la asociación de especies de banda floral.

Nombre científico	Nombre común	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Color flor
Arbustos CAE I y II														
Altos: > 2 m														
Azara dentata	Corcolen blanco													Amarillo
Baccharis linearis	Romerillo													Blanco crema
Corynabutilon ceratoscarpum	Abutilon de Cordillera													Lila
Escallonia pulverulenta	Corontillo													Blanco
Saphora macrocarpa	Mayu													Amarillo
Medios: 1 a 2 m														
Baccharis rhomboidalis	Baccharis													Blanco crema
Centaurea chilensis	Flor del minero													Lila
Colliguaja odorifera	Colliguay													Terracota
Eupatorium salviuim	Salvia macho													Blanco-rosa
Flourensia thurifera	Maravilla del campo													Amarillo
Gymnophyton isatidicarpum	Gymnophyton													Amarillo
Lobelia tupa	Tabaco del diablo													Rojo
Lycium chilense	Coralito													Blanco
Muehlenbeckia hastulata	Quilo													Blanco crema
Podanthus mitiqui	Mitique													Amarillo
Senna cumingii var. coquimbensis	Quebracho del norte													Amarillo
Solanum crispum var. ligustrinum	Solanum, Natri													Azul violeta
Bajos: < 1 m														
Eryngium paniculatum	Chupalla													Crema
Haplopappus multifolius	Haplopappus multifolius													Amarillo
Haplopappus velutinus	Haplopappus velutinus													Amarillo
Sphaeralcea obtusiloba	Malva de cerro													Lila
Acojinados: < 0,5 m														
Haplopappus integerrimus	Haplopappus integerrimus													Amarillo
Haploapappus macrocephalus	Haploapappus macrocephalus													Amarillo
Menodora linoioides	Linacillo													Amarillo
Herbáceas														
Medias < 0,6 m														
Cistanthe grandiflora	Pata de guanaco													Fucsia
Erigeron luxurians	Erigeron													Blanco
Bajas: < 30 cm														
Glandularia berteroi	Verbena chilena													Lila



Nombre científico	Nombre común	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Color flor
Geófitas														
Altas: 0,7 a 1 m														
<i>Alstroemeria ligtu simsii</i>	Alstroemeria													Naranja
<i>Alstroemeria ligtu incarnata</i>	Alstroemeria													Morada
<i>Sisyrinchium striatum</i>	Huilmo													Amarillo
<i>Solidago chilensis</i>	Solidago													Amarillo

En términos de manejo agronómico, es importante seleccionar especies rústicas, de fácil establecimiento y baja mantención para no desviar personal de las labores productivas. Deben ser resistentes a plagas y enfermedades tanto en su parte aérea como radicular para asegurar una buena sobrevivencia en el tiempo y cuidar que no sean hospederas de plagas y enfermedades que puedan afectar los huertos comerciales. Por otro lado, si se utilizan especies de origen introducido se debe tener especial cuidado que no sean potenciales invasoras.

Por último, cuando se conoce la (las) especie(s) o grupos de insectos en particular que se quiere favorecer con una banda floral, existen criterios particulares a considerar en la selección de especies de flora. Un factor crucial es que haya coincidencia temporal entre el período de vuelo del insecto adulto y la **antesis** de las flores. Se ha visto que insectos benéficos de la zona central forrajea flores desde primavera hasta otoño (Muñoz, Amouroux, et al., 2021). También se debe considerar que exista un acoplamiento de rasgos morfológicos entre los insectos y la flor. Características tales como tamaño, ancho de cabeza y largo de **probóscide** en insectos, así como ancho y profundidad de corola y ubicación de nectarios en flores, influyen en la accesibilidad de los recursos florales para el insecto. Si bien, el que los recursos florales estén accesibles no garantiza su uso, pues hay otros factores que inciden en esta interacción (e.g. presencia de metabolitos secundarios repelentes o viscosidad en el néctar), el acoplamiento de rasgos morfológicos y fenológicos entre insecto y flor son condiciones básicas para que la banda cumpla su función.

En relación a las asociaciones, las especies deben ser de la misma categoría de CAE del cultivo o de categorías vecinas, pero nunca de más de dos CAE diferentes (Musalem, 2019), para asegurarse que tengan requerimientos de cultivo similares. Así mismo, además de buscar prolongar el periodo de floración, se recomienda considerar especies de distintos estratos para un uso eficiente del espacio aéreo; esta diversidad en altura de las plantas se traduce también en diversidad de tipos de raíces que exploran el suelo contribuyendo a mejorar el sistema poroso y la condición biológica de los suelos.

En la tabla del **Box 1**, se presentan algunas especies nativas reconocidas como funcionales y disponibles en el mercado, agrupadas según sus requerimientos de cultivo de acuerdo a cuatro categorías (CAE 1 a 4), para facilitar el proceso de selección y asociación de las especies.

Diseño

En esta etapa, más allá que solo revegetar y lograr algo estéticamente bello, el diseño debe apoyarse en criterios ecológicos que permitan consolidar una comunidad vegetal donde se establezcan equilibrios naturales, y así con el tiempo se transformen en sistemas autónomos que demanden un mínimo de manejo.

Las dimensiones de las bandas se pueden ajustar a la disposición de espacio en el predio. La mayoría de las experiencias en Chile han sido con bandas rectangulares de 90 m² (3 x 30 m.). Sin embargo,

también se han establecido bandas florales en plantaciones de paltos, paralelas a los camellones, de 2 m de ancho x 200 m lineales.

Al diseñar se debe tener presente la orientación del espacio disponible con el norte bien señalizado, para que la ubicación de los individuos más altos no sombree a las especies más pequeñas (Figura 3).

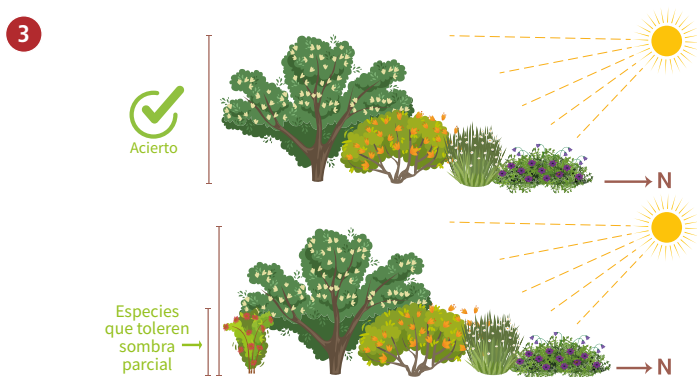


Figura 3. Diseño de establecimiento de especies tomando en cuenta exposición a luz solar.

La densidad de plantación (plantas/m²) se define de acuerdo a la cobertura vegetal deseada al estado adulto, en función del diámetro que se espera alcanzarán las especies. La experiencia del Vivero Pumahuída indica que una densidad de plantación adecuada está en el rango de 1 a 1,2 plantas/m², acompañada de una cobertura al estado adulto de 70 a 85%. Con esa cobertura se consigue por un lado proteger el suelo de la exposición directa al sol y los efectos negativos que ello conlleva, y por otro, mantiene un espacio abierto para facilitar monitoreo, labores de mantención y para favorecer la presencia de fauna silvestre a través de la incorporación de piedras, troncos y otros elementos del paisaje que interactúan con la flora y proveen de refugio a la fauna local (Figura 4).

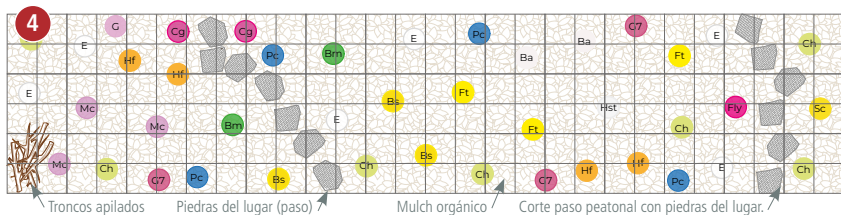


Figura 4. Diseño de plantación, con asociación de especies considerando sus dimensiones al estado adulto, incorporando piedras y troncos para fauna silvestre, y mulch orgánico en toda la superficie de la banda. Las especies del ejemplo son Sc: *Senna cumingii* var. *coquimbensis*, Bm: *Baccharis macraei*, Bs: *Balbisia pendularis*, Ce: *Centaurea chilensis*, Fly: *Fuchsia lcyioidea*, Hf: *Haplopappus foliosus*, Mc: *Sphaeralcea obtusiloba*, Ft: *Flourensia thurifera*, Hst: *Heliotropium stenophyllum*, Pc: *Plumbago coerulea*, Ch: *Eryngium paniculatum*, E: *Erigeron luxurians* y G7: *Alstroemeria pelegrina*. Figura basada en dibujo de Sofía Schmidt, Arq. UCH.

Las dimensiones de muchas especies chilenas están registradas en bibliografía técnica, sin embargo, el comportamiento de ellas es diferente cuando se cultivan, y esto puede generar errores en las estimaciones. Por eso es importante contar con datos reales de diámetros y altura potenciales al estado adulto bajo condiciones de cultivo.

En la asociación se recomienda incorporar especies de distintas formas de vida; especies arbustivas de distintas dimensiones, formas y texturas, junto con hierbas perennes y geófitas, lo cual enriquece los espacios y aportan diversidad de tipo de flores y de estratos de vegetación. La estratificación vegetal se refiere a la distribución espacial vertical que presentan las plantas según su tipo y tamaño. Una mayor estratificación proporcionará una mayor diversidad de nichos para fauna. La experiencia del Vivero Pumahuida indica que una relación de 65 a 70 % de especies arbustivas y un 35 a 30 % de herbáceas, funciona adecuadamente y puede servir de referencia. Estas bandas perennes son ideales para plantaciones frutales cuya vida útil puede ser mayor a 20 años.

Por último, cabe destacar que a través del diseño se pueden potenciar que las bandas florales provean también de otros servicios como generar belleza visual en el entorno laboral mejorando el ambiente de trabajo, aportar espacios para la educación ambiental y sensibilizar a la comunidad respecto a la naturaleza y la importancia de la biodiversidad. Así mismo, cuando se trabaja con especies nativas del área, se pone en valor la flora nativa local y la biodiversidad que la acompaña, así como la posibilidad de otorgar un sitio seguro para cultivar especies chilenas endémicas y/o amenazadas contribuyendo a su conservación.

Una vez finalizado el diseño de la banda y definidas las especies a plantar, es importante contactar a viveros especialistas en producción de especies nativas para asegurar con tiempo la disponibilidad de las especies en las cantidades requeridas, y definir los plazos de entrega. Esta coordinación es muy importante para no tener problemas con la provisión de las especies al momento de plantar.

Establecimiento

- Traslado y recepción de las plantas en el huerto

El traslado de las plantas debe realizarse en un camión cerrado o bien protegidas para evitar daños por el viento. Tanto al cargar como al descargar, las plantas se deben mover procurando no dañar la parte aérea. Nunca se debe tomar la planta de la parte aérea ya que se arriesga a que se descalce causando un daño irreparable. Al momento de la descarga, es importante monitorear el estado fitosanitario de las plantas, tanto de la parte aérea como de sus raíces; no se debe aceptar ejemplares que presenten plagas o enfermedades, especialmente en sus raíces para evitar contaminar el huerto.

Las plantas deben venir debidamente identificadas desde el vivero y al descargarlas se deben agrupar de acuerdo a la especie para facilitar la labor de distribución, siguiendo las indicaciones del plano de plantación. El predio debe contar con un lugar adecuado para el acopio de las plantas el cual debe contar con un sombreadero y disponer de agua para riego en caso de que la plantación no sea inmediata.

- Preparación de suelo

La preparación del terreno empieza por despejar el terreno y realizar un adecuado control de malezas, especialmente de especies perennes como chépica, bermuda, maicillo, además de especies leñosas invasoras como zarzamora, rosa mosqueta, u otras que afecten el establecimiento de la banda floral. Se debe evaluar la conveniencia de aplicar herbicidas específicos para asegurar un adecuado control ya que su presencia puede llegar a afectar seriamente la existencia de la nueva plantación, especialmente de las herbáceas.

Si en el sitio dispuesto existen especies nativas de valor, se recomienda realizarles el manejo necesario para recuperarlas e integrarlas a la banda.

Una vez despejado el terreno, se recomienda pasar un subsolador para descompactar el suelo en profundidad y mejorar la aireación y el drenaje. Si esto no es posible, se debe considerar hacer ahoyaduras de buen tamaño para soltar y airear el suelo donde irá el pan de raíces. El suelo que se extraiga al hacer las ahoyaduras se debe conservar a un lado para utilizarlo luego para rellenarlas.

Una vez preparado el terreno se procede al trazado de la banda y a la marcación de la ubicación de las plantas siguiendo las instrucciones del plano de plantación. Este plano es una guía que debe ir ajustándose a la realidad del terreno.

- Plantación

Una vez terminado el trazado y marcación, se procede a realizar las ahoyaduras y luego regar. Antes de la plantación se debe instalar la malla de protección contra conejos y otros lagomorfos. Esta malla debe quedar bien estirada y tensada, y tener al menos a 1 m de altura, además debe ser enterrada en el suelo a unos 20 a 30 cm para evitar que escarben por abajo.

En el caso de las especies arbustivas, la casilla de plantación debe ser de 40 x 40 x 40 cm, o al menos el doble del tamaño del contenedor que trae la planta de vivero. En el caso de las herbáceas, que normalmente vienen en contenedores pequeños, la ahoyadura debe ser del doble del tamaño del contenedor en todos los sentidos y en profundidad. Una ahoyadura correcta permite descompactar el suelo en torno a las raíces, facilitando su crecimiento una vez realizada la plantación.

La profundidad de plantación está determinada por el nivel que trae la planta desde vivero. El cuello de la planta debe quedar a la misma altura del cuello con que viene el pan de tierra en el contenedor. Además, se debe tener en cuenta que después del primer riego el suelo se asienta por lo que se recomienda revisar que después del riego no queden raíces expuestas al aire. De ocurrir esto, se deben cubrir a la brevedad con tierra de lugar o compost.

Para rellenar el hoyo de plantación se recomienda mezclar la tierra que se extrajo al hacer la ahoyadura con un 20% de compost de buena calidad (Clase A), con el fin de estimular el crecimiento inicial de las raíces. Nunca está de más recordar que las plantas se deben plantar sin bolsa.

Las especies que típicamente se utilizan en las bandas florales, especialmente las nativas, no necesitan de una fertilización extra. En caso de que el análisis de suelo indicara una significativa baja fertilidad natural, podría ser necesario fertilizar los arbustos leñosos altos, al momento de la plantación, con el fin de acelerar su crecimiento. La dosis se debe fijar de acuerdo al análisis de suelo y se recomienda utilizar fertilizantes de entrega lenta evitando el contacto directo de ellos con las raíces.

Terminada la plantación se debe regar para eliminar los bolsones de aire para permitir un buen asentamiento de la planta y asegurar una adecuada humedad de suelo. Para finalizar, se considera aplicar una capa de mulch orgánico a toda la superficie de la banda para evitar la exposición directa del suelo al sol, ayudar a conservar la humedad y contribuir al control de malezas.

Mantenimiento

- Riego

A través del riego es fundamental estimular que las raíces logren profundizar y alcancen ojalá una profundidad mayor a 30 cm antes del primer verano. El cuánto y cuándo regar, va a depender de las condiciones propias de clima y suelo de cada sitio y de cómo se comporta el año. Si el año

viene seco puede ser necesario regar incluso durante el otoño e invierno para aportar al suelo un grado de humedad equivalente a lo que deberían recibir en un año de pluviometría normal para el lugar. En las plantaciones tardías, de fines de primavera o verano, es importante estar atentos a la necesidad de riego y aplicar criterios de riego que incentiven a las plantas a profundizar sus raíces en busca de humedad.

Se recomienda realizar calicatas para confirmar que la humedad del suelo esté llegando a la profundidad de las raíces y un poco más. También se recomiendan riegos largos y distanciados para estimular que las raíces profundicen y exploren el perfil de suelo. Los góteros deben quedar en el borde exterior del pan de raíces y nunca pegados al cuello de las plantas, evitando anegamientos que pueden causar pudriciones del cuello o muerte de raíces por asfixia radicular.

- Aplicación de mulch

Es importante mantener permanentemente el suelo cubierto con una capa de mulch orgánico de al menos 5 a 10 cm, para no dejar suelo descubierto expuesto a la radiación solar, hasta que las plantas alcancen su estado adulto y cubran el suelo. Se puede utilizar chipiado de restos de poda, hojarasca, cáscara de nuez, pelón de almendras, entre otras alternativas. El mulch amortigua el aumento de la temperatura del suelo por radiación, ayuda a conservar la humedad y contribuye al control de malezas.

- Control de malezas

Es necesario mantener la banda floral libre de malezas, especialmente de malezas perennes, a fin de evitar la competencia. Esta labor es especialmente importante en la etapa de establecimiento, a salidas de invierno y primavera, épocas en que se produce un crecimiento explosivo de las malezas.

El control de malezas se realiza de forma manual y la frecuencia dependerá de la carga de malezas que tenga el terreno. Especial atención merecen malezas como correhuela, chépica, bermuda, maicillo, hierba de té, entre otras. En casos muy justificados puede ser necesario aplicar algún herbicida sistémico de manera localizada, tomando las precauciones correspondientes. Se debe capacitar a las personas que realicen esta labor para que distingan las herbáceas de las bandas florales y no las arranquen pensando que son malezas.

- Poda

Para la mantención de las bandas florales puede ser necesario realizar podas con distintos fines como ordenar el crecimiento, controlar vigor, definir altura y eliminar ramas secas, dañadas o mal ubicadas. Para facilitar el manejo se recomienda realizar esta labor una vez al año en todas las especies que lo necesiten. Los arbustos siempre verdes se deben podar después de la floración y en caso de que se desee recolectar semillas se posterga hasta después de obtener sus frutos o semillas (Musalem et al., 2013). En las hierbas perennes como *Libertia chilensis* o *Sisyrinchium striatum* o geófitas, como *Alstroemeria* o Azulillo, las varas florales se deben mantener hasta después de la diseminación de sus semillas para permitir la regeneración natural y aumentar su población. Para arbustos como *Haplopappus* spp., *Lycium* spp., *Andeimalva* sp., *Flourensia thurifera*, y *Baccharis* spp., una vez al año, después de floración, se recomienda podar para ordenar su crecimiento y controlar altura. Otros como *Centaurea* spp., *Erigeron luxurians*, *Sphaeralcea obtusiloba*, *Encelia canescens*, *Bahia ambrosioides* y *Teucrium bicolor*, que son de floración prolongada, se recomienda desde el segundo año, rebajar un tercio de su tamaño para renovar su follaje, una a dos veces al año. Responden muy bien a esta poda y vuelven a florecer en la misma temporada (Musalem & Sepúlveda, 2013).

BOX 1. BANDAS DE FLORES NATIVAS PERENNES EN HUERTOS DE PALTO DE LA REGIÓN METROPOLITANA

Esta experiencia se llevó a cabo en seis huertos de palto localizados en María Pinto, Mallarauco, Melipilla y San José de Naltahua. En ellos se establecieron parches con especies herbáceas perennes y arbustivas nativas (la gran mayoría endémicas) de la zona central. Se establecieron alrededor de cuatro parches rectangulares de 90 m² (30 x 3 m) por predio (24 bandas en total), emplazados adyacentes a cuarteles de palto en al menos uno de sus costados durante el otoño de 2017 (Figura 5), con individuos que llevaban al menos dos años en vivero y que potencialmente podían exhibir flor desde primavera del mismo año. El palto es una especie frutal dependiente de polinización entomófila y es atacado por diversas plagas (algunas de carácter cuarentenario como escamas (*Hemiberlesia* spp.)), cuyos enemigos naturales pueden estar espontáneamente en agroecosistemas. En dicho contexto se consideró un diseño de bandas que incorporara especies de amplia floración y/o con un largo período de floración en conjunto, con flores solitarias o en inflorescencias laxas, pero también flores de corola corta en inflorescencias densas y con distintos colores (Tabla 2). Con esto se buscó una banda que pudiese dar recursos a variados insectos benéficos, polinizadores y controladores biológicos de plagas del palto en particular, y además contribuir al conocimiento y conservación de la flora nativa del área.

Tabla 2. Especies de plantas incluidas en las bandas en paltos de la Región Metropolitana y sus atributos.

Familia/ Especie	Color corola	Origen biogeográfico	Arreglo floral
Apiaceae			
<i>Eryngium paniculatum</i>	Blanco	Nativa	Umbela
Asteraceae			
<i>Baccharis linearis</i>	Blanco-marfil	Nativa	Cabezuela homógama
<i>Baccharis rhomboidalis</i>	Blanco	Endémica	Cabezuela homógama
<i>Encelia canescens</i>	Periféricas amarillas, centrales cafés	Endémica	Cabezuela heterógama
<i>Erigeron luxurians</i>	Blanco	Endémica	Cabezuela heterógama
<i>Eupatorium salvium</i>	Rosado púrpura	Endémica	Cabezuela homógama
<i>Flourensia thurifera</i>	Amarilla	Endémica	Cabezuela heterógama
<i>Haplopappus integerrimus</i>	Amarilla	Endémica	Cabezuela heterógama
<i>Haplopappus macrocephalus</i>	Rosado	Endémica	Cabezuela heterógama
<i>Lepechinia salviae</i>	Violáceo	Endémica	Inflorescencia en verticilastros
Fabaceae			
<i>Senna cumingii</i>	Amarillo	Endémica	Inflorescencia laxa
Malvaceae			
<i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	Rosado	Endémica	Inflorescencia laxa
Solanaceae			
<i>Lycium chilense</i>	Blanco	Nativa	Flores solitarias
Scrophulariaceae			
<i>Alonsoa meridionalis</i>	Rojo-anaranjado	Nativa	Racimos laxos



Figura 5. (a) Preparación del sitio para el establecimiento. (b) Vista de las bandas florales luego de 10 meses de plantación.



Figura 5. (c) Vista de las bandas florales 17 meses después de la plantación.

Para evaluar el cumplimiento de estos objetivos se evaluaron distintos parámetros asociados a las plantas y flores de las bandas, a los polinizadores y controladores biológicos, y a la floración y cuaja del frutal, entre los años 2017 y 2019. Tanto las abejas silvestres (polinizadores) como coccinélidos o chinatas (controladores de plagas) tuvieron mayor presencia y abundancia en sectores del huerto con presencia de bandas respecto a zonas alejadas de las mismas. Así mismo, se pudo observar que distintos órdenes de insectos benéficos tuvieron preferencias selectivas sobre las flores de las bandas según su largo de corola y variaron sus tasas de visita durante la temporada (Muñoz, Amouroux, et al., 2021). Esto último confirmó que las bandas florales continuaron ofreciendo recursos florales en verano y otoño cuando los paltos no presentan flor y que hay ciertos rasgos de las flores más idóneos para grupos de insectos particulares. En términos de servicios ecosistémicos, las bandas incrementaron las visitas de moscas florícolas en las flores de los paltos adyacentes e incrementaron significativamente la cuaja frutal (Muñoz, Plantegenest, et al., 2021).

Respecto al manejo y crecimiento de las plantas, tras el trasplante se hizo un control mecánico de malezas las dos primeras temporadas (después, con las plantas bien establecidas y de mayor tamaño esto dejó de ser necesario) y se establecieron los mismos sistemas de riego tecnificado (micro-aspersión o goteo) que utilizaban los paltos para regar en época de escasez hídrica (esto es desde fines de primavera hasta otoño). Hubo dos diseños de plantación, uno con siete y el otro con catorce especies de plantas, que contemplaron una alta densidad (de alrededor de 114 individuos en los 90 m²), pues se quería obtener recursos florales en el corto plazo. Las plantas en general se desarrollaron bien, pero hacia fines del segundo año del trasplante y también el tercero, se evidenció la pérdida o disminución significativa de algunas especies menos vigorosas y de crecimiento más achaparrado como el ajicillo (*Alonsoa meridionalis*), las dos especies de *Haplopappus* y la escabiosa (*Erigeron luxurians*). En este sentido, un aprendizaje de la experiencia fue la relevancia de recomendar podar las plantas más vigorosas como malva de cerro (*Sphaeralcea obtusiloba*) y coralillo (*Lycium chilense*) o disminuir su densidad para un correcto establecimiento de todo el ensamble.

BOX 2. BANDA DE FLORES NATIVA EN HUERTO FRUTAL DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

Esta experiencia se llevó a cabo en un huerto de paltos ubicado en el sector de Potrerillos Bajos (Ovalle). Se implementaron dos bandas de arbustos y herbáceas nativas en un huerto de paltos variedad GEM, con el objetivo de integrar biodiversidad, destacando la riqueza y singularidad de la flora nativa de la región de Coquimbo, y contribuir a su conservación en una de las regiones del país más ricas y endémicas en flora vascular (Squeo et al., 2001).

Así mismo, se buscó propiciar la presencia y permanencia de poblaciones de abejas melíferas, nativas y otros polinizadores, para lo cual se decidió trabajar con una gran diversidad de especies para asegurar floración por un prolongado período de tiempo durante el año. No menos importante fue la motivación por generar espacios de naturaleza silvestre en medio de lo productivo para embellecer el entorno laboral y despertar en la comunidad vinculada (colaboradores, proveedores y empresas relacionadas), un sentido de admiración y de responsabilidad ética en el cuidado de la flora nativa y el paisaje natural de la región.

En marzo de 2020 se estableció la primera banda que consistió en un parche rectangular de 387 m² (215 x 1,80 m), en un camellón ubicado en uno de los bordes de la plantación y paralelo a los camellones de paltos. La segunda banda se estableció en julio de 2022, en otro sector del mismo huerto, en un camellón de 118 m² (1,40 x 84 m).

El suelo del huerto presentaba textura arcillosa con presencia de piedras en el perfil, un contenido de materia orgánica de alrededor de 2% entre los 30 a 60 cm de profundidad, pH neutro (7,2) y con una conductividad eléctrica de 1,60 a 0,98 dS/m en profundidad. Con estos datos se determinó que no había restricciones en términos de la calidad de suelo.



Figura 6. (a) Instalación de las líneas de riego con goteros incorporados.



Figura 6. (b) Distribución de las plantas de acuerdo al esquema de plantación. **(c)** 4 meses después de plantación (julio 2020).



Figura 6. (d) 6 meses después de plantación (Sept 2020). (e) 1 año después de plantación (octubre 2021).

Para la selección de las especies se realizó un acabado análisis del sitio (clima, suelo, exposición) y se estudiaron los pisos vegetacionales de referencia para la zona (Luebert y Pliscoff, 2019). Además, se realizó un recorrido en un transecto altitudinal, tomando como referencia la zona de Ovalle, que abarcó Fray Jorge, Quebrada seca, Valle del Encanto y el cajón de Río Hurtado, analizando las especies existentes y sus asociaciones. Finalmente, considerando todos los antecedentes recopilados y los objetivos de las bandas, se seleccionaron 41 especies disponibles en viveros especializados, de las cuales 32 eran endémicas (78%) (*Tabla 3*). Se especificaron especies con distintos tipos de flores, colores y formas, que por experiencia en su cultivo se había observado que eran atractivas para abejas melíferas, abejas nativas, mariposas y otros polinizadores. Con esta diversidad se buscó lograr una sucesión de floraciones que cubriera prácticamente todo el año, con el pick entre julio y noviembre, época que coincide con la floración de los paltos. En la primera banda (387m^2) se utilizaron 37 especies del total de las seleccionadas, y en la segunda banda (118m^2), 20 especies.

Se seleccionaron especies de bajo requerimiento hídrico, alta rusticidad y resistentes a condiciones de aridez, pertenecientes a la condición CAE 1 y CAE 2, buscando que sus requerimientos de cultivo fueran acordes a las condiciones del lugar.

Tabla 3. Especies de plantas incluidas en las bandas florales (Ovalle, Región de Coquimbo).

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Origen	Tipo de planta	Banda 2020	Banda 2022
Algarrobilla	<i>Balsamocarpon brevifolium</i>	Fabaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Alstroemeria de los molles	<i>Alstroemeria pelegrina</i>	Alstroemeriaceae	Endémica	Hierba	x	
Alstroemeria magnifica subsp. magenta	<i>Alstroemeria magnifica</i> subsp. <i>magenta</i>	Alstroemeriaceae	Endémica	Hierba	x	
Atutemo	<i>Llagunoa glandulosa</i>	Sapindaceae	Endémica	Arbusto	x	
Carbonillo	<i>Cordia decandra</i>	Boraginaceae	Endémica	Arbusto	x	
Coralito del norte	<i>Lycium boerhaviaefolium</i>	Solanaceae	Nativa	Arbusto	x	
Coronilla del fraile	<i>Encelia canescens</i>	Asteraceae	Nativa	Arbusto	x	x
Chagual amarillo chico	<i>Puya gilmartiniae</i>	Bromeliaceae	Endémica	Arbusto	x	
Chamiza	<i>Bahia ambrosioides</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto	x	x
Chupalla	<i>Eryngium paniculatum</i>	Apiaceae	Nativa	Hierba	x	
Copa de oro	<i>Balbisia peduncularis</i>	Francoaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Colliguay	<i>Colliguaja odorifera</i>	Euphorbiaceae	Endémica	Arbusto	x	
Haplopappus chrysanthemifolius	<i>Haplopappus chrysanthemifolius</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto		x
Escabiosa	<i>Erigeron luxurians</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto	x	x
Esparto	<i>Solanum pinnatum</i>	Solanaceae	Nativa	Arbusto	x	
Espino rojo	<i>Calliandra chilensis</i>	Fabaceae	Endémica	Arbusto	x	
Flor del Minero	<i>Plectocephalus chilensis</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto	x	
Flor del Minero	<i>Plectocephalus floccosus</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto	x	x
Glandularia	<i>Glandularia berteroi</i>	Verbenaceae	Nativa	Arbusto	x	x
Gymnophyton	<i>Gymnophyton isatidicarpum</i>	Apiaceae	Endémica	Arbusto		x
Haplopappus chrysanthemifolius	<i>Haplopappus chrysanthemifolius</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto		x
Hierba del salitre	<i>Frankenia chilensis</i>	Frankeniaceae	Nativa	Arbusto	x	
Linacillo	<i>Menodora linoides</i>	Oleaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Malvita de cerro	<i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	Malvaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Maravilla del campo	<i>Flourensia thurifera</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto	x	x
Palo de yegua	<i>Fuchsia lycioides</i>	Onagraceae	Endémica	Arbusto	x	x
Pata de guanaco	<i>Cistanthe grandiflora</i>	Montiaceae	Endémica	Hierba	x	
Pichanilla	<i>Gutierrezia gayana</i>	Asteraceae	Endémica	Hierba		x

Nombre Común	Nombre Científico	Familia	Origen	Tipo de planta	Banda 2020	Banda 2022
Pingo-pingo	<i>Ephedra gracilis</i>	Ephedraceae	Endémica	Arbusto	x	x
Plumbago chileno	<i>Plumbago caerulea</i>	Plumbaginaceae	Nativa	Arbusto	x	
Quebracho del norte	<i>Senna cumingii</i> var. <i>coquimbensis</i>	Fabaceae	Endémica	Arbusto	x	
Retamo	<i>Erythrostemon angulatus</i>	Fabaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Romerillo	<i>Baccharis linearis</i>	Asteraceae	Nativa	Arbusto	x	
Romero pichi amarillo	<i>Fabiana viscosa</i>	Solanaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Rubi	<i>Alternanthera porrigens</i>	Amaranthaceae	Nativa	Hierba	x	
Rumpiato	<i>Bridgesia incisifolia</i>	Sapindaceae	Endémica	Arbusto	x	
Salvia blanca	<i>Lepechinia salviae</i>	Lamiaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Tabaco del diablo	<i>Lobelia excelsa</i>	Campanulaceae	Endémica	Arbusto	x	
Tabaco del diablo	<i>Lobelia polyphylla</i>	Campanulaceae	Endémica	Arbusto	x	
Uvilla	<i>Monttea chilensis</i>	Plantaginaceae	Endémica	Arbusto	x	x
Vautro	<i>Baccharis macraei</i>	Asteraceae	Endémica	Arbusto	x	

En el diseño se consideró disponer las especies formando bloques compactos de ejemplares de la misma especie, de manera que los insectos pudieran permanecer más tiempo en un sector cuando las flores les eran atractivas. Así, se asociaron estos bloques con bloques de otras especies, repitiendo patrones de asociación comunes en los ecosistemas de referencia.

Previo a la plantación, se preparó el camellón realizando una labor de limpieza y micro nivelación pasando un rastrillo y se procedió a instalar el sistema de riego consistente en líneas de gotero integrado, cada 40 cm, de 2,3 L/seg. Luego se procedió a realizar el primer riego. Posteriormente se realizó al trazado y marcación de la ubicación de las plantas, para luego proceder a la plantación. Se consideró un tamaño de casilla equivalente al doble del pan de tierra de traían las plantas de vivero, tanto en los lados como en profundidad. Para el relleno de los hoyos de plantación se utilizó la misma tierra extraída de la casilla mezclada con compost en una proporción del 20%. Una vez finalizada esta labor se procedió a regar.

Posterior a la plantación, se aplicó sobre el suelo una capa de mulch de 5 a 10 cm de grosor de residuos de poda chiheados, para ayudar a controlar malezas y conservar la humedad del suelo. Luego se procedió a instalar una malla protectora contra ataques de conejos.

A las especies que lo necesitaron, al momento de la plantación se les colocó un tutor de coligue amarrándolo a la planta con cinta plástica, para guiar su crecimiento en las primeras etapas.

El manejo de post plantación consistió en ajustar los requerimientos de riego para las distintas épocas del año, así como también controlar malezas cuando fue necesario. Al menos una vez al año, en la época de menos floración (fines de verano), se realizaron labores de poda para eliminar restos florales, controlar vigor, ordenar y renovar el crecimiento en las plantas. Otra labor importante fue reponer periódicamente la capa de mulch en los espacios sin vegetación para la permanente protección del suelo, evitando la exposición directa al sol.

Agradecimientos

A la **Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID - Chile)**, por su financiamiento a través de Programa Acción Regional (Código ARII60001) y la Beca de Doctorado Nacional (N° 21190086), a la exportadora Agricom (hoy Westfalia) y sus proveedores, por facilitar los huertos y a Vivero y Jardín Pumahuida por su experiencia y asesoramiento en viverización.

Referencias

Albrecht, M., Kleijn, D., Williams, N. M., Tschumi, M., Blaauw, B. R., Bommarco, R., Campbell, A. J., Dainese, M., Drummond, F. A., Entling, M. H., Ganser, D., Arjen de Groot, G., Goulson, D., Grab, H., Hamilton, H., Herzog, F., Isaacs, R., Jacot, K., Jeanneret, P., ... Sutter, L. (2020). The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology Letters*, 23(10), 1488–1498. <https://doi.org/10.1111/ele.13576>

Balzan, M. V. (2017). Flowering banker plants for the delivery of multiple agroecosystem services. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(6), 743–754. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9544-2>

Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2014). Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 890–898. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12257>

Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2015). Wildflower plantings enhance the abundance of natural enemies and their services in adjacent blueberry fields. *Biological Control*, 91, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.003>

Boetzi, F. A., Krauss, J., Heinze, J., Hoffmann, H., Juffa, J., König, S., Krimmer, E., Prante, M., Martin, E. A., Holzschuh, A., & Steffan-Dewenter, I. (2021). A multitaxa assessment of the effectiveness of agri-environmental schemes for biodiversity management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(10), 1–9. <https://doi.org/10.1073/pnas.2016038118>

Cahenzli, F., Sigsgaard, L., Daniel, C., Herz, A., Jamar, L., Kelderer, M., Jacobsen, S. K., Kruczyńska, D., Matray, S., Porcel, M., Sekrecka, M., Świergiel, W., Tasin, M., Telfer, J., & Pfiffner, L. (2019). Perennial flower strips for pest control in organic apple orchards - A pan-European study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 278, 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.03.011>

Campbell, A. J., Biesmeijer, J. C., Varma, V., & Wäckers, F. L. (2012). Realising multiple ecosystem services based on the response of three beneficial insect groups to floral traits and trait diversity. *Basic and Applied Ecology*, 13(4), 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.04.003>

Campbell, A., Wilby, A., Sutton, P., & Wäckers, F. (2017). Getting More Power from Your Flowers: Multi-Functional Flower Strips Enhance *Pollinators and Pest Control Agents in Apple Orchards*. *Insects*, 8(3), 101. <https://doi.org/10.3390/insects8030101>

Carvalho, L. G., Seymour, C. L., Nicolson, S. W., & Veldtman, R. (2012). Creating patches of native flowers facilitates crop pollination in large agricultural fields: Mango as a case study. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1373–1383. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02217.x>

Chile VCCB. (2024, January 2). Fondos adjudicados. *Programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad*. <https://vccb.cl/fondos/>

Cresswell, C. J., Cunningham, H. M., Wilcox, A., & Randall, N. P. (2019). A trait-based approach to plant species selection to increase functionality of farmland vegetative strips. *Ecology and Evolution*, 9(8), 4532–4543. <https://doi.org/10.1002/ece3.5047>

Daane, K. M., Hogg, B. N., Wilson, H., & Yokota, G. Y. (2018). *Native grass ground covers provide multiple ecosystem services in Californian vineyards*. *Journal of Applied Ecology*, 55(5), 2473–2483. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13145>

Dively, G. P., Leslie, A. W., & Hooks, C. R. R. (2020). Evaluating wildflowers for use in conservation grass buffers to augment natural enemies in neighboring cornfields. *Ecological Engineering*, 144(January), 105703. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105703>

Dudley, N., & Alexander, S. (2017). Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity*, 18(2–3), 45–49. <https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892>

Fernandez, Teodoro. (2013). *Viñas y corredores ecológicos*. [En línea]. Julio, 52–55. <http://www.scielo.cl/pdf/arq/n54/art14.pdf>

Fiedler, A. K., & Landis, D. A. (2007). Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies and herbivores. *Environmental Entomology*, 36(4), 751–765. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[751:AOMNPT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[751:AOMNPT]2.0.CO;2)

Fiedler, A. K., Landis, D. A., & Wratten, S. D. (2008). Maximizing ecosystem services from conservation biological control: The role of habitat management. *Biological Control*, 45(2), 254–271. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.12.009>

Gurr, G. M., Wratten, S. D., Landis, D. A., & You, M. (2017). Habitat Management to Suppress Pest Populations: Progress and Prospects. *Annual Review of Entomology*, 62(1). <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>

Haenke, S., Scheid, B., Schaefer, M., Tschamtkke, T., & Thies, C. (2009). Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 46(5), 1106–1114. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01685.x>

Hatt, S., Lopes, T., Boeraeve, F., Chen, J., & Francis, F. (2017). Pest regulation and support of natural enemies in agriculture: Experimental evidence of within field wildflower strips. *Ecological Engineering*, 98, 240–245. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.080>

Heller, S., Joshi, N. K., Leslie, T., Rajotte, E. G., & Biddinger, D. J. (2019). Diversified Floral Resource Plantings Support Bee Communities after Apple Bloom in Commercial Orchards. *Scientific Reports*, 9(1), 17232. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52601-y>

Isaacs, R., Tuell, J., Fiedler, A., Gardiner, M., Landis, D., Isaacs, R., Tuell, J., Fiedler, A., Gardiner, M., & Landis, D. (2009). Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes : the role of native plants. *Frontiers in Ecology & the Environment*, 7(4), 196–203. <https://doi.org/10.1890/080035>

Kratschmer, S., Pachinger, B., Schwantzer, M., Paredes, D., Guzmán, G., Gómez, J. A., Entrenas, J. A., Guernion, M., Burel, F., Nicolai, A., Fertil, A., Popescu, D., Macavei, L., Hoble, A., Bunea, C., Kriechbaum, M., Zaller, J. G., & Winter, S. (2019). Response of wild bee diversity, abundance, and functional traits to vineyard inter-row management intensity and landscape diversity across Europe. *Ecology and Evolution*, 9(7), 4103–4115. <https://doi.org/10.1002/ece3.5039>

Luebert, F., & Plischoff, P. (2018). *Sinopsis bioclimática y vegetal de Chile* (Second edi). Editorial Universitaria.

Muñoz, A. E., Amouroux, P., & Zaviezo, T. (2021). Native flowering shrubs promote beneficial insects in avocado orchards. *Agricultural and Forest Entomology*, 23(4), 463–472. <https://doi.org/10.1111/afe.12447>

Muñoz, A. E., Plantegenest, M., Amouroux, P., & Zaviezo, T. (2021). Native flower strips increase visitation by non-bee insects to avocado flowers and promote yield. *Basic and Applied Ecology*, 56, 369–378. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.08.015>

Musalem, M. (2019). Agrupación de especies nativas según condiciones agroecológica aptas para su cultivo. *Revista Simiente - Resúmenes VI Congreso de Flora Nativa*, 61–64.

Musalem, M., & Sepúlveda, C. (2013). Experiencia de rehabilitación de áreas residuales con especies chilenas en la región de Coquimbo. *Revista Del Jardín Botánico Chagual*, 11, 49–53.

Musalem, M., Sepúlveda, C., & O’Ryan, A. (2013). Rehabilitation of wastewater areas with Chilean species from Coquimbo Region. *Simiente*, 83, 260–262.

Nilsson, L., Klatt, B. K., & Smith, H. G. (2021). Effects of Flower-Enriched Ecological Focus Areas on Functional Diversity Across Scales. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.629124>

Pandey, S., & Gurr, G. M. (2019). Conservation biological control using Australian native plants in a brassica crop system: seeking complementary ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 280(April), 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.018>

Pfiffner, L., Laurent, J., Cahenzli, F., Maren, K., Weronika, S., & Lene, S. (2018). *Perennial flower strips – a tool for improving pest control in fruit orchards* (G. Weidmann, Ed.). FIBL - EcoAdv - UCPH - SLU - CRA-W. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:135225799>

Pfiffner, L., & Wyss, E. (2004). Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests. In G. Gurr, S. Wratten, & M. Altieri (Eds.), *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods* (pp. 165–186). CSIRO Publishing.

Rodríguez, E., González, M., Paredes, D., Campos, M., & Benítez, E. (2018). Selecting native perennial plants for ecological intensification in Mediterranean greenhouse horticulture. *Bulletin of Entomological Research*, 108(5), 694–704. <https://doi.org/10.1017/S0007485317001237>

Squeo, F. A., Arancio, G., Marticorena, C., Muñoz, M., & Gutiérrez, J. R. (2001). Diversidad vegetal de la IV Región de Coquimbo, Chile. In F. A. Squeo, G. Arancio, & J. R. Gutiérrez (Eds.), *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo* (pp. 149–158). Ediciones Universidad de La Serena.

Sutter, L., Jeanneret, P., Bartual, A. M., Bocci, G., & Albrecht, M. (2017). Enhancing plant diversity in agricultural landscapes promotes both rare bees and dominant crop-pollinating bees through complementary increase in key floral resources. *Journal of Applied Ecology*, *54*(6), 1856–1864. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12907>

Syngenta. (n.d.). *Operation Pollinator en Chile*. Retrieved December 18, 2023, from <https://www.syngenta.cl/operation-pollinator-en-chile>

Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., Klein, A. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Laurance, W., ... Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews*, *87*(3), 661–685. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>

Tyllianakis, E., & Martin-Ortega, J. (2021). Agri-environmental schemes for biodiversity and environmental protection: How were are not yet “hitting the right keys.” *Land Use Policy*, *109*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105620>

U.S. Department of Agriculture. (n.d.). *Conservation Reserve Program*. Retrieved October 14, 2023, from <https://www.fsa.usda.gov/programs-and-services/conservation-programs/conservation-reserve-program/index>

Vivero Pumahuida. (n.d.). *Condiciones agroecológicas para el cultivo de especies nativas*. Retrieved January 1, 2024, from chrome-extension://efaidnbmninnbpcajpcglclefindmkaj/https://www.pumahuida.cl/wp-content/uploads/2019/07/condiciones-agroecologicas-cae-para-el-cultivo-de-especies-nativas_vivero-pumahuida-ltda.pdf

Wäckers, F. L. (2004). Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: Flower attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control*, *29*(3), 307–314. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2003.08.005>

Walton, N. J., & Isaacs, R. (2011). Influence of Native Flowering Plant Strips on Natural Enemies and *Herbivores in Adjacent Blueberry Fields*. 697–705. <https://doi.org/10.1603/EN10288>

Williams, N. M., Ward, K. L., Pope, N., Isaacs, R., Wilson, J., May, E. A., Ellis, J., Daniels, J., Pence, A., Ullmann, K., & Peters, J. (2015a). Native wildflower plantings support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. *Ecological Applications*, *25*(8), 2119–2131. <https://doi.org/10.1890/14-1748.1>

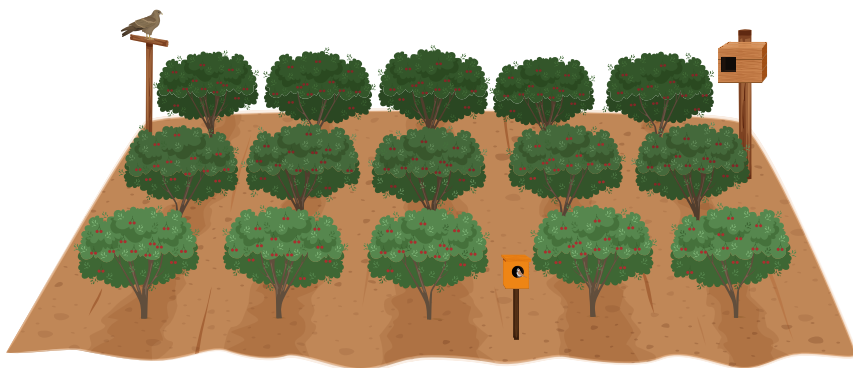
Williams, N. M., Ward, K. L., Pope, N., Isaacs, R., Wilson, J., May, E. A., Ellis, J., Daniels, J., Pence, A., Ullmann, K., & Peters, J. (2015b). Native wildflower plantings support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. *Ecological Applications*, *25*(8), 2119–2131. <https://doi.org/10.1890/14-1748.1>

Zamorano, J., Bartomeus, I., Grez, A. A., & Garibaldi, L. A. (2020). Field margin floral enhancements increase pollinator diversity at the field edge but show no consistent spillover into the crop field: a meta-analysis. *Insect Conservation and Diversity*, *13*(6), 519–531. <https://doi.org/10.1111/icad.12454>

Zaviezio, T., & Muñoz, A. E. (2023). *Conservation biological control of arthropod pests using native plants*. Current Opinion in Insect Science, 101022. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101022>

Estructuras para la conservación de la vida silvestre

Andrés Muñoz-Sáez, Nadia Rojas-Arévalo, Camila Rey, Eduardo Arellano y Valentina Jiménez



1. INTRODUCCIÓN

La promoción de la diversidad de organismos beneficiosos dentro de los paisajes agrícolas puede lograrse a través de acciones como la restauración y conservación de áreas naturales o seminaturales, así como mediante la provisión de hábitats o recursos adicionales, como lugares de refugio, hábitáculos de reproducción, y lugares de hibernación (Cowan et al., 2021; Rueegger, 2016). Una estrategia comúnmente utilizada para fomentar la biodiversidad en agroecosistemas es la instalación de estructuras para la vida silvestre, las cuales se definen como *“hábitats diseñados deliberadamente por humanos para reemplazar o complementar estructuras naturales, instaladas en ambientes perturbados, degradados o modificados”* (Watchorn et al., 2022).

Según los estándares desarrollados por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS, 2014), estas intervenciones tienen dos objetivos principales: (1) incrementar o mantener las poblaciones de vida silvestre no domesticada, y (2) modificar estructuras existentes que representen un riesgo para la fauna. Ejemplos de estas estructuras incluyen guaridas, nidos, pircas y otros refugios donde los animales pueden asolearse, criar, hibernar o protegerse de depredadores (Cowan et al., 2021).

El estudio de estas intervenciones se remonta a más de 70 años, con la mayoría de las investigaciones realizadas en Norteamérica, Europa y Oceanía, enfocadas principalmente en estructuras diseñadas para aves y murciélagos (Cowan et al., 2021). Sin embargo, a pesar de los avances, la implementación de estas estructuras sigue siendo una ciencia en desarrollo que debe continuar adaptándose a las condiciones locales y a los requerimientos específicos de las especies objetivo. Si las estructuras no logran replicar adecuadamente las condiciones naturales, las especies no las utilizarán, lo que resultará en un fracaso en la provisión de hábitat (Lindenmayer et al., 2017).

En Chile, el uso de estructuras para promover la biodiversidad en predios frutícolas ha comenzado a ganar terreno en los últimos años, especialmente en las regiones centrales donde se concentra la producción frutícola y vitivinícola. Investigaciones han explorado la presencia de murciélagos insectívoros en huertas frutales (Puelles-Escobar et al., 2024, Muñoz et al., 2019) y la implementación de sitios de anidación para aves insectívoras, que juegan un rol importante en el control de plagas (Olmos-Moya et al. 2022). Aunque todavía es un campo emergente, existen iniciativas piloto en colaboración con centros de investigación y agricultores locales que buscan adaptar estas soluciones a las particularidades del clima mediterráneo de la zona.

A pesar de los beneficios, la implementación de estructuras para la vida silvestre enfrenta varios desafíos, especialmente en Chile. Entre ellos, se encuentran las barreras económicas, ya que la instalación inicial de estas infraestructuras puede ser costosa, y la falta de conocimiento sobre su funcionamiento y beneficios entre los agricultores. No obstante, se están llevando a cabo esfuerzos en educación y capacitación para superar estas barreras, promoviendo prácticas que a largo plazo pueden integrarse en sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes al cambio climático.

El objetivo de este capítulo es presentar múltiples alternativas de estructuras que pueden ser instaladas en predios agrícolas para reemplazar o modificar el hábitat, promoviendo así especies de vida silvestre beneficiosas para sistemas frutícolas o vides, con especial énfasis en aves rapaces, insectívoras y murciélagos insectívoros. Además, se describen los beneficios que estas estructuras pueden aportar tanto al medio ambiente como a la producción agrícola, y se ofrecen ejemplos de implementación que han sido testeados en predios de la zona centro de Chile.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Las estructuras para la vida silvestre son elementos clave en la conservación y promoción de especies beneficiosas en paisajes agrícolas, particularmente en sistemas frutícolas y vitivinícolas. Estas estructuras están diseñadas para replicar o complementar los refugios naturales, que son escasos en paisajes agrícolas intensificados, proporcionando hábitats esenciales para una diversidad de especies como aves, mamíferos, reptiles y anfibios. Este enfoque contribuye a restaurar el equilibrio ecológico en zonas donde los hábitats naturales han sido degradados debido a la agricultura intensiva (Garibaldi et al., 2019).

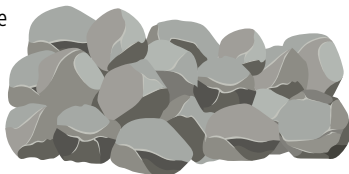
Tipos de estructuras y sus beneficios

Existen múltiples alternativas de estructuras que se pueden implementar según las especies objetivo y las características del paisaje. Algunas de las más comunes en fruticultura y viticultura incluyen:

Pircas de rocas: Estas estructuras, consisten en montículos o muros de piedra, son ideales para proporcionar refugios a pequeños mamíferos y reptiles.

Ayudan a estas especies a encontrar resguardo frente a depredadores y condiciones climáticas adversas.

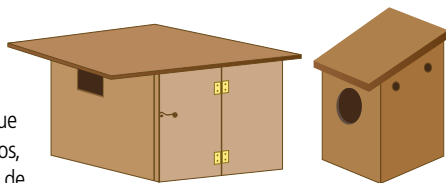
En áreas donde los hábitats naturales han sido eliminados, las pircas imitan las condiciones que estos animales encontrarían en la naturaleza, contribuyendo a la biodiversidad del predio (Michael et al., 2021).



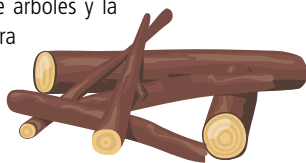
Cavidades y casas anideras en árboles:

Son utilizadas por una gran variedad de especies, como aves, murciélagos, mamíferos y reptiles. Imitan las cavidades naturales que normalmente se formarían en árboles viejos, muchas de las cuales dependen de la acción de organismos ingenieros ecosistémicos¹, como los pájaros carpinteros.

La instalación de casas anideras ha mostrado ser una práctica efectiva para aumentar la presencia de aves y murciélagos en viñedos, donde estas especies desempeñan un papel crucial en el control biológico de plagas (Rueeggger 2016, Jedlicka, 2011).



Pilas de troncos: Ideales para mamíferos, anfibios y reptiles, estas pilas imitan las condiciones que se encuentran en bosques naturales, donde la caída de árboles y la acumulación de troncos y ramas forman microhábitats para varias especies. En viñedos europeos, la instalación de pilas de troncos ha demostrado ser eficaz para mejorar la biodiversidad local y fomentar la conectividad ecológica (Giffard et al., 2022).



Estas estructuras imitan los hábitats naturales, que pueden tardar décadas en desarrollarse, debido a la intervención humana. Las cavidades en árboles o rocas, creadas por pájaros carpinteros o a través de procesos de degradación natural, son cruciales para muchas especies y su ausencia limita las comunidades de fauna que pueden habitar ciertos entornos agrícolas (Grüebler, 2013).

Evidencia de la efectividad

A nivel global, la efectividad de estas estructuras ha sido ampliamente documentada en múltiples estudios. En América del Norte, Europa y Australia, los refugios artificiales para aves y murciélagos han permitido la recolonización de especies clave, especialmente en paisajes agrícolas intensivos, donde la disponibilidad de hábitats naturales ha sido reducida (Cowan et al., 2021). En Chile, han comenzado a implementarse iniciativas locales que promueven estas infraestructuras para vida silvestre, adaptadas a las condiciones particulares del país. Algunos ejemplos incluyen (Figura 1):

Refugios para insectos: Estas estructuras están diseñadas para albergar polinizadores y otros insectos beneficiosos. En cultivos frutales, el aumento de polinizadores nativos contribuye directamente a la mejora de la productividad de los cultivos, al garantizar una polinización eficiente (Nicholson & Ricketts, 2019).

Estructuras para reptiles: Estructuras como las plantaciones lineales de árboles nativos, la incorporación de troncos o ramas gruesas y el uso de cercas pueden ser beneficiosas para la conservación de reptiles. Estas estructuras proporcionan refugio y microhábitats que permiten a los reptiles termoregularse, escapar de depredadores y aumentar su presencia. Las plantaciones lineales, en particular, ayudan a conectar fragmentos de hábitat, facilitando el movimiento de reptiles entre diferentes áreas del predio, y las cercas permiten la acumulación de vegetación y troncos que favorecen la presencia de reptiles (Pulsford et al., 2017).

¹ <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/ecosystem-engineers>

Tabla 1. Especies rapaces diurnas (Falconiformes y Cathartiformes) y nocturnas (Strigiformes) que podrían ser avistadas en predios agrícolas de la zona central de Chile.

Especies rapaces diurnas y nocturnas	
Aguilucho común	<i>Geranoaetus polyosoma</i>
Águila	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>
Peuco	<i>Parabuteo unicinctus</i>
Bailarín	<i>Eleanus leucurus</i>
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>
Halcón perdiguero	<i>Falco femoralis</i>
Cernícalo	<i>Falco sparverius</i>
Tiuque	<i>Milvago chimango</i>
Jote cabeza colorada	<i>Cathartes aura</i>
Jote cabeza negra	<i>Coragyps atratus</i>
Tucúquere	<i>Bubo magellanicus</i>
Pequén	<i>Athene cunicularia</i>
Lechuza	<i>Tyto alba</i>
Chuncho	<i>Glaucidium nana</i>

Perchas para aves rapaces: Instaladas en los viñedos y cultivos frutales de Chile, estas estructuras han sido diseñadas para atraer a rapaces diurnas y nocturnas (Tabla 1), que ayudan a controlar de forma natural las poblaciones de roedores y otras plagas agrícolas (Peisley et al., 2017, Johnson et al., 2018). Se ha observado una reducción significativa en el uso de pesticidas químicos en las áreas donde estas estructuras han sido implementadas, lo que favorece tanto a la biodiversidad como a la sostenibilidad del cultivo (Oliveira da Silva et al., 2024).

Casas anideras: El uso de casas anideras ha demostrado ser efectivo en múltiples agroecosistemas para el control biológico de plagas. Por ejemplo, en manzanales en España, la instalación de casas anideras para aves insectívoras incrementó significativamente la depredación de plagas, resultando en una reducción del 40% en la probabilidad de encontrar plagas en los árboles de manzana (García et al., 2021). Esto se debe a que las aves insectívoras, encuentran en las casas anideras un lugar seguro para reproducirse. En Chile, un estudio reciente realizado en viñedos del Valle de Casablanca mostró que el uso de casas anideras incrementó en un 43% la remoción de larvas de plagas por aves insectívoras en comparación con parcelas de control sin casas anideras (Olmos-Moya et al., 2022).

2.1. Servicios ecosistémicos

Las infraestructuras diseñadas para la biodiversidad en los predios frutícolas y vitícolas no solo tienen el propósito de aumentar la diversidad biológica, sino que también contribuyen de manera directa a la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para la producción agrícola sostenible.

Por ejemplo, los murciélagos en general poseen hábitos nocturnos, y son de gran importancia ecosistémica al tener variadas funcionalidades tales como: dispersión de semillas, polinización, y depredación de insectos dañinos a la agricultura (Kunz et al., 2011). Algunas especies son

dispersoras de semillas las que pueden ser depositadas varios kilómetros de su lugar de origen contribuyendo a la regeneración de la vegetación. Murciélagos polinizadores contribuyen a que cultivos como agaves y bananas logren producir una descendencia fértil, incrementando su viabilidad (Trejo-Salazar et al., 2016). En climas templados existen principalmente murciélagos insectívoros, los cuales contribuyen mediante la depredación de mosquitos, polillas y escarabajos, a la disminución de estos artrópodos tanto en sistemas naturales como agrícolas.

Por otro lado, no todas las especies de aves proporcionan beneficios. Algunas, especialmente las frugívoras, pueden causar daños significativos a los cultivos, en particular a las frutas como uvas, manzanas y cerezas. Aves frugívoras, como los estorninos europeos y los gorriónes, pueden consumir grandes cantidades de fruta, reduciendo tanto el rendimiento como la calidad de la producción (García et al., 2020). Además, algunas aves pueden actuar como depredadores de especies beneficiosas, alimentándose de insectos que ayudan a controlar otras plagas, lo que puede disminuir el impacto positivo del control biológico proporcionado por las aves (Olimpi et al., 2020).

Algunos de los principales servicios ecosistémicos promovidos por estas estructuras artificiales de hábitat incluyen:



Control biológico de plagas: Las aves rapaces, los murciélagos y los pequeños mamíferos juegan un papel crucial en la regulación natural de plagas agrícolas. Al proporcionar refugios y sitios de anidación para estas especies, se reduce la dependencia de pesticidas químicos, lo que resulta en un manejo más sostenible de los cultivos. En Michigan, Estados Unidos, la instalación de casas anideras para cernícalos americanos (*Falco sparverius*) en huertos de cereza resultó en una reducción significativa de aves frugívoras, que comúnmente dañan los cultivos, y tuvo un impacto económico positivo al reducir las pérdidas de fruta (Shave et al., 2018).



Polinización: Los refugios para insectos, en particular aquellos diseñados para atraer abejas nativas y otros polinizadores, son fundamentales para asegurar la polinización en cultivos frutales. La polinización efectiva es clave para la productividad de los frutales, como cerezos y manzanos, donde los polinizadores juegan un papel crucial (Pérez-Méndez, 2020).



Conservación del suelo y regulación hídrica: Las pircas de rocas para reptiles y micromamíferos también pueden actuar como barreras físicas que limitan la erosión del suelo en áreas agrícolas, mejorando la infiltración de agua y la retención de humedad en los suelos de viñedos y frutales. Esto es particularmente importante en las zonas mediterráneas de Chile, donde la conservación del suelo es un desafío debido a la escasez de lluvias y las prácticas agrícolas intensivas (Wolka et al, 2018).



Conectividad ecológica: Estructuras como pircas y pilas de troncos también contribuyen a la creación de corredores ecológicos dentro de los paisajes agrícolas. Estos corredores permiten el desplazamiento de especies entre áreas de hábitat natural y áreas de cultivo, lo que facilita la conectividad del paisaje y favorece el flujo genético entre poblaciones de fauna (Hollingsworth & Collier, 2020).

1a



1b



1c



Figura 1. Ejemplos de estructuras para la vida silvestre. (a) Pircas de rocas para mamíferos pequeños y reptiles. (b) Huecos y cajas anideras en árboles para mamíferos, aves, murciélagos, reptiles o anfibios. (c) Pilas de troncos para mamíferos, anfibios o reptiles. Extraído de Cowan et al., (2021).

3. BASES TÉCNICAS DE IMPLEMENTACIÓN

Para maximizar los servicios ecosistémicos y mitigar los deservicios, se pueden aplicar estrategias de manejo agrícola que favorezcan a las especies benéficas. **La instalación de casas anideras para aves insectívoras y perchas para aves rapaces puede promover la presencia de aves que proporcionan control biológico natural, mientras se minimizan los impactos negativos en la producción de fruta (García et al., 2020).** Las cajas anideras, en particular, están diseñadas específicamente para ofrecer hábitat a aves que nidifican en cavidades secundarias de árboles. Algunas están dirigidas a aves insectívoras, como la golondrina chilena o el chercán, mientras que otras están pensadas para aves rapaces, como la lechuza, que pueden contribuir al control de plagas y roedores (Muñoz et al., 2016). Las especificaciones técnicas -como el tamaño, materiales y altura de instalación- dependen de la especie objetivo (*Figura 2*).

Por otro lado, las perchas y comederos para aves rapaces son estructuras que permiten posarse permitiendo el descanso de aves, incrementando los puntos de caza de presas y lugares de alimentación. Se deben instalar a una altura mínima de 4 metros sobre el suelo, y a menudo se aprovechan estructuras preexistentes en los predios agrícolas, como los polines que sostienen los parronales en las viñas (Muñoz et al., 2016). Estas estructuras requieren revisiones periódicas para garantizar su seguridad, ya que el material puede deteriorarse con el tiempo, representando un riesgo para los trabajadores del campo.

Diseño

El diseño de las estructuras para la vida silvestre, tales como las cajas anideras, perchas para rapaces y refugios para insectos, debe basarse en las necesidades específicas de las especies objetivo y las condiciones del entorno agrícola. Criterios clave que deben considerarse incluyen (*Figura 4*):

Especies objetivo: Identificar qué especies se pretende beneficiar. Por ejemplo, las cajas anideras están diseñadas para aves insectívoras, como la golondrina chilena (*Tachycineta leucopyga*) y el chercán (*Troglodytes aedon*), o aves rapaces, como la lechuza (*Tyto alba*), que pueden contribuir al control de plagas y roedores (Muñoz et al., 2016).

Materiales y dimensiones: Las especificaciones técnicas de las estructuras dependen de la especie objetivo. Para aves insectívoras, el tamaño de la cavidad y el diámetro del orificio de entrada son críticos para su efectividad. Las cajas anideras deben ser construidas con materiales resistentes a la intemperie, y ubicadas a alturas de entre 2 y 4 metros sobre el suelo (Muñoz et al., 2016).

Ubicación y orientación: La orientación y altura de las estructuras también son factores clave. Las cajas anideras deben orientarse hacia el este o sureste para protegerlas del calor excesivo y de las lluvias, mientras que las perchas para aves rapaces deben instalarse a una altura mínima de 4 metros y en zonas abiertas que les permitan un amplio campo de visión sobre el área de cultivo (*Figura 3*).

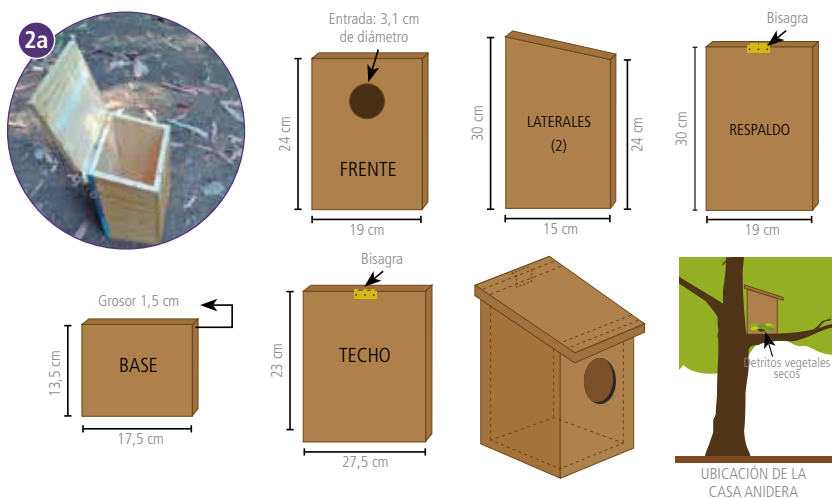


Figura 2. (a) Especificaciones técnicas para la confección de cajas anideras para aves insectívoras.

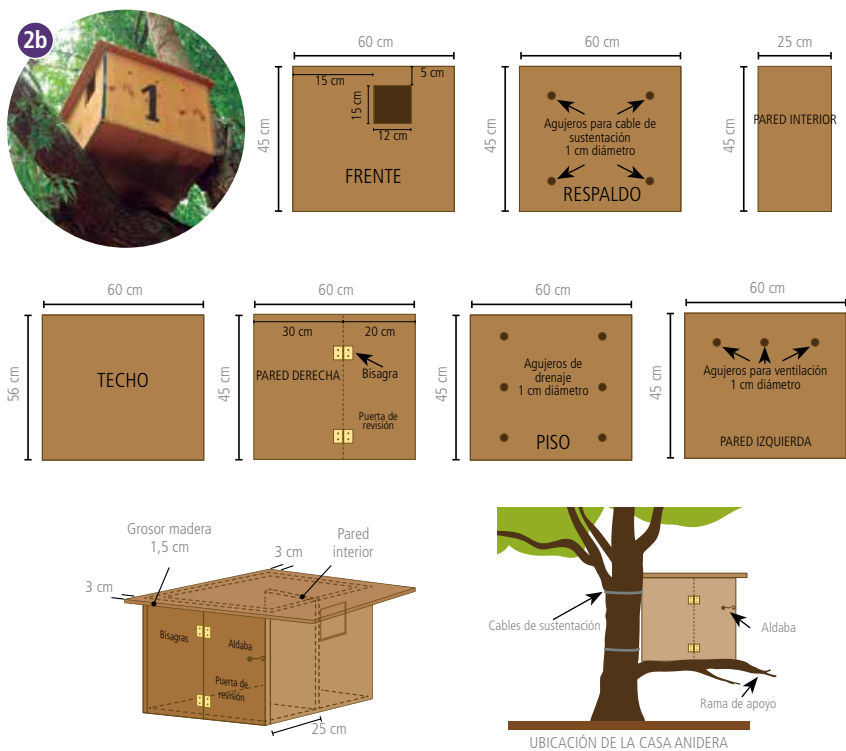


Figura 2. (b) Especificaciones técnicas para la confección de cajas anideras para lechuzas.

Implementación

La implementación de estas estructuras debe seguir un protocolo riguroso que incluya etapas de diseño, monitoreo y mantenimiento, para asegurar su éxito a largo plazo. Criterios para la implementación (*Figura 3*):

Monitoreo: Después de la instalación, es necesario monitorear el uso de las estructuras por parte de las especies objetivo, así como la posible competencia de especies no deseadas. Un monitoreo eficaz incluye la observación de la actividad de anidación, alimentación y refugio, así como la detección de depredadores o especies invasoras (Watchorn et al., 2022).

Mantenimiento: Las estructuras requieren mantenimiento periódico. Las cajas anideras y las perchas deben ser revisadas cada temporada para asegurar que estén en buenas condiciones, sin daños estructurales. Además, es necesario limpiar las cajas anideras para evitar la acumulación de parásitos o patógenos que puedan afectar la salud de las aves (Muñoz et al., 2016).

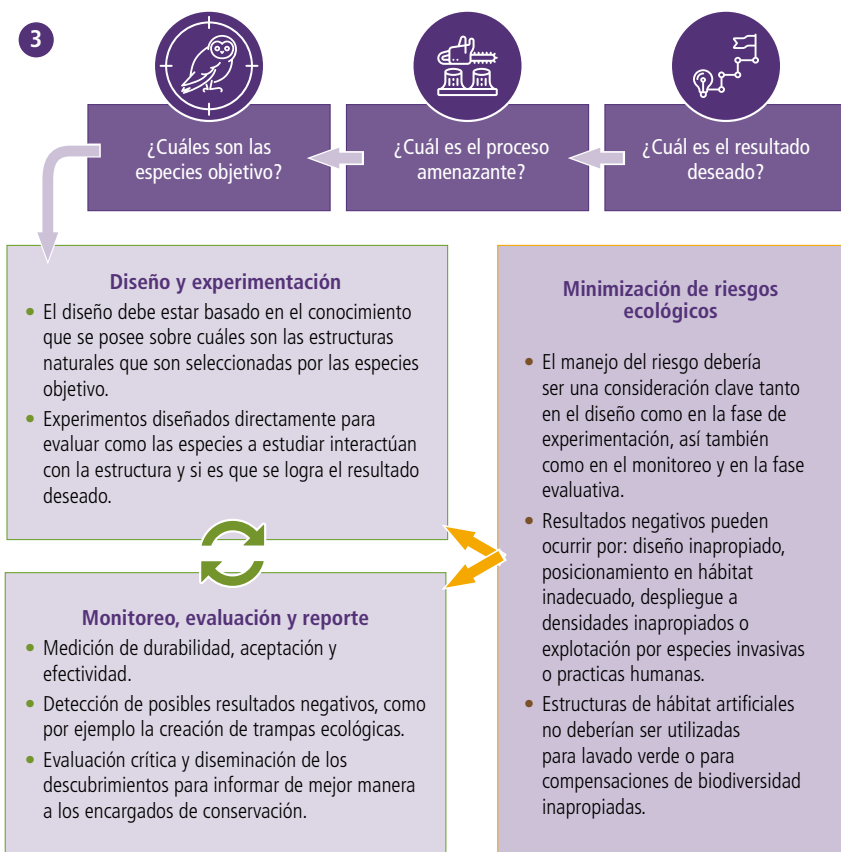


Figura 3. Etapas para la implementación exitosa de estructuras para la biodiversidad, basado en el marco propuesto por Watchorn et al., 2022.

Consideraciones sobre su uso

La práctica de implementar estructuras para la vida silvestre no siempre es adecuada.

¿Cuándo utilizar esta práctica?:

Áreas con baja disponibilidad de hábitats naturales: En sistemas agrícolas intensivos, donde se han eliminado bosques o áreas naturales, la instalación de estructuras puede compensar la pérdida de hábitat.

Especies clave: Si se busca fomentar el control biológico de plagas mediante aves rapaces o insectívoras, las cajas anideras y perchas son efectivas, siempre y cuando las poblaciones locales de esas especies puedan beneficiarse (Benayas et al 2017).

Cuándo no utilizar esta práctica:

Presencia de especies invasoras: Si hay evidencia de que las estructuras podrían ser ocupadas por especies invasoras o detrimentales para los objetivos deseados, es mejor reconsiderar su instalación.

Densidades inadecuadas: La instalación de demasiadas estructuras en áreas pequeñas puede generar competencia entre individuos de la misma especie por lo que es esencial realizar estudios de capacidad de carga antes de la implementación (Cowan et al., 2021).

4

Beneficios de casas anideras

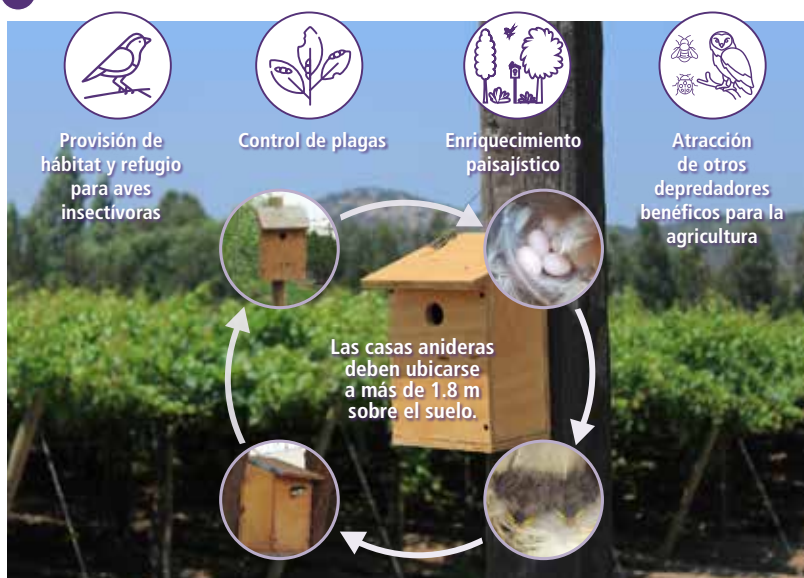


Figura 4. Basado en el afiche Habitat para fauna al interior del predio, desarrollado en el marco del proyecto FIC de la región de O'Higgins "Integración de la biodiversidad a la producción frutícola regional de O'Higgins".



Figura 5. Registros de especies de aves rapaces utilizando perchas instaladas al interior de predios frutícolas de la región de O'Higgins. (a) Aguilucho. (b) Cernicalo. (c) Peuco. (d) Tiuque.

BOX: REFUGIOS PARA MURCIÉLAGOS

Refugios para Murciélagos: Uso, Ventajas y Consideraciones

Un ejemplo de estructuras para la vida silvestre que pueden implementarse son los refugios para murciélagos. Esto se basa en los resultados del estudio *“Determinación del Servicio Ecosistémico de Control Biológico de Plagas que prestan los Murciélagos Nativos en Agroecosistemas”*, realizado en viñedos orgánicos en Chile, donde se observó que los murciélagos contribuyen al control de plagas (MMA - ONU Medio Ambiente, 2018).

Uso de Refugios para Murciélagos en Agroecosistemas

Los murciélagos son esenciales para el control de plagas en agroecosistemas. Con más de 1,400 especies, los murciélagos se distribuyen en todo el mundo y son los únicos mamíferos capaces de volar. Habitan en áreas que les permiten evitar condiciones ambientales extremas, y estos hábitats suelen encontrarse en ecosistemas maduros o geológicamente estables. En agroecosistemas donde estos hábitats son limitados, las casas madrigueras (o *“bat boxes”*) proporcionan refugio, facilitando la presencia de murciélagos en el paisaje agrícola (Holroyd et al., 2023).

Estas estructuras, que simulan cavidades naturales en árboles, han sido utilizadas con éxito en varios proyectos de restauración, incluyendo la agricultura. Por ejemplo, se ha documentado que especies presentes en Chile, como *Lasiurus cinereus* y *Tadarida brasiliensis*, utilizan estos refugios, lo que indica su potencial para agroecosistemas locales (Ruegger, 2016) (Figura 6).

Ventajas de los Refugios Artificiales



Adaptabilidad: Los refugios para murciélagos se adaptan a diversas especies y pueden instalarse en paisajes modificados. En áreas donde los refugios naturales son escasos, estas estructuras suplen la falta de cavidades en árboles o grietas en rocas, que suelen requerir más tiempo para formarse.



Diseño Versátil: Los refugios pueden ser individuales, colectivos u hoteles, o bien imitaciones de corteza. Cada tipo de refugio ofrece diferentes condiciones microclimáticas, adaptándose a las necesidades específicas de diversas especies. Los refugios con múltiples cámaras permiten una mayor diversidad de microclimas, lo que aumenta las oportunidades de ocupación al ofrecer mayor estabilidad térmica (Crawford & O'Keefe, 2024; BatCon, 2024).



Condiciones Microclimáticas: La temperatura interna es un factor clave para la habitabilidad. Los murciélagos prefieren refugios que mantengan una temperatura adecuada, con tolerancias térmicas que pueden llegar hasta los 40°C. En climas cálidos, las casas madrigueras deben diseñarse para evitar el sobrecalentamiento. Las estructuras negras, por ejemplo, son preferidas durante la época reproductiva, ya que mantienen temperaturas internas más cálidas (Lourenço & Palmeirim, 2004; Crawford & O'Keefe, 2021).



Eficiencia en el Control Biológico: Al proporcionar un hábitat seguro, los refugios fomentan la presencia de murciélagos, que actúan como controladores biológicos de plagas agrícolas. Esta práctica reduce la necesidad de pesticidas, promoviendo un manejo más sostenible y reduciendo los impactos ambientales negativos.



Resiliencia frente al Cambio Climático: Con el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones proyectadas para Chile, los refugios deben construirse con materiales duraderos y bien ventilados para resistir las condiciones climáticas extremas. Además, la instalación en áreas frescas y el uso de colores claros puede ayudar a mitigar los efectos del calor (Muñoz-Sáez et al., 2021; Crawford & O'Keefe, 2021).



Reducción del Uso de Pesticidas: Los pesticidas representan un riesgo grave para los murciélagos. El uso de estos productos debe minimizarse, y si son necesarios, deben aplicarse en áreas alejadas de los refugios y en condiciones que eviten su deriva hacia los hábitats artificiales (Torquetti et al., 2021).



Acceso a Recursos Hídricos: Los murciélagos necesitan acceso al agua. Por ello, es importante que los refugios se ubiquen cerca de fuentes de agua como canales de regadío o tranques, que proveen este recurso vital (Tuttle et al., 2013).

Consideraciones de Implementación

- **Diseño y Ubicación:** El diseño del refugio debe considerar las especies objetivo. Refugios con múltiples cámaras y diferentes tamaños de apertura ofrecen mayor flexibilidad para atraer una variedad de especies. La ubicación de los refugios debe garantizar una altura mínima de 3 a 6 metros para evitar depredadores y facilitar el acceso de los murciélagos (BatCon, 2024).

- **Instalación Estratégica:** Los refugios deben instalarse unos meses antes de la temporada reproductiva, permitiendo que los murciélagos se adapten a ellos. La orientación al sol, la exposición mínima de 6 horas diarias, y la ubicación lejos de fuentes de agroquímicos también son factores determinantes para el éxito de la instalación (Baumgartner et al., 2019).
- **Monitoreo y Mantenimiento:** El monitoreo de los refugios es clave para evaluar su efectividad. Se recomienda la observación directa, el seguimiento de la actividad al atardecer y la inspección de guano para confirmar la ocupación. Además, los refugios deben limpiarse antes de cada temporada para asegurar su continuidad como hábitat (Griffiths et al., 2017).
- **Largo Plazo:** La colonización de los refugios puede llevar varias temporadas. Se ha reportado que en algunos casos, los murciélagos no ocupan los refugios hasta más de un año después de su instalación, o incluso hasta 13 años después (Tuttle et al., 2013). Es importante ser paciente y realizar un seguimiento a largo plazo.

Recomendaciones Generales

- Probar diferentes tipos de refugios para aumentar la probabilidad de atraer diversas especies.
- Diseñar refugios con múltiples cámaras y variaciones de apertura para proporcionar un rango amplio de microclimas.
- Consultar a un experto antes de la instalación para evitar la creación de trampas ecológicas que puedan dañar a las poblaciones de murciélagos.
- Esperar al menos un par de temporadas para evaluar la ocupación de los refugios y monitorear regularmente su uso.



Figura 6. Actualmente existen estudios de casas madrigueras para fomentar el hábitat murciélagos en viñedos de Chile central. Se debe considerar que la cercanía a la vegetación nativa y otras formas de diversificación a nivel predial como el uso de coberturas en la entre hilera (**ver foto a**) fomentarían el establecimiento de murciélagos en agroecosistema. En la foto (**b**) se muestra la vista desde debajo de una casa madriguera, donde se aprecian las múltiples cámaras (3 habitáculos) que permiten que existe un mayor rango de temperatura al interior de la casa madriguera, además de tres orificios laterales que permiten la ventilación interior de la casa. (Fotos crédito: A. Muñoz-Sáez).

4. CONCLUSIONES

La implementación de infraestructuras para la biodiversidad en predios frutícolas y vitivinícolas en Chile ha demostrado tener potencial para promover la conservación de especies beneficiosas y mejorar los servicios ecosistémicos dentro de estos sistemas productivos.

La integración de estructuras diseñadas para aves, murciélagos y reptiles podría reducir la dependencia de insumos químicos, como pesticidas, mediante el fomento de depredadores naturales.

No obstante, es esencial considerar las especies objetivo y los contextos ecológicos específicos al diseñar e implementar estas infraestructuras. Por un lado, es fundamental evitar los contra-servicios ecosistémicos. Por otro lado, los estudios y monitoreos continuos son necesarios para garantizar que las estructuras artificiales no generen trampas ecológicas ni favorezcan la invasión de especies no deseadas.

Finalmente, las políticas públicas y programas de apoyo técnico en Chile deben continuar promoviendo la instalación de estas infraestructuras en los sistemas agrícolas, fomentando su adopción por parte de los agricultores a través de incentivos económicos y capacitación.

Agradecimientos

Proyecto FIC Región de O'Higgins "*Transferencia Acciones Prediales en Fruticultura Sustentable*" (ID140017922-0).

Proyecto Fondecyt Iniciación 11200239 y a la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile por la beca ayuda de viaje (Resolución exenta N° 01723).

Referencias

- Alaniz, A. J., Carvajal, M. A., Quiroz, M., Vergara, P. M., Marquet, P. A., Fierro, A., Sieving, K. E., Moreira-Arce, D., Hidalgo-Corrotea, C., Rodríguez-San Pedro, A., Allendes, L., & Machuca, K. (2024). Unravelling the cavity-nesting network at large spatial scales: The biogeographic role of woodpeckers as ecosystem engineers. *Journal of Biogeography*, *51*(4), 710–724. <https://doi.org/10.1111/jbi.14786>
- Alegria-Moran, R., Miranda, D., Barnard, M., Parra, A., & Lapierre, L. (2017). Characterization of the epidemiology of bat-borne rabies in Chile between 2003 and 2013. *Preventive Veterinary Medicine*, *143*, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.05.012>
- Almond, R. E. A., Grooten, M., Juffe Bignoli, D., & Petersen, T. (2022). *Living Planet Report 2022 - Building a nature positive society*.
- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *74*(1–3), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Altieri, M. A., Farrell, J. G., Hecht, S. B., Liebman, M., Magdoff, F., Murphy, B., Norgaard, R. B., & Sikor, T. O. (2018). *Agroecology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429495465>

Baumgartner, A., Haight, A., McProud, J., Farm, R., Chamberlain, D., Farms, C., Atthowe, H., Rosato, C., Farms, W., Hawley, J., Winery, H., Johnson, J., Sabores Winery, T., Mulville, K., Ranch, P., Mueller, P., & Rivers, D. (2019). *Supporting Beneficial Birds and Managing Pest Birds*. www.WildFarmAlliance.org

BatCon. (2024). *Bat Conservation International*. <https://www.Batcon.Org/about-Bats/Bat-Gardens-Houses/>.

Benayas, J., Meltzer, J., De Las Heras-Bravo, D., & Cayuela, L. (2017). *Potential of pest regulation by insectivorous birds in Mediterranean woody crops*. PLoS ONE, 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180702>

Cowan, M. A., Callan, M. N., Watson, M. J., Watson, D. M., Doherty, T. S., Michael, D. R., Dunlop, J. A., Turner, J. M., Moore, H. A., Watchorn, D. J., & Nimmo, D. G. (2021). Artificial refuges for wildlife conservation: what is the state of the science? *Biological Reviews*, 96(6), 2735–2754. <https://doi.org/10.1111/brv.12776>

Crawford, R. D., & O'Keefe, J. M. (2021). Avoiding a conservation pitfall: Considering the risks of unsuitably hot bat boxes. *Conservation Science and Practice*, 3(6). <https://doi.org/10.1111/csp2.412>

Crawford, R. D., & O'Keefe, J. M. (2024). Improving the science and practice of using artificial roosts for bats. *Conservation Biology*, 38(1). <https://doi.org/10.1111/cobi.14170>

De Mattos, C. A., Favi, M., Yung, V., Pavletic, C., & De Mattos, C. C. (2000). Bat rabies in urban centers in Chile. *Journal of Wildlife Diseases*, 36(2), 231–240. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-36.2.231>

Escobar, L. E., Restif, O., Yung, V., Favi, M., Pons, D. J., & Medina-Vogel, G. (2015). Spatial and temporal trends of bat-borne rabies in Chile. *Epidemiology and Infection*, 143(7), 1486–1494. <https://doi.org/10.1017/S095026881400226X>

Escobar, M. A. H., Puelma-Diez, F., & Villaseñor, N. R. (2022). “Pit-tag” como marca permanente en *Myotis chiloensis* (Chiroptera: Vespertilionidae) y *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) en Chile central. *Gayana*, 86(2), 40–46.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Stuart Chapin, F., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Colin Prentice, I., Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309. <https://www.science.org>

Galaz J, Yáñez, J., Gantz, A., & Martínez, D. (2009). Orden Chiroptera. In A. Muñoz Pedreros & J. Yáñez (Eds.), *Mamíferos de Chile* (CEA Ediciones, pp. 67–89).

García, K., Olimpi, E. M., Karp, D. S., & Gonthier, D. J. (2020). The Good, the Bad, and the Risky: Can Birds Be Incorporated as Biological Control Agents into Integrated Pest Management Programs? *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa009>

García, D., Miñarro, M., & Martínez-Sastre, R. (2021). Enhancing ecosystem services in apple orchards: Nest boxes increase pest control by insectivorous birds. *Journal of Applied Ecology*, *58*(3), 465–475.

Garibaldi, L. A., Pérez-Méndez, N., Garratt, M. P. D., Gemmill-Herren, B., Miguez, F. E., & Dicks, L. V. (2019). Policies for Ecological Intensification of Crop Production. *Trends in Ecology and Evolution*, *34*(4), 282–286. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.01.003>

Giffard, B., Winter, S., Guidoni, S., Nicolai, A., Castaldini, M., Cluzeau, D., ... & Leyer, I. (2022). Vineyard management and its impacts on soil biodiversity, functions, and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *10*, 850272.

Gliessman, S. R. (2015). Agroecology: *The Ecology of Sustainable Food Systems*. CRC Press Taylor & Francis Group.

Griffiths, S. R., Bender, R., Godinho, L. N., Lentini, P. E., Lumsden, L. F., & Robert, K. A. (2017). Bat boxes are not a silver bullet conservation tool. *Mammal Review*, *47*(4), 261–265. <https://doi.org/10.1111/mam.12097>

Grüebler, M., Schaller, S., Keil, H., & Naef-Daenzer, B. (2013). The occurrence of cavities in fruit trees: effects of tree age and management on biodiversity in traditional European orchards. *Biodiversity and Conservation*, *22*, 3233 - 3246. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0581-6>.

Hollingsworth, L., & Collier, M. (2020). Ground flora of field boundary dry stone walls in the Burren, Ireland. *Briefings in Bioinformatics*, *2*, 352–376. <https://doi.org/10.33928/bib.2020.02.352>.

Holroyd, S., Lausen, C. L., Dulc, S., de Freitas, E., Crawford, R., O'Keefe, J., Boothe, C., Segers, J., & Reichard. (2023). *Best Management Practices for the Use of Bat Houses in U.S. and Canada With focus on summer habitat mitigation for Little Brown Myotis, Yuma Myotis, and Big Brown Bat*. <https://doi.org/10.7944/P99K4BF5>

Jedlicka, J., Greenberg, R., & Letourneau, D. (2011). Avian Conservation *Practices Strengthen Ecosystem Services in California Vineyards*. PLoS ONE, *6*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027347>.

Johnson, M. D., Wendt, C., St George, D., Huysman, A. E., Estes, B. R., & Castañeda, X. A. (2018). Can barn owls help control rodents in winegrape vineyard landscapes? *A review of key questions and suggested next steps*. In *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* (Vol. 28, No. 28).

Kunz, T. H., de Torrez, E. B., Bauer, D., Lobova, T., & Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. In *Annals of the New York Academy of Sciences* (Vol. 1223, Issue 1, pp. 1–38). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>

Lindenmayer, D. B., Crane, M., Evans, M. C., Maron, M., Gibbons, P., Bekessy, S., & Blanchard, W. (2017). The anatomy of a failed offset. *Biological Conservation*, *210*, 286–292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.04.022>

Lindenmayer, D. B., Welsh, A., Donnelly, C., Crane, M., Michael, D., Macgregor, C., McBurney, L., Montague-Drake, R., & Gibbons, P. (2009). Are nest boxes a viable alternative source of cavities for hollow-dependent animals? Long-term monitoring of nest box occupancy, pest use and attrition. *Biological Conservation*, 142(1), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.09.026>

Lisón, F., & Calvo, J. F. (2011). The significance of water infrastructures for the conservation of bats in a semiarid Mediterranean landscape. *Animal Conservation*, 14(5), 533–541. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2011.00460.x>

Lobos, G., Tapia, G., Alzamora, A., Rebolledo, N., Salinas, H., Trujillo, J. C., Garín, C., & Camousseigt, B. (2021). *Manual para la construcción de refugios para reptiles presentes en las Regiones de Antofagasta y Atacama* (pp. 1–53).

Lourenço, S. I., & Palmeirim, J. M. (2004). Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): Relevance for the design of bat boxes. *Biological Conservation*, 119(2), 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.006>

McLeod C, Aguila K, Zegers G, & Cárcamo J. (2021). Refugio u “hoteles de insectos”, simulación de hábitat para el establecimiento de fauna auxiliar. In *INFORMATIVO N°110*.

Michael, D., Moore, H., Wassens, S., Craig, M., Tingley, R., Chapple, D., O’Sullivan, J., Hobbs, R., & Nimmo, D. (2021). Rock removal associated with agricultural intensification will exacerbate the loss of reptile diversity. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13897>.

MMA - ONU Medio Ambiente. 2018. *Estudio de Caso: Determinación del Servicio Ecosistémico de Control Biológico de Plagas que prestan los Murciélagos Nativos en Agroecosistemas, en tres comunas dentro del área del Proyecto GEF Montaña*. Basado en investigación encargada a: PhD. Annia Rodríguez y MSc. Juan Luis Allendes, BIOECOS E.I.R.L. Financiado en el marco del proyecto GEFSEC ID 5135 Ministerio del Medio Ambiente - ONU Medio ambiente. Santiago, Chile. 76pp.

Muñoz, A. E., Arellano, E., & Bonacic, C. (2016). *Manual de Conservación de Biodiversidad en Predios Agrícolas de Chile Central*. https://www.researchgate.net/publication/301687918_Manual_de_Conservacion_de_Biodiversidad_en_Predios_Agricolas_de_Chile_Central

Muñoz, A. E., Ossa, G., Zaviezo, T., & Bonacic, C. (2019). Diversity and foraging activity of bats in cultivated and uncultivated areas in agroecosystems of a Mediterranean-climate hotspot. *Neotropical biodiversity*, 5(1), 36–40.

Muñoz-Sáez, A., Choe, H., Boynton, R. M., Elsen, P. R., & Thorne, J. H. (2021). Climate exposure shows high risk and few climate refugia for Chilean native vegetation. *Science of the Total Environment*, 785. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147399>

Nicholson, C., & Ricketts, T. (2019). Wild pollinators improve production, uniformity, and timing of blueberry crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.018>.

NRCS. (2014). *Conservation practice standard: structures for wildlife*.

Olimpi, E. M., Garcia, K., Gonthier, D. J., De Master, K. T., Echeverri, A., Kremen, C., ... & Karp, D. S. (2020). Shifts in species interactions and farming contexts mediate net effects of birds in agroecosystems. *Ecological Applications*, 30(5), e02115.

Oliveira da Silva, F., Arellano, E. C., Felipe Viana, B., Silva-Ferreira, V., Oliveira-Rebouças, P., Rojas-Arévalo, N., Muñoz-Sáez, A., Jimenez, V. P., Zielonka, N. B., Crowther, L. P., & Dicks, L. V. (2024). Co-production of agroecological innovations to improve sustainability in South American fruit farms. *People and Nature*, 6(2), 833–848. <https://doi.org/10.1002/pan3.10613>

Olmos-Moya, N., Díaz-Siefer, P., Pozo, R. A., Fontúrbel, F. E., Lavandero, B., Abades, S., & Celis-Diez, J. L. (2022). The use of cavity-nesting wild birds as agents of biological control in vineyards of Central Chile. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 334, 107975.

Peisley, R. K., Saunders, M. E., & Luck, G. W. (2017). Providing perches for predatory and aggressive birds appears to reduce the negative impact of frugivorous birds in vineyards. *Wildlife Research*, 44(4), 334-342.

Pschonny, S., Leidinger, J., Leitz, R., & Weisser, W. W. (2022). What makes a good bat box? How box occupancy depends on box characteristics and landscape-level variables. *Ecological Solutions and Evidence*, 3(1). <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12136>

Puelles-Escobar, B., & Muñoz-Sáez, A. (2024). The Influence of Habitat Diversity on Bat Species Richness and Feeding Behavior in Chilean Vineyards: Implications for Agroecological Practices. *Agriculture; Basel*, 14(11).

Puelma-Diez, F., Villaseñor, N. R., & Escobar, M. A. H. (2021). Temporary Marking of Two Species of Bats: *Myotis Chiloensis* (Chiroptera: Vespertilionidae) And *Tadarida Brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae). *Mastozoología Neotropical*, 28(2). <https://doi.org/10.31687/saremMN.21.28.2.14.e0618>

Pulsford, S. A., Driscoll, D. A., Barton, P. S., & Lindenmayer, D. B. (2017). Remnant vegetation, plantings and fences are beneficial for reptiles in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1710–1719. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12923>

Ruegger, N. (2016). Bat Boxes - A Review of Their Use and Application, Past, Present and Future. *Acta Chiropterologica*, 18(1), 279–299. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2016.18.1.017>

SAG. (2015). *La Ley de Caza y su Reglamento*.

Shave, M., Lundrigan, B., & Lindell, C. (2018). Effects of American kestrel nest boxes on small mammal prey in cherry orchards. In *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference* (Vol. 28, No. 28).

Torquetti, C. G., Guimarães, A. T. B., & Soto-Blanco, B. (2021). *Exposure to pesticides in bats. Science of The Total Environment*, 755, 142509. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142509>

Tejo-Salazar, R.-E., Eguiarte, L. E., Suro-Piñera, D., & Medellín, R. A. (2016). Save Our Bats, Save Our Tequila: Industry and Science Join Forces to Help Bats and Agaves. *Natural Areas Journal*, 36(4), 523–530. <https://doi.org/10.3375/043.036.0417>

Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>

Tuttle, M. D., Kiser, M., & Kiser, S. (2013). *The Bat House Builder's Handbook. Bat Conservation International*.

Watchorn, D. J., Cowan, M. A., Driscoll, D. A., Nimmo, D. G., Ashman, K. R., Garkaklis, M. J., Wilson, B. A., & Doherty, T. S. (2022). Artificial habitat structures for animal conservation: design and implementation, risks and opportunities. In *Frontiers in Ecology and the Environment* (Vol. 20, Issue 5, pp. 301–309). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/fee.2470>

Watchorn, D. J., Duncan, T. A., & Cowan, M. A. (2023). The risks and rewards of using artificial habitat structures for wildlife conservation. In *Austral Ecology* (Vol. 48, Issue 6, pp. 1207–1222). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/aec.13376>

Weier, S. M., Linden, V. M. G., Grass, I., Tscharntke, T., & Taylor, P. J. (2019). *The use of bat houses as day roosts in macadamia orchards, South Africa*. PeerJ, 7, e6954. <https://doi.org/10.7717/peerj.6954>

Wilson, D. E. (2024, February 5). *Bat*. *Encyclopedia Britannica*. Accessed 5. <https://www.britannica.com/animal/bat-mammal>.

Wolka, K., Mulder, J., & Biazin, B. (2018). Effects of soil and water conservation techniques on crop yield, runoff and soil loss in Sub-Saharan Africa: A review. *Agricultural Water Management*. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2018.05.016>.



Gestión sostenible de la entre hilera

Valentina Jiménez y Eduardo Arellano



1. INTRODUCCIÓN

El espacio entre las hileras de cultivos frutícolas y vinícolas, conocido como entre hilera, suele pasar desapercibido en la gestión agrícola convencional, a pesar de su enorme potencial para mejorar la salud del suelo y la biodiversidad. Este espacio, que puede representar entre el 40% y el 60% de la superficie total de un predio frutícola o viñedo, está destinado principalmente al tránsito de maquinaria y trabajadores, lo que puede aumentar el riesgo de compactación y erosión si no se gestiona de manera adecuada. La falta de una cubierta vegetal y de materia orgánica en la entre hilera favorece la degradación del suelo, disminuyendo su productividad a largo plazo (Arellano y Rojas-Arévalo, 2017).

El manejo sostenible de la entre hilera, basado en principios agroecológicos, no solo mitiga estos problemas, sino que también contribuye a mejorar la salud del suelo y promover una mayor resiliencia del sistema agrícola frente a los desafíos del cambio climático. En este contexto, la salud del suelo se define como la capacidad continua del suelo para funcionar como un ecosistema vivo, que sostiene plantas, animales y humanos. Un suelo saludable no solo es productivo, sino que también es clave para la filtración de agua, el almacenamiento de carbono y el mantenimiento de la biodiversidad, lo que refuerza su capacidad para soportar cambios climáticos extremos y perturbaciones (FAO, 2016).



Prácticas como el uso de cubiertas vegetales, la aplicación de enmiendas orgánicas, el mulching con residuos de poda, y la reducción de la Labranza son estrategias de manejo de entre hilera que han demostrado aumentar la biodiversidad, reducir la compactación del suelo, y potenciar los servicios ecosistémicos dentro del predio (Ovalle, 2020; Romero et al., 2022). Estas prácticas aplicadas en forma aislada o combinadas promueven sistemas de producción más sostenible al incorporar elementos de biodiversidad y clima.

A nivel global, el reconocimiento del impacto positivo de estas prácticas ha impulsado su adopción en políticas y programas de sostenibilidad agrícola. Desde la Estrategia de Suelo al 2030 en Europa hasta los programas de conservación del USDA en Estados Unidos, el manejo agroecológico de la entre hilera es clave para la restauración y el uso sostenible de los suelos. Además, estas prácticas son reconocidas por los estándares de certificación ambiental requeridos por el sector agroexportador, como Rainforest Alliance, Global GAP y LEAF Marque (Global GAP, 2022; Rainforest Alliance, 2022).

En Chile, el Ministerio de Agricultura ha incluido la protección del suelo como uno de los diez pilares de la agricultura sustentable (ODEPA, 2016). Aunque la implementación de estas prácticas aún no es común a nivel masivo, el país ha buscado avanzar hacia la gestión sostenible de suelos a través del proyecto de ley y normativa que crea el Programa de Sistema de Incentivos para la Gestión Sostenible de Suelos Agropecuarios (SIGESS). Esta iniciativa busca impulsar la adopción de prácticas por parte de los agricultores, con el objetivo de mejorar la salud de suelo y promover la producción sostenible de alimentos. Si bien las prácticas hasta el momento no han sido definidas, se espera que integre manejos como: cubiertas vegetales, enmiendas orgánicas, reducción de labranza y uso de mulch orgánico. Estas acciones han demostrado tener efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El sector vitivinícola, por ejemplo, ha sido pionero en la implementación de cubiertas vegetales en las entre hileras de los viñedos (INE, 2022), mostrando resultados prometedores a nivel de estructura de suelo, retención hídrica y control de malezas.

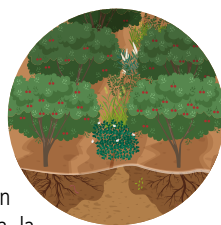
Este capítulo busca ofrecer una guía práctica sobre la gestión sostenible de la entre hilera, con ejemplos concretos que demuestran cómo estas acciones pueden mejorar la conservación del suelo, incrementar la biodiversidad y fortalecer la resiliencia de los agroecosistemas.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL

La disminución de la labranza, la incorporación de enmiendas orgánicas y el uso de cubiertas vegetales y mulch orgánico, pueden promover el almacenamiento de materia orgánica del suelo al disminuir las perturbaciones del suelo, mejorar la protección física, aumentar la cantidad y calidad de los aportes orgánicos, mejorar la abundancia de microorganismos del suelo y mantener una cobertura continua en el suelo durante la mayor parte del año. Si bien su utilización requiere de un diagnóstico específico de las condiciones de interacción sobre el cultivo, las características del suelo, la dosificación y frecuencia de aplicación, entre otros, son prácticas ampliamente utilizadas en sistemas de manejo de producción convencionales, orgánicos y regenerativos.

USO DE CUBIERTAS VEGETALES EN LA ENTRE HILERA

El uso de cubiertas vegetales en la entre hilera es una práctica que contribuye a la gestión sostenible de frutales y vides. Consiste en sembrar especies herbáceas, como granos pequeños o leguminosas en el espacio entre las hileras de cultivo para mantener el suelo cubierto y protegido de riesgos potenciales de erosión y compactación. Estas especies pueden ser anuales, bianuales o perennes, y contribuyen significativamente a la conservación del suelo y al mejoramiento de su fertilidad según la especie seleccionada (Ovalle, 2020). No solo protegen una parte importante de la superficie de los huertos o viñedos, sino que también ayudan a diversificar las especies vegetales presentes, promoviendo una mayor biodiversidad según la época del año (*Figura 1*).



Las cubiertas vegetales pueden ayudar a reducir las malezas, al ser más eficientes en el uso de recursos. En estos casos, las cubiertas pueden ser incorporadas al suelo o esparcidas como mulch sobre la entre hilera o la hilera de cultivo y así controlar el desarrollo de malezas.

Otra ventaja fundamental es que las cubiertas vegetales pueden contribuir al aumento de materia orgánica en el suelo (Hu et al, 2022). La materia vegetal que se descompone en el suelo después de cada ciclo de crecimiento es una fuente importante de carbono orgánico, lo que mejora la calidad del suelo. Esto es especialmente relevante en suelos degradados o con bajos niveles de materia orgánica, como algunos suelos agrícolas en Chile.

Las cubiertas vegetales pueden combinarse con otras prácticas agroecológicas para maximizar los beneficios sobre el suelo. Un ejemplo es el uso de enmiendas orgánicas, que pueden complementarse con cubiertas vegetales para mejorar aún más la estructura del suelo, aumentar su contenido de nutrientes y potenciar la actividad microbiana. Al aplicar compost, guano o humus en combinación con cubiertas vegetales, se logra un enfoque integral que promueve tanto la fertilidad del suelo como la captura de carbono.

El uso de cubiertas vegetales puede presentar ciertos desafíos en frutales. En zonas propensas a heladas, las cubiertas vegetales pueden mantener el aire más frío cerca del suelo, lo que podría aumentar el riesgo de daños por escarcha (Connell & Snyder, 2018). Esto se debe a que la vegetación reduce el calentamiento diurno del suelo y retiene la humedad, lo que puede favorecer la formación de heladas en noches frías. Para mitigar este riesgo, se puede controlar la altura y densidad de las cubiertas o eliminarlas temporalmente en momentos críticos.

Además, las cubiertas vegetales requieren un manejo adecuado para evitar que compitan excesivamente con los cultivos principales por agua y nutrientes, particularmente en suelos pobres o en condiciones de sequía (Novara et al, 2021). En algunas regiones, es necesario cortarlas antes de la floración o incorporarlas para evitar problemas con las plagas o el acceso de la maquinaria agrícola (*Figura 2*).

Uso de cubiertas vegetales

Abono verde de invierno	Forrajeras anuales de autosiembra	Perennes o permanentes	Espontáneas o naturales
Especies leguminosas que son sembradas en otoño e incorporadas en primavera (ej: arveja, lupino, haba).	Especies (gramíneas o leguminosas) que crecen en otoño y son cortadas a principios de verano (ej: trébol).	Especies forrajeras o leguminosas perennes que se siembran en otoño y se van cortando durante todo el año (ej: ballica, trébol blanco, festuca).	Especies que se dejan crecer y permanecer en la entre hilera, comúnmente conocidas como malezas (ej: mostaza).
			



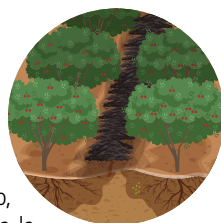
Figuras 1. (a y b) Fotografías de cubiertas vegetales sembradas en predios de cerezos y uva de vino.



Figuras 2. (a y b) Fotografías de evaluación de cobertura (%) de cubiertas vegetales sembradas.

ENMIENDAS ORGÁNICAS

Las enmiendas orgánicas consisten en la incorporación al suelo de materiales orgánicos, como compost, guanos de diversas fuentes, purines, biopreparados, humus de lombriz, entre otros, con el objetivo de mejorar la fertilidad y la estructura del suelo. Estas enmiendas aportan nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, y aumentan el contenido de materia orgánica, lo que es crucial para la retención de agua, el ciclaje de nutrientes y el desarrollo de microorganismos beneficiosos (Hirzel & Salazar, 2016). Su aplicación en la entre hilera ayuda a mejorar la condición general de estos suelos y son de uso común en contextos de manejo orgánico (*Figura 3*).



Uno de los principales beneficios de las enmiendas orgánicas es su capacidad para mejorar la retención de agua en suelos más ligeros o arenosos, lo que puede reducir la necesidad de riego y hacer que el sistema productivo sea más resiliente frente a la sequía (Yang et al, 2022). Además, las enmiendas orgánicas favorecen el aumento de la actividad biológica en el suelo, estimulando la vida microbiana, y la presencia de macroinvertebrados como las lombrices. (Andrews et al, 2024), que juega un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. El uso continuo de estas enmiendas también puede contribuir a la captura de carbono en el suelo, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático.

No todas las enmiendas son adecuadas para todos los tipos de suelos o climas. En algunas zonas, el uso excesivo de enmiendas ricas en nitrógeno puede provocar problemas de lixiviación, contaminando las aguas subterráneas. Asimismo, si se utilizan residuos no suficientemente compostados, pueden surgir problemas de fitotoxicidad, afectando el crecimiento de los cultivos. Por lo tanto, es fundamental seleccionar las enmiendas adecuadas y ajustar la cantidad de aplicación según las características del suelo y las necesidades del cultivo.

Es importante considerar el momento de aplicación, ya que este depende del manejo del cultivo. Siempre es recomendado en la etapa de preparación de suelos (Andrews et al, 2024), sin embargo, en el caso de frutales, vides y cultivos permanentes mantener la incorporación podría hacerse mediante surcos laterales o simplemente incorporando mediante rastra anualmente.

Además, se debe considerar el cumplimiento de las regulaciones vigentes que buscan principalmente, asegurar que el material orgánico se trate adecuadamente para eliminar patógenos, semillas de malezas y otros posibles riesgos sanitarios. Las autoridades competentes, como el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Ministerio de Agricultura establecen requisitos y procedimientos para el manejo y tratamiento de enmiendas orgánicas, relacionados a temperatura y tiempos necesarios para desactivar agentes patógenos. Algunas enmiendas, especialmente las que provienen de residuos animales, requieren controles más estrictos para evitar riesgos fitosanitarios o de contaminación.

Uso de enmiendas orgánicas




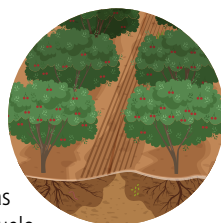
Compost	Humus	Guano	Biopreparados
Sustrato obtenido de la descomposición de materia orgánica a través de microorganismos.	Sustrato obtenido de la descomposición de materia orgánica a través de lombrices.	Sustrato que resulta del procesamiento de excremento de aves o ganado bovino.	Productos elaborados a partir de restos de origen vegetal, animal o mineral para fertilizar el suelo o combatir plagas y enfermedades.
			



Figura 3. Compost en proceso de maduración, elaborado a partir de residuos orgánicos del casino y cocina de trabajadores del predio para ser aplicado en sitios no productivos intervenidos con implementación de bandas florales.

REDUCCIÓN DE LA LABRANZA

La reducción de la labranza es una práctica que implica optimizar el uso de maquinaria, limitando la frecuencia y la intensidad del laboreo, esto incluye el uso de arados, subsolados, rastras, entre otros (CIREN, s.f). En las entre hileras de frutales y vides, esta técnica se enfoca en favorecer la estructura del suelo, reduciendo la necesidad de arar o subsolar las entre hileras para acciones como control de maleza. La estructura del suelo se refiere a la disposición de sus partículas (arcilla, limo y arena) y cómo estas se agrupan en agregados. Estos agregados permiten que el suelo mantenga su porosidad y que el agua, el aire y las raíces puedan moverse libremente. Sin embargo, el laboreo frecuente rompe estos agregados, lo que disminuye la porosidad y provoca compactación del suelo (*Figura 4*).



Además, cuando se laborea el suelo, se reduce la acumulación de materia orgánica al favorecerse su descomposición. Esto aumenta la mineralización de la materia orgánica, lo que provoca una liberación de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera y, por lo tanto, contribuye a la pérdida de carbono orgánico del suelo. La mínima labranza puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Shakoor et al, 2021).

No obstante, la reducción de la labranza puede presentar algunos desafíos en cuanto al control de malezas, ya que el suelo menos perturbado puede permitir su crecimiento más persistente (Winkler et al, 2022). Para abordar este desafío, es recomendable combinar esta técnica con el uso de cubiertas vegetales o mulch orgánico, lo que ayuda a controlar las malezas y mantener el suelo protegido. Las cubiertas vegetales no solo reducen la competencia de malezas, sino que también protegen el suelo de la erosión y mejoran la estructura del suelo, complementando los beneficios de la labranza mínima.

Otra posible restricción es que en suelos muy compactados o con baja infiltración, podría ser necesario realizar una preparación de suelo que incluya un subsolado inicial antes de implementar una estrategia de labranza mínima, para mejorar la infiltración de agua y la aireación del suelo.

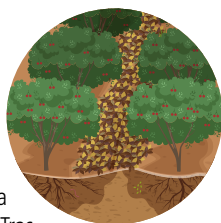




Figura 4. Laboreo de suelo mediante paso de rastra en entre hileras de cultivos para preparar el suelo y sembrar cultivos de cobertera.

MULCH ORGÁNICO

El mulch orgánico consiste en la aplicación de material vegetal, como restos de poda, ramas trituradas, hojas secas, paja o corteza, en la superficie del suelo en la entre hilera. Este material forma una capa que protege el suelo y ayuda a mejorar su calidad a lo largo del tiempo. En frutales y vides, los residuos de poda y la hojarasca constituyen una fuente clave para generar mulch, los que son utilizados sobre la hilera. Tras la poda anual, las ramas y otros restos vegetales pueden ser triturados y redistribuidos sobre la entre hilera, cerrando el ciclo de residuos y contribuyendo a una gestión más sostenible del huerto o viñedo (*Figura 5*).



Uno de los principales beneficios del mulch orgánico es su capacidad para conservar la humedad en el suelo, reduciendo la necesidad de riego, especialmente en regiones secas o con limitaciones hídricas (Vanella et al, 2024). Esta capa de material orgánico también actúa como una barrera física que controla las malezas, dificultando su germinación, y regula la temperatura del suelo, amortiguando los cambios extremos de temperatura que pueden afectar negativamente a las plantas.

Otro beneficio significativo es su papel en la reducción de la erosión. En suelos con una pendiente mayor al 3%, el riesgo de erosión hídrica aumenta considerablemente, ya que el agua tiende a escurrir rápidamente y arrastra las partículas superficiales del suelo. El mulch crea una capa protectora que disminuye la velocidad del agua en su desplazamiento, evitando la pérdida de suelo por la acción de la lluvia. Este beneficio es especialmente importante en terrenos con pendientes pronunciadas, donde la erosión puede comprometer la productividad del predio a largo plazo.

En la gestión de frutales y vides, la incorporación de los residuos de poda como mulch también reduce los costos de eliminación de desechos y evita la quema de restos vegetales, una práctica que puede liberar carbono a la atmósfera. En su lugar, estos materiales se reciclan en el mismo predio, contribuyendo a la mejora del suelo y a la captura de carbono.

Sin embargo, una restricción importante a considerar es que el mulch, si se usa en exceso o con materiales que se descomponen rápidamente, puede alterar el equilibrio nutricional del suelo o fomentar la aparición de hongos en zonas de alta humedad. Además, si se considera también aplicarlo en la sobrehilera, puede ser necesario complementar el mulch con otras prácticas, como la incorporación de fertilizantes orgánicos o enmiendas, para asegurar un equilibrio adecuado de nutrientes.

El mulch orgánico también se puede usar en combinación con otras prácticas agroecológicas como la reducción de la labranza o las cubiertas vegetales. Estas prácticas combinadas refuerzan los beneficios del mulch, al mejorar la estructura del suelo, controlar las malezas y aumentar la biodiversidad, mientras se protege la superficie del suelo de la erosión y se maximiza la retención de humedad.



Figura 5. Residuos de poda chipeados y dejados en la entre hilera a modo de mulch o acolchado orgánico.

3. BASES TÉCNICAS DE IMPLEMENTACIÓN

USO DE CUBIERTAS VEGETALES

Diseño y planificación

- 1. Selección de especies:** La elección de las especies de cubiertas vegetales debe hacerse teniendo en cuenta las condiciones locales del suelo y el clima, así como los objetivos del manejo en la entre hileras. Por ejemplo, en suelos arenosos con baja retención de agua, se puede optar por avena (*Avena sativa*), que tiene potencial para desarrollar un sistema radicular y ayuda a mejorar la retención de agua. En suelos con problemas de fertilidad, se recomienda el uso de leguminosas como trébol blanco (*Trifolium repens*) que además pueden ayudar a fijar nitrógeno al suelo. (Ver tabla 1).
- 2. Dosis y método de siembra:** La siembra de las cubiertas vegetales debe realizarse al voleo o con sembradoras ligeras para evitar daños en la estructura del suelo. La dosis de siembra puede variar según las especies seleccionadas y el tipo de suelo. En suelos arenosos, donde es importante mejorar la retención de humedad, se pueden utilizar especies como Ballica (*Lolium perenne*) y trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*), en dosis más altas, por ejemplo, 25-30 kg/ha de ballica y 8-10 kg/ha de trébol subterráneo. En suelos arcillosos o más compactados, se puede sembrar un mix de avena y vicia también en una dosis un poco mayor, por la dificultad de germinación y desarrollo en suelos compactados, por ejemplo, se puede utilizar 80- 100 kg/ ha de avena y 20-25 kg/ha de vicia.
- 3. Zonas y ciclos de siembra:** Es crucial planificar bien el ciclo de siembra para garantizar que el suelo esté cubierto en los períodos de mayor riesgo de erosión, como el invierno y la primavera. Las cubiertas perennes se deben mantener bajo control mediante cortes regulares durante el ciclo del cultivo principal para evitar interferencias con el desarrollo de los frutales o las vides. Además, es importante conocer las condiciones climáticas de la zona, específicamente por riesgo de helada y/o sequías que podrían afectar el desarrollo del cultivo de cobertera.
- 4. Manejo del cultivo de cobertera:** Después de la selección de la especie en base a condiciones de suelo, condiciones climáticas, y objetivo de su implementación. Se debe realizar la mantención del cultivo, para ello es importante considerar y planificar sus cortes y/o incorporación al suelo de manera que no intervenga con otros manejos productivos o paso de maquinaria. Cuando la especie sembrada alcanza un crecimiento entre 30 -50 cm puede empezar a ser cortada, hay especies como Avena, a las cuales se le realizan 3 a 4 cortes en la temporada. Mientras que hay otras especies como Vicia y trébol subterráneo que sólo se cortan una vez en la temporada y luego deben ser incorporadas al suelo para su descomposición.

Tabla 1. Listado de especies de cubiertas vegetales adaptadas a zona mediterránea y templada, principal objetivo de implementación, dosis de siembra y consideraciones para el manejo.

Especie	Objetivo	Dosis de siembra*	Consideraciones (corte e incorporación) Manejo
Festuca (<i>Festuca arundinacea</i>)	Mejorar estructura de suelo	8 - 15 kg/ha	Gramínea perenne. Se adapta a amplia gama de suelos, incluso arcillosos. Se debe sembrar en otoño y requiere riego en verano.
Pasto ovillo (<i>Dactylis glomerata</i>)	Mejorar estructura de suelo	8 kg/ha	Gramínea perenne. Adaptada a suelos arenosos.

Especie	Objetivo	Dosis de siembra	Consideraciones (corte e incorporación) Manejo
Trébol subterráneo (<i>Trifolium subterraneum</i>)	Aporte de nitrógeno	4 kg/ha	Leguminosa anual de resiembra, adaptada a suelos de texturas arenosas a francas
Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	Aporte de nitrógeno	4 - 25 kg/ha	Leguminosa perenne. Adecuada para amplia gama de suelos (arcillosos y arenosos). Cortar e incorporar en la primavera para descomposición e incorporación de nitrógeno. Sus flores atraen polinizadores
Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	Aporte de nitrógeno y control de malezas	15 - 20 kg/ha	Leguminosa conocida por fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con <i>Rhizobium</i> . Después de un ciclo de crecimiento se debe cortar e incorporar la biomasa al suelo. Sensible a salinidad y anegamiento. Se puede sembrar en otoño para reducir competencia con malezas (Precaución con heladas temprana) o en primavera (precaución con hongos). Se puede realizar un primer corte en invierno y luego un segundo en primavera.
Lupino (<i>Lupinus spp</i>)	Aporte de nitrógeno	10 - 30 kg/ha	Leguminosa, adaptado a suelo arenosos, sensible a anegamiento y compactación de suelo. Cortar e Incorporar en la primavera para descomposición.
Haba (<i>Vicia faba</i>)	Aporte de nitrógeno	120 - 140 kg/ha	Leguminosa anual. Siembra en otoño o invierno. Se adapta a distintos tipos de suelo
Vicia (<i>Vicia atropurpurea</i>)	Aporte de nitrógeno	20 - 25 kg/ha	Leguminosa anual, suelos de diversa textura y fertilidad. Sensible a suelos con pH ácido. Cortar e Incorporar en la primavera para descomposición
Ballica (<i>Lolium perenne</i>)	Protección contra erosión	15 - 20 kg/ha	Gramínea perenne. Sembrar en otoño o temprano en la temporada (primavera) y realizar de 3 a 4 cortes. Sensible a calor y sequía. Adaptado a climas templados, húmedos
Avena (<i>Avena sativa</i>)	Protección contra erosión, Control de malezas	80 -100 kg/ha	Gramínea anual. Sembrar temprano en la temporada y realizar de 3 a 4 cortes. Raíces abundantes y profundas
Centeno (<i>Secale cereale</i>)	Protección contra erosión, Control de malezas	120 kg/ha	Gramínea anual con gran desarrollo radicular. Tolerante a sequía y bajas temperaturas. Siembra en otoño. Inhibe el desarrollo de malezas como avenilla. Puede ser picado e incorporado en primavera
Mostaza (<i>Rapistrum rugosum</i>)		10 - 30 kg/ha	Brasicacea anual que puede comportarse como bienal o perenne

*Dosis de siembra referencial, recomendada para suelos agrícolas del Valle Central de Chile.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ovalle (2020) en INIA y dosis de siembra utilizadas por productores en pilotajes establecidos en Región Metropolitana y Región de O'Higgins

Ejemplo de implementación:

Las cubiertas vegetales pueden establecerse en **otoño** para permitir que sus raíces se desarrollen antes de las lluvias invernales y alcancen su floración en primavera. Se recomienda **realizar el primer corte a fines de invierno o en primavera**, para evitar que compitan con el cultivo principal por agua y/o nutrientes. La cobertera se puede cortar e incorporar para que se descomponga y aporte nutrientes al suelo o se puede aplastar y dejar como mulch durante la temporada productiva.

Por ejemplo, en un cultivo de cerezos en la región de O’Higgins se decide poner una cubierta vegetal que reduzca la erosión y compactación por paso de maquinaria, además de competir con malezas para reducir la aplicación de herbicidas. Por ello en mayo (otoño) se decide sembrar una mezcla de Avena y Ballica mediante método al voleo. La mezcla estuvo compuesta de Avena variedad Urano de SG2000 (100 kg/ha) y Ballica variedad Winter Star II (30 kg/ha). Luego a principios del mes de octubre se realiza el primer corte e incorporación de materia orgánica al suelo.

Actividad	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
Siembra								
Mantenimiento								
Corte								

Consideraciones técnicas

1. **Competencia por agua:** En zonas de déficit hídrico, es esencial manejar la densidad de siembra y seleccionar especies que **no compitan en exceso con el cultivo principal por el agua**. Por ejemplo, especies de bajo requerimiento hídrico como centeno (*Secale cereale*) y ballica (*Lolium perenne*).
2. **Integración con otras prácticas:** El uso de cubiertas vegetales puede complementarse con la aplicación de **enmiendas orgánicas** o **mulch** para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar su capacidad para retener humedad.
3. **Ciclo de desarrollo del cultivo:** Es importante evaluar la interacción entre la especie sembrada como cobertera y los frutales o vides de interés, así como la **fenología de cada una**. También se debe tener en cuenta es el ciclo de desarrollo de la cubierta y los manejos asociados como **corte e incorporación** para no interferir en labores de poda o cosecha.

ENMIENDAS ORGÁNICAS

La enmienda orgánica puede ser implementada tanto en la sobre hilera como en la entre hilera. Su implementación debe considerar variables asociadas a las condiciones de suelo y requerimientos del cultivo, como los que se explican a continuación

Diseño y planificación

Antes de aplicar cualquier enmienda, es crucial realizar un análisis de suelo previo para identificar las propiedades físicas del suelo y deficiencias de nutrientes para determinar la cantidad adecuada de enmienda a aplicar. Este análisis debe incluir mediciones de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, así como del pH del suelo. Las enmiendas deben aplicarse preferentemente en otoño o invierno, ya que durante estas estaciones hay menos actividad biológica en el suelo y los nutrientes se descomponen lentamente para estar disponibles en primavera.

- 1. Selección del insumo:** Las enmiendas orgánicas deben seleccionarse según el estado del suelo, los nutrientes que se desean aportar y la dinámica de liberación de cada enmienda. Por ejemplo, en suelos pobres en nutrientes, el uso de compost o humus son una opción excelente para mejorar la fertilidad y aportar estructura. Pero en suelos sin problemas de fertilidad donde se busque el aporte de un nutriente en específico, se puede utilizar algún biopreparado que se aplique a través de fertirriego. También es importante considerar que, si los suelos presentan algún problema de salinidad, es preferible evitar el uso de estiércol fresco y optar por compost maduro o humus bien estabilizados. Existen diversos criterios para la selección del insumo, entre ellos se encuentra el objetivo, el método de aplicación y las necesidades del suelo. (*Ver tabla 2*).

Tabla 2. Características de insumos que pueden ser utilizados como enmienda orgánica.

Insumo	Compost	Humus	Biopreparado	Estiércol	Guano
Humedad (%)	11-60	60-80	Líquido	70-80	15-50
pH	6,1 – 8,5	7,4 – 8,1	Depende	8	5,3 - 9
CE (dSM-1)	0,28 – 0,88	3 – 6,7	Depende	3	6 - 16
MO (%)	20-60	70-80	Depende	60-65	60-80
Relación C/N	12-30	20-30	Depende	15-20	6 - 16
Velocidad de liberación de nutrientes	Moderada	Alta	Depende	Alta	Alta
Aporte de estructura al suelo	Alta	Moderada	Depende	Moderada	Moderada
Actividad microbiológica	Moderada	Alta	Alta	Moderada	Moderada
Método de aplicación	Sustrato al suelo	Sustrato al suelo o humus líquido	Fertirriego o foliar	Sustrato al suelo	Sustrato al suelo
Riesgo de salinidad	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia a partir de Hirzel & Salazar (2016) en Boletín INIA. Datos corresponden a valores referenciales de productos comerciales, los cuales pueden variar ampliamente dependiendo del origen o fuente y procesamiento.

- 2. Dosis y método de aplicación:** Es importante considerar que cada enmienda tiene una dosis de aplicación recomendada, en base a la calidad del suelo, un método de aplicación, un momento ideal para implementar y una frecuencia que también dependerá del estado del suelo. Por ello es importante considerar que las enmiendas orgánicas deben aplicarse de acuerdo con los resultados del análisis de suelo.
- El compost se puede aplicar a razón de 10 a 115 ton/ha en suelos con fertilidad moderada, mientras que puede ser en dosis de 20-30 tonh/ha en suelos pobres o degradados. El método de aplicación puede ser mediante voleo o esparcimiento uniforme en el suelo, seguido del paso de una rastra para incorporar en profundidad, también puede ser aplicado en bandas al costado de cada hilera. En relación con la fecha de aplicación, esta puede ser en otoño para que se descomponga lentamente y los nutrientes estén disponibles en primavera, y se puede implementar una vez al año o cada dos años, dependiendo del estado del suelo.

- El humus se puede aplicar en dosis de 2 ton/ha en suelos con alta fertilidad como complemento de compost o fertilizantes, y en dosis de 5 ton/ha en suelos pobres o de muy baja fertilidad. El método de aplicación puede ser aplicando directamente el sustrato en la zona radicular o sobrehilera, mezclado con otros sustratos en la preparación de suelo o a través de fertirriego diluido en agua. La frecuencia de aplicación puede ser desde 1 hasta 3 veces en el año, dependiendo de los requerimientos del suelo y el cultivo.
- Biopreparados, su aplicación depende del tipo de producto, ya que existen desde productos sólidos como Bokashi, hasta productos líquidos como Bioles, que pueden ser aplicados a través de fertirriego. Para este caso consideraremos un ejemplo práctico de aplicación de bokashi, el cual se puede aplicar en dosis desde 1 a 2 ton/ha en voleo o incorporando en la sobre hilera cada 6 meses o 1 vez al año.
- Estiércol o guano, dependiendo del estado de este que puede ser fresco o compostado varía su dosis de aplicación desde 10 a 20 ton/ha respectivamente. Puede ser incorporado superficialmente o integrado en mayor profundidad. Se recomienda su aplicación 1 vez al año, considerando periódicamente la evaluación previa de las condiciones del suelo.

Ejemplo de Implementación

En un viñedo orgánico de la región de Valparaíso, se realiza un análisis de suelo, el cual determina un contenido de materia orgánica menor a 2%, y sin problemas de salinidad. Por ello se decide utilizar compost clase A en una dosis de 10 ton/ha aplicándolo en la sobrehilera del cultivo para maximizar el beneficio en la zona radicular. El compost es aplicado mediante el uso de una rastra durante el mes de junio, en otoño, período en que el cultivo se encuentra en mayor letargo y permite que se incorporen los nutrientes al suelo para que se encuentren disponibles en primavera. Posteriormente, se sugiere continuar con los monitoreos de suelo y medir el contenido de materia orgánica y los nutrientes para ajustar las dosis en futuras aplicaciones.

Consideraciones técnicas

1. **Tasa de descomposición:** La descomposición de las enmiendas depende del balance carbono-nitrógeno (C: N) del insumo, a menor valor (< 20:1) mayor velocidad de descomposición, a mayor valor (> 30:1) menor velocidad de descomposición. La tasa de descomposición también depende de la textura del material, enmiendas finas se descomponen más rápido que materiales más gruesos. Finalmente, el nivel de aireación también afecta la descomposición, a mayor disponibilidad de oxígeno mayor velocidad de descomposición.
2. **Temperatura:** La temperatura del suelo también se relaciona con la tasa de descomposición, a mayor temperatura mayor velocidad de descomposición. Por lo que, en invierno cuando las temperaturas son < 10°C la descomposición se reduce drásticamente. La temperatura ideal va entre los 20°C y 30°C, ya que temperaturas > 30°C pueden causar volatilización del nitrógeno (en especial en enmiendas como estiércol fresco).
3. **Humedad del suelo:** La humedad óptima para la descomposición de la materia orgánica es entre un 60-80% de la capacidad de campo. Enmiendas aplicadas en suelos secos presentarán

actividad microbiana reducida, reduciendo la velocidad de descomposición. Por otro lado, el exceso de humedad puede generar condiciones anaeróbicas que favorecen la generación de gases.

4. *Contenido de humedad y materia seca del insumo:* El contenido de humedad y materia seca de cada enmienda depende de la época del año de producción, y el manejo en su producción. Cuando la enmienda orgánica está muy húmeda se puede dificultar la aplicación a través de maquinaria, por lo que se recomienda utilizar enmiendas con una humedad de máximo 50%. A menor contenido de humedad, será más fácil y uniforme la aplicación en el predio, también será más fácil el uso de maquinaria y por lo tanto menor el costo en su aplicación.
5. *Período de aplicación:* Se recomienda aplicar las enmiendas orgánicas durante el otoño, ya que en esta temporada hay baja necesidad nutricional, baja tasa de crecimiento de raíces y baja temperatura. Esto permite que los nutrientes se incorporen al suelo, disminuye el riesgo de daño en raíces por nutrientes o enmiendas salinas, y reduce volatilidad de gases y aparición de malos olores. Además, la aplicación de enmiendas orgánicas debe realizarse al menos 4 meses previo a iniciar cosecha, de acuerdo con lo exigido por Buenas Prácticas Agrícolas (Hirzel & Salazar, 2016).
6. *Compatibilidad con otros manejos agrícolas:* Las enmiendas orgánicas deben ser combinadas con otras prácticas como cubiertas vegetales o mulch para maximizar su impacto en la mejora del suelo.
7. *Tipos de suelo:* El tipo de suelo también afecta la dosis y frecuencia de aplicación de la enmienda. Suelos arenosos necesitan aplicaciones más frecuentes debido a la menor retención de nutrientes. Suelos arcillosos requieren menor cantidad de enmienda, pero es fundamental asegurar una adecuada aireación para evitar condiciones anaeróbicas.
8. *Salinidad:* Algunas enmiendas orgánicas como el guano o estiércol fresco pueden contener niveles elevados de sales que aumentan la conductividad eléctrica (CE) del suelo. En suelos con problemas de salinidad, es mejor aplicar enmiendas estables como compost maduro en dosis más bajas (10 ton/ha) y monitorear regularmente contenido de materia orgánica y CE.
9. *Monitoreo y ajustes en el tiempo:* Se debe realizar análisis de suelo antes y después de la aplicación de enmiendas para ajustar futuras dosis. Los indicadores deben incluir al menos: contenido de materia orgánica, contenido de N, P y K, pH y CE. En cultivos perennes, las aplicaciones deben realizarse de forma periódica, ajustando las dosis según el estado del suelo y las condiciones del cultivo.
10. *Uso de maquinaria:* En Chile existe maquinaria que permite aplicar las enmiendas orgánicas en forma sólida y líquida sobre la superficie. También existen equipos que permiten reducir los olores y pérdidas por volatilización de amoníaco como por ejemplo carros purines con aplicación en bandas o de inyección al suelo. La maquinaria utilizada puede crear surcos laterales a la sobrehilera para aplicar la enmienda, o incorporar utilizando rastra de trabajo superficial.

MULCH ORGÁNICO

El mulch orgánico, derivado principalmente de residuos de poda y otros restos vegetales se utiliza para reducir la presencia de malezas, conservar la humedad, mejorar la estructura del suelo y reducir las malezas en la entre hilera de frutales y vides. Es una práctica de fácil implementación, por lo que se observa de forma extensiva cada vez en más predios de la zona central. El mulch debe aplicarse después de la poda, triturando los residuos de poda o residuos de cubiertas vegetales y distribuyéndolos uniformemente sobre el suelo de la entre hilera.

Diseño y planificación

1. **Disponibilidad de residuos:** Se debe planificar la cantidad de residuos de poda disponible y programar su recolección y procesamiento. En Chile, la poda de vid y frutales se realiza principalmente en otoño, aunque se realizan también podas primaverales para controlar el tamaño de la copa y el calibre de frutos.
2. **Tipo de maquinaria:** La chipeadora es la maquinaria clave para triturar los restos de poda y convertirlos en mulch. Debe ser utilizada inmediatamente después de la poda para evitar la acumulación de residuos en la entre hilera y facilitar su distribución uniforme.
3. **Tiempo de implementación:** Para facilitar el manejo, se recomienda triturar los restos de poda después del corte de otoño.

Ejemplo de implementación:

En un predio de uva de mesa se generan 15.000 kilos/ha de residuos de poda durante el otoño, por ello se decide utilizar una chipeadora portátil que baja por la entre hilera procesando restos de poda y distribuyéndolo como mulch en la entre hilera. Este mulch forma una capa de 5-10 cm de grosor y está compuesto por residuos lignificados y hojas. Con este manejo se reduce la aparición temprana de malezas en primavera y favorece la retención de humedad producto de las lluvias invernales.

Consideraciones técnicas

1. **Composición y calidad del residuo de poda:** Se deben utilizar residuos bien triturados para evitar problemas de movilidad en la entre hilera y asegurar una distribución uniforme. Además, los materiales más gruesos tardan más en descomponerse.
2. **Balance carbono: nitrógeno:** Si el mulch tiene un alto contenido de carbono (como en el caso de los restos leñosos), puede producirse una deficiencia de nitrógeno en el suelo. Es recomendable complementar el mulch con enmiendas ricas en nitrógeno como hojas o material verde o ajustar la fertilización.
3. **Momento de aplicación:** El mulch se puede aplicar en otoño para favorecer la retención de humedad y estabilizar la temperatura del suelo en invierno o en primavera para minimizar el crecimiento de malezas. Esta aplicación depende de las fechas de cortes y podas realizadas en el campo.

4. **Espesor del mulch:** La capa de mulch debe tener una altura aproximada de 5-10 cm para controlar malezas sin afectar la aireación del suelo. Capas de mayor grosor pueden causar exceso de humedad y favorecer la aparición de hongos patógenos, es importante asegurar que el material esté bien aireado.
5. **Monitoreo del mulch en el tiempo:** Se debe revisar y reponer el mulch cada año o cada dos años para favorecer la descomposición e incorporación al suelo. Además, se debe monitorear la presencia de plagas como roedores que podrían refugiarse bajo el mulch.

REDUCCIÓN DE LABRANZA

La reducción de la labranza implica minimizar el disturbio del suelo, lo que favorece su estructura y mejora la retención de agua, además de promover la actividad biológica. Este enfoque es fundamental para mantener la materia orgánica y prevenir la erosión en la entre hilera de frutales y vides. La mínima labranza se puede practicar utilizando maquinarias e implementos acoplados en tándem en el establecimiento de huertos frutales (ej.: tractor - arado - rodillo subsuperficial o rastra de clavos) los cuáles se deben pasar sólo en momentos clave y con clima adecuado, por ejemplo 2 veces al año a no más de 20 cm de profundidad y a 1,5 metros desde el tronco.

Diseño y planificación

El paso desde labranza convencional hacia mínima labranza requiere de una evaluación y monitoreo del efecto de la implementación de la práctica.

1. **Evaluación inicial:** Se debe realizar un análisis de suelo para evaluar textura, compactación (penetrómetro), densidad aparente, contenido de materia orgánica, pH, disponibilidad de nutrientes y conductividad eléctrica. Además, se pueden hacer calicatas para describir los primeros horizontes de suelo e identificar posibles problemas de compactación. Se pueden definir sectores prioritarios para comenzar la transición y zonas de tráfico frecuente en las que sea más complejo implementar los principios de la mínima labranza.
2. **Frecuencia de labranza:** Se debe limitar el número de veces que se labra la entre hilera. Para preservar la estructura del suelo, se recomienda reducir la labranza a una o dos veces al año como máximo, utilizando maquinaria ligera, como por ejemplo pasando una vez al año un arado de cincel o rastra superficial.
3. **Profundidad e intensidad:** La perturbación del suelo debe ser lo más superficial y localizada posible (máximo 15 - 20 cm), utilizando maquinaria liviana y limitando la frecuencia de intervención.
4. **Maquinaria:** El uso de maquinaria ligera, como un subsolador de baja profundidad, es clave para implementar la reducción de labranza sin alterar la estructura del suelo.

Ejemplo de Implementación

En un predio de manzanas plantadas hace 2 años, se realiza un análisis de compactación de suelo en la entre hilera para sembrar una cubierta vegetal, el uso de un penetrómetro muestra

una compactación de 2.5 MPa a 30 cm de profundidad, lo que indica que la resistencia mecánica es muy alta para el desarrollo adecuado de raíces. Por lo que se decide pasar prontamente una labranza superficial con arado de cincel a 20 cm de profundidad y de este modo preparar el suelo para la siembra de semillas de la cubierta vegetal en otoño.

Consideraciones técnicas

- **Aumento de malezas:** Al reducir la labranza, las malezas pueden volverse un problema, por lo que se recomienda combinar esta práctica con cubiertas vegetales o mulch orgánico.
- **Combinación con otras prácticas:** Se puede combinar con la aplicación de compost u otra enmienda orgánica para aumentar la porosidad del suelo.
- **Profundidad de labranza:** La labranza debe limitarse a una profundidad de 15-20 cm para evitar el volteo profundo del suelo, que puede destruir los agregados del suelo y reducir la materia orgánica.
- **Maquinaria:** Se debe utilizar maquinaria de acuerdo con el objetivo y tipo de suelo. Ver tabla 4.

Tabla 4. Maquinaria recomendada según tipo de suelo y objetivo esperado con su implementación.

Tipo de Suelo	Maquinaria Recomendada	Objetivo
Suelos arcillosos	- Subsolador localizado - Rodillo de púas - Cultivador superficial	Romper compactación localizada y mejorar infiltración sin alterar el perfil.
Suelos arenosos	- Rodillo liso o dentado - Desmalezadora o trituradora	Manejo de malezas y cobertura ligera sin afectar la estructura natural.
Suelos franco-limosos	- Cincel superficial - Rastrillo de dientes flexibles	Aireación superficial y manejo de malezas.
Suelos compactados	- Subsolador (20-30 cm) en zonas críticas - Cincel superficial	Romper capas compactadas sin voltear suelo.
Fuente: Adaptado de Riquelme, Carrasco & Valenzuela (2010) en Boletín INIA. La maquinaria sugerida es sólo referencial y no excluye el uso de nuevas tecnologías		

Guía y reglamentaciones internacionales y/o nacionales

A nivel global y nacional existe una preocupación por la sustentabilidad de los suelos agropecuarios, esto debido al rol que cumplen en el cultivo de los alimentos, los servicios ecosistémicos que proveen y el potencial para mitigar los efectos del cambio climático. Diversas iniciativas internacionales y normativas nacionales establecen lineamientos para promover la salud de los suelos agrícolas, algunas de ellas se mencionan a continuación.

Una iniciativa internacional relacionada con los suelos agropecuarios es “4 por 1000” la cual tiene como objetivo aumentar las reservas de carbono en suelos agrícolas un 0,4% anual y mitigar los efectos del cambio climático. La iniciativa propone mejorar el contenido de materia orgánica aumentando el carbono en suelos a través de prácticas agrícolas como el uso de cubiertas vegetales, rotación de cultivos, agroforestería y manejo orgánico (4p1000.org). Otra

iniciativa es la Estrategia de la Unión Europea para la Protección del Suelo para 2020 que promueve la implementación de prácticas que se rigen por principios agroecológicos que son parte de otras estrategias como *“de la granja a la mesa”*, estas prácticas consideran el aumentar materia orgánica del suelo a través de agrosilvicultura, cultivos de protección, rotación de cultivos, incorporación de rastrojos, reducir maquinaria pesada, incorporar compost, reducción de labranza y productos químicos (Comisión Europea, 2022).

Otra herramienta para promover las buenas prácticas agrícolas en el suelo es a través de las certificaciones de sostenibilidad. Los protocolos de BPA Global GAP establecen que deben implementarse medidas de prevención y mitigación de erosión, además de medidas para reducir riesgos por compactación de suelo, además incluyen entre sus recomendaciones el realizar mapa de suelos en el cual se identifique tipo de suelo por sector o cuartel, cultivos y ubicación de fuentes y cursos de agua (FDF, 2013). Otras certificaciones más específicas como la Regenerative Organic Certification (ROC) integra prácticas regenerativas para mejorar la salud del suelo.

A nivel nacional, se está desarrollando el Sistema de Incentivos a la Gestión Sostenible de Suelos Agropecuarios (SIGESS), el cual reemplaza al antiguo Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Degradados (SIRDS). El SIGESS tiene como objetivo promover prácticas de conservación de suelos a través del financiamiento de actividades que mejoren la fertilidad y la estructura del suelo, como la incorporación de enmiendas orgánicas y el uso de rotación de cultivos (ODEPA, 2025).

En relación con el uso de enmiendas orgánicas La norma chilena 2880 *“Compost - requisitos de calidad y clasificación”* busca definir las características que debe tener el compost y asegurar que su comercialización sea adecuada para uso en suelos y cultivos, estableciendo criterios sobre parámetros físicos, químicos y biológicos. Además, la normativa identifica 3 tipos de compost: Clase A, Clase B, y compost inmaduro.

BOX

Un ejemplo de la implementación de prácticas de gestión sostenible del suelo de la entre hilera de cultivos es el caso de un predio frutícola de la comuna de San Vicente de Tagua Tagua, el cual se encuentra cultivado con uva de mesa, conducido en parrón español. El objetivo del productor es mejorar la salud de suelo mediante prácticas que favorezcan la retención de humedad, disminuyan erosión, aumenten contenido de carbono en el suelo y disminuya la competencia con malezas en la entre hilera.

Para ello se realiza un análisis de suelo en los distintos cuarteles, previamente zonificados de acuerdo a pendiente, edad y serie de suelo. Los parámetros analizados a partir del muestreo de suelo son pH, contenido de materia orgánica, contenido de N, P, K, compactación con el uso de penetrómetro, textura y densidad aparente.

Los resultados del análisis arrojan que el suelo posee una textura franco arcillosa, tiene un contenido bajo de materia orgánica (1.8%), pH igual a 7,2 (neutro) y una resistencia física de 2.5 Mpa.

Por lo tanto, se decide implementar un plan de manejo de suelo que considera las siguientes prácticas:

Enmienda orgánica: A fines de mayo se comienza con la aplicación de compost certificado clase A, con una dosis de 20 ton/ha, se esparce y distribuye uniformemente, ayudándose de una rastra de disco superficial, para no perturbar tanto la estructura de suelo.

Cultivo de cobertera: Posteriormente en junio se realiza la siembra de una mezcla de semillas de avena (*Avena sativa*) variedad Urano de SG2000 en dosis de 100 kg/ha y semillas de Trébol blanco (*Trifolium repens*) en dosis de 5 kg/ha. Esta siembra se realiza al voleo y se deja crecer el cultivo durante todo el invierno, el cultivo alcanza una cobertura promedio de 70% de la entre hilera, este material luego es cortado e incorporado en la primera quincena de septiembre con ayuda de una rana.

Mínima labranza: Luego de la preparación de suelo para la aplicación de compost y siembra del cultivo de cobertera se limita el paso y profundidad de maquinaria sólo a labores de corte e incorporación.

Mulch con residuos de poda: Sumado a la capa de cultivo de cobertera que se está descomponiendo e incorporando al suelo, se aplica material triturado de la poda en verde de la vid. Se genera un volumen de 3 ton/ha, los cuales son triturados y distribuidos formando una capa de 10 cm de espesor.

Posterior a los manejos realizados se realiza una evaluación y monitoreo de indicadores como humedad, materia orgánica, presencia de malezas y evaluación de rendimiento. Se espera en el mediano plazo observar ventajas en la mejora en retención de agua, incremento de materia orgánica y disminución de presencia de malezas.



4. CONCLUSIONES

La gestión sostenible de la entrehilera representa una estrategia clave de intensificación ecológica en frutales y vides, al transformar un espacio que suele pasar desapercibido en el manejo convencional y convertirlo en un elemento funcional del agroecosistema. Prácticas como el uso de cobiertas vegetales, la aplicación de enmiendas orgánicas, el mulch con residuos vegetales y la reducción de la labranza han demostrado que pueden aportar beneficios significativos en la mejora de la estructura del suelo, el aumento de la materia orgánica, la retención de humedad, el control de malezas y fomentar la biodiversidad funcional.

Desde el punto de vista técnico, la implementación exitosa de estas prácticas requiere de un diagnóstico agronómico adecuado, selección precisa de especies o materiales, planificación de tiempos de aplicación, manejo adaptado al cultivo principal y monitoreo continuo de indicadores del suelo y biodiversidad. El diseño debe considerar las particularidades del predio (tipo de suelo, clima, pendiente, disponibilidad de insumos, etc.) y combinarse con otras prácticas agroecológicas para maximizar los beneficios y reducir posibles efectos adversos como competencia por agua o exceso de humedad.

A nivel normativo, tanto las iniciativas internacionales como las políticas nacionales en desarrollo reconocen el valor de estas prácticas para la sostenibilidad agroambiental. Además, su incorporación en estándares de certificación ambiental refuerza la necesidad de avanzar hacia una agricultura que conserve los suelos y mitigue los efectos del cambio climático.

En conjunto, estas prácticas de manejo de la entrehilera no sólo fortalecen la salud del suelo y la resiliencia de los sistemas productivos, sino que también responden a exigencias normativas y de mercado, consolidándose como herramientas fundamentales para una fruticultura sostenible en el contexto del cambio climático.

Agradecimientos

Los autores agradecen a **Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES)** la oportunidad de realizar esta investigación y a **ANID PIA/BASAL AFB240003** por el financiamiento. Y al proyecto FIC *"Transferencia Acciones Prediales en Fruticultura Sustentable"*.

Referencias

Andrews, E., Tabassum, M., Galatis, E., Yao, E., Gaudin, A., Lazcano, C., Brown, P., & Khalsa, S. (2024). Almond hull and shell organic matter amendments increase microbial biomass and multifunctionality in orchard soil and the undisturbed organic layer. *Applied Soil Ecology*. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105321>.

Arellano, E. y Rojas – Arévalo, N. (2017) Suelo: Erosión, conservación y productividad. En Muñoz, A. E. y Vásquez, D. A. (Ed.), *Manual de Campo Biodiversidad, Recursos Naturales y Agricultura Región de Coquimbo* (pp. 22-27). Pontificia Universidad Católica de Chile

Carrasco J., J., Riquelme S., J. & (2010). *Manejo de suelos para el establecimiento de huertos frutales*. Rengo, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Vol. no. 207. 127 p. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7335> (Consultado el 27 de octubre de 2024).

CIREN (s.f.) *Cero Labranza, Principios y Equipamientos*. (Consultado el 25 de octubre de 2024) en <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/66935c1f-8d64-4a48-88c7-40dd73b4745e/content>

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), (2017). *Global Land Outlook*. Bonn:UN Convention to Combat Desertification.

Connell, N. & Snyder, R. (2018). *Cover crops, mulch lower night temperatures in citrus*. California Agriculture, University of California, 53: 37-40 <https://doi.org/10.1094/PHP-2000-0626-01-RS>

European Commission. (2022). *Soil strategy for 2030*. Environment. https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-strategy_en

FAO (2016). *Estado Mundial del Recurso Suelo*. Resumen Técnico.

FDF (2013). *Guía de Buenas Prácticas de Sustentabilidad en la industria frutícola de Chile. Implementación y Autoevaluación en Huertos*.

Fundación para el Desarrollo Frutícola. (2013). *Guía de buenas prácticas de sustentabilidad en la industria frutícola de Chile*.

Global GAP. (2022). *Lista de verificación Add-on Biodiversity*.

Hirzel, J., & Salazar, F. (2016). *Guía de manejo y buenas prácticas de aplicación de enmiendas orgánicas en agricultura*. INIA.

Hu, Y., Zhan, P., Thomas, B., Zhao, J., Zhang, X., Yan, H., Zhang, Z., Chen, S., Shi, X., & Zhang, Y. (2022). Organic carbon and nitrogen accumulation in orchard soil with organic fertilization and cover crop management: A global meta-analysis. *The Science of the total environment*, 158402. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158402>.

INE. (2022). *VIII Censo Agropecuario y Forestal*, año agrícola 2020 - 2021.

LEAF Marque. (2023). *Leaf Marque* Estándar Version 16.1.

Novara, A., Cerdà, A., Barone, E., & Gristina, L. (2021). Cover crop management and water conservation in vineyard and olive orchards. *Soil & Tillage Research*, 208, 104896. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104896>.

ODEPA. (2016). *Protocolo de Agricultura Sustentable*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

ODEPA (2025). Estudio *"Levantamiento de insumos para instrumentos de bonificación y focalización para el Sistema de Incentivos para la Gestión Sostenible de Suelos Agropecuarios (SIGESS)"*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

Ovalle, C. (2020). *Cubiertas vegetales: una herramienta fundamental para el manejo sustentable del suelo en huertos frutales, viñedos y hortalizas*. INIA.

Ovalle, C., & Quiroz, M. (2021). *Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable. Rainforest Alliance*. (2022). Estándar para la agricultura sostenible: Requisitos para fincas. <https://www.rainforest-alliance.org/wp-content/uploads/2020/06/SA-S-SD-1-V1.2ES-2020-Sustainable-Agriculture-Standard-Farm-Requirements.pdf>

Riquelme, J. & Carrasco, J. (2010). Manejo de Suelos para el establecimiento de Huertos Frutales. *Boletín INIA* (207).

Rodrigo-Comino, J. (2018). Five decades of soil erosion research in “terroir”. The State-of-the-Art. In *Earth-Science Reviews* (Vol. 179, pp. 436–447). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.014>

Romero, P., Navarro, J. M., & Ordaz, P. B. (2022). Towards a sustainable viticulture: The combination of deficit irrigation strategies and agroecological practices in Mediterranean vineyards. A review and update. In *Agricultural Water Management* (Vol. 259). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107216>

Shakoor, A., Shahbaz, M., Farooq, T., Sahar, N., Shahzad, S., Altaf, M., & Ashraf, M. (2021). A global meta-analysis of greenhouse gases emission and crop yield under no-tillage as compared to conventional tillage.. *The Science of the total environment*, 750, 142299 . <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142299>.

USDA. (2022). *Programas de conservación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*.

Vanella, D., Guarrera, S., Ferlito, F., Longo-Minnolo, G., Milani, M., Pappalardo, G., Nicolosi, E., Giuffrida, A., Torrisi, B., Casas, L., & Consoli, S. (2024). Effects of organic mulching and regulated deficit irrigation on crop water status, soil and yield features in an orange orchard under Mediterranean climate. *The Science of the total environment*, 177528 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.177528>.

Viña Concha y Toro (2021). *Comprometidos con la biodiversidad*. Noticia: Sustentabilidad. 29 de enero de 2021. Recuperado el 01 de marzo de 2023 de Comprometidos con la biodiversidad - Viña Concha y Toro (vinacyt.com)

Winkler, J., Dvořák, J., Hosa, J., Barroso, P., & Vavrková, M. (2022). *Impact of Conservation Tillage Technologies on the Biological Relevance of Weeds. Land*. <https://doi.org/10.3390/land12010121>.

Yang, T., Xing, X., Gao, Y., & , X. (2022). An Environmentally Friendly Soil Amendment for Enhancing Soil Water Availability in Drought-Prone Soils. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010133>.

Lecciones aprendidas y perspectivas para una agricultura sustentable



La implementación de prácticas de manejo sustentable en predios frutícolas y vitivinícolas ha permitido reunir una valiosa experiencia sobre cómo avanzar hacia una intensificación ecológica adaptada a las condiciones de la agricultura chilena. A lo largo de este manual, se han descrito diversas estrategias que, en conjunto, ofrecen caminos posibles para mejorar la productividad, reducir impactos ambientales y recuperar funciones ecológicas esenciales.

Estas experiencias sugieren que es factible armonizar la producción agrícola con la conservación de la biodiversidad, la salud del suelo y la sostenibilidad de los recursos naturales, aunque su éxito dependerá siempre del contexto específico de cada predio.

Una de las principales lecciones aprendidas es que los beneficios ecológicos y productivos más relevantes tienden a emerger cuando se combinan distintas prácticas agroecológicas, diseñadas de manera integrada. Por ejemplo, la implementación de cubiertas vegetales en la entre hilera podría contribuir a mejorar la infiltración de agua, aumentar la materia orgánica del suelo y favorecer la actividad microbiana, aportando así a los servicios ecosistémicos de soporte y regulación. Cuando esta práctica se combina con mulch orgánico o labranza reducida, los efectos podrían amplificarse, mejorando la retención de humedad, la estructura del suelo y la resiliencia frente a eventos climáticos extremos. No obstante, estos resultados no son automáticos y requieren condiciones adecuadas de manejo, monitoreo y adaptación continua.

La conservación o restauración de parches de vegetación natural o seminatural también podría generar múltiples beneficios ecológicos, al funcionar como refugio para polinizadores y enemigos naturales de plagas, o al influir positivamente en la regulación térmica y del ciclo hídrico. En algunos casos, estas áreas podrían incluso mejorar el rendimiento de cultivos cercanos. Asimismo, la instalación de estructuras simples para la fauna silvestre (como perchas o refugios) podría facilitar el control biológico, aunque sus efectos dependen del contexto ecológico, la conectividad del paisaje y la presencia de especies funcionales.

Otra contribución importante de estas prácticas es su potencial para el secuestro de carbono, tanto en biomasa vegetal como en el suelo. La combinación de prácticas orientadas a reducir la perturbación del suelo, incrementar la cobertura vegetal y promover la permanencia de especies

leñosas podría ayudar a capturar carbono atmosférico, lo cual se alinea con las metas globales de mitigación del cambio climático. Sin embargo, la magnitud de este beneficio dependerá de factores como el tipo de suelo, la especie utilizada, el régimen de manejo y el tiempo de implementación.

A pesar de estos resultados promisorios, también se han identificado limitaciones relevantes. Muchas prácticas requieren inversión inicial, planificación detallada y, en varios casos, asesoría técnica especializada. La disponibilidad de insumos adecuados (como especies nativas o compost de calidad), las restricciones de riego y las barreras culturales pueden dificultar su adopción. En particular, los pequeños y medianos agricultores enfrentan desafíos adicionales debido a la limitada oferta de apoyo técnico y financiero, y la necesidad de mantener la productividad en el corto plazo. Frente a estos desafíos, también se vislumbran oportunidades concretas. El avance de nuevas políticas públicas, los requerimientos de certificaciones ambientales y la creciente demanda por prácticas sostenibles abren un camino para fortalecer e institucionalizar estas acciones. Los marcos de gestión predial basados en servicios ecosistémicos permiten visibilizar beneficios más allá del rendimiento inmediato, como el aporte a la resiliencia del paisaje, la seguridad hídrica, y el bienestar de las comunidades rurales.

En conjunto, estas lecciones apuntan a que la sostenibilidad agrícola no se logra con acciones aisladas, sino con una visión integrada y multiescalar, que combine prácticas agroecológicas, restauración ecológica y manejo adaptativo. Este manual no entrega recetas, sino principios, experiencias y opciones que pueden orientar a productores, técnicos y responsables de políticas públicas a tomar decisiones más informadas y responsables. La agricultura del futuro podría ser más resiliente, regenerativa y alineada con los límites ecológicos del territorio, si es que aprendemos a diseñar sistemas productivos que colaboren con la naturaleza en lugar de reemplazarla.

Tabla 1: Prácticas agroecológicas y servicios ecosistémicos asociados

Práctica agroecológica	Servicios ecosistémicos asociados
Cubiertas vegetales en entre hilera	Soporte (formación de suelo), regulación hídrica, fertilidad del suelo
Aplicación de mulch orgánico	Regulación térmica, conservación de humedad, control de erosión
Reducción de labranza	Reducción de erosión, acumulación de carbono, mejora estructural del suelo
Protección de zonas riparias	Regulación hídrica, provisión de hábitat, purificación del agua
Instalación de estructuras para fauna silvestre	Control biológico de plagas, provisión de hábitat, servicios culturales
Restauración de vegetación nativa	Regulación climática, provisión de hábitat, secuestro de carbono
Incorporación de setos e islas de biodiversidad	Polinización, control biológico, conectividad ecológica
Manejo de residuos orgánicos y compost	Ciclaje de nutrientes, aumento de materia orgánica, soporte del suelo
Diseño predial con corredores biológicos	Movilidad de especies, conectividad funcional, resiliencia paisajística

Anexo

Anexo 1. Especies Nativas con aptitud funcional aptas para setos, islas de vegetación y corredores biológicos.

Tipo Planta	Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Origen	Distribución Natural	Cae	Color de Flor
Árboles	<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	Lauraceae	Endémico	COQ y ARA	3	Blanco crema
	<i>Escallonia myrtoidea</i>	Lun	Escalloniaceae	Nativo	COQ - BIO	3	Blanco
	<i>Geoffroea decorticans</i>	Chañar	Fabaceae	Nativo	AYP - COQ	1	Amarillo
	<i>Lithraea caustica</i>	Litre	Anacardiaceae	Endémico	ATA - LRI	2	Crema
	<i>Neltuma alba</i>	Algarrobo blanco	Fabaceae	Nativo	AYP - ATA	1	Amarillo
	<i>Neltuma chilensis</i>	Algarrobo	Fabaceae	Nativo	TAR - LBO	1	Amarillo
	<i>Quillaja saponaria</i>	Quillay	Quillajaceae	Endémico	COQ - ARA	2	Blanco crema
	<i>Schinus latifolia</i>	Molle	Anacardiaceae	Endémico	COQ - MAU	2	Blanco crema
	<i>Schinus polygama</i>	Huingán	Anacardiaceae	Nativo	ATA - LLA	2	Blanco crema
	<i>Tara spinosa</i>	Tara	Fabaceae	Nativo	AYP, TAR, COQ	1	Amarillo con naranjo
	<i>Vachellia caven</i>	Espino	Fabaceae	Nativo	ATA - LRI	1	Amarillo
Arbustos altos: > 2,0 m.	<i>Azara celsastrina</i>	Lilén	Salicaceae	Endémico	COQ a BIO	3	Amarillo
	<i>Azara dentata</i>	Corcolén blanco	Salicaceae	Endémico	COQ a ARA	2	Amarillo
	<i>Azara integrifolia</i>	Azara integrifolia	Salicaceae	Endémico	VAL a LRI	3	Amarillo
	<i>Baccharis linearis</i>	Romerillo	Asteraceae	Nativo	ATA a LLA	1	Blanco crema
	<i>Baccharis poeppigiana</i> var. <i>ocellata</i>	_____	Asteraceae	Nativo	LBO a BIO	2	Blanco crema
	<i>Colliguaja integrerrima</i>	Colliguay	Euphorbiaceae	Nativo	COQ a NUB y AIS, MAG	2	Terracota
	<i>Cordia decandra</i>	Carbonillo	Boraginaceae	Endémico	ANT a COQ	1	Blanco
	<i>Dunalia spinosa</i>	Dunalia	Solanaceae	Nativo	AYP, TAR	1	Morado
	<i>Escallonia illinita</i>	Barraco	Escalloniaceae	Endémico	ATA a BIO	2	Blanco
	<i>Escallonia pulverulenta</i>	Corontillo	Escalloniaceae	Endémico	COQ a ARA	2	Blanco
	<i>Lobelia excelsa</i>	Tabaco del diablo	Campanulaceae	Endémico	COQ a MAU	2	Naranjo
	<i>Otholobium glandulosum</i>	Culén	Fabaceae	Endémico	AYP-TAR, COQ-LRI	3	Lila
	<i>Senna candolleana</i>	Quebracho	Fabaceae	Endémico	COQ a LBO	2	Amarillo
	<i>Tecoma fulva</i>	Chuve	Bignoniaceae	Nativo	AYP, TAR	1	Rojo anaranjado
	<i>Trevoa quinquenervia</i>	Trahuén	Rhamnaceae	Endémico	COQ a NUB	2	Blanco

Tipo Planta	Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Origen	Distribución Natural	Cae	Color de Flor
Arbustos medios: 1,0 a 1,5 m.	<i>Alternanthera porrigens</i>	Ruby	Amaranthaceae	Nativo	AYP - ATA, VAL	1	Fucsia
	<i>Aristeguietia salvia</i>	Salvia macho	Asteraceae	Endémico	COQ a BIO	2	Blanco al rosado
	<i>Baccharis macraei</i>	Vautro	Asteraceae	Endémico	COQ a LBO	1	Blanco
	<i>Balbisia peduncularis</i>	Amancay	Francoaceae	Nativo	AYP a COQ	1	Amarillo
	<i>Berberis actinacantha</i>	Michay del centro	Berberidaceae	Endémico	ANT, COQ a LLA	2	Amarillo
	<i>Berberis darwinii</i>	Michay	Berberidaceae	Nativo	RME a AIS	3	Amarillo
	<i>Colliguaja odorifera</i>	Colliguay	Euphorbiaceae	Endémico	ANT a MAULE, BIO	2	Terracota
	<i>Escallonia rubra</i>	Escallonia rubra	Escalloniaceae	Nativo	VAL a MAG	3	Rosado
	<i>Fabiana imbricata</i>	Romero pichi	Solanaceae	Endémico	ATA a LRI	2	Blanco o lila
	<i>Fabiana viscosa</i>	Romero pichi amarillo	Solanaceae	Endémico	ANT a COQ	1	Amarillo
	<i>Flourensia thurifera</i>	Maravilla del campo	Asteraceae	Endémico	ATA a RME	1	Amarillo
	<i>Fuchsia lycioides</i>	Palo de yegua	Onagraceae	Endémico	ATA a RME	1	Fucsia
	<i>Heliotropium stenophyllum</i>	Palito negro	Heliotropiaceae	Endémico	ATA a VAL	1	Blanco
	<i>Lepechinia salviae</i>	Salvia blanca	Lamiaceae	Endémico	COQ a RME	1	Morado
	<i>Lobelia polyphylla</i>	Tabaco del diablo	Campanulaceae	Endémico	ATA a LBO	1	Rojo vino
	<i>Lobelia tupa</i>	Tabaco del diablo	Campanulaceae	Endémico	VAL, LBO a LLA, JFE	3	Rojo anaranjado
	<i>Lycium chilense var confertifolium</i>	Coralito de flor blanca	Solanaceae	Nativo	COQ a RME	2	Blanco
	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Quilo	Polygonaceae	Nativo	AYP, TAR, ATA a LLA	1	Blanco crema
	<i>Podanthus mitiqui</i>	Mitique	Asteraceae	Endémico	COQ a NUB	2	Amarillo
	<i>Senna cumingii var coquimbensis</i>	Quebracho del norte	Fabaceae	Endémico	ANT a COQ	1	Amarillo
	<i>Sophora macrocarpa</i>	Mayu	Fabaceae	Endémico	COQ a ARA	2	Amarillo

Tipo Planta	Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Origen	Distribución Natural	Cae	Color de Flor
Arbustos bajos: 0,60 a 1,0 m. y subarborescentes	<i>Ageratina glechonophylla</i>	Barba de viejo	Asteraceae	Endémico	ANT, COQ a BIO	2	Blanco
	<i>Andeimalva chilensis</i>	Andeimalva	Malvaceae	Endémico	ATA a MAU	2	Rosado
	<i>Baccharis neaei</i>	Romerillo del monte	Asteraceae	Nativo	COQ a LRI	2	Blanco crema
	<i>Baccharis patagonica</i>		Asteraceae	Nativo	LBO a MAG	3	Blanco crema
	<i>Bahia ambrosioides</i>	Chamiza	Asteraceae	Endémico	TAR a BIO	1	Blanco con amarillo
	<i>Encelia canescens</i>	Coronilla del fraile	Asteraceae	Nativo	ATP a COQ	1	Amarillo
	<i>Erigeron luxurians</i>	Erigeron	Asteraceae	Endémico	COQ, VAL	1	Blanco
	<i>Gardoquia gilliesii</i>	Menta de árbol	Lamiaceae	Endémico	COQ a ARA	2	Blanco o lila
	<i>Haplopappus chrysanthemifolius</i>	—	Asteraceae	Endémico	COQ a BIO	2	Amarillo
	<i>Haplopappus foliosus</i>	Cuerno de cabra	Asteraceae	Endémico	ATA a MAU	1	Amarillo
	<i>Haplopappus velutinus</i>	Haplopappus de cordillera	Asteraceae	Nativo	COQ a MAU	2	Amarillo
	<i>Lycium chilense</i>	Coralito	Solanaceae	Nativo	ATA a MAU	2	Blanco con morado
	<i>Malesherbia fasciculata</i>	Hierba miel	Passifloraceae	Endémico	COQ a LBO	2	Blanco
	<i>Plectocephalus chilensis</i>	Flor del minero	Asteraceae	Endémico	ATA a LBO	1	Blanco al rosado
	<i>Plectocephalus floccosus</i>	Flor del minero	Asteraceae	Endémico	ATA a VAL	1	Blanco al rosado
	<i>Sphaeralcea obtusiloba</i>	Malva de cerro	Malvaceae	Endémico	ATA a LBO, ARA	2	Rosado
	<i>Solanum crispum</i>	Natri	Solanaceae	Nativo	COQ a AIS	1	Azul
	<i>Solanum pinnatum</i>	Esparto	Solanaceae	Endémico	ANT a MAU, JFE	1	Azul
	<i>Teucrium bicolor</i>	Oreganillo	Lamiaceae	Endémico	COQ a LLA	2	Lila
Arbustos bajos: < 0,60 m.	<i>Frankenia chilensis</i>	Hierba del salitre	Frankeniaceae	Nativo	TAR a RME	1	Rosado
	<i>Menodora linoidea</i>	Linacillo	Oleaceae	Endémico	COQ, VAL	2	Amarillo
	<i>Plumbago caerulea</i>	Plumbago chileno	Plumbaginaceae	Nativo	ANT a COQ	1	Azul

Tipo Planta	Nombre Científico	Nombre Común	Familia	Origen	Distribución Natural	Cae	Color de Flor
Hierbas altas: > 0,60 m.	<i>Alstroemeria ligtu simsii</i>	Alstroemeria naranja	Alstromeriaceae	Endémico	VAL a MAU, BIO	2	Naranja
	<i>Alstroemeria ligtu splendens</i>	Alstroemeria rosada	Asteraceae	Nativo	RME a MAU	2	Rosado
	<i>Cortaderia speciosa</i>	Cortaderia	Asteraceae	Nativo	AYP a ARA y IPA	2	Blanco
	<i>Eryngium paniculatum</i>	Chupalla	Apiaceae	Nativo	COQ a LLA	1	Crema
	<i>Libertia chilensis</i>	Calle Calle	Iridaceae	Nativo	MAU a MAG, JFE	3	Blanco
	<i>Oenothera picensis</i>		Onagraceae	Nativo	ANT a LBO, BIO	2	Amarillo
	<i>Sisyrinchium striatum</i>	Huilmo	Iridaceae	Nativo	ATA a ARA	2	Amarillo
	<i>Solidago chilense</i>	Solidago	Asteraceae	Nativo	TAR, ATA a AIS	2	Amarillo
Hierbas medias: 0.30 - 0,60 m.	<i>Alonsoa meridionalis</i>	Ajicillo	Scrophulariaceae	Nativo	COQ a BIO	2	Rojo
	<i>Cistanthe grandiflora</i>	Pata de guanaco	Montiaceae	Endémico	ANT a ARA	1	Fucsia
	<i>Cisthante laxiflora</i>	Pata de guanaco	Montiaceae	Endémico	COQ, VAL	1	Fucsia
	<i>Cristaria glaucophylla</i>	Malvilla	Malvaceae	Endémico	ATA a VAL	1	Rosado
	<i>Geum magellanicum</i>	Geum	Rosaceae	Nativo	LBO a MAG	3	Rojo o amarillo
	<i>Mirabilis elegans</i>	Mirabilis	Nyctaginaceae	Nativo	COQ a MAU	1	Fucsia
	<i>Mirabilis ovata</i>	Mirabilis	Nyctaginaceae	Nativo	ATA a LBO	1	Fucsia
	<i>Phacelia brachyantha</i>	Flor de la cuncuna	Boraginaceae	Nativo	COQ a LBO, MAG	2	Celeste
	<i>Phacelia secunda</i>	Flor de la cuncuna	Boraginaceae	Nativo	AYP a TAR, ATA a MAG	2	Celeste
Hierbas bajas: < 30 cm	<i>Armeria maritima</i>	Armeria	Plumbaginaceae	Nativo	COQ a ARA, LLA a MAG	1	Blanco o rosado
	<i>Stachys albicaulis</i>		Lamiaceae	Nativo	VAL - ARA	2	Rosado
	<i>Stachys macraei</i>		Lamiaceae	Endémico	COQ a AIS	2	Rosado
	<i>Phylla nodiflora var. reptans</i>	Tiqui tiqui	Verbenaceae	Nativo	AYP a ATA	1	Rosado

Citar como: Elaboración propia Monica Musalem B., Ingeniero Agrónoma U. C., Postítulo en Arquitectura del Paisaje Univ. de Chile

Referencias de Origen y Distribución:

Rodríguez, R., C. Marticorena, D. Alarcón, C. Baeza, L. Cavieres, V.L. Finot, N. Fuentes, A. Kiessling, M. Mihoc, A. Pauchard, E. Ruiz, P. Sanchez & A. Marticorena. 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Gayana Botánica 75(1): 1-430.

***CAE: Condicion agroecologica de cultivo:**

CAE1: Especies de alta rusticidad, bajo requerimiento hídrico, pleno sol

CAE2: Especies rústicas, requerimiento hídrico bajo a medio, pleno sol

CAE3: Especies de rusticidad media, requerimiento hídrico medio, pleno sol

CAE4: Especies medianamente exigentes, requerimiento hídrico medio, sombra parcial

Región	Abreviación
Arica Y Parinacota	AYP
Tarapacá	TAR
Antofagasta	ANT
Atacama	ATA
Coquimbo	COQ
Valparaíso	VAL
Metropolitana	RME
Libertador General Bernadro O'higgins	LBO
Maule	MAU
Biobío	BIO
Araucanía	ARA
Los Ríos	LRI
Los Lagos	LLA
Aysén	AIS
Magallanes	MAG
Juan Fernández	JFE

Eduardo Arellano

- Center of Applied Ecology and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 340, Santiago, Chile.
- Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.
- Instituto para el Desarrollo Sustentable (IDS), Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Rosanna Ginocchio Cea

- Center of Applied Ecology and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 340, Santiago, Chile.
- Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Camila Rey Ramírez

- Center of Applied Ecology and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 340, Santiago, Chile.
- Consultora Vínculo Agrario.

Luz María de la Fuente

- Center of Applied Ecology and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 340, Santiago, Chile.

Valentina Jiménez Pérez

- Center of Applied Ecology and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Libertador Bernardo O'Higgins 340, Santiago, Chile.

Victoria P. Madrid Ayala

- Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña, Lleida, España.

Alejandra E. Muñoz González

- Departamento de Ecosistemas y Medio Ambiente, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile. Avenida Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Andrés Muñoz-Sáez

- Laboratorio de Agroecología, Biodiversidad, & Sostenibilidad, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago 8820808, Chile.
- Sociedad Científica Chilena de Agroecología, Los Ángeles 4440000, Chile.

Mónica Musalem

- Vivero y Jardín Pumahuida Ltda. Carretera General San Martín, Calle Local Oriente 7021, Santiago, Chile.

Nadia Rojas-Arévalo

- BBSRC PhD Student.
- Soil and Ecosystem Ecology Lab, Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science and Engineering, University of Manchester. A.4051, Michael Smith Building, Dover St, Manchester, M13 9NT.





ISBN: 978-956-09038-6-0



 **Centro UC**
CAPES - Center of Applied
Ecology & Sustainability


**FACULTAD DE AGRONOMÍA
Y SISTEMAS NATURALES**
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE


**INSTITUTO PARA EL DESARROLLO
SUSTENTABLE**
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

 **Agencia
Nacional de
Investigación
y Desarrollo**
Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Gobierno de Chile