



APUNTE

Especies melíferas en la restauración del paisaje forestal.

Jorge González-Campos^{1*}; María Molina Brand¹; Hernán Soto Guevara¹; Braulio Gutiérrez Caro¹; Roberto Ipinza Carmona²; Tamara Vera Castro¹ & Laura Koch Zúñiga¹.

¹ Instituto Forestal, sede Biobío, Concepción. jgonzalez@infor.cl

² Instituto Forestal, sede Los Ríos, Valdivia.

*Autor para correspondencia

DOI: <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2024.614>

Recibido: 04.11.2024; Aceptado 19.11.2024

RESUMEN

En Chile, la desertificación afecta al 60% del territorio, amenazando tanto la biodiversidad como la población rural. Ante la pérdida de bosques y degradación de ecosistemas globales, el documento aborda la importancia de la reforestación con especies forestales melíferas en la restauración del paisaje forestal, destacando su potencial para conservar la biodiversidad y mejorar la productividad apícola, ofreciendo así beneficios ecológicos y económicos.

Iniciativas locales, como el establecimiento de huertos melíferos en las regiones de Coquimbo y Biobío, han buscado fomentar la producción apícola y contribuir a la restauración del paisaje mediante la plantación de especies forestales con propiedades melíferas. Respecto a tal restauración, se enfatiza la necesidad de asegurar la diversidad genética esencial para la adaptación al cambio climático, reconociéndose como un cuello de botella a la limitada disponibilidad de semillas con calidad genética adecuada. Se propone una gestión integral del suministro del material genético y se sugiere que la genómica del paisaje podría optimizar la selección de especies y mejorar los resultados de conservación.

Se concluye que integrar especies melíferas en programas de restauración es clave para proteger los ecosistemas y potenciar la apicultura sostenible en Chile.

Palabras clave: Restauración del paisaje, Especies melíferas.

SUMMARY

Desertification affects 60% of the Chilean territory, threatening both biodiversity and rural populations. Faced with global forest loss and ecosystem degradation, the document highlights the importance of reforestation with honey forest species in landscape restoration, emphasizing their potential to conserve biodiversity and enhance beekeeping productivity, thereby offering both ecological and economic benefits.

Local initiatives, such as the establishment of honey orchards in the Coquimbo and Biobío regions, have sought to promote apiculture and contribute to landscape restoration through the planting of forest species with honey-producing properties. Regarding such restoration, the need to ensure genetic diversity essential for climate change adaptation is emphasized, identifying the limited availability of seeds with adequate genetic quality as a bottleneck. An integrated management approach for the supply of genetic material is proposed, and it is suggested that "landscape genomics" could optimize species selection and improve conservation outcomes.

It is concluded that integrating honey-producing species into restoration programs is key to protecting ecosystems and fostering sustainable beekeeping in Chile.

Key words: Landscape restoration, honey forest species.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas tres décadas (1990-2020) se ha observado una pérdida neta de alrededor de 178 millones de hectáreas de bosques a nivel global, lo que provoca una disminución significativa en la biodiversidad y en los servicios ecosistémicos, constituyendo una amenaza tanto para los ecosistemas, como para las personas que dependen de ellos (Betts *et al.*, 2018; FAO, 2020). Esta grave situación motivó que la Organización de las Naciones Unidas declarara al decenio 2021-2030 como el decenio para la Restauración, con el fin de apoyar y ampliar los esfuerzos encaminados a prevenir, detener e invertir la degradación de los ecosistemas en todo el mundo y concienciar sobre la importancia del éxito de la restauración de los ecosistemas" (ONU, 2019).

En la actualidad la tendencia es hacia la restauración del paisaje, entendida como el proceso de recuperar la funcionalidad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes completamente deforestados o degradados (Chazdon *et al.*, 2020). En ella se combinan esquemas de reforestación productiva y protectora para aumentar la cobertura arbórea en paisajes heterogéneos y multipropósito (Chazdon & Brancalion 2019; Chazdon *et al.*, 2020). Se trata de un proceso activo, que considera como esencial la participación de las comunidades locales para la restauración efectiva del paisaje forestal (IUCN, 2017; Chazdon *et al.*, 2020).

Un iniciativa efectiva y replicable para avanzar en la restauración del paisaje, es la plantación de especies arbóreas melíferas, las cuales representan una herramienta eficaz para la conservación de la biodiversidad y la mejora de la productividad de los apicultores que aprovechan estas especies como fuente de néctar para la producción de miel utilizando la especie *Apis mellifera* (Al-Ghamdi *et al.*, 2020, APIMONDIA, sf). En este contexto, el presente documento tiene por objetivo entregar antecedentes respecto al uso de especies forestales melíferas como material para la restauración del paisaje rural de Chile y sugerir consideraciones técnicas para mejorar la restauración a nivel de paisaje mediante el uso de este tipo de especies.

RESTAURACION DEL PAISAJE EN CHILE

La restauración del paisaje se enfoca en "restaurar hacia adelante" con el fin de ofrecer múltiples beneficios y usos de la tierra a lo largo del tiempo. Un paisaje restaurado puede incluir áreas regeneradas naturalmente, agrosilvicultura, árboles en predios, manglares, reservas de vida silvestre protegidas, plantaciones de árboles y otras plantas leñosas (Chazdon & Brancalion 2019; Chazdon *et al.*, 2020; Brancalion & Holl, 2020).

Es importante destacar que la restauración del paisaje es un proceso activo que involucra a las comunidades locales y otras partes interesadas para identificar e implementar actividades de restauración adecuadas para lograr el éxito a largo plazo. En este sentido, la participación de las comunidades locales es esencial para la restauración efectiva del paisaje forestal (IUCN, 2017; Chazdon *et al.*, 2020). Además, es importante señalar que la restauración del paisaje forestal no se trata solo de plantar árboles, sino de lograr objetivos claramente especificados y debe considerarse como parte de un proceso multidisciplinario de toma de decisiones que evalúa cuidadosamente las compensaciones e incertidumbres (Bozzano *et al.*, 2014; Thomas *et al.*, 2014; Chazdon & Brancalion, 2019).

En Chile, los compromisos para abordar la pérdida de ecosistemas naturales y procesos productivos poco sostenibles se encuentran en el Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030. Según el Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación de las tierras y la sequía (PANCD) de Chile 2016-2030 (www.enccrv.cl/pancd), el 79,1% del país tiene algún grado de riesgo de degradación de la tierra, afectando a más de 12 millones de habitantes. La desertificación es uno de los problemas más graves, afectando más del 60% del territorio nacional y causando impactos negativos en la biodiversidad, los suelos y la productividad silvoagropecuaria. Además, la población rural en estos ambientes sufre las consecuencias, incluyendo altos índices de pobreza, falta de oportunidades y migración. El Reporte Nacional de Degradación de las Tierras (CONAF, 2020) actualiza el mapa de riesgo, mostrando que el 23% del territorio nacional presenta riesgo potencial de desertificación, mientras que el 53% presenta riesgo de sequía.

ESPECIES MELÍFERAS Y RESTAURACIÓN

La inclusión de arbustos y árboles melíferos en paisajes agrícolas degradados o deforestados puede proporcionar hábitats para anidar e invernar a los polinizadores nativos (Tangtorwongsakul *et al.*, 2018; Ramsden *et al.*, 2015), aumentando la diversidad y la abundancia de polinizadores; también aumenta las fuentes de néctar que mejoran la nutrición y fortalecen las colmenas de *A. mellifera* (Morandin y Kremen, 2013; Medeiros 2019; Al-Ghamdi *et al.*, 2020, Donkersley 2019). Para el caso de las abejas, la inclusión de especies melíferas ayuda al pecoreo en condiciones subóptimas, cuando los recursos de néctar y polen son escasos. A su vez, el aumento en la población de polinizadores mejora la polinización de los cultivos (Truell *et al.*, 2008; Tschardt *et al.*, 2012). Al respecto, es importante destacar que los polinizadores, como las abejas y otros insectos, contribuyen a la producción de más del 75% de los cultivos alimentarios y son cruciales para la economía global (Klein *et al.*, 2007).

En términos de productividad, se ha observado que los árboles pueden ofrecer un importante flujo de néctar y polen, incluso con una mayor densidad de recursos en comparación con las especies herbáceas. Por lo tanto, aunque algunas especies herbáceas de siembra masiva, como las praderas, pueden ofrecer un recurso significativo en una gran área geográfica, los árboles pueden proporcionar recursos más densos por unidad de área (Figura 1).

Promover la plantación de árboles melíferos es una estrategia importante para la restauración a nivel de paisaje, sobre todo en aquellos ecosistemas degradados por la deforestación, la fragmentación del hábitat, la contaminación y el cambio climático, entre otros factores. Además de ofrecer mayor valor de conservación a las especies arbóreas melíferas nativas, la plantación de árboles puede atraer más polinizadores y mejorar la estructura del suelo, reducir el flujo de agua superficial, disminuir la temperatura del aire y del suelo, capturar carbono atmosférico y atraer organismos que proporcionan otros servicios y funciones ecosistémicas (Donkersley, 2019).



Figura 1. Esquema de la densidad de flores de una pradera (izquierda) y una especie melífera nativa (*Escallonia pulverulenta*) (derecha).

Especies Melíferas para Restauración y Conservación Forestal en Chile

En Chile, el uso apícola del bosque nativo tiene una gran importancia en la valoración y conservación de estos ecosistemas. La actividad apícola es vista como una forma de aprovechar de manera sostenible los recursos vegetales, ya que se considera al bosque nativo como un "productor" de miel y otros productos apícolas. Esta valoración económica incentiva a los propietarios a querer plantar estas especies y a conservar la vegetación natural, reduciendo así la presión antrópica sobre los ecosistemas. Además, el uso apícola del bosque contribuye a la mantención de los equilibrios ecológicos, ya que la actividad apícola fomenta la preservación de la biodiversidad y la conservación de la flora endémica, contribuyendo a asegurar las funciones y servicios ecosistémicos.

El Proyecto de INNOVA CORFO “Producción de Mielés Diferenciadas en la Región de Coquimbo, ejecutado por INFOR en zonas áridas y semiáridas de Chile, elaboró pautas para el establecimiento y manejo de huertos multipropósito de especies forestales nativas y exóticas, orientados a potenciar la producción de mieles diferenciadas para acceder a nuevos mercados. Aquí se acuñó el nombre de “Huerto Melífero”, definido como una plantación mixta de árboles, arbustos y hierbas, con especies de aptitud melífera, preferentemente orientadas a la producción de néctar y polen (Perret *et al.*, 2012).

Iniciativas locales, como el “Programa de Forestaciones Melíferas” impulsado por CONAF Los Ríos y la Municipalidad de Panguipulli en colaboración con otros actores, han tenido por objetivo mejorar el trabajo de pequeños apicultores y valorar el ecosistema forestal de la comuna. Por otra parte, el Programa FNDR regional “Transferencia Flora Forestal Melífera para mejorar el negocio apícola del Biobío”, ejecutado por INFOR en su Fase I (2015-2018) y II (2019-2023), aumentó la cantidad de flores melíferas en la región mediante el establecimiento de huertos melíferos con mezclas de especies forestales nativas reconocidas por el valor melífero de sus flores. Al usar múltiples especies, se aprovechan sus diferencias fenológicas para extender la temporada de floración, lo que permite una oferta de néctar y polen por un período más prolongado.

Los huertos melíferos también pueden incluir especies melíferas específicas para la producción de mieles monoflorales con propiedades demostradas, como la miel de quillay y tineo, que tienen propiedades antioxidantes, o la miel de ulmo y tiaca, que presentan propiedades bactericidas (**Cuadro 1**). De esta manera, el Programa busca mejorar el negocio apícola en la región mediante el manejo y suplementación de la diversidad floral (Montenegro & Ortega, 2013). En la ejecución de ambas fases del programa se establecieron un total de 204 huertos melíferos cercano a 200 ha distribuidos en la región del Biobío.

Cuadro 1. Especies vegetales endémicas o nativas que producen mieles monoflorales.

Tipología de mieles monoflorales	Ubicación	Propiedades Demostradas (*)
Quillay (<i>Quillaja saponaria</i>)	Matorral esclerófilo de Chile central; comunidades vegetacionales de zona mediterránea árida, semiárida y subhúmeda.	Positivo potencial sensorial; antioxidante.
Ulmo (<i>Eucryphia cordifolia</i>)	Bosque templado valdiviano.	Bactericida; fungicida.
Maqui (<i>Aristotelia chilensis</i>)	Matorral esclerófilo de Chile central; Bosque templado valdiviano.	Antioxidante.
Avellano (<i>Gevuina avellana</i>)	Bosque esclerófilo de la zona subhúmeda; Bosque templado valdiviano.	Positivo potencial sensorial.
Corontillo (<i>Escallonia pulverulenta</i>)	Matorral esclerófilo de Chile central	Bactericida.
Siete camisas (<i>Escallonia rubra</i>)	Matorral esclerófilo de Chile central; Bosque templado valdiviano.	Bactericida.
Tevo (<i>Retanilla trinervia</i>)	Matorral esclerófilo de Chile central.	Bactericida.
Tiaca (<i>Caldcluvia paniculata</i>)	Bosque templado valdiviano.	Bactericida; fungicida.
Tineo (<i>Weinmannia trichosperma</i>)	Bosque templado valdiviano.	Antioxidante

(*) Fuente: Montenegro & Ortega, 2013.

CONSIDERACIONES PARA LA RESTAURACION DE PAISAJE CON ESPECIES MELÍFERAS

Diversidad Genética y Cambio Climático

La restauración de paisajes mediante el uso de especies melíferas nativas se considera un modelo exitoso, que se puede extrapolar a nivel nacional. La simple plantación de estas especies no es suficiente para

recuperar las funciones y servicios ecosistémicos de un paisaje, es necesario realizar una selección adecuada de las especies a plantar, tomando en cuenta consideraciones genéticas del material y aspectos edafoclimáticos del lugar de plantación, entre otros factores.

Entre las consideraciones genéticas, los programas de restauración deben imperativamente considerar la diversidad genética (Ipinza & Gutiérrez, 2014; Thomas *et al.*, 2014), esta se refiere a la variación de los genes (alelos) de una población, y es considerada el nivel primario de biodiversidad. Los genes son el nivel de organización donde se genera la mayor variación, lo que permite a las poblaciones evolucionar y adaptarse a su ambiente. Sin diversidad genética, una especie no puede evolucionar y adaptarse a los cambios ambientales, experimentando una posibilidad mayor de extinción. Las especies tienen tres opciones que les permiten sobrevivir ante los rápidos cambios ambientales: dispersión, plasticidad fenotípica y adaptación. Si las primeras dos opciones no se cumplen, la sobrevivencia de una especie requerirá un rápido cambio adaptativo, que solo es posible si se ha mantenido un nivel adecuado de variación genética (Hedrick, 1999; Eriksson *et al.*, 2002; Donoso & Gallo, 2004; Eckert *et al.*, 2008).

Es importante recordar que la diversidad genética es fundamental para la supervivencia y adaptación de las especies leñosas en su entorno. La variabilidad genética les permite adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas (Templeton, 1994; Donoso & Gallo, 2004). La falta de diversidad genética puede hacer que las poblaciones de especies leñosas sean más vulnerables a eventos extremos como incendios forestales, sequías y enfermedades. Además, la homogeneidad genética puede reducir la capacidad de las poblaciones de especies leñosas para adaptarse a los cambios ambientales, lo que puede resultar en una disminución de la productividad y la salud de los bosques (Holderegger *et al.*, 2006; Kirk & Freeland, 2011. Thomas *et al.*, 2014).

Las especies arbóreas son reconocidas por su alta diversidad genética y su capacidad para experimentar una rápida microevolución, lo que les permite adaptarse y sobrevivir a los cambios ambientales. Comprender la base genética de la adaptación al ambiente es crucial para las iniciativas de establecimiento de especies arbóreas nativas relacionadas con la conservación y la restauración, especialmente en el contexto del cambio climático. A pesar de esto, pocas estrategias de conservación consideran los recursos genéticos de las especies forestales (Ipinza & Gutiérrez, 2014; Vajana *et al.*, 2022).

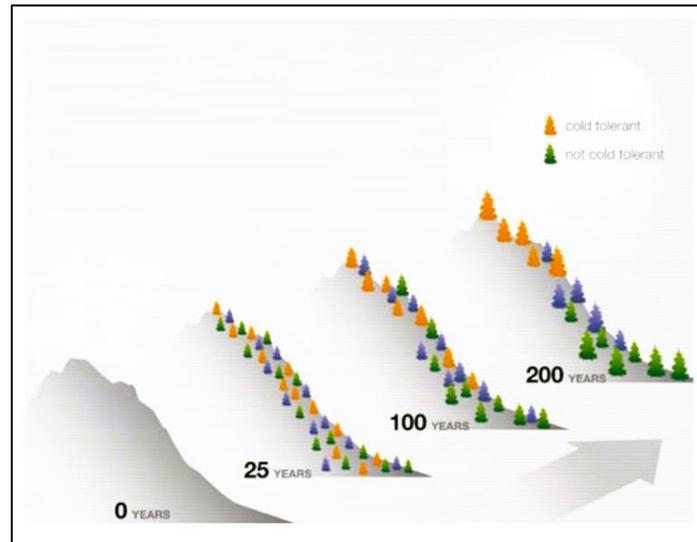
La genómica del paisaje es una disciplina relativamente nueva utilizada para estudiar la adaptación de las especies arbóreas (Holderegger *et al.*, 2006; Neale & Kremer, 2011; Sork *et al.*, 2013; Vajana *et al.*, 2022). Se trata de una aproximación que investiga las asociaciones espaciales genotipo-ambiente para identificar los genes relevantes para la adaptación de las especies. Cada vez más estudios utilizan datos genómicos a nivel de población para evaluar la vulnerabilidad genómica de las especies ante un clima cambiante (Feng & Du, 2022), lo que puede mejorar la gestión y conservación de especies arbóreas y abordar los desafíos del cambio climático (Figura 2).

Elección del Material de Propagación (Semillas)

La correcta elección de la calidad genética y origen de las semillas para producir las plantas de las especies melíferas que finalmente van a los sitios de plantación, es uno de los mayores desafíos dentro de la planificación espacial de la restauración (Thomas *et al.*, 2014; León-Lobos *et al.*, 2020; Atkinson *et al.*, 2021). En efecto, la falta de semillas de fuentes suficientemente diversas es un problema generalizado en los proyectos y programas de restauración del paisaje en todo el mundo (Jalonen *et al.*, 2018), situación que ha sido destacado en el “Plan de Acción Mundial para la Conservación, Utilización Sostenible y Desarrollo de los Recursos Genéticos Forestales” (FAO 2014), donde se estableció la necesidad estratégica de: (i) Elaborar y reforzar los programas nacionales de semillas, a fin de garantizar la disponibilidad en cantidad y calidad de semillas genéticamente apropiadas para los programas de plantación; y (ii) Promover la restauración y rehabilitación de los ecosistemas usando material genético apropiado.

Una evaluación realizada en Chile por Bioversity International (www.bioversityinternational.org) en 2017, evidenció que la falta de un suministro adecuado de semillas es un obstáculo importante para la restauración y rehabilitación efectiva de los ecosistemas forestales. En línea con estos hallazgos, Bannister

et al., (2018) y León-Lobos *et al.*, (2020) identificaron cuatro cuellos de botella técnicos para la restauración de bosques en diferentes regiones biogeográficas de Chile (**Figura 3**), entre los que también se encuentra el suministro de semillas. Estos estudios destacan la importancia de abordar los desafíos en la producción y suministro de semillas para mejorar la eficacia de la restauración forestal en Chile.



(Fuente: Wheeler & Neale, 2013)

Figura 2. La genómica del paisaje puede mejorar significativamente la gestión y conservación de especies arbóreas, permitiendo abordar de manera efectiva los desafíos del cambio climático. En la práctica, esto se traduce en la selección de semillas (material de propagación) más adecuadas para cada zona, permitiendo que se adapte a las condiciones edafoclimáticas y evolucione para generar bosques resilientes.



(Fuente: Elaboración propia)

Figura 3. Cuellos de botella técnicos identificados para la restauración de bosques en Chile por Bannister *et al.*, 2018 y complementado por León-Lobos *et al.*, 2020.

La demanda de semillas de árboles está aumentando rápidamente debido a las metas propuestas para el presente decenio, pero la pérdida y fragmentación continuas del hábitat de las especies están reduciendo la disponibilidad de fuentes de semillas y su diversidad genética (Ivetić *et al.*, 2016; Atkinson *et al.*, 2021). En este entorno dinámico, se necesitan mayores esfuerzos para mejorar la calidad, disponibilidad y acceso de semillas de calidad genética. Dado los compromisos nacionales e internacionales adquiridos por el país,

es urgente fortalecer los sistemas de producción y suministro de semillas a nivel nacional, regional y local para garantizar que el material de especies nativas como es el caso de las especies melíferas utilizadas en la restauración del paisaje, sean capaces de adaptarse a las condiciones locales y de persistir durante generaciones en un clima cambiante, devolviendo los servicios y funciones ecosistémicas.

Actualmente, la mejora de la calidad genética y el origen de las semillas de especies forestales con aptitud melífera es una actividad incipiente que carece de iniciativas concretas. Aunque se han realizado algunos estudios en especies con potencial melífero, estos han sido impulsados principalmente por la explotación comercial de los frutos o metabolitos de dichas especies, no considerando el repoblamiento espacial con estas especies. La falta de investigación en los suministros de semillas con calidad genética y origen conocidos de las especies arbóreas nativas, y su correcta utilización para la gestión y conservación de las especies de árboles es un desafío importante en la actualidad y representa un interesante nicho de estudio relacionado con las especies melíferas nativas, las cuales están siendo utilizadas en iniciativas de forestación o reforestación, incluyendo la restauración de paisaje.

CONCLUSIONES

La plantación de especies arbóreas melíferas es una estrategia efectiva y replicable para avanzar en la restauración del paisaje que puede contribuir a la conservación de la biodiversidad en Chile, tanto de las especies arbóreas nativas como de otros organismos asociados a estas especies. Esta práctica no solo contribuye a la mejora de la productividad de los apicultores y a la protección de los ecosistemas, sino que también proporciona otros servicios ecosistémicos, como la captura de carbono atmosférico y la reducción del flujo de agua superficial.

En Chile se han llevado a cabo iniciativas locales y regionales que buscan mejorar el trabajo de pequeños apicultores y valorar el ecosistema forestal, lo que demuestra el compromiso y la importancia de la conservación de estas especies. Sin embargo, existen obstáculos de diferente naturaleza que dificultan la implementación de estas acciones, entre tales obstáculos la carencia de un sistema confiable de suministro de semillas apropiadas para restauración se reconoce como uno de los principales.

REFERENCIAS

- Al-Ghamdi, A., Tadesse, Y., Adgaba, N. (2020).** Evaluation of major Acacia species in the nursery towards apicultural landscape restoration around Southwestern Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12): 3385-3389. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.09.002>
- APIMONDIA. (s.f.).** Trees for Bees. Recuperado el 5 de febrero de 2023, de <https://www.apimondia.org/trees-for-bees.html>
- Atkinson, R., Thomas, E., Roscioli, F., Cornelius, J.P., Zamora Cristales, R., Franco Chuaire, M., Alcázar, C. et al. 2021.** Seeding resilient restoration: An indicator system for the analysis of tree seed systems. *Diversidad*, 13(8): 367. <https://doi.org/10.3390/d13080367>
- Bannister, J. R., Vargas-Gaete, R., Ovalle, J. F., Acevedo, M., Fuentes-Ramirez, A., Donoso, P. J., Promis, A., Smith-Ramírez, C. (2018).** Major bottlenecks for the restoration of natural forests in Chile. *Restoration Ecology*, 26(6): 1039-1044. <https://doi.org/10.1111/rec.12880>
- Brancalion, P., Holl, K. (2020).** Global restoration priorities in tropical forests—The need for a better integration of science and practice. *Journal of Applied Ecology*, 57: eaav3223.
- Benedetti, S., Barros, S. (2018)** Boldo (*Peumus boldus* Mol.) Avances en la investigación para el desarrollo de modelos productivos sustentables. Santiago, Chile: INFOR - FIA.
- Betts, M., Phalan, B., Frey, S., Rousseau, J., Yang, Z. (2018).** Old-growth forests buffer climate-sensitive bird populations from warming. *Diversity and Distributions*, 24(4): 439-447. <https://doi.org/10.1111/ddi.12688>

- Bozzano, M., Jalonen, R., Thomas, E., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordács, S., Smith, P., Loo, J. (2014).** Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. State of the World's Forest Genetic Resources – Thematic Study. FAO/Bioversity International 281 p.
- Chazdon, R., Gutierrez, V., Brancalion, P., Laestadius, L. & Guariguata, M. (2020).** Co-creating conceptual and working frameworks for implementing forest and landscape restoration based on core principles. *Forests*, 11 (6): 706. <https://doi.org/10.3390/f11060706>
- Chazdon, R. & Brancalion, P. (2019).** Restoring forests as a means to many ends. *Science*, 365 (6468): 24–25. <https://doi.org/10.1126/science.aax9539>
- CONAF. (2020).** Reporte Nacional de Degradación de las Tierras: Proyecto de Manejo Sustentable de la Tierra. Corporación Nacional Forestal de Chile.
- Donkersley, P. (2019).** Trees for bees. *Agriculture, ecosystems & environment*, N° 270. Pp: 79-83. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.024>
- Donoso, C. & Gallo, L. (2004).** Aspectos conceptuales y metodológicos. En: Donoso, C., Premoli, A., Gallo, L., Ipinza, R. 2004. Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. 23 -37 pp.
- Eckert, C., Samis, K. & Lougheed, C. (2008).** Genetic variation across species geographical ranges: the central–marginal hypothesis and beyond. *Molecular Ecology*, 17(5): 1170–1188. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03659.x>
- Eriksson, A., Haubold, B. & Mehlig, B. (2002).** Statistics of selectively neutral genetic variation. *Physical Review*, N° 65. Pp: 1-4. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.65.040901>
- FAO. (2014).** Plan de acción mundial para la conservación, la utilización sostenible y el desarrollo de los recursos genéticos forestales.
- FAO. (2020).** El estado de los bosques en el mundo – Informe completo. Roma
- Feng, L. & Du, F. (2022).** Landscape genomics in tree conservation under a changing environment. *Frontiers in Plant Science*, 95. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.822217>
- Hedrick, P. (1999).** Perspective: highly variable loci and their interpretation in evolution and conservation. *Evolution*, 53(2): 313–318. <https://doi.org/10.2307/2640768>
- Holderegger, R., Kamm, U. & Gugerli, F. (2006).** Adaptive vs. neutral genetic diversity: implications for landscape genetics. *Landscape Ecology*, 21(6): 797–807. <https://doi.org/10.1007/s10980-005-5245-9>
- Ipinza, R. & Gutiérrez, B. (2014).** Consideraciones genéticas para la restauración ecológica. *Ciencia & Investigación Forestal*, 20(2): 51-72. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2014.421>
- IUCN. 2017.** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2017). Informe anual 2017. Disponible en: <https://portals.iucn.org/>
- Ivetić, V., Devetaković, J., Nonić, M., Stanković, D., & Šijačić-Nikolić, M. (2016).** Genetic diversity and forest reproductive material-from seed source selection to planting. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(5): 801. <https://doi.org/10.3832/ifor1577-009>
- Jalonen, R., Valette, M., Boshier, D., Duminil, J. & Thomas, E. (2018).** Forest and landscape restoration severely constrained by a lack of attention to the quantity and quality of tree seed: Insights from a global survey. *Conservation Letters*, 11(4), e12424. <https://doi.org/10.1111/conl.12424>
- Kirk H. & Freeland J. (2011).** Applications and implications of neutral versus non-neutral markers in molecular ecology. *Molecular Sciences*, 12(6):3966-3988. <https://doi.org/10.3390/ijms12063966>

- Klein, A., Vaissière, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C., Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: Biological sciences*, 274(1608): 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- León-Lobos, P., Bustamante-Sánchez, M., Nelson, C., Alarcón, D., Hasbún, R., Way, M., Pritchard, H. & Armesto, J. (2020). Lack of adequate seed supply is a major bottleneck for effective ecosystem restoration in Chile: friendly amendment to Bannister *et al.* (2018). *Restoration Ecology*, 28(2): 277-281. <https://doi.org/10.1111/rec.13113>
- Medeiros, H. 2019. The effects of landscape structure and crop management on insect community and associated ecosystem services and disservices within coffee plantation. Tesis Doctoral. Universidad de Sao Paulo, Piracicaba, Brasil.
- Montenegro, G. & Ortega, X. (2013). Innovación y valor agregado en los productos apícolas diferenciación y nuevos usos industriales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Morandin, L. & Kremen, C. (2013). Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. *Ecological Applications*, 23(4):829–839. <https://doi.org/10.1890/12-1051.1>
- Neale, D. & Kremer, A. (2011). Forest tree genomics: growing resources and applications. *Nature Reviews Genetics*, 12(2): 111-122. <https://doi.org/10.1038/nrg2931>
- ONU (2019). Decenio de las Naciones Unidas [Resolución A/RES/73/284]. Recuperado el 27 febrero 2023, de <http://undocs.org/es/A/RES/73/284>
- Perret, S., Gacitúa, S. & Villalobos, E. (2012). Huertos melíferos sustentabilidad para la producción apícola. Santiago, Chile: INFOR.
- Ramsden, M. W., Menéndez, R., Leather, S. R., & Wäckers, F. (2015). Optimizing field margins for biocontrol services: the relative role of aphid abundance, annual floral resources, and overwinter habitat in enhancing aphid natural enemies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, N° 199. Pp: 94-104. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.024>
- Sork, V., Aitken, S., Dyer, R., Eckert, A., Legendre, P. & Neale, D. B. (2013). Putting the landscape into the genomics of trees: approaches for understanding local adaptation and population responses to changing climate. *Tree Genetics & Genomes*, N° 9. Pp: 901–911. <https://doi.org/10.1007/s11295-013-0596-x>
- Tangtorwongsakul, P., Warrit, N. & Gale, G. (2018). Effects of landscape cover and local habitat characteristics on visiting bees in tropical orchards. *Agricultural and Forest Entomology*, doi: 10.1111/afe.12226. <https://doi.org/10.1111/afe.12226>
- Templeton, A. 1994. Biodiversity at the molecular genetic level: experiences from disparate macro-organisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 345(1311):59-64. <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0086>
- Thomas, E., Jalonen, R., Loo, J., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordács, S. *et al.* (2014). Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. *Forest Ecology and Management*, N° 333. Pp: 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.015>
- Truell, J., Fiedler, K., Landis, D. & Isaacs, R. (2008). Visitation by wild and managed bees (Hymenoptera: Apoidea) to eastern US native plants for use in conservation programs. *Environmental Entomology*, N° 37. Pp: 707–718. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2008\)37\[707:VBWAMB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2008)37[707:VBWAMB]2.0.CO;2)
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Hölscher, D. *et al.* (2012). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes—a review. *Journal of Applied Ecology*, 49(5): 1139-1145.

- Wright, S. & Gaut, B. (2004).** Molecular population genetics and the search for adaptive evolution in plants. *Molecular Biology and Evolution*, N° 22. Pp: 506–519. <https://doi.org/10.1093/molbev/msi035>
- Wheeler, N. & Neale, D. (2013).** Landscape genomics: An emerging discipline that can aid forest land managers with planting stock decisions. *Mountain Views: Cirmount*, 7(1): 10-14.
- Vajana, E., Bozzano, M., Marchi, M. & Piotti, A. (2022).** On the Inclusion of Adaptive Potential in Species Distribution Models: Towards a Genomic-Informed Approach to Forest Management and Conservation. *Environments*, 10(1), 3. <https://doi.org/10.3390/environments10010003>