



Entre la conservación y la producción: polinizadores silvestres y sus servicios en agroecosistemas de Chile

Between conservation and production:
wild pollinators and their services in Chilean agroecosystems.

Muñoz, Alejandra E.

Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales. Pontificia Universidad Católica de Chile.
Avda. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 07-04-2026

Accepted 22-06-2026

Keywords:

Pollination

Native bees

Biodiversity hotspot

Sustainable agriculture

Point of view,

Agroecology and Sustainable

Agricultural Systems

*Corresponding author:

Muñoz, Alejandra E.

E-mail address: aemunoz@uc.cl

ABSTRACT

Biotic pollination is a key ecosystem service that supports both biodiversity conservation and agricultural production. However, its provision is increasingly threatened by agricultural intensification, and other environmental pressures. In Chile, this issue is particularly relevant because most agricultural activity occurs within a global biodiversity hotspot characterized by exceptionally high levels of endemism, including one of the world's major hotspots for bee diversity. This article reviews current knowledge on wild pollinators and the pollination services they provide in Chilean agroecosystems, highlighting both the threats they face and the opportunities they offer for sustainable agriculture. Major challenges include landscape transformation, climate change, the spread of invasive species, and limited knowledge of the biology and conservation status of many native pollinator species. The review also synthesizes recent evidence on the contribution of wild pollinators to fruit crops, where they have been shown to play an important role and, in some cases, outperform managed pollinators in terms of pollination efficiency. Despite these advances, studies consistently report a low abundance and diversity of native bees in intensive orchards, a pattern probably linked to landscape simplification, the absence of agri-environmental schemes, and frequent pesticide use. The article concludes that conserving and promoting wild pollinators is both an ecological and agronomic necessity. Advancing toward agroecological systems that reduce chemical inputs, enhance floral diversity, and increase the availability of suitable habitats would help sustain Chile's unique pollinator fauna and the valuable pollination services it provides.

Palabras clave: Polinización; Abejas nativas; *hotspot* de biodiversidad; Agricultura sustentable

INTRODUCCIÓN

La agricultura requiere y a su vez impacta la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta nos brinda. Entre estos, la polinización biótica (*i.e.*, la transferencia de granos de polen desde el estambre al pistilo de las flores mediada por un ser vivo) es una interacción entre plantas y animales esencial para el mantenimiento de las comunidades silvestres y para la alimentación humana. Alrededor del 90% de las plantas angiospermas (la división de plantas con flor y fruto) y aproximadamente el 75% de los cultivos en el planeta requieren de la polinización biótica en forma total o parcial para generar o mejorar la cuaja de frutos (Klein et al., 2007; Ollerton et al., 2011). Dentro del reino animal el principal grupo que aporta este servicio son los insectos y, en particular las abejas (Hymenoptera: Apiformes); esto pues presentan una serie de adaptaciones que facilitan la polinización y sus hembras son incansables forrajeadoras de flores, pues lo hacen no solo para satisfacer sus necesidades, sino que también las de su progenie (Finnamore y Michener, 1993).

El modelo agrícola actual, de alto requerimiento de insumos, donde predominan monocultivos a gran escala que homogenizan paisajes, con provisión de recursos florales poco diversos y en un período acotado, y donde normalmente se aplican insecticidas y otros pesticidas que también afectan a otras especies que no son el objetivo, ha sido reconocido como uno de los principales responsables de la alarmante declinación de polinizadores a nivel mundial (Outhwaite et al., 2022; Wan et al., 2025).

En general, muy pocas especies domesticadas se utilizan a nivel mundial para polinizar cultivos, lo cual se considera un patrón riesgoso (Aizen and Harder, 2009). Sin embargo, en las últimas décadas se ha generado sustanciosa evidencia de que los insectos silvestres, vale decir, aquellos insectos que no están sometidos al manejo del ser humano, constituyen un aporte significativo a la polinización de cultivos. Este servicio valorizado es tan importante como el de abejas manejadas y en algunos casos se ha demostrado mayor eficiencia de polinizadores silvestres respecto a las especies domesticadas (Garibaldi et al., 2013; Kleijn et al., 2015; Rader et al., 2016).

Este trabajo busca presentar ciertos patrones sobre nuestros polinizadores silvestres y lo que se conoce de sus servicios en agroecosistemas, como un llamado de alerta a la imperiosa necesidad de su fomento y cuidado en sistemas productivos, tanto desde punto de vista conservacionista como agronómico.

LA SITUACIÓN EN CHILE

La particularidad de nuestra biodiversidad y agricultura

Gran parte de nuestra producción agrícola depende de los polinizadores, pues muchos frutales y también algunas hortalizas requieren de polinización entomófila para mejorar rendimiento, calibre y otros atributos de calidad de frutos. Para proveer este servicio ecosistémico y al igual que el patrón a nivel mundial, en nuestro país se usan especies domesticadas, típicamente la abeja melífera y el abejorro europeo. De forma preocupante, ya en el 2016 la FAO reportaba una insuficiente oferta de colmenas para cubrir las necesidades por parte de la agricultura en nuestro país (FAO, 2016). Es ahí donde toman relevancia los polinizadores silvestres.

Veamos algunos patrones de nuestra diversidad y agricultura que nos permiten relacionar la conservación de biodiversidad y sus servicios en nuestros agroecosistemas. La amplia mayoría de la agricultura y silvicultura en Chile se desarrolla en un área que es reconocida a nivel mundial como un punto caliente o *hotspot* de biodiversidad, prioritario en conservación (Myers et al., 2000). Estas áreas son reconocidas por presentar alta diversidad y endemismo, pero a la vez con severas amenazas a su conservación. En nuestro territorio esta zona abarca el área bajo clima mediterráneo y la parte norte del bosque templado (la más diversa). Constituye una "isla biogeográfica" aislada del resto del continente por barreras: el mar, el desierto y la cordillera de Los Andes; por eso su nivel de endemismo es muy alto. Particular atención merece el área bajo clima mediterráneo, donde la fruticultura chilena se concentra (más del 90% entre las regiones de Coquimbo y Biobío, según censo el último censo nacional agropecuario; INE, 2022). A nivel mundial las áreas bajo este clima son muy diversas, albergando cerca del 20% del total de plantas vasculares del planeta en menos de un 5% de la superficie terrestre (Cowling et al., 1996). El área bajo clima mediterráneo en nuestro país también se ha reconocido como uno de los seis *hotspot* de abejas en el mundo (Gould, 2015). Chile alberga 478 especies de especies nativas descritas (Flores-Prado et al., 2023), y por lo menos, una centena más por describir (Packer y Ruz, 2017), con un nivel de endemismo nacional de aproximadamente 70% (Montalva y Ruz, 2010); vale decir, siete de cada diez especies abejas nativas habitan sólo en Chile y en ninguna otra parte del planeta.

Las amenazas a los polinizadores

En adición a las mismas amenazas a los polinizadores a nivel mundial, en Chile se suman otras amenazas locales. Gran parte de las abejas y otros polinizadores silvestres habitan en la zona más poblada del país don-

de, además de las grandes ciudades, el territorio ha sido transformado en campos agrícolas y plantaciones forestales, inicialmente en los valles, pero desde hace décadas, ha ocurrido el reemplazo de significativas áreas de vegetación natural por agricultura en laderas de cerros (Schulz et al., 2010). Somos un país muy vulnerable al cambio climático y la sequía que ha afectado a gran parte del territorio, disminuye los recursos florales silvestres por stress hídrico en formaciones esclerófilas de la zona central y favorece la ocurrencia de mega incendios (Miranda et al., 2020; Urrutia-Jalabert et al., 2018). Cabe mencionar que dichas amenazas también afectan la disponibilidad de polinizadores manejados como abejas melíferas. Y justamente, en relación a los polinizadores manejados, también se suma otra amenaza, cuando estos se asilvestran y causan significativos daños en las comunidades biológicas a las que llegan y sus ecosistemas convirtiéndose en especies invasoras. Este es el caso del abejorro europeo (*Bombus terrestris* L.). Este abejorro es un eficiente polinizador en algunos cultivos, particularmente los que requieren polinización por zumbido, una conducta no presente en abejas melíferas. Se introdujo en el año 1997 a Chile para la polinización de tomates en invernaderos. Desde aquel entonces la especie se asilvestró ocupando prácticamente todo nuestro territorio, migrando hacia Argentina y se espera que llegue pronto a otros países de América (Fontúrbel et al., 2021). Su arribo es reconocido como la principal causa de la disminución poblacional del abejorro nativo o moscardón *Bombus dahlbomii* (Guér.) (Morales et al., 2016; Smith-Ramírez et al., 2018), actualmente catalogado como en peligro de extinción según la lista roja de la IUCN (Morales et al., 2016). El moscardón, endémico de Chile y Argentina y el más grande y austral del planeta, es tremendamente poliléctico (generalista en términos del tipo de polen que consume); era un visitante muy común en los bosques templados de Sudamérica (Aizen et al., 2002). El abejorro europeo además roba néctar en especies de corola alargada y estrecha donde no entra bien su glosa y recientemente, se ha documentado que homogeniza las redes de interacción planta-polinizador, disminuyendo la especialización en las interacciones y amenazando las redes mutualistas en las comunidades silvestres (Marinho et al., 2026). Lamentablemente el problema no está resuelto. El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile sigue permitiendo la importación de colonias y reinas (se puede confirmar en la Resolución Exenta N°5889/2019 vigente), pues cultivos como tomates en invernadero y arándanos son efectivamente polinizados por ellos; más aún los abejorros en particular (el género *Bombus*) son polinizadores que requieren menor temperatura que abejas melíferas para activarse, lo cual representa una ventaja considerando la migración que está ocurriendo de algunas especies frutales hacia el sur, dado el cambio climático.

Finalmente, los conocimientos tanto sobre la biología de las especies de polinizadores silvestres y, más aún, sus estados de conservación son escasos (Flores-Prado et al., 2023). En efecto, este poco conocimiento también puede ser considerada una amenaza pues no se puede conservar lo que no se conoce y se puede estar perdiendo oportunidades de servicios ecosistémicos brindados por polinizadores nativos cuándo se desconoce su rol y cómo fomentarlos, conservarlos y utilizarlos.

¿Qué sabemos sobre los servicios de nuestros polinizadores silvestres?

En Chile el conocimiento sobre el aporte de polinizadores silvestres a la polinización, tanto de flora nativa como de cultivos, es incipiente pero creciente. Dos revisiones recientes de visitantes florales en la flora silvestre de Chile reportan registros en menos del 10% de las angiospermas que se desarrollan en el país (Carvalho et al., 2023; Muschett and Fontúrbel, 2022). Respecto al aporte de polinizadores silvestres, una revisión en ecosistemas mediterráneos chilenos publicada el 2018, destacaba entre los hallazgos más relevantes la falta de investigación sobre los efectos de polinizadores silvestres en cultivos (Medel et al., 2018). No obstante, desde la citada revisión a la fecha se ha avanzado en el conocimiento de la actividad y servicio de polinizadores silvestres en especies principalmente frutícolas como paltos (Celis-Diez et al., 2023; Monzón et al., 2020; Muñoz et al., 2021a, 2021b), manzano (Barahona-Segovia et al., 2023; García et al., 2026), cerezas (García et al., 2025; Rivers-Moore et al., 2025) y arándanos (Cortés-Rivas et al., 2023a). Pareciese ser un avance promisorio donde incluso se ha reportado mayor eficiencia de especies nativas respecto a domésticas en estudios puntuales (Cortés-Rivas et al., 2023b).

No obstante los avances antes mencionados, se observa una preocupante baja presencia de polinizadores silvestres en nuestros campos y de abejas en particular, las cuales representan 1 a 2% de las visitas hechas por insectos silvestres (García et al., 2026; Rivers-Moore et al., 2025) o ninguna (Celis-Diez et al., 2023) y donde se reportan un puñado de abejas nativas (Celis-Diez et al., 2023; Cortés-Rivas et al., 2023a; Cortés-Rivas et al., 2023b; Monzón et al., 2020; Rivers-Moore et al., 2025); solo Barahona-Segovia et al. (2023) reportan 16 especies de abejas nativas pero que representaron aproximadamente 3% de los visitantes florales en manzano. Si bien es esperable la predominancia de abejas domésticas dado el establecimiento de colmenas en muchos huertos, tanto por la riqueza de abejas silvestres reportadas como por la brecha entre silvestres y domésticas, podemos observar escasa presencia y actividad de abejas nativas (y silvestres) en los huertos frutales comparados con huertos de los mismos frutales de países del hemis-

ferio norte ubicados en sitios que no son un *hotspot* de diversidad de abejas (e.g., Adamson et al., 2012; Blitzer et al., 2016; Mallinger et al., 2017; Martins et al., 2015; Russo et al., 2015). En concordancia, un estudio nacional reciente que analizó polinizadores que habitan en huertos de cerezo y manzano (por trampeo, no los que visitan las flores del frutal) reporta pocas abejas generalistas; si bien hubo mayor riqueza en paisajes con mayor proporción de áreas naturales, el recambio de especies fue bajo probablemente por filtros ambientales asociados al monocultivo (Vicencio-Olivares et al., 2025).

Mucha de nuestra fruticultura se desarrolla en huertos de gran tamaño (decenas y centenas de hectáreas) con mono-cultivos extensivos. Más aun, no tenemos esquemas agroambientales como los tienen los países desarrollados del hemisferio norte donde exportamos. Los esquemas agroambientales son prácticas impulsadas por gobiernos, de carácter voluntario u obligatorio (en ciertos casos), destinadas a revertir o mitigar la pérdida de biodiversidad y fomentar servicios ecosistémicos en agroecosistemas (Tylianakis and Martin-Ortega, 2021). En paisajes agrícolas intensivos de la Unión Europea son obligatorios de implementar desde el año 2015 (Williams et al., 2015) y en Estados Unidos también llevan décadas a través del “Conservation Reserve Program” del Departamento de Agricultura de dicho país (U.S. Department of Agriculture, n.d.). Estos esquemas fomentan el establecimiento de bandas de flores, manejo de setos vivos, áreas de amortiguación de cursos de agua, entre otras. En Chile este tipo de medidas no reciben financiamiento y son escasamente implementadas.

Por último, pero no menos importante, se debiese poner atención a la carga de pesticidas aplicadas en los huertos. Si bien hay mucha evidencia del efecto de insecticidas en abejas, hay menos evidencia en fungicidas (también usados para ralea fruta en algunos casos) pero se espera que también presenten efectos negativos considerando que son aplicados en período de vuelo de polinizadores por productores convencionales y orgánicos (Belsky y Joshi, 2020; Son et al., 2021). Veo con preocupación cómo en nuestra agricultura sigue habiendo aplicación de pesticidas dadas por calendarios. No se debiese jamás aplicar por calendarios, sino que por decisiones justificadas, por ejemplo, usando modelos predictivos dados por condiciones ambientales predisponentes y tomando en cuenta la variabilidad entre cuarteles de un mismo predio. Esto ahorra costos en insumos y disminuye el impacto en polinizadores silvestres que prestan un servicio gratuito.

REFLEXIONES FINALES

A través del documento he pretendido ilustrar ciertos patrones respecto a nuestra biodiversidad que aporta servicios en polinización y nuestra agricultura.

Sin pretender establecer causalidad entre las amenazas y la escasa evidencia sobre nuestros polinizadores silvestres (además considerando que un efecto puede muy probablemente ser resultado de más de un factor) hay de todos modos recomendaciones que considero que se debiesen adoptar. En un contexto de transición agroecológica (Tittonell, 2014), mi invitación es a minimizar siempre que sea posible la carga de pesticidas (la llamada eco-eficiencia; que debiese ser un imperativo en los tiempos actuales) o mejor, sustituir insumos por otros menos nocivos (la fase de sustitución de insumos) y a mantener y fomentar plantas de floración vistosa, ojalá nativas, en nuestros huertos en un contexto de re-diseño predial, de manera que brinden recursos florales variados en calidad y por más tiempo que el acotado período de floración de los cultivos; esto permite que insectos benéficos (polinizadores y también enemigos naturales de plagas) tengan recursos para completar sus ciclos de vida. La idea es fomentar agroecosistemas que constituyan un hábitat más amigable para la rica y única biodiversidad con la que conviven y que se pueda así obtener servicios de ésta, como la polinización.

Agradecimientos

Parte de todos estos antecedentes y reflexiones fueron obtenidos gracias al Proyecto Fondecyt de Postdoctorado de ANID “Enhancing wild bee functional diversity and fruit set in apple (*Malus domestica* Borkh.) orchards through the establishment of functional native flower strips”, Folio #3230315

Referencias

- Adamson, N.L., Roulston, T.H., Fell, R.D., Mullins, D.E., 2012. From April to August—Wild Bees Pollinating Crops Through the Growing Season in Virginia, Usa. *Environ. Entomol.* 41, 813–821. <https://doi.org/10.1603/EN12073>
- Aizen, M.A., Harder, L.D., 2009. The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology* 19, 915–918. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.03.071>
- Aizen, M.A., Vázquez, D.P., Smith-Ramírez, C., 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Revista Chilena de Historia Natural* 75, 79–97. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2002000100008>
- Barahona-Segovia, R.M., Gatica-Barrios, P., Durán-Sanzana, V., Smith-Ramírez, C., 2023. No wild bees? Don't worry! Non-bee flower visitors are still hard at work: The edge effect, landscape, and local characteristics determine taxonomic and functional diversity in apple orchards. *Agric. Ecosyst. Environ.* 354. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108554>
- Belsky, J., Joshi, N.K., 2020. Effects of Fungicide and Herbicide Chemical Exposure on Apis and Non-Apis Bees in Agri-

- cultural Landscape. *Front. Environ. Sci.* 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00081>
- Blitzer, E.J., Gibbs, J., Park, M.G., Danforth, B.N., 2016. Pollination services for apple are dependent on diverse wild bee communities. *Agric. Ecosyst. Environ.* 221, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.004>
- Carvalho, G.A., Reyes, S.A., Valdivia, C.E., 2023. Polinización en ecosistemas silvestres ¿son las abejas el grupo de polinizadores más importante de la flora de Chile?, in: Flores Prado, L. (Ed.), *Abejas En Chile: Desde Su Biología Hacia Su Conservación*. Ediciones Fremen SpA., Santiago de Chile, pp. 76–101.
- Celis-Diez, J.L., García, C.B., Armesto, J.J., Abades, S., Garratt, M.P.D., Fontúrbel, F.E., 2023. Wild Floral Visitors Are More Important Than Honeybees as Pollinators of Avocado Crops. *Agronomy* 13, 1722. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071722>
- Cortés-Rivas, B., Monzón, V.H., Rego, J.O., Mesquita-Neto, J.N., 2023a. Pollination by native bees achieves high fruit quantity and quality of highbush blueberry: a sustainable alternative to managed pollinators. *Front. Sustain. Food Syst.* 7. <https://doi.org/10.3389/fsu-2023.1142623>
- Cortés-Rivas, B., Smith-Ramírez, C., Monzón, V.H., Mesquita-Neto, J.N., 2023b. Native bees with floral sonication behaviour can achieve high-performance pollination of highbush blueberry in Chile. *Agric. For. Entomol.* 25, 91–102. <https://doi.org/10.1111/afe.12533>
- Cowling, R.M., Rundel, P.W., Lamont, B.B., Arroyo, M.K., Arianooutou, M., 1996. Plant diversity in mediterranean-climate regions. *Trends Ecol. Evol.* 11, 362–366. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)10044-6](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)10044-6)
- FAO, 2016. Línea Base del Servicio Ecosistémico de la polinización en Chile: Documento de Síntesis. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, Santiago de Chile.
- Finnamore, A.T., Michener, C.D., 1993. Superfamily Apoidea, in: Goulet, H., Huber, J.T. (Eds.), *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. Research Branch, Ottawa, Ontario, pp. 279–357.
- Flores-Prado, L., Aguilera-Olivares, D., Pinto, C.F., 2023. Conocimiento, relevancia y conservación de las abejas, in: Flores-Prado, L. (Ed.), *Abejas En Chile: Desde Su Biología Hacia Su Conservación*. Ediciones Fremen, Santiago, pp. 12–30.
- Fontúrbel, F.E., Murúa, M.M., Vieli, L., 2021. Invasion dynamics of the European bumblebee *Bombus terrestris* in the southern part of South America. *Sci. Rep.* 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94898-8>
- García, C.B., Díaz-Sieffer, P., Smith-Ramírez, C., Montero-Silva, F., Martínez-Harms, J., Murúa, M., Celis-Diez, J.L., 2025. Synergistic effect of honeybees and wild floral visitors in promoting sweet cherry fruit set in central Chile. *Biol. Res.* 58, 39. <https://doi.org/10.1186/s40659-025-00617-2>
- García, C.B., Dymond, K., López-Aliste, M., Díaz-Sieffer, P., Fontúrbel, F.E., Garratt, M.P.D., Celis-Diez, J.L., 2026. Natural habitats enhance pollination services in apple and sweet cherry orchards: Evidence from Southern Mediterranean agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 400, 110220. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2026.110220>
- Garibaldi, L.A., Steffan-dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M.A., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Kremen, C., Carvalheiro, L.G., 2013. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* (1979). 339, 1608–1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>
- Gould, J., 2015. Meet our prime pollinators. *Nature* 521, S48–S49.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2022). VIII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2020-2021: Tabulados y base de datos. Chile. Disponible en: <http://www.inec.cl/censoagropecuario>
- IUCN 2026. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-2. <https://www.iucnredlist.org>
- Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., Carvalheiro, L.G., Henry, M., Isaacs, R., Klein, A.M., Kremen, C., M'Gonigle, L.K., Rader, R., Ricketts, T.H., Williams, N.M., Lee Adamson, N., Ascher, J.S., Báldi, A., Batáry, P., Benjamin, F., Biesmeijer, J.C., Blitzer, E.J., Bommarco, R., Brand, M.R., Bretagnolle, V., Button, L., Cariveau, D.P., Chifflet, R., Colville, J.F., Danforth, B.N., Elle, E., Garratt, M.P.D., Herzog, F., Holzschuh, A., Howlett, B.G., Jauber, F., Jha, S., Knop, E., Krewenka, K.M., Le Féon, V., Mandelik, Y., May, E.A., Park, M.G., Pisanty, G., Reemer, M., Riedinger, V., Rollin, O., Rundlöf, M., Sardiñas, H.S., Scheper, J., Sciligo, A.R., Smith, H.G., Steffan-Dewenter, I., Thorp, R., Tscharntke, T., Verhulst, J., Viana, B.F., Vaissière, B.E., Veldtman, R., Westphal, C., Potts, S.G., 2015. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nat. Commun.* 6. <https://doi.org/10.1038/ncomms8414>
- Klein, A.-M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274, 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Mallinger, R.E., Gaines-Day, H.R., Gratton, C., 2017. Do managed bees have negative effects on wild bees?: A systematic review of the literature, *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189268>
- Marinho, R.C., Guimarães, B.M. da C., Carvalho, G.O., Maruyama, P.K., Murúa, M.M., Rech, A.R., Vieli, L., Oliveira, P.E., Fontúrbel, F.E., 2026. Silent takeover: How invasive bees reshaped plant-pollinator interactions in a biodiversity hotspot. *NeoBiota* 105, 259–274. <https://doi.org/10.3897/neobiota.105.174573>
- Martins, K.T., Gonzalez, A., Lechowicz, M.J., 2015. Pollination services are mediated by bee functional diversity and landscape context. *Agric. Ecosyst. Environ.* 200, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.018>
- Medel, R., González-Browne, C., Fontúrbel, F.E., 2018. Pollination in the Chilean Mediterranean-type ecosystem: a review of current advances and pending tasks. *Plant Biol.* 20, 89–99. <https://doi.org/10.1111/plb.12644>
- Miranda, A., Lara, A., Altamirano, A., Di Bella, C., González, M.E., Julio Camarero, J., 2020. Forest browning trends in response to drought in a highly threatened mediterranean landscape of South America. *Ecol. Indic.* 115, 106401. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106401>
- Montalva, J., Ruz, L., 2010. Actualización de la lista sistemática de las abejas chilenas (Hymenoptera: Apoidea). *Revista Chilena de Entomología* 35, 15–52.

- Monzón, V.H., Avendaño-Soto, P., Araujo, R.O., Garrido, R., Mesquita-Neto, J.N., 2020. Avocado crops as a floral resource for native bees of Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 93. <https://doi.org/10.1186/s40693-020-00092-x>
- Morales, C., Montalva, J., Arbetman, M., Aizen, M.A., Smith-Ramírez, C., Vieli, L., Hatfield, R., 2016. *Bombus dahlbomii*, IUCN Red List of Threatened Species. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T21215142A100240441.en>
- Muñoz, A.E., Amouroux, P., Zaviezo, T., 2021a. Native flowering shrubs promote beneficial insects in avocado orchards. *Agric. For. Entomol.* 23, 463–472. <https://doi.org/10.1111/afe.12447>
- Muñoz, A.E., Plantegenest, M., Amouroux, P., Zaviezo, T., 2021b. Native flower strips increase visitation by non-bee insects to avocado flowers and promote yield. *Basic Appl. Ecol.* 56, 369–378. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.08.015>
- Muschett, G., Fontúrbel, F.E., 2022. A comprehensive catalogue of plant-pollinator interactions for Chile. *Sci. Data* 9, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01195-8>
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., DaFonessa, G., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Conservation Biology* 403, 853. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120, 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Outhwaite, C.L., McCann, P., Newbold, T., 2022. Agriculture and climate change reshape insect biodiversity worldwide. *Nature*.
- Packer, L., Ruz, L., 2017. DNA barcoding the bees (Hymenoptera: Apoidea) of Chile: species discovery in a reasonably well known bee fauna with the description of a new species of *Lonchopria* (Colletidae). *Genome* 60, 414–430. <https://doi.org/10.1139/gen-2016-0071>
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L.A., Garratt, M.P.D., Howlett, B.G., Winfree, R., Cunningham, S.A., Mayfield, M.M., Arthur, A.D., Andersson, G.K.S., Bommarco, R., Brittain, C., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Entling, M.H., Foully, B., Freitas, B.M., Gemmill-Herren, B., Ghazoul, J., Griffin, S.R., Gross, C.L., Herbertsson, L., Herzog, F., Hipólito, J., Jaggar, S., Jauker, F., Klein, A.-M., Kleijn, D., Krishnan, S., Lemos, C.Q., Lindström, S.A.M., Mandelik, Y., Monteiro, V.M., Nelson, W., Nilsson, L., Pattermore, D.E., de O. Pereira, N., Pisanty, G., Potts, S.G., Reemer, M., Rundlöf, M., Sheffield, C.S., Scheper, J., Schüepp, C., Smith, H.G., Stanley, D.A., Stout, J.C., Szentgyörgyi, H., Taki, H., Vergara, C.H., Viana, B.F., Woyciechowski, M., 2016. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113, 146–151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112>
- Rivers-Moore, J., Murúa, M., Zaviezo, T., 2025. Foraging Behaviour of Floral Visitors as an Indicator of Pollination Potential in Sweet Cherry Orchards. *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/jen.70050>
- Russo, L., Park, M., Gibbs, J., Danforth, B., 2015. The challenge of accurately documenting bee species richness in agroecosystems: bee diversity in eastern apple orchards. *Ecol. Evol.* 5, 3531–3540. <https://doi.org/10.1002/ece3.1582>
- Servicio Agrícola y Ganadero. (2019). *Resolución Exenta N.º 5889: Establece exigencias sanitarias para la importación a Chile de *Bombus terrestris* (L.) desde los orígenes que indica y manejo de las colonias en territorio*. Gobierno de Chile. https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/res_5889_2019_bombus.pdf
- Schulz, J.J., Cayuela, L., Echeverría, C., Salas, J., Rey Benayas, J.M., 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography* 30, 436–447. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.12.003>
- Smith-Ramírez, C., Vieli, L., Barahona-Segovia, R.M., Montalva, J., Cianferoni, F., Ruz, L., Fontúrbel, F.E., Valdivia, C.E., Medel, R., Pauchard, A., Celis-Diez, J.L., Riesco, V., Monzón, V., Vivallo, F., Neira, M., 2018. Las razones de por qué Chile debe detener la importación del abejorro comercial *Bombus terrestris* (Linnaeus) y comenzar a controlarlo. *Gayana (Concepción)* 82, 118–127. <https://doi.org/10.4067/s0717-65382018000200118>
- Son, T.K., Mostafiz, M.M., Hwang, H.S., Thanh, N.T., Lee, K.Y., 2021. Efficacy of an eco-friendly bloom thinning formulation on mango trees and its olfactory effect on an insect pollinator, *apis mellifera*. *Horticulturae* 7. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040062>
- Tittonell, P., 2014. Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 8, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.006>
- 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>
- Urrutia-Jalabert, R., González, M.E., González-Reyes, Á., Lara, A., Garreaud, R., 2018. Climate variability and forest fires in central and south-central Chile. *Ecosphere* 9. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2171>
- U.S. Department of Agriculture. (n.d.). Conservation Reserve Program. Recuperado el 28 de marzo de 2026 desde <https://www.fsa.usda.gov/resources/conservation/conservation-reserve-program>
- Vicencio-Olivares, F., López-Aliste, M., Díaz-Siefer, P., Gomes, I.N., Jofré-Pérez, C., Flores-Prado, L., Celis-Diez, J.L., Fontúrbel, F.E., 2025. Exploring the role of natural vegetation in shaping bee diversity, functional space, and species turnover across agricultural landscapes. *Glob. Ecol. Conserv.* 62, e03749. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03749>
- Wan, N.-F., Fu, L., Dainese, M., Kiær, L.P., Hu, Y.-Q., Xin, F., Goulson, D., Woodcock, B.A., Vanbergen, A.J., Spurgeon, D.J., Shen, S., Scherber, C., 2025. Pesticides have negative effects on non-target organisms. *Nat. Commun.* 16, 1360. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56732-x>
- 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., 2015. Native wildflower plantings support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. *Ecological Applications* 25, 2119–2131. <https://doi.org/10.1890/14-1748.1>