

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes
Eduardo Enrique Zattara
Editores

CIENCIA CIUDADANA Y POLINIZADORES DE AMÉRICA DEL SUR



Natalia Pirani Ghilardi-Lopes

Eduardo Enrique Zattara

Editores

CIENCIA CIUDADANA Y POLINIZADORES DE AMÉRICA DEL SUR

1ª edición

editora  cubo
soluções para o universo acadêmico

São Carlos
2022



Este libro fue producido en el marco del proyecto SURPASS2 - Safeguarding Pollinators and Pollination Services, que está financiado por Newton Fund Latin America Biodiversity Programme: Biodiversity - Ecosystem services for Sustainable Development, otorgado por el Consejo de Investigación del Medio Ambiente Natural de UKRI (NERC - NE/S011870/2), en asociación con el Consejo Nacional de Investigación Científica y Técnica de Argentina (CONICET - RD 1984/19), Brasil / Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - 2018/14994-1) y Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID - NE/S011870/1).

Los capítulos de este libro han pasado por un proceso de revisión cruzada por parte de los autores.

Revisores de capítulos

Alexandra Aparecida Gobatto

Blandina Felipe Viana

Caren Queiroz Souza

Eduardo Enrique Zattara

Karla Vanessa de Camargo Barbosa

Lourdes Boero

Maristela Zamoner

Melisa Gabriela Geisa

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes

Rodrigo Barahona-Segovia

Sheina Koffler

Tiago Maurício Franco

El contenido de los capítulos no refleja necesariamente los puntos de vista de los organizadores del libro.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ciencia cidadana y polinizadores de América del Sur [livro eletrônico] / Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Eduardo Enrique Zattara, organizadores. -- 1. ed. -- São Carlos, SP : Cubo Multimídia, 2022. PDF

Vários autores.

ISBN 978-65-86819-21-2

1. Biodiversidade 2. Ciência - Aspectos sociais
3. Ecossistemas - Aspectos ambientais
4. Ecossistemas - Aspectos sociais 5. Monitoramento ambiental 6. Polinizadores I. Ghilardi-Lopes, Natalia Pirani. II. Zattara, Eduardo Enrique.

22-99232

CDD-333.7316

Índices para catálogo sistemático:

1. Ecossistemas : Gestão : Conservação e proteção : Recursos naturais : Economia 333.7316

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.100001.es>

Portada, diseño gráfico y maquetación

editora cubo
soluções para o universo acadêmico

www.editoracubo.com.br

+55 16 3307-2068

Acerca de los autores



Adolf Carl Krüger

Biólogo por la Universidad Federal de Paraná, Magíster en Ecología y Recursos Naturales por la Universidad Federal de São Carlos. Profesor de la red del estado de Paraná.



Adriana Burgos

Bióloga egresada de la Universidad de Buenos Aires con posgrados en Ciencias Ambientales y en Educación. Directora del área educativa del Jardín Botánico Carlos Thays de la ciudad de Buenos Aires y de la Biblioteca Infantil de la Naturaleza. Profesora universitaria. Capacitadora docente. Autora del libro "Nativas, flores de Argentina".



Alexandra Aparecida Gobatto

Bióloga, magíster y doctora por la UNESP / Rio Claro (Biología Vegetal; área: Polinización y Biología Reproductiva). Postdoctorado en Ecología Aplicada a la Educación (Museu da Vida/Fiocruz, RJ, Brasil). Investigadora y profesora del Centro de Responsabilidad Socioambiental del Instituto de Investigaciones Jardim Botânico de Río de Janeiro. Miembro de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana.



Amanda Vilchez

Bióloga de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Fundadora y directora de Ciencia Ciudadana Perú, organización orientada a reconectar ciencia y sociedad a través del desarrollo de proyectos de investigación en biodiversidad participativos y divulgación científica mediante redes sociales.



Anderson Warkentin

Analista Administrativo, Administrador de Empresas de la Fundación de Estudios Sociales de Paraná, científico ciudadano y Observador de la Vida Animal desde 2005.



Andre Luis Acosta

Biólogo, Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos, Doctorado en Ecología, postdoctorado en Escenarios de Biodiversidad y Salud Pública. Investigador en Cambio Climático y Salud Planetaria del Instituto de Estudios Avanzados de la USP. Investigador en Ciencia de Datos y Biodiversidad 4.0 en el Instituto Tecnológico Vale de Desarrollo Sustentable.



Angelo Loula

Máster y Doctor en Ingeniería Informática por la Unicamp en el área de sistemas inteligentes. Profesor e investigador en Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos de la Universidad Estadual de Feira de Santana. Miembro de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana.



Antonio Mauro Saraiva

Catedrático del Departamento de Ingeniería Informática y Sistemas Digitales (Poli-USP). Ha trabajado en Investigación y Desarrollo en la aplicación de tecnologías de la información y la comunicación a la agroindustria y el medio ambiente. Es investigador principal del proyecto SURPASS2 (UKRI NERC, CONICET, ANID y FAPESP). Coordina el Grupo de Estudio sobre Salud Planetaria (IEA-USP). Miembro de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana.



Arthur Domingos de Melo

Biólogo, Magister y Doctor en Biología Vegetal - UFPE. Postdoctorados en UFPE y UPE, respectivamente en el "Laboratório de Biología Floral e Reproductiva - CB" y "Laboratório de Ecología - Campus Petrolina". Trabaja con Biología de la Polinización investigando la selección fenotípica mediada por murciélagos polinizadores y realizando actividades de divulgación científica.



Betina Blochtein

Bióloga, doctora en Zoología. Profesora Titular de la Pontificia Católica de Rio Grande do Sul (PUCRS), e investigadora y asesora del Programa de Postgrado Ecología y Evolución de la Biodiversidad con enfoque en polinización agrícola y conservación y manejo de polinizadores.



Blandina Felipe Viana

Bióloga y agrónoma por la Universidad de Brasília, con maestría y doctorado en Ecología por la Universidad de São Paulo, profesora titular do Instituto de Biologia dde la Universidad Federal da Bahia. Investigadora en el área de ecología aplicada y ciencia ciudadana. Miembro y cofundadora de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana.



Caren Queiroz Souza

Bióloga y estudiante de doctorado en Ecología de la Universidad Federal de Bahía en el Programa de Postgrado Ecología, Teoría, Aplicación y Valores. Miembro y cofundadora de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana.



Carolina Laura Morales

Ecóloga de la polinización, Investigadora del CONICET y docente en la Universidad Nacional del Comahue. Estudia el impacto de especies invasoras sobre las interacciones planta-polinizador, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y aplica estos conocimientos a la conservación y uso sustentable y socialmente justo de la naturaleza.



Cauã Galeazzi de Menezes

Internacionalista y técnico ambiental, guía de observación de aves en Curitiba y Región Metropolitana y asistente de campo en EPHI Project - Brasil.



Celso Barbiéri

Gestor ambiental, Magister y estudiante doctoral en Sustentabilidad en la Escola de Artes Ciências e Humanidades de la Universidade de São Paulo. Miembro fundador de la iniciativa Meliponicultura.org, investigador en las áreas de meliponicultura, conservación de abejas sin aguijón y ciencia ciudadana.



Claire Carvell

Ecóloga de la polinización en el UK Centre for Ecology & Hydrology, en Oxfordshire, Reino Unido. Coordinadora del Programa de Monitoreo de Polinizadores del Reino Unido, que lanzó la encuesta "Timed Flowering Insect Count" (FIT Count) en 2017, y líder de equipo del proyecto SURPASS2.



Dalila Tiago do Nascimento Furtado de Mendonça

Arquitecta, urbanista, paisajista, Magister en Ciencias en Arquitectura (Historia y Preservación del Patrimonio Cultural), PROARQ / FAU - UFRJ, posgrado en Historia del Arte y Arquitectura (PUC-Rio) y en Educación Ambiental en la Universidad Cândido Mendes (UCAM / ENBT, RJ, Brasil). Profesora y tecnóloga de la Escola Nacional de Botânica Tropical, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do RJ, Brasil.



Eduardo Enrique Zattara

Biólogo graduado de la Universidad Nacional del Comahue (Argentina) y doctorado en Comportamiento, Ecología, Evolución y Sistemática en la Universidad de Maryland, College Park (USA). Investigador de CONICET, y investigador asociado del Museo Nacional de Historia Natural del Smithsonian Institution y del Departamento de Biología de la Universidad de Indiana, Bloomington.



Eloi Evaldo Prodossimo

Músico, operador de máquina. Observador de aves y mariposas desde pequeño, comenzando a tomar fotografías de manera amateur en 2007.



Fabiana Oliveira da Silva

Bióloga, doctora en Ecología, profesora de la Universidad Federal de Sergipe y líder del grupo de investigación en polinización y agroecología (LAPA). Realiza investigaciones interdisciplinarias y transdisciplinarias en biodiversidad y servicios ecosistémicos, con énfasis en polinización, ambientes gestionados y naturales.



Felipe W. Amorim

Biólogo, doctor por la Universidad Estadual de Campinas - UNICAMP y profesor de Ecología del Instituto de Biociências de la Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, campus Botucatu. Trabaja en el campo de la ecología y evolución de las interacciones animal-planta, con énfasis en las interacciones planta-polinizador. Coordina el Laboratório de Ecologia da Polinização e Interações - LEPI.



Filipi Miranda Soares

Bibliotecario, Máster en Gestión y Organización del Conocimiento, doctorando en Ingeniería Informática por la Escola Politécnica da USP, Brasil. Investigador en el campo de la bioinformática y la agricultura digital.



Francisco E. Fontúrbel

Biólogo, profesor asociado en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Estudia los efectos del cambio global en la biodiversidad y las interacciones ecológicas, con énfasis en la polinización y la dispersión de semillas.



Gabriela Cáceres

Bióloga con interés en ecología molecular y polinizadores. Parte del equipo de Ciencia Ciudadana Perú. Investigador en enfermedades tropicales.



Gerardo Pablo Gennari

Doctor en Medicina Veterinaria - Trabaja en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Famaillá (Tucumán, Argentina) desde el año 2006 en la división Agroindustrias/ Programa Nacional Apícola (PROAPI) como Técnico Investigador en las áreas de Sanidad Apícola, Abejas Nativas y Polinización de cultivos.



Giselle Elena Muschett Rivera

Giselle es actualmente Post-doc del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB). A lo largo de su carrera ha trabajado con una gran variedad de especies de fauna, desde mamíferos marinos hasta insectos. Actualmente busca entender la genética poblacional y patrones migratorios del picaflor chico (*Sephanoides sephanioides*) en Chile.



Héctor Jaime Gasca-Álvarez

Biólogo por la Universidad Nacional de Colombia, maestría en Entomología por el Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, doctor por el Instituto de Ecología A. C. Profesor de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Investigador de la Corporación Sentido Natural. Investigador en el área de entomología con énfasis en Coleoptera.



Jaime Pacheco

Biólogo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), especialista en bioacústica de murciélagos y colaborador del Centro de Investigación Biodiversidad Sostenible (BioS) y del Museo de Historia Natural de la UNMSM.



Jhonatan F. Santos

Comerciante de oficio y naturalista nato. Admirador del micromundo de los insectos, específicamente polillas y mariposas inmaduras, por las que tiene una gran admiración a lo largo de todas sus etapas de vida.



Jim Chiazese

Oficial de proyectos del UK Centre for Ecology and Hydrology. Su rol incluye soporte de contenido global para la aplicación FIT Count.



José Ricardo Miras Mermudes

Biólogo, doctor en Entomología, profesor asociado de la Universidad Federal de Río de Janeiro e investigador del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).



Juan Pellón

Biólogo de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Investigador colaborador del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y estudiante de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México. Enfocado en el estudio de las interacciones murciélago-planta.



Karlla Vanessa de Camargo Barbosa

Bióloga, magíster en conservación y sostenibilidad ambiental y doctora en zoología por la Universidade Estadual Paulista (UNESP). Ha estado trabajando con la investigación y conservación de aves desde 2005 y ha estado coordinando proyectos de ciencia ciudadana durante más de cinco años.



Kayna Agostini

Bióloga y Doctora en Biología Vegetal de la Universidad Estatal de Campinas. Profesora de la Universidad Federal de São Carlos (UFSCar), coordina la Red Brasileña de Interacciones Planta-Polinizador (REBIPP) desde 2016. Trabaja en el campo de la Biología de la Polinización, enfocándose en la polinización de áreas urbanas y agrícolas.



Leonardo Galetto

Biólogo, doctor por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), Argentina, profesor titular de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la UNC. Investigador de CONICET. Realiza investigaciones transdisciplinarias en polinización, biodiversidad y servicios ecosistémicos, con énfasis en el manejo de socio-agroecosistemas, valoraciones y conocimientos ecológicos locales.



Lorena Vieli

Ingeniera Agrónoma, Doctora en Ciencias Ambientales, y profesora de la Universidad de La Frontera, Chile. Su investigación se enfoca en la conservación de polinizadores en paisajes urbanos y agrícolas, y la polinización de cultivos. Miembro de la Red Chilena de Polinización (RCP).



Lourdes Boero

Bióloga, Doctora en Ciencias Biológicas. Becaria Posdoctoral de CONICET con lugar de trabajo en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, CONICET-UNC). Docente de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Miembro del Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina.



Luis Flores-Prado

Es Magíster en Ciencias mención en Entomología y Doctor en Ciencias mención en Ecología y Biología Evolutiva. Su investigación se focaliza en evolución de la sociabilidad y especialización ecológica, en abejas y otros grupos de insectos. Realiza docencia de postgrado en Ecología y Evolución de abejas nativas.



Marcela Moré

Bióloga, Doctora en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). Investigadora del CONICET en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC). Sus investigaciones se centran en el estudio de las interacciones planta-polinizador de especies nativas desde una perspectiva ecológica y evolutiva.



Marina P. Arbetman

Licenciada y Doctora en Biología - Universidad Nacional del Comahue. Investigadora del grupo de ecología de la polinización (EcoPol), Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente INIBIOMA (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional del Comahue).



Maristela Zamoner

Bióloga con maestría en zoología, lepidopteróloga del Museo Botánico del Jardín Botánico de Curitiba, curadora de la Colección de Entomología Ecológica del Museo Abierto de Biodiversidad del Instituto de Ciencia y Tecnología de la Biodiversidad.



Matías Barceló

Biólogo, máster en ciencias biológicas e investigador doctoral en la Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Socio-ecología Costera y Centro de Ecología Aplicada.



Maureen Murúa

Ecóloga de la polinización, y con particular fascinación por los sistemas de polinización especialistas. Estos le han permitido ganar entendimiento de los procesos y mecanismos subyacentes a la interacción planta-animal. Hoy, está explorando las dinámicas ecológicas que se articulan en la naturaleza, ciudades y agrosistemas.



Mayara Faleiros Quevedo

Bióloga, Maestría en Ciencia Animal y estudiante de doctorado en el Programa de Posgrado en Sustentabilidad de la Facultad de Artes, Ciencias y Humanidades de la Universidad de São Paulo. Investigadora en el área de Meliponicultura y producto de abejas sin aguijón.



Melisa Gabriela Geisa

Dra. y Prof. en Cs. Biológicas, recibida en la Universidad Nacional de Córdoba, actualmente becaria Post-doctoral CONICET-INTA AER Cruz del Eje, investiga abejas nativas sin aguijón del centro de Argentina, con especial interés en nidificación, manejo, usos y calidad de sus productos (miel y polen), desde la Etnobiología y Melisopolinología.



Mónica Torres-Pachón

Licenciada en Biología por la Universidad Pedagógica Nacional, maestra y doctora por el Instituto de Ecología A. C. Investigadora de la Corporación Sentido Natural. Investigadora en el área de entomología con énfasis en taxonomía, sistemática y ecología de Odonata.



Natacha P. Chacoff

Bióloga, doctora en Biología. Investigadora en el Instituto de Ecología Regional (CONICET-UNT) y profesora de la Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán. Investigadora en el área de ecología de las interacciones planta-animal.



Natalia Pirani Ghilardi-Lopes

Bióloga, doctora por la Universidad de São Paulo, profesora asociada del Centro de Ciencias Naturales y Humanas de la Universidad Federal de ABC. Investigador en el campo de la ciencia ciudadana. Miembro y cofundadora de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana.



Onildo João Marini-Filho

Biólogo y doctor en Ecología y Conservación de Vida Silvestre por la Universidad Federal de Minas Gerais, analista ambiental en CBC/ICMBio. Investigador en el campo de la conservación y monitoreo de las mariposas y entusiasta de la ciencia ciudadana. Actualmente coordina el Plan de Acción Nacional para la Conservación de Insectos Polinizadores.



Pablo Mulieri

Doctor en ciencias biológicas de la Universidad de Buenos Aires. Investigador del CONICET especializado en sistemática y ecología de Díptera. Curador de la Colección Nacional de Entomología y jefe de la División Entomología del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MACN).



Paz Gatica-Barríos

Estudia la ecología de la polinización en agroecosistemas y la divulgación del conocimiento sobre la naturaleza a través de las artes escénicas.



Roberto Cyrino

Diseñador web, creador de sitios web y documentos en entornos online, administrador del portal de observación de aves "Passarinhandó" y del portal "Borboletas do Brasil, científico ciudadano".



Rodrigo Barahona-Segovia

Biólogo marino, máster en ecología y biología evolutiva, doctor en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias, investigador postdoctoral de la Universidad de Los Lagos e investigador responsable del proyecto de ciencia ciudadana "Moscas Florícolas de Chile".



Rosa Villanueva

bióloga de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Investigadora del Herbario MOL-FCF de la UNALM y de la División de Ecología Vegetal de CORBIDI. Enfocada en la conservación de los recursos naturales, así como, en el conocimiento de la flora de los bosques montanos y pre-montanos.



Sérgio Messias

Empresario, formación en el área de análisis y desarrollo de sistemas informáticos, fotógrafo aficionado de seres de la naturaleza, científico ciudadano.



Sheina Koffler

Bióloga, máster y doctora en Ecología por la Universidad de São Paulo. Investigadora en el campo de la ciencia ciudadana y ecología de abejas. Miembro e cofundadora de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana.



Tiago Barbosa

Fotógrafo de naturaleza, estudiante de ciclos de mariposas y plantas hospedantes.



Tiago Maurício Franco

Biólogo de la Universidad de São Paulo, Profesor Asociado de EACH - USP, donde trabaja con biología de conservación de especies de abejas nativas e introducidas, meliponicultura y uso biotecnológico de productos apícolas.



Vera Lúcia Imperatriz Fonseca

Bióloga, con formación en Zoología y Ecología, hizo su carrera académica en la Universidad de S. Paulo. Su principal actividad en los últimos años ha sido la biodiversidad y el uso sostenible de polinizadores, especialmente abejas. Fue Copresidente de Evaluación de Polinizadores, Polinización y Producción de Alimentos en IPBES. Investigador senior del CNPq.



Victoria Campopiano Robinson

Estudiante de la Licenciatura en Biología en la Universidad Nacional del Comahue. Actualmente trabaja en el proyecto de ciencia ciudadana "Vi Un Abejorro" para el monitoreo de abejorros en Argentina.

Resumen

Prefacio	15
Blandina Felipe Viana	
Introducción	17
Natalia P. Ghilardi-Lopes y Eduardo E. Zattara	
Sección I - Aspectos ecológicos de los polinizadores	19
01. Polinización: un servicio ecosistémico completo	21
Kayna Agostini, Leonardo Galetto, Lorena Vieli, Maureen Murúa, Natacha P. Chacoff, Tiago Maurício Francoy	
02. Paisajismo funcional - una forma de aunar estética y ecología	25
Alexandra Aparecida Gobatto, Dalila Tiago do Nascimento Furtado de Mendonça, Kayna Agostini, Leonardo Galetto, Lorena Vieli, Natacha P. Chacoff	
03. Abejas exóticas invasoras en el sur de Sudamérica	31
Rodrigo M. Barahona-Segovia, Carolina L. Morales	
Sección II - Los grupos de polinizadores en América del Sur	37
04. Abejas y polinización	39
Celso Barbiéri, Luis Flores-Prado, Tiago Mauricio Francoy, Melisa Gabriela Geisa, Gerardo Pablo Gennari, Mayara Faleiros Quevedo	
05. Mariposas y polillas (Lepidoptera) y su rol como polinizadores	47
Marcela Moré, Onildo João Marini Filho, Felipe W. Amorim	
06. Coleópteros como polinizadores: diversidad y distribución en América del Sur	57
Héctor Jaime Gasca-Álvarez, Mónica Torres-Pachón, José Ricardo M. Mermudes	
07. La Polinización y las Aves	65
Karlla V. C. Barbosa, Kayna Agostini	
08. Polinización por murciélagos y su importancia	73
Lourdes Boero, Kayna Agostini, Arthur Domingos-Melo	

09. Moscas (Diptera) y su rol en la polinización	81
Rodrigo M. Barahona-Segovia, Arthur Domingos-Melo, Marcela Moré, Pablo Mulieri	
Sección III - Ciencia ciudadana y polinizadores	87
10. ¿Cómo convertirse en un ciudadano científico?	89
Marina P. Arbetman, Rodrigo M. Barahona-Segovia, Adriana Burgos, Alexandra Aparecida Gobatto, Sheina Koffler, Caren Queiroz Souza	
11. Guardiões: guardianes de los polinizadores y del servicio de polinización	95
Blandina Felipe Viana, Caren Queiroz Souza, Fabiana Oliveira da Silva, Betina Blochtein, Angelo Loula	
12. Proyecto BeeKeep #cidadãof - abejas y ciencia ciudadana	103
Sheina Koffler	
13. Listas Ecológicas de Especies de Mariposas (LEEB) - Curitiba y Paraná.	107
Adolf Carl Krüger, Anderson Warkentin, Cauã Galeazzi de Menezes, Eloi Evaldo Prodossimo, Jhonatan F. Santos, Maristela Zamoner, Roberto Cyrino, Sérgio Marlon Messias, Tiago A. S. Barbosa	
14. Monitoreo de visitas florales mediante el Conteo Cronometrado de Visitantes Florales (FIT Count)	115
Claire Carvell, Jim Chiazese, Eduardo E. Zattara, Francisco E. Fontúrbel, Giselle Muschett Rivera, Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Filipi Miranda Soares	
15. Conociendo las Moscas Florícolas de Chile: un proyecto con y para las personas	121
Rodrigo M. Barahona-Segovia, Paz Gatica-Barrios, Matías Barceló	
16. Abelha Procurada - Se busca vivo al abejorro invasor <i>Bombus terrestris</i>	125
André Luis Acosta, Vera Lúcia Imperatriz Fonseca, Antônio Mauro Saraiva	
17. Murciélagos urbanos en Lima (Perú), un reencuentro con nuestros vecinos nocturnos	133
Amanda Vilchez, Jaime Pacheco, Juan J. Pellón, Gabriela Cáceres, Rosa Villanueva	
18. Ciencia ciudadana argentina - Proyecto "Vi Un Abejorro"	139
Marina P. Arbetman, Carolina L. Morales, Victoria Campopiano Robinson, Eduardo E. Zattara	
Glosario	145

Prefacio

Blandina Felipe Viana

Miembro del Comité Gestor de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana - RBCC y
Profesora Titular de la Universidade Federal da Bahia

El libro “Ciencia ciudadana y polinizadores de América del Sur” nos proporciona, a través de un lenguaje claro, directo y accesible, una lectura útil y amena. Se trata de una obra original que reúne por primera vez, en un solo volumen, conocimientos sólidos sobre los polinizadores y experiencias exitosas de proyectos de ciencia ciudadana realizados en América del Sur, centrados en esta biodiversidad.

La importancia de los polinizadores para la sostenibilidad de la vida en el planeta y el bienestar humano ha sido comunicada a la sociedad por los expertos desde hace más de dos décadas. Recientemente, expertos de todo el mundo han recopilado y sistematizado en informes temáticos de evaluación información fiable, basada en conocimientos científicos, tradicionales y locales, sobre los polinizadores, las amenazas que sufren y los riesgos relacionados con la disminución de la riqueza y las poblaciones de estos animales para nuestra existencia.



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

En estos informes, los expertos presentaron directrices y recomendaciones a los responsables políticos y tomadores de decisiones para hacer frente a los factores de riesgo y ayudar a orientar las acciones necesarias para proteger esta biodiversidad y sus contribuciones a las personas. Esto incluye estrategias para (i) mejorar las condiciones actuales para los polinizadores y el mantenimiento de la polinización, (ii) transformar los paisajes agrícolas en paisajes amigables con los animales y (iii) transformar la relación de los seres humanos con la naturaleza.

Los expertos también alertaron sobre la existencia de importantes lagunas en el conocimiento sobre el estado de los polinizadores en la mayor parte del planeta, así como sobre la eficacia de las medidas para protegerlos. Las pruebas documentadas actualmente se limitan a describir efectos a corto plazo y a escala local. Esto pone de manifiesto la necesidad de poner en marcha programas de seguimiento regional a largo plazo y a escalas más amplias, para así seguir la dinámica espacial y temporal de los distintos grupos taxonómicos de polinizadores, en diferentes hábitats, y evaluar el impacto a largo plazo de los cambios ambientales en su biodiversidad.

La ciencia ciudadana, al ser un enfoque de investigación participativa que reúne a científicos profesionales y voluntarios interesados en la ciencia, es una opción muy prometedora para poner en práctica estrategias de gestión sostenible y de protección de los polinizadores y de la polinización, y también para llenar las lagunas en el conocimiento. Los resultados obtenidos en iniciativas de ciencia ciudadana llevadas a cabo en países con tradición en la adopción de este enfoque han revelado que tiene el potencial de producir datos a grandes escalas espacio-temporales sobre los polinizadores, promover la educación ambiental y científica de los involucrados y acercar a los seres humanos a la naturaleza.

Por lo tanto, para aquellos que quieran saber más sobre los polinizadores e iniciar proyectos de ciencia ciudadana, este es el libro adecuado. Aquí encontrarán información básica y relevante sobre la diversidad de los principales grupos taxonómicos de polinizadores y sus relaciones con las plantas. También conocerán algunas experiencias actuales e inspiradoras de proyectos de ciencia ciudadana con estos grupos de animales, llevados a cabo en países sudamericanos, y recibirán orientación sobre cómo convertirse en científicos ciudadanos.

Introducción

Natalia P. Ghilardi-Lopes¹ y Eduardo E. Zattara²

¹ Centro de Ciências Naturais e Humanas da Universidade Federal do ABC - UFABC, São Bernardo do Campo - SP, Brasil; Rede Brasileira de Ciência Cidadã.

² Grupo de Ecología de la Polinización. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA) Universidad Nacional del Comahue - CONICET, Bariloche, Argentina.

Las alteraciones en los ecosistemas que provoca el ser humano, como la fragmentación de los paisajes naturales, los cambios en el uso de la tierra, el cambio climático, la sobreexplotación de los recursos ambientales y el uso de pesticidas y agroquímicos, entre otros, suponen una amenaza para los seres vivos que viven en estos ecosistemas. Entre estos seres, hay varios grupos de organismos que visitan las plantas con flores para obtener recursos y, al visitarlas, acaban favoreciendo la polinización. La polinización es un proceso fundamental para la reproducción de diversas especies vegetales, que da lugar a la formación de semillas y frutos. Por ello, este proceso también es importante para nuestra supervivencia, ya que utilizamos muchas de estas semillas y muchos de estos frutos para nuestra alimentación. Además, la producción de semillas y frutos puede generar empleo e



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

ingresos para muchas personas. Las plantas y los polinizadores de un ecosistema, por tanto, nos ofrecen servicios. A esto lo llamamos servicios ecosistémicos. Así que si queremos que nuestro planeta sea sostenible a largo plazo, tenemos que pensar en la conservación de estas especies y de muchas otras también.

En este libro abordaremos algunos aspectos ecológicos de los polinizadores, con énfasis en Sudamérica. En particular, la sección I aborda el concepto de servicios ecosistémicos (Capítulo 1), las formas de hacer que los entornos urbanos sean más amigables con los polinizadores (Capítulo 2) y la presencia de especies que no son nativas de los países sudamericanos y los problemas ecológicos que pueden causar (Capítulo 3). En la sección II se presentan los principales grupos de organismos polinizadores que existen en Sudamérica, y las características que se pueden utilizar para reconocerlos (Capítulos 4 a 9). Consideramos más que deseable que todas las personas se involucren en la producción de nuevos conocimientos científicos sobre estos organismos, que puedan servir de apoyo a las acciones de gestión y conservación del medio ambiente. El proceso de participación pública en la ciencia, basado en la colaboración entre los científicos y las partes interesadas en la ciencia, es lo que llamamos ciencia ciudadana. Hay en marcha diferentes proyectos de ciencia ciudadana con grupos de organismos polinizadores, en diferentes países de Sudamérica. En la Sección III, describimos cómo convertirte en un científico ciudadano (Capítulo 10) y te damos varios ejemplos de proyectos ya en marcha con los que puedes colaborar (Capítulos 11 a 18). Como en varias partes del libro se utilizan términos que pueden no resultar familiares, los hemos resaltado en el texto (en naranja y subrayados) para que pueda consultar su definición y significado en el Glosario ubicado al final del libro.

Este libro ha sido producido con el apoyo del proyecto SURPASS2 - Safeguarding Pollinators and Pollination Services (<https://bee-surpass.org/>), una colaboración internacional entre Argentina, Brasil, Chile y el Reino Unido. Fue hecho realidad gracias a muchas mentes, involucrando no sólo a sus 60 autores (52 científicos académicos y 8 científicos ciudadanos), sino también a todos los científicos participantes en el proyecto SURPASS2, y a todos los científicos ciudadanos que contribuyeron a los proyectos descritos en la Sección III. ¡A todos ellos van nuestros agradecimientos!

SECCIÓN I

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LOS POLINIZADORES



Colibrí austral, *Sephanoides sephanioides* (foto de Eduardo E. Zattara)

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s01c01.es>

Polinización: un servicio ecosistémico completo

Kayna Agostini¹, Leonardo Galetto², Lorena Viel³, Maureen Murúa⁴, Natacha P. Chacoff⁵,
Tiago Maurício Franco⁶

¹ Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, DCNME, Araras, São Paulo, Brasil, kayna@ufscar.br

² Departamento de Diversidad Biológica y Ecología, Facultad de CEFyN, Universidad Nacional de Córdoba y CONICET, Argentina, leo@imbiv.unc.edu.ar

³ Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES) y Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile, lorena.viel@ufrontera.cl

⁴ Centro GEMA: Genómica, Ecología y Medio Ambiente, Facultad de Estudios Interdisciplinarios, Universidad Mayor, Camino La Pirámide 5.750, 8.580745, Santiago, Chile, maureen.murua@gmail.com

⁵ Instituto de Ecología Regional (CONICET-UNT) y Facultad de Cs. Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina, nchacoff@gmail.com

⁶ Universidade de São Paulo, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, São Paulo, SP, Brasil, tfrancoy@usp.br

La **polinización** es una interacción ecológica que provee múltiples beneficios al ser humano, contribuyendo a su bienestar, por lo que se considera un **servicio ecosistémico**. Este servicio ecosistémico puede presentarse como un servicio de regulación (mantiene la **variabilidad genética** de las poblaciones de plantas nativas que sustentan la **biodiversidad**), de provisión (asegura el suministro confiable y diversificado de frutas, semillas, miel, entre otros) o culturales (promueve valores culturales relacionados con el conocimiento tradicional) (Figura 1). Así, podemos decir que los **polinizadores** contribuyen en la producción de alimentos (frutas, verduras, aceites), medicinas (sauce, quina), biocombustibles (soja, canola y palma aceitera), fibras (algodón y lino), materiales de construcción (madera), instrumentos musicales (cencerro) y son relevantes en actividades educativas, recreativas, religiosas y culturales.



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.





FIGURA 1. Clasificación del servicio ecosistémico de la polinización.

Crédito de las fotos: João Paulo Krajewski (izquierda), Vivian Zambon (centro) y Kayna Agostini (derecha).

Por lo general, el potencial de la **polinización** como un servicio del ecosistema se destaca cuando se asocia con la producción de alimentos, ya que $\frac{2}{3}$ de las especies cultivadas de las que nos alimentamos dependen o se benefician de la presencia de polinizadores. Los estudios realizados durante los últimos 40 años han reforzado el papel de los polinizadores en la salud y la nutrición humana, ya que los cultivos dependientes de polinizadores engloban una gran diversidad de frutas, hortalizas, semillas, frutos secos y oleaginosas, que aportan grandes proporciones de micronutrientes, vitaminas y minerales en la dieta humana.

La gran mayoría de las especies de polinizadores son **silvestres**, es decir, no son manejados por el hombre. Entre éstas se incluyen más de 20.000 especies de abejas, y también especies de moscas, mariposas, polillas, avispa, escarabajos, trips, pájaros, murciélagos y otros vertebrados que también son polinizadores eficientes. Unas pocas especies de abejas se manejan para la polinización de cultivos, siendo la más conocida la abeja de la miel (*Apis mellifera*), pero también son manejadas algunas especies de abejas **solitarias** y abejorros. Tanto los polinizadores silvestres como los manejados por humanos desempeñan un papel importante en la polinización de los cultivos, aunque sus contribuciones relativas pueden diferir según la ubicación y las especies que se cultivan. *Apis mellifera* es una especie **exótica** en el continente americano y además de su importancia agrícola, proporciona alrededor de 1,6 millones de toneladas de miel al año y es el polinizador más extendido del mundo con alrededor de 81 millones de colmenas. La apicultura proporciona una importante fuente de ingresos para los propietarios rurales.

Actualmente, muchos estudios muestran que el rendimiento y la calidad de los cultivos dependen de la abundancia y **diversidad** de polinizadores. En general, una **comunidad**

de polinizadores más diversa realiza una polinización más eficiente y estable si se compara con el aporte realizado por una sola especie manejada (por ejemplo, la abeja de la miel). La contribución de los polinizadores silvestres a la producción agrícola y al mantenimiento y conservación de los ecosistemas naturales está subestimada y todavía necesitamos desarrollar mucho conocimiento para comprender la contribución total de los polinizadores **nativos** para la valoración de este servicio ecosistémico.

Por lo tanto, existen varias oportunidades para mejorar el servicio ecosistémico de la polinización, reducir las amenazas a los polinizadores y aumentar el valor agregado de los productos agrícolas asociados a la polinización animal. Las prácticas amigables con los polinizadores son acciones importantes para mantener sus poblaciones en los agroecosistemas. Entre esas prácticas se destacan las relacionadas con una agricultura más **sostenible**, la aplicación de principios agroecológicos, la intensificación ecológica del paisaje agrícola (como la gestión de especies importantes para los polinizadores, por ejemplo, la construcción de corredores de flores o bandas florales), la producción orgánica/certificación ambiental, y el menor uso de insumos químicos (pesticidas, fungicidas) para favorecer formas alternativas de control y manejo integrados de plagas y enfermedades, y reducir del desplazamiento de plaguicidas fuera de las plantaciones.

La conservación de polinizadores y el servicio ecosistémico de polinización en paisajes agrícolas y urbanos es posible mediante diversas estrategias que apuntan a la provisión de recursos alimenticios, áreas de refugio y reproducción, tales como: 1) mantenimiento de hábitats naturales libres de disturbios, 2) plantación de cercos vivos alrededor de cultivos, 3) implementación de corredores ecológicos tanto en las ciudades como en campos agrícolas, 4) diversificación de la matriz de cultivos, 5) recuperación de áreas degradadas con especies vegetales **nativas** amigables para los **visitantes florales**, y 6) promoción de especies de plantas nativas con flores en áreas verdes urbanas y jardines residenciales en general. Estas oportunidades pueden generar ganancias en la productividad y mayor sustentabilidad de la agricultura, además de incrementar el valor agregado de alimentos y otros productos como cera, **polen** y **propóleo**, a través de distintas certificaciones relacionadas con prácticas amigables con el ambiente. De esta manera, al conservar y promover los polinizadores se beneficia el bienestar humano en múltiples dimensiones, relacionadas a la cultura, salud humana y sustentabilidad ambiental.

SUGERENCIAS DE LECTURA

Costanza R, de Groot R, Braat L, Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28(Pt A), 1-16. <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.



Garibaldi, L. A., Morales, C., Ashworth, L., Chacoff, N. P., & Aizen, M. A. (2012). Los polinizadores en la agricultura. *Ciencia Hoy*, 21(126), 34-43.

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services - IPBES. (2016). *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production* (552 p.). Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewnter, 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. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2006.3.721>.

Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos - BPBES. Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador - REBIPP. (2019): *Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil* (184 p.). São Carlos, SP: Editora Cubo. <http://doi.org/10.4.322/978-85-6.0064-83-0>.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s01c02.es>

Paisajismo funcional - una forma de aunar estética y ecología

Alexandra Aparecida Gobatto¹, Dalila Tiago do Nascimento Furtado de Mendonça², Kayna Agostini³, Leonardo Galetto⁴, Lorena Vieli⁵, Natacha P. Chacoff⁶

¹ Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Centro de Responsabilidade Socioambiental. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, agobatto@jbrj.gov.br

² Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, dalila@jbrj.gov.br

³ Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, DCNME, Araras, São Paulo, Brasil, kayna@ufscar.br

⁴ Departamento de Diversidad Biológica y Ecología, FCEF y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (UNC), y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IMBIV), Córdoba, Argentina, leo@imbiv.unc.edu.ar

⁵ Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES) y Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera, Chile, lorena.vieli@ufrontera.cl

⁶ Instituto de Ecología Regional (CONICET-UNT) y Facultad de Ciencias Naturales e IML, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, nchacoff@gmail.com

Este capítulo trata del Paisajismo Urbano Funcional y su importancia para el bienestar de los ciudadanos y la conservación de la **biodiversidad**, especialmente de los **polinizadores**. Para abordar el tema, primero aprenderemos más sobre el paisajismo.

El paisajismo deriva de la palabra *paisaje* que, etimológicamente, viene de *país*, del latín «*pagus*» y que significa área demarcada, espacio o territorio delimitado según



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.



un observador y en una determinada escala de contemplación. Desde el punto de vista de la Ecología, el paisaje es un mosaico de unidades variadas que interactúan entre sí. El paisajismo en entornos urbanos, por tanto, supone una “alianza” entre la Naturaleza, el Arte y la Técnica, para planificar y diseñar, crear y recuperar, gestionar y conservar los más diversos espacios verdes, en diferentes dimensiones, en entornos públicos o privados.

A través del paisajismo, los paisajes de los lugares se transforman y organizan para responder a diferentes intereses, valores, objetivos o demandas procedentes de distintos actores sociales, de acuerdo con diferentes conocimientos. Armonizar los entornos reconciliando las zonas verdes con toda la **diversidad** de seres que habitan es un gran reto para el paisajismo del futuro, ya que durante siglos se ha priorizado la homogeneización de los espacios con especies **exóticas** y con criterios estéticos eurocéntricos. Desde el punto de vista de la Arquitectura y el Urbanismo, el paisaje es también un factor para evaluar la calidad de un entorno estructurado por elementos dinámicos que interactúan entre sí, en el tiempo y en el espacio. Por lo tanto, el paisaje también incluye a las personas, sus estilos de vida y costumbres, su cultura y tradiciones, es decir, la identidad de los lugares.

Ante los dilemas medioambientales y sus consiguientes impactos en la naturaleza, observamos cada vez más proyectos paisajísticos que incorporan, además de las pautas de composición estética, el sesgo ecológico. Esta composición prioriza, por ejemplo, el uso de especies de flora autóctona para no entorpecer las relaciones ecológicas inherentes ya que, aunque los entornos urbanos están muy impactados y modificados por la acción humana, siguen sosteniendo muchos procesos ecológicos y **servicios ecosistémicos**, como la **dispersión** de semillas, la **polinización** (Figura 1), la filtración del aire, la regulación del microclima o la reducción del ruido, entre otros.

Esta visión sistémica del paisaje que considera las relaciones ecológicas existentes en el entorno, la mitigación de los impactos y la función de embellecimiento se denomina **Paisajismo Ecológico o Funcional**.

¿QUÉ IMPORTANCIA TIENE LA NATURALEZA PARA EL BIENESTAR DE LOS SERES HUMANOS?

Hay muchos estudios que señalan los beneficios del contacto de las personas con los espacios naturales (Figura 2), tanto a nivel individual (para la salud mental y física) como a nivel comunitario (interacción social). Estos efectos positivos pueden formar parte de la atracción inherente del ser humano por la naturaleza, denominada



FIGURA 1. Polinizadores que visitan las flores de plantas autóctonas en entornos urbanos: a la izquierda, abeja melífera en una inflorescencia fragante; a la derecha, el colibrí perilla visitando una flor de sacha huasca (*Dolichandra cynanchoides* Cham.).

Crédito de las fotos: Leonardo Galetto.



FIGURA 2. Áreas de visita del Arboreto del Jardín Botánico de Río de Janeiro, Río de Janeiro, Brasil.

Crédito de las fotos: Izquierda, Federico Rossi; Derecha, Alexandre Machado.

biofilia, un concepto presentado por primera vez por el ecologista e investigador Edward Osborne Wilson en la década de 1980, en su libro del mismo nombre. Así, la reconexión de las personas con los entornos naturales a través del paisajismo funcional produce el bienestar y la salud de las personas y equilibra los entornos.

LAS CIUDADES Y LOS EFECTOS DE LA URBANIZACIÓN EN LOS POLINIZADORES

Las ciudades pueden contribuir de forma decisiva a la conservación de los distintos animales que transmiten los beneficios de la naturaleza al ser humano, entre ellos,

los **polinizadores**. Mediante un diseño paisajístico que tenga en cuenta la estética y la ecología, los espacios verdes urbanos pueden conectarse funcionalmente entre sí, formando “corredores o conectores ecológicos” (Figura 3) que permitan a la fauna polinizadora ir y venir, y darle sustento. Las plazas, los parques, los jardines, los bulevares, las azoteas verdes y los jardines verticales pueden servir de importantes refugios para los polinizadores, ya que proporcionan albergue y alimento para la subsistencia de estos animales fuera de su hábitat.

La desaparición de los polinizadores conlleva una disminución de las variedades de plantas, así como una reducción en la producción de alimentos, lo que repercute negativamente en la base de la **cadena alimentaria** del planeta. Las principales razones que conducen a este escenario son la pérdida y fragmentación de los hábitats causada por la deforestación, los incendios, la intensificación de la agricultura, los cambios en el uso del suelo, la introducción de especies **exóticas** de animales y plantas, las plagas y enfermedades, el uso indiscriminado de pesticidas y el cambio climático.

Hay varias medidas prácticas recomendadas para los grandes centros urbanos y sus alrededores en un intento de mitigar los efectos nocivos del desequilibrio medioambiental. Entre ellas se encuentran la plantación de más árboles, principalmente de especies autóctonas de cada región, el fomento de la cobertura natural del suelo, el mantenimiento de los refugios de **biodiversidad** (Figura 4), la restauración de los ríos y los **bosques de ribera**, con el fin de conseguir entornos cada vez más sostenibles.



FIGURA 3. Izquierda: un río como corredor ecológico al atravesar entornos urbanos como La Bolsa y Villa Los Aromos, Córdoba, Argentina. Derecha: un parque urbano con una planta nativa visitada por polillas nocturnas en Córdoba, Argentina.

Crédito de la foto: Leonardo Galetto.



FIGURA 4. Arboreto del Jardín Botánico de Río de Janeiro, Brasil, refugio de biodiversidad en el espacio urbano.

Crédito de la foto: Alexandre Machado.

Los estudios científicos han analizado el impacto de la urbanización en los polinizadores, utilizando en las investigaciones ciertas características de estos animales como la **sociabilidad**, los hábitos de **nidificación** y la amplitud de la dieta. Los resultados obtenidos señalan que la urbanización favorece a algunas especies de polinizadores en detrimento de otras. Los estudios que revelaron impactos positivos en la abundancia y diversidad de los polinizadores fueron los realizados en zonas de urbanización moderada asociadas a áreas periféricas y zonas residenciales espaciadas, con baja densidad poblacional y porcentajes de superficie pavimentada entre el 20-50%. Estas zonas favorecen a los polinizadores al proporcionarles recursos alimenticios, lugares de **nidificación** y corredores ecológicos que conectan con las zonas naturales. Los polinizadores **generalistas** son más frecuentes en las ciudades que los que se alimentan de flores con características específicas, llamados especializados. El hábito de nidificación es una característica igualmente importante, ya que los animales que anidan en el suelo, en general se ven perjudicados por la urbanización. Las especies que anidan en las cavidades de las rocas o en la madera (por ejemplo, las abejas sin aguijón) son abundantes en algunas zonas urbanas; las especies **sociales** son más abundantes que las de hábitos solitarios. Esto posiblemente se deba a que la naturaleza social facilita la supervivencia de estos insectos en las zonas urbanas.

Así, los espacios verdes urbanos se presentan como importantes en la generación de hábitat para los polinizadores, especialmente cuando proporcionan (1) alta

diversidad de recursos florales (como néctar, **polen**, aceites, etc.), favoreciendo a las especies nativas de la región y en cantidad disponible durante todo el año; (2) espacios no perturbados adecuados para la reproducción de esos animales y (3) corredores ecológicos para conectar los espacios verdes urbanos con las áreas naturales circundantes. En los últimos años ha crecido la preocupación de la comunidad científica por las implicaciones derivadas del declive de la **biodiversidad** y consecuentemente, de los beneficios de la naturaleza a las personas. Así, las ciudades pueden contribuir decisivamente a la conservación de los polinizadores a través de una gestión adecuada de los espacios verdes públicos y privados, desarrollada desde la perspectiva del Paisajismo Funcional.

LECTURAS SUGERIDAS

Fonseca, V. L. I., Canhos, D. L., Alves, D. A., & Saraiva, M. A. (Orgs.) (2012). *Polinizadores do Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais* (488 p.). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

Herzog, C. P. (2013). *Cidade para Todos: (re) Aprendendo a Conviver com a Natureza*. Rio de Janeiro: Editora Mauad X.

Metzger, J. P. (2001). O que é ecologia das paisagens? *Biota Neotropica*, 1(1-2), 1-9. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>.

Morelli, M. R. S. (2012). *Jardins Sustentáveis: Princípios e Técnicas de Sustentabilidade Aplicados a Projetos de Jardins*. Porto Alegre: Editora Rigel.

Sarata, F. G. (2011). *Paisagismo urbano: requalificação e criação de imagens*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo (EDUSP).

Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V. V., & Tschardtke, T. (2020). How urbanization is driving pollinator diversity and pollination - A systematic review. *Biological Conservation*, 241, 108321. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108321>.

Wilson, E. O. (1986). *Biophilia* (157 p.). Cambridge: Harvard University Press.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s01c03.es>

Abejas exóticas invasoras en el sur de Sudamérica

Rodrigo M. Barahona-Segovia^a, Carolina L. Morales^b

^a Departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, avda. Fuchslöcher 1305, Osorno, Chile, rbarahona13@gmail.com

^b Grupo Ecología de la Polinización, INIBIOMA (CONICET-Universidad Nacional del Comahue), Río Negro, Argentina, moralesc@comahue-conicet.gob.ar

¿QUÉ SON LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS?

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha contribuido al movimiento de otros seres vivos entre distintas regiones de la tierra, introduciendo especies en nuevos lugares, donde son consideradas no nativas o exóticas. Algunas introducciones son voluntarias, por ejemplo, con fines productivos (cultivos, abejas de la miel), mientras que otras son accidentales (abejas carpinteras, semillas en silos). La mayoría de las especies introducidas no logran sobrevivir en una nueva región, sin embargo, algunas de ellas logran adaptarse, reproducirse y establecerse, dando lugar a poblaciones persistentes e independientes del ser humano. Cuando estas especies se dispersan alcanzando abundancias considerables, se convierten en invasoras y pueden generar problemas a la biodiversidad y a las personas mismas. En nuestra región, tenemos varias especies de abejas exóticas (algunos ejemplos en la Tabla 1 y Figura 1). Si bien la mayoría son solitarias y fueron introducidas accidentalmente, las abejas exóticas invasoras más importantes en términos de sus impactos, son abejas sociales que fueron introducidas deliberadamente.



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.



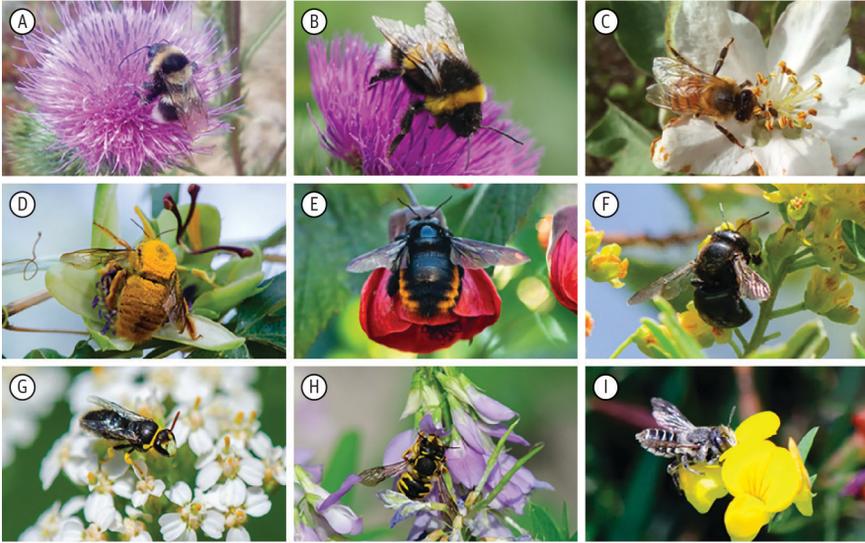


FIGURA 1. Abejas exóticas invasoras: (A) *Bombus ruderator*, en cardo, Reserva Nacional Los Queules; (B) *Bombus terrestris* visitando cardo (*Carduus* sp.), Curicó; (C) *Apis mellifera* en manzano (*Malus domestica*), Curicó; (D) *Xylocopa augusti* macho, visitando Pasionaria (*Passiflora* sp.); (E) *Xylocopa augusti* hembra, visitando *Abutilon* sp., Curicó; (F) *Xylocopa splendidula* visitando *Caesalpinea spinosa*; (G) *Hylaeus euxanthus* visitando Milenrama (*Achillea millefolium*); (H) *Anthidium manicatum* visitando una Fabaceae y (I) *Megachile rotundata* visitando *Lotus* sp.

Crédito de las fotos (tomadas en Chile): (A) e (C) de Rodrigo Barahona-Segovia, (B) de Joaquín Sepúlveda, (E) de Gerardo Carinao, (D), (F), (G), (H) y (I) de Gabriela Germain.

TABLA 1. Ejemplos de abejas exóticas invasoras solitarias presentes en el sur de Sudamérica*.

familia / especie	Origen / país(es) invadido(s)	tipo de introducción	Características morfológicas
Apidae / <i>Xylocopa augusti</i> (Figura 1D-E)	Neotropical / Chile	accidental	Machos de color naranja / hembras negras con bandas de color naranja en los bordes del abdomen
Apidae / <i>Xylocopa splendidula</i> (Figura 1F)	Neotropical / Chile	accidental	Machos y hembras de color azul metalizado. Machos con clipeo y labro de color amarillo

*Notar que dentro de esta región, algunas especies son consideradas nativas en algunos países pero no nativas en otros.

TABLA 1. Continuación

familia / especie	Origen / país(es) invadido(s)	tipo de introducción	Características morfológicas
Colletidae / <i>Chilicola rostrata</i>	Neotropical / Chile	accidental	Cuerpo café y de cabeza alargada, patas y antenas amarillas.
Colletidae / <i>Hylaeus euxanthus</i> (Figura 1G)	Australasia / Chile	accidental	Machos negros con zona oral, paraocular, pronoto y patas amarillas. Hembras amarillo solo área paraocular.
Colletidae / <i>Hylaeus punctatus</i>	Paleártico / Argentina y Chile	accidental	Similar a <i>H. euxanthus</i> excepto pronoto negro y patas parcialmente amarillas.
Megachilidae / <i>Anthidium manicatum</i> (Figura 1H)	Eurasia-África / Brasil y Chile	accidental	De color oscuro, manchas amarillas detrás de los ojos, abdomen con un par de máculas amarillas y variables en forma.
Megachilidae / <i>Lithurgus huberi</i>	Indo-Australiano / Argentina, Brasil y Paraguay	accidental	Cuerpo de color café, cubierto de abundante pilosidad amarilla. Manchones de pilosidad naranja al final del abdomen.
Megachilidae / <i>Megachile concinna</i>	África / Argentina	accidental	Cuerpo de color oscuro, pilosidad amarilla en cabeza y tórax; bandas de color amarillo en el borde posterior de los segmentos abdominales.
Megachilidae / <i>Megachile rotundata</i> (Figura 1I)	Paleártico / Chile	deliberada (para polinizar cultivos)	Similar en apariencia a <i>M. concinna</i> .

*Notar que dentro de esta región, algunas especies son consideradas nativas en algunos países pero no nativas en otros.

ABEJAS EXÓTICAS INVASORAS SOCIALES (FAMILIA APIDAE)

Los abejorros del género *Bombus* son un grupo de abejas **sociales** de gran tamaño y cuerpo cubierto de pelos (Figura 1A-B). Viven en colonias bajo tierra, formadas por una reina y varias obreras. Del total de especies conocidas, unas 260, tan sólo



25 especies viven en Sudamérica. Algunos abejorros tienen lenguas muy largas y son muy eficientes polinizando flores tubulares, como las de las [legumbres](#). Otros, son [polinizadores](#) muy eficientes de ciertos cultivos como tomates y ajíes (chiles), gracias a su capacidad de realizar “polinización vibrátil” y de adaptarse al confinamiento de invernaderos. Un puñado de estas especies de abejorros lograron ser criadas en colonias artificiales, dando lugar a un floreciente comercio mundial de colonias de abejorros para la [polinización](#) de cultivos.

***Bombus ruderatus* (Figura 1A)**

Unas 350 reinas de este abejorro (de origen europeo) fueron introducidas en el sur de Chile entre 1982 y 1983, para la polinización del trébol rosado (*Trifolium pratense*). Esta especie se caracteriza por tener pilosidad densa, principalmente negra, con tres franjas de pilosidad amarillenta: dos en el [tórax](#) (margen anterior y posterior) y la tercera, en el borde anterior del [abdomen](#), cuya porción final posee una amplia banda de pilosidad blanca. También hay individuos melánicos (completamente negros) o con pilosidad gris. Esta especie ha invadido parte del sur de Chile y también de la región Andino-Patagónica del sur de Argentina, contribuyendo a la declinación inicial del abejorro nativo *Bombus dahlbomii*, conocido como “moscardón” o “mangangá”.

***Bombus terrestris* (Figura 1B)**

Esta especie de origen Europeo, fue introducida en Chile en 1997 para la polinización del tomate (*Solanum lycopersicon*). Las importaciones han llegado a un total acumulado de más de 1.200.000 colonias comerciales y reinas inseminadas. Esta especie se encuentra en casi todo Chile (incluidas las Islas de Chiloé, Tierra del Fuego y Guafo) y en gran parte de la Patagonia Argentina. Estudios basados en modelos de hábitat potencial, sugieren que *B. terrestris* podría extenderse hacia otros países como Uruguay, Perú, Bolivia y sur de Brasil. La invasión del abejorro *B. terrestris*, ha tenido impactos negativos en los ecosistemas naturales y agrícolas, por sus efectos en los polinizadores nativos, plantas y las interacciones ecológicas entre ambos (ver más abajo).

***Apis mellifera* (Figura 1C)**

La abeja de la miel fue domesticada por el ser humano en tiempos remotos e introducida en todos los continentes -excepto la Antártida- para la obtención de miel y otros productos como [polen](#), cera y [propóleos](#); más recientemente para brindar servicios de polinización en cultivos. Esta especie es originaria del viejo mundo,

con más de dos docenas de subespecies distribuidas en África, Europa y Asia. Si bien la abeja de la miel es considerada un insecto benéfico y en muchas regiones sus colmenas están asociadas a los sistemas agropecuarios, en algunas regiones ha establecido colonias silvestres y puede volverse invasora. El ejemplo más emblemático de la abeja de la miel como especie invasora es el de la llamada “abeja africanizada”. Esta cruz experimental realizada en Brasil en los años cincuenta, de una subespecie europea con una de las muchas subespecies africanas existentes, *A. m. scutellata*, dio lugar a un híbrido extraordinariamente invasor. En menos de medio siglo la abeja africanizada se ha dispersado desde Brasil hacia el norte hasta el sur de EEUU y hacia el sur, hasta el norte de Argentina. Esta abeja es hoy un actor central en la mayoría de los ecosistemas tropicales y subtropicales de Sudamérica.

IMPACTOS DE LAS ABEJAS EXÓTICAS INVASORAS

Las abejas exóticas invasoras pueden producir impactos negativos en diferentes dimensiones. Una de las más conocidas es la dominancia que algunas de estas especies poseen en distintos ecosistemas. Por ejemplo, la alta abundancia de *A. mellifera* y *B. terrestris* les permite acaparar los recursos florales, desplazando competitivamente a polinizadores nativos, los cuales deben buscar parches de flores más alejados. Un ejemplo de esto es lo que ocurre con el abejorro del norte o chololo (*Bombus funebris*), el cual se encuentra vulnerable en Chile al compartir distribución y recursos florales con *B. terrestris*. Otro ejemplo reciente de competencia en zonas urbanas es *Anthidium manicatum* (Figura 1H), la cual tiene **comportamiento territorial**, defendiendo parches de flores, y perturbando la alimentación de las abejas nativas.

La transmisión de patógenos a sus parientes nativos es otro de los graves efectos de las especies invasoras. Por ejemplo, según estudios moleculares, los patógenos *Apicystis bombi* y *Nosema bombi* fueron co-introducidos junto con *B. terrestris* y contagiados a su pariente nativo *B. dahlbomii*. Esta especie ha desaparecido de zonas urbanas, rurales y naturales de Chile y Argentina y se encuentra en peligro de extinción. Se sospecha que la competencia por recursos con abejorros invasores, la transmisión de patógenos o la combinación de ambos, serían los principales responsables. A la larga, las abejas invasoras, ya sea vía recursos o enfermedades impactan negativamente sobre la abundancia y riqueza de abejas y otros polinizadores nativos.

Finalmente, la invasión de abejas exóticas puede alterar la polinización y reproducción de plantas nativas, cultivadas y exóticas. Por ejemplo, *Bombus terrestris* perfora las flores de algunas plantas (por ejemplo el chilco, *Fuchsia magellanica*) para acceder



al néctar, disminuyendo la disponibilidad de recursos, las visitas de polinizadores legítimos, y llegando en algunos casos a reducir la producción de frutos y semillas, tanto en algunas plantas nativas (arvejillas, *Vicia nigricans*) como en algunos cultivos (haba). En otros cultivos como la frambuesa, un exceso de visitas de *B. terrestris* destruye los pistilos (estructuras que forman parte del órgano femenino) de las flores, reduciendo el tamaño y calidad de los frutos. A todo esto se suma que las abejas exóticas en general, tienden a promover la polinización y por lo tanto la reproducción de plantas exóticas **invasoras** y malezas.

REFLEXIÓN FINAL

La invasión de abejas exóticas afecta a nuestra **biodiversidad**. En la actualidad la **introducción** de colonias y colmenas de abejas manejadas para **polinización** y producción apícola es una de las principales fuentes de **invasión** de abejas **exóticas**. Es por ello que es necesario regular dichas actividades. Promover y conservar a nuestras abejas **nativas** y los hábitats que la sustentan, permitirá garantizar el funcionamiento e integridad de nuestros ecosistemas y la provisión de **servicios ecosistémicos** por parte de los mismos.

LECTURAS SUGERIDAS

Montalva, J., Arroyo, M. T. K., & Ruz, L. (2008). *Bombus terrestris* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae: Bombini) en Chile: causas y consecuencias de su introducción. *Revista del Jardín Botánico Chagual*, 6(6), 13-20.

Montero-Castaño, A., Calviño-Cancela, M., Rojas-Nossa, S., De la Rúa, P., Arbetman, M., & Morales, C. L. (2018). Invasiones biológicas y pérdida de polinizadores. *Ecosistemas (Madrid)*, 27(2), 42-51.

Morales, C. L. (2007). Introducción de abejorros (*Bombus*) no nativos: causas, consecuencias ecológicas y perspectivas. *Ecología Austral*, 17, 51-65.

Oliveira, M. L. D., & Cunha, J. A. (2005). Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lapeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? *Acta Amazonica*, 35(3), 389-394. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000300013>.

Smith-Ramírez, C., Vieli, L., Barahona-Segovia, R. M., Montalva, J., Cianferoni, F., Ruz, L., Fonturbel, 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(2), 118-127. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382018000200118>.

SECCIÓN II

LOS GRUPOS DE POLINIZADORES EN AMÉRICA DEL SUR



Abejas y polinización

Celso Barbiéri^a, Luis Flores-Prado^b, Tiago Mauricio Franco^c, Melisa Gabriela Geisa^d, Gerardo Pablo Gennari^e, Mayara Faleiros Quevedo^f

^a Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, celso.barbieri@usp.br

^b Instituto de Entomología, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Santiago, Chile, luis.flores@umce.cl

^c Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, tfrancoy@usp.br

^d CONICET, INTA AER Cruz del Eje, Córdoba, Argentina, meligeisa@gmail.com

^e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Programa Nacional de Apicultura (PROAPI), Famaillá (Tucumán), Argentina, gennari.gerardo@inta.gob.ar

^f Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, mayara.faleiros@usp.br

LAS ABEJAS EN AMÉRICA LATINA

Entre las 20.000 especies de abejas que existen en el mundo, se conocen aproximadamente 5.000 en América Latina, distribuidas en cinco **familias**: Colletidae, Halictidae, Andrenidae, Megachilidae y Apidae. La mayoría tiene hábitos de vida **solitarios** y entre el 5 y el 10% son **sociales**. Las abejas pertenecen al orden de los himenópteros y se caracterizan por la presencia de una cintura estrecha, que separa los dos primeros segmentos del **abdomen**, el primero de los cuales está fusionado con el **tórax**. El órgano que utilizan las hembras para poner los huevos (ovipositor) es retráctil y, en la mayoría de las especies, se convierte en un aguijón con la función de defensa (Figura 1).



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

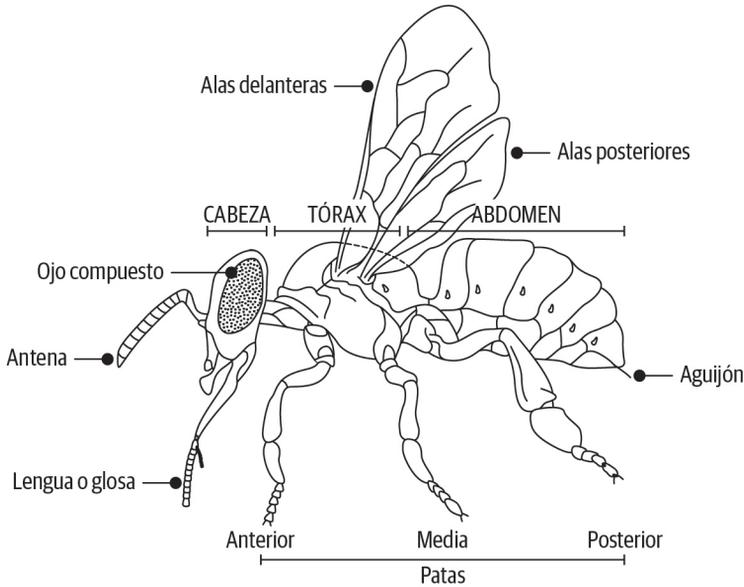


FIGURA 1. Dibujo esquemático de la morfología del cuerpo de una abeja.

Abejas sin aguijón

Las abejas sin aguijón (tribu Meliponini - ejemplos en la Figura 2) son **eusociales**, muy organizadas y tienen los aguijones atrofiados, lo que les impide picar. Son pequeñas (entre 3 y 10 mm) y se distinguen también por la reducción de las **venas del ala**.

Los meliponinos se dividen en 33 géneros, muy diversificados en cuanto a color, hábitos y comportamiento. Anidan en diferentes sustratos naturales, como huecos de árboles, en el suelo, pero también en paredes y edificios, aprovechando las cavidades preexistentes. Se encuentran entre las latitudes 30° S y 30° N, y se conocen aproximadamente 550 especies en todo el mundo, distribuidas en bosques y selvas tropicales y subtropicales de América del Sur y Central, África, Asia y Oceanía. América Latina en particular tiene una gran cantidad de especies de esta tribu (75% de la diversidad total). Además, se describen constantemente nuevas especies.

Muchas especies son culturalmente valiosas en diversas comunidades debido a sus contribuciones alimenticias, medicinales, así como simbólicas y materiales. En particular, la miel es el recurso más utilizado por las poblaciones humanas desde la antigüedad; dependiendo de la especie, la producción de miel puede oscilar entre



FIGURA 2. (A) *Tetragonisca angustula* y (B) *Melipona quadrifasciata*, dos especies de abejas sin aguijón. Crédito de las fotos: André Matos.

250 mL y 5 L por colonia. También es habitual utilizar otras partes de las colmenas, como el [polen](#), el [cerumen](#), el [propóleo](#) y los [discos de cría](#). La cría de abejas sin aguijón se conoce como meliponicultura.

Este grupo se presenta de forma natural en regiones con diferentes relieves, climas y comunidades vegetales, siendo *Plebeia molesta* (Puls, 1869) la especie más meridional, encontrada en Córdoba y San Luis (Argentina). Son importantes [polinizadores](#) de la flora autóctona y también se han utilizado ampliamente en la polinización de cultivos al aire libre y en invernaderos, ya que son muy eficaces.

Dada su importancia en diversos aspectos de la vida humana, su conservación y uso [sostenible](#) debería ser una prioridad en la planificación territorial, tanto a escala local como regional o incluso nacional.

Las abejas de las orquídeas

Las abejas de las orquídeas (tribu Euglossini - ejemplo en la Figura 3) son importantes polinizadores de muchas plantas con flores, especialmente de las orquídeas, que suelen ser visitadas por los machos de esta tribu en busca de fragancias que se utilizan en la producción de [feromonas](#). Precisamente por este comportamiento de búsqueda de fragancias, los machos de esta tribu han sido mucho más estudiados que las hembras, ya que se sienten atraídos por los señuelos olfativos, lo que facilita su recolección.

Las abejas de esta tribu muestran una organización [social](#) poco desarrollada, y la mayoría son [solitarias](#) o [comunales](#). Por lo general, se encuentran en las partes altas de los árboles, en el suelo o en cavidades preexistentes. Tienen una longevidad considerable, especialmente las especies grandes, pudiendo vivir varios meses y siendo capaces de volar largas distancias.



FIGURA 3. *Euglossa* sp. (tribu Euglossini) de color verde metalizado.

Crédito de la foto: André Matos.

Son de color metálico y tienen una lengua larga, que en algunas especies puede superar el doble del tamaño del cuerpo, lo que les permite acceder a recursos inaccesibles para otras abejas y potencia la capacidad generalista de este grupo. Tienen una alta capacidad de **dispersión**, característica que, junto con las anteriores, las hace capaces de sobrevivir en ambientes perturbados. Este grupo, exclusivo de la **región Neotropical**, se distribuye entre las zonas tropicales desde México hasta el norte de Argentina y la región subtropical del sureste de Brasil. En algunos casos, se encuentran fuera de estos límites, como en el sur de Estados Unidos, debido a introducciones accidentales. Se encuentran principalmente en bosques húmedos y regiones de baja altitud, donde pueden constituir hasta el 25% de la diversidad de abejas.

Se conocen aproximadamente 220 especies, distribuidas en cinco géneros, estando *Euglossa*, *Eufriesea* y *Eulaema* compuestos por especies de vida libre, y *Exaerete* y *Aglae* compuestos por especies **cleptoparásitas**.

Abejas del género *Bombus*

Los abejorros (tribu Bombini) viven en colonias que no son perennes y destacan por ser robustos y grandes (9-25 mm). Presentan una gran variedad de patrones de color de su pilosidad. Los colores más comunes son el negro, el amarillo, el naranja y el blanco. En todo el mundo se conocen 39 subgéneros y 239 especies. Se conocen 14 subgéneros y 47 especies en la **región Neotropical**, 10 subgéneros y 25 especies en Centroamérica y 8 subgéneros y 21 especies en Sudamérica. Hasta ahora se han documentado **introducciones** de tres especies en la región neotropical (ver Capítulo 3). Se encuentran en una gran variedad de entornos, desde el nivel del mar hasta los 4.400 metros de altura en los Andes.

Las abejas del género *Bombus* son importantes **polinizadores** de los ecosistemas naturales y agrícolas, ya que visitan una gran diversidad de especies vegetales. Durante la fase activa de la colonia, los adultos se alimentan (**forrajeo**) incluso en condiciones adversas, como períodos de lluvias moderadas y bajas temperaturas. También son excelentes polinizadores en plantas que requieren polinización por vibración y en flores con **corolas** largas, lo que hace que estas abejas sean unos de los principales polinizadores silvestres que se encuentran en América Latina.

Entre las especies conocidas, *Bombus pauloensis* (sin. *atratus*) despierta especial interés, ya que está ampliamente distribuida en Sudamérica y presenta una serie de características interesantes para su cría comercial en confinamiento.

Abejas solitarias (ejemplos en la Figura 4)

En Sudamérica se encuentran especies **solitarias** pertenecientes a las cinco familias mencionadas. La familia Apidae es la de mayor riqueza específica a nivel mundial y también en América Latina. La mayoría de las especies de esta familia son solitarias, aunque también se encuentran representantes de todos los niveles de socialidad.

Algunos grupos taxonómicos se han especializado en el uso de los recursos necesarios para anidar. Por ejemplo, en la tribu Manueliini, endémica de Chile y Argentina, las hembras construyen sus nidos en ramas secas, tallos o troncos, que consisten en celdas dispuestas en serie, una al lado de la otra. Dentro de cada uno, la hembra forma una masa (principalmente de **polen** y néctar), en la que pone un huevo, un patrón de **nidificación** típico de las especies de abejas carpinteras, como las tribus Ceratinini y Xylocopini. Algunas especies de la tribu Centridini están especializadas en la recolección de aceite de ciertas especies de plantas, con el que



FIGURA 4. (A) Halictido en flor de albahaca y (B) *Megachile* sp.

Crédito de las fotos: André Matos.

cubren la superficie de las celdas de los nidos que las hembras construyen en el suelo, siendo éste otro recurso floral explotado por las abejas.

La mayoría de las especies solitarias de Apidae, Andrenidae, Halictidae y Colletidae construyen sus nidos en el suelo. Estos nidos consisten en un túnel que desciende más o menos recto, o en diagonal, del que suelen bifurcarse conductos secundarios que terminan en cámaras con una o más celdas. Emphorini, Eucerini y Tapinotaspidini son algunas tribus de Apidae que tienen especies solitarias con distribución exclusiva en América, o en otros continentes, pero con gran diversidad en Sudamérica. En Andrenidae, la subfamilia Panurginae es principalmente solitaria, con géneros ampliamente distribuidos en Sudamérica, como *Acamptopoeum*. Halictini es una tribu de Halictidae que también tiene especies solitarias ampliamente distribuidas en Sudamérica. En Colletidae las tribus Colletini y Diphaglossini tienen especies solitarias presentes en diferentes países de Sudamérica. La mayoría de las especies de Megachilidae son solitarias y suelen anidar en cavidades preexistentes. Algunos géneros distribuidos en Sudamérica son *Megachile* y *Anthidium*.

Abejas melíferas (*Apis mellifera*)

Apis mellifera (Linnaeus, 1758) es la especie de abeja más extendida del planeta. Es de origen euroasiático y se introdujo en América Latina en el siglo XIX. Actualmente, tiene una gran importancia productiva, alimentaria y económica. Ya ha sido declarada como “el ser vivo más importante del planeta” en 2018, en representación de toda la familia Apidae, por su importancia en la polinización de los cultivos, sus aportes en la industria alimentaria y la salud de las personas, y el declive global de sus poblaciones.

Su explotación por el hombre está documentada en las pinturas rupestres y su uso racional se remonta a la antigüedad, como en el antiguo Egipto y en los yacimientos arqueológicos de la región de Israel. Se caracterizan por formar colonias de hasta 80.000 individuos, con castas que realizan diferentes tareas dentro de la colmena (obreras, zánganos y reina). Construyen **panales** verticales, donde las larvas se alimentan continuamente hasta la última etapa de desarrollo antes de la **pupación** y las etapas de post-metamorfosis.

Almacenan el **polen** en las celdas adyacentes a las **pupas** y la miel en lugares más periféricos o en la parte superior de los **panales**. La principal defensa es el aguijón, que se clava en el cuerpo del intruso, provocando la subsecuente muerte de la abeja. La colonia se considera un “superorganismo” porque actúa de forma organizada y sinérgica, como un único individuo colectivo.

Se conocen al menos 31 subespecies, se manipula su genética para la selección de caracteres de interés productivo, y se estima que producen unas 1.200.000 toneladas de miel anuales, en todo el mundo, según los registros a fecha de 2019.

En Sudamérica se introdujeron principalmente *Apis mellifera ligustica*, *Apis mellifera carnica*, *Apis mellifera mellifera*, todas de origen europeo, y *Apis mellifera scutellata*, originaria de África central y occidental, introducida en Brasil en 1956. Los híbridos de abejas de origen africano y europeo se denominan abejas africanizadas, que en menos de 50 años han ocupado gran parte de América, excepto Chile y el centro y sur de Argentina, donde se practica la apicultura con subespecies de origen europeo.

LECTURA SUGERIDA

Dressler, R. L. (1982). Biology of the orchid bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13(1), 373-394.

Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (953 p.). Baltimore: The John Hopkins University Press.

Nogueira, P. No. (1997). *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão* (No. 595.799 N778). São Paulo: Nogueirapis.

Root, A. I. (2005). *El ABC y XYZ de la apicultura: enciclopedia de la cría científica y práctica de las abejas* (No. 638.1 ROOa 1984). Buenos Aires: Editorial Hemisferio sur S.A.

Vit, P., Pedro, S. R., & Roubik, D. (Eds.), (2013). *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (654 p.). London: Springer Science & Business Media.VV

Mariposas y polillas (Lepidoptera) y su rol como polinizadores

Marcela Moré^a, Onildo João Marini Filho^b, Felipe W. Amorim^c

^a Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba), Córdoba, Argentina, mmore@imbiv.unc.edu.ar

^b Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília, DF, Brasil, onildo.marini-filho@icmbio.gov.br

^c Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, campus Botucatu, Botucatu - SP, Brasil, felipe.amorim@unesp.br

¿CÓMO RECONOCER A UN LEPIDÓPTERO?

Mariposas y polillas

Las mariposas y polillas son insectos del orden Lepidoptera (del griego «lepis», escama, y «pteron», ala) que poseen dos pares de alas membranosas recubiertas de escamas coloreadas. Los lepidópteros han sido históricamente separados en dos grupos: mariposas (hábito diurno) y polillas (hábito crepuscular o nocturno). Esta separación, sin embargo, funciona solo en general y con fines prácticos, ya que hay polillas que vuelan de día y mariposas que vuelan al anochecer.

Como todos los insectos, los lepidópteros presentan el cuerpo segmentado en tres partes: cabeza, [tórax](#) y [abdomen](#) (Figura 1). En la cabeza se sitúan muchos de los órganos sensoriales y el aparato bucal. En la cabeza están presentes dos ojos



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

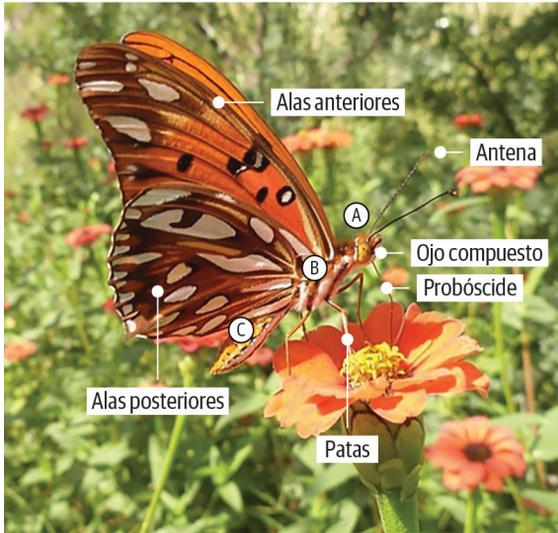


FIGURA 1. Anatomía externa de *Agraulis vanillae maculosa* (Nymphalidae). A: Cabeza, B: Tórax, C: Abdomen.

Crédito de la foto: M. Eugenia Drewniak.

compuestos de gran tamaño con los que las mariposas y las polillas, como la mayoría de los otros insectos, pueden distinguir colores incluso en la región ultravioleta del espectro. La cabeza también cuenta con un par de antenas sensoriales, que según los grupos pueden tener formas y tamaños bastante diferentes. En general, las antenas terminan en forma de clava en las mariposas y en forma de pelo (filiforme) o plumosa en las polillas. En los lepidópteros, las piezas bucales se modifican en una espiritrompa (o **probóscide**) que en estado de reposo permanece enrollada en espiral. Durante la alimentación, la espiritrompa se desenrolla y se utiliza para libar el néctar de las flores que polinizan, y también agua y sales de charcos. La longitud de la espiritrompa es bastante variable según la familia de los lepidópteros, desde unos pocos milímetros hasta casos extremos en los que puede alcanzar más de 20 cm, como se observa en algunas especies de la familia Sphingidae. ¡En esta familia hay registros de individuos de las especies *Amphimoea walkeri* y *Xanthopan praedicta*, cuya probóscide alcanza casi los 30 cm de longitud!

En el **tórax** de los lepidópteros están presentes dos pares de alas cubiertas por escamas que les permiten volar, pero cuya coloración también se utiliza como señal de advertencia a los depredadores, como camuflaje o de reconocimiento entre individuos de una especie. En el tórax también se ubican las seis patas, aunque en

algunas familias como por ejemplo Nymphalidae, el primer par de patas puede estar reducido (Figura 1).

En el **abdomen** se encuentran los espiráculos (orificios por donde ingresa el aire que respiran) y las estructuras genitales. En el tórax o el abdomen de ciertos grupos de polillas se pueden encontrar órganos o estructuras que sirven para detectar sonidos ultrasónicos que emite uno de los principales depredadores nocturnos de las polillas, los murciélagos.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

A nivel mundial las estimaciones más recientes indican que existen entre 157 a 180 mil especies de lepidópteros agrupadas en 42 superfamilias y 131 **familias**. Aproximadamente 7.800 especies de mariposas diurnas están distribuidas en la **región Neotropical**. El número de especies de mariposas se estima en 189 para Chile, 1.200 para Argentina y 3.500 para Brasil. Aún no se conoce cuántas especies de polillas, pero se estiman que superan en una proporción 10 a 1 a las especies de mariposas.

Por ser más llamativos, algunos grupos de mariposas, así como las polillas de la familia Sphingidae, cuentan con catálogos ilustrados que facilitan la identificación de las especies. Sin embargo, los microlepidópteros (grupo que reúne a aquellas polillas menores de 1 cm), aunque superan el número total de mariposas en un 80 a 90%, no han recibido la misma atención debido a la dificultad de ser estudiadas. Como resultado, la información disponible sobre este diverso grupo de lepidópteros es fragmentaria y se encuentra desactualizada.

Entre las familias de mariposas diurnas que visitan flores podemos destacar a Hesperidae, Lycaenidae, Nymphalidae, Papilionidae, Pieridae y Riodinidae (Figura 2). Entre los grupos de polillas se destacan los esfíngidos (familia Sphingidae), pero también existen numerosas familias de polillas pequeñas y menos llamativas como Castniidae, Erebidae- Arctiinae, Geometridae, Prodoxidae y Noctuidae que, aunque son de menor tamaño, resultan indispensables para la **polinización** de numerosas especies de plantas **nativas** y cultivadas, como la mandioca (Figura 3). En el Cerrado brasileño (el segundo bioma más grande de América del Sur), por ejemplo, las polillas son responsables de la polinización de aproximadamente el 20% de las especies **leñosas** más comunes y distribuidas ampliamente por todo el bioma. Aunque aún no se han realizado estimaciones similares para las mariposas, este número subraya la importancia de los lepidópteros para la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas en América del Sur.

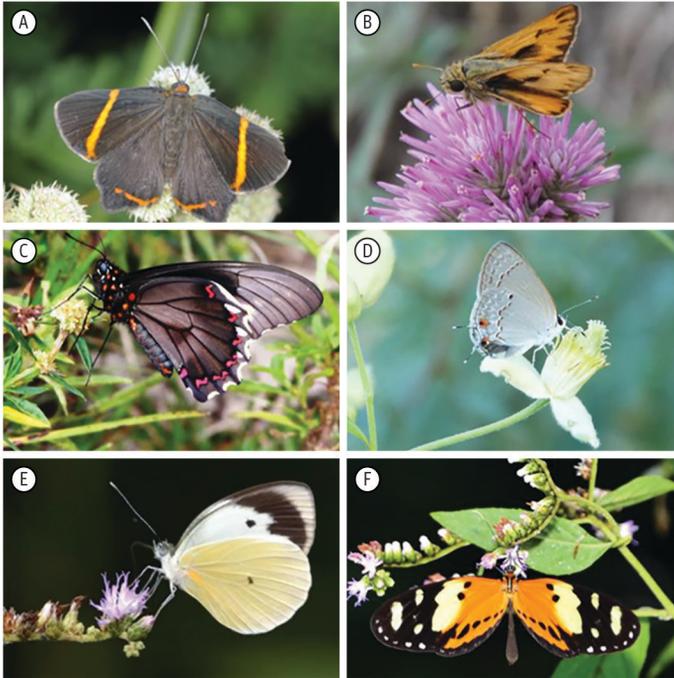


FIGURA 2. Mariposas visitando flores: (A) *Riodina lysippoides* (Riodinidae) visitando *Eryngium horridum* (Apiaceae), (B) *Hylephila phyleus* (Hesperiidae) visitando *Gomphrena pulchella* (Amaranthaceae), (C) *Battus polydamas* (Papilionidae) posada en *Borreria* sp. (Rubiaceae), (D) *Strymon rufusca* (Lycaenidae) visitando *Clematis montevidensis* (Ranunculaceae), (E) *Glennia pylotis*, especie en peligro de extinción (Pieridae) visitando *Cyrtocymura scorpioides* (Asteraceae), (F) *Melinaea ludovica paraiya* (Nymphalidae) visitando *Cyrtocymura scorpioides* (Asteraceae).

Crédito de las fotos: (A) de Andrea Cocucci, (B) de Marcela Moré, (C) de Onildo João Marini Filho, (D) de Eugenia Drewniak, (E) y (F) de Hilton Cristóvão.

¿CÓMO SON LAS FLORES QUE POLINIZAN LAS MARIPOSAS Y LAS POLILLAS?

Las flores de las plantas polinizadas por lepidópteros tienen características morfológicas bastante variables, pero tienen en común que producen néctar como principal recompensa floral. Suelen ser tubulares (en forma de tubo), pero también pueden tener una morfología similar a un cepillo. Las flores polinizadas por mariposas suelen ser de colores brillantes y abiertas durante el día, mientras que las polinizadas por polillas son blancas o de color pálido, se abren por la noche y producen un intenso perfume que recuerda al de los jazmines y gardenias. Las flores utilizan colores llamativos (amarillo, rojo, violeta, fucsia) como principal atractivo de las

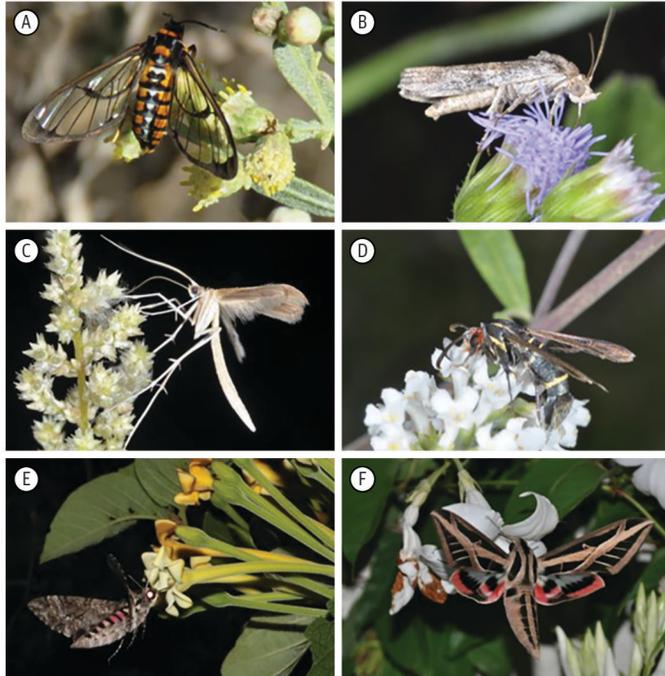


FIGURA 3. Polillas visitando flores: (A) una polilla de alas transparentes, *Arctinae* sp. (Erebidae) visitando *Bacharis* sp. (Asteraceae), (B) un microlepidóptero (Noctuoidea) visitando *Chromolaena arnottiana* (Asteraceae), (C) una polilla penacho (Pterophoridae) visitando *Iresine diffusa* (Amaranthaceae), (D) una polilla mimeta de avispa (Sesiidae) visitando *Aloysia gratissima* (Verbenaceae), (E) el esfíngido *Agrius cingulata* (Sphingidae) visitando *Tocoyena formosa* (Rubiaceae), (F) el esfíngido *Eumorphia fasciatus* (Sphingidae) visitando *Mandevilla laxa* (Apocynaceae).

Crédito de las fotos: (A) de Constanza Maubecin, (B), (C) y (D) de Andrea Cocucci, (E) de Felipe Amorim y (F) de Marcela Moré.

mariposas durante el día, mientras que es el perfume el principal atractivo de las polillas durante la noche. Además de esta diferencia general, las flores polinizadas por polillas también se pueden dividir en dos grandes grupos: flores polinizadas por polillas que se posan en las flores y flores en que las polillas se alimentan volando sobre un punto fijo. Los esfíngidos (Lepidoptera de la familia Sphingidae), debido a su tamaño corporal, longitud de la probóscide y capacidad de vuelo, revolotean cerca de las flores, tal como lo hacen los colibríes para acceder al néctar. Las otras familias de polillas más pequeñas, por otro lado, no revolotean y tienen una trompa corta. Por lo tanto, estos deben aterrizar en las flores para acceder al néctar.

Las flores polinizadas por esfíngidos suelen ser grandes, producen néctar en grandes volúmenes, generalmente no tienen plataforma de aterrizaje y están equipadas con tubos florales que pueden variar desde un poco menos de 1 cm hasta más de 30 cm de longitud. Por otro lado, las flores polinizadas por las polillas que aterrizan son pequeñas, tienen inflorescencias (conjuntos de flores) compactas sobre las que la polilla incluso puede caminar, y producen néctar en muy pequeños volúmenes.

ALGUNOS EJEMPLOS FASCINANTES DE INTERACCIONES ENTRE PLANTAS Y LEPIDÓPTEROS

Flores y probóscides extremadamente largas

Históricamente, las plantas polinizadas por esfíngidos han tenido mayor protagonismo que las plantas polinizadas por mariposas y otros grupos de polillas porque desde el siglo XIX han llamado la atención de los naturalistas de todo el mundo. En 1862, Charles Darwin observó que las flores de la orquídea malgache *Angraecum sesquipedale* tenían un espolón de unos 30 cm de largo, y que el néctar se almacenaba solo en la base. Darwin predijo que el polinizador debía ser una polilla enorme, con una probóscide muy larga capaz de succionar todo el néctar de la flor. Unos años después, el naturalista alemán naturalizado brasileño, Fritz Müller, encontró en el estado de Santa Catarina, en el sur de Brasil, una polilla con una probóscide de entre 25 y 28 cm de longitud. Envió la probóscide a su hermano Hermann Müller a Alemania, quien publicó el hallazgo en 1873 en la revista *Nature* bajo el título “Probóscide capaz de libar néctar de *Angraecum sesquipedale*”. En 1877, Darwin mencionó que a pesar de que su hipótesis había sido ridiculizada por algunos entomólogos (los eruditos de los insectos), Fritz Müller había encontrado un esfíngido en Brasil, cuya probóscide era casi tan larga como el tubo floral de *A. sesquipedale*. Darwin murió en 1882, y solo en 1903, 21 años después de sus observaciones iniciales, los entomólogos Charles Rothschild y Karl Jordan describieron una subespecie del esfíngido endémico de Madagascar, cuya probóscide era equivalente en tamaño al tubo floral de *A. sesquipedale*. Esta polilla fue bautizada con el nombre histórico *Xanthopan m. praedicta* (Figura 4A).

Consumo de polen por las mariposas *Heliconius*

Las famosas mariposas neotropicales del género *Heliconius* también tienen una estrecha relación con las flores que visitan. Estas flores les proporcionan tanto néctar como [polen](#), elementos importantes en la dieta de estas mariposas. Las

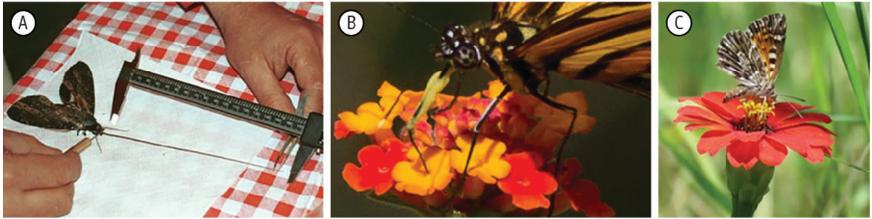


FIGURA 4. Ejemplos de interacciones entre plantas y mariposas: (A) adulto de *Neococytius cluentius* con su probóscide de 17 cm de largo desenrollada (Sphingidae), (B) adulto de *Heliconius ethilla* transportando un cúmulo de polen sobre su probóscide (Nymphalidae), (C) adulto de la mariposa "hormiguera argentina" *Aricoris notialis* (Riodinidae).

Crédito de las fotos: (A) de Andrea Cocucci, (B) de Roberto de Oliveira da Silva y (C) de Constanza Maubecin.

mariposas *Heliconius* pueden digerir el polen recolectado en las flores, ya que tienen enzimas proteolíticas que descomponen las proteínas del polen en aminoácidos que representan un elemento importante en la dieta de las mariposas. Esta capacidad de utilizar néctar y digerir el polen les permite sobrevivir mucho más tiempo que el promedio de otras mariposas, algunas de las cuales pueden alcanzar los ocho meses de edad, lo que también contribuye a una mayor **fertilidad** (Figura 4B).

Asociación de larvas de la familia Riodinidae con hormigas

Algunas especies de la familia Riodinidae se destacan por las **adaptaciones** de sus larvas que viven asociadas con hormigas. Sin embargo, son probablemente la familia de mariposas menos estudiada. El ciclo de vida de las especies mirmecófilas se caracteriza porque las hembras depositan sus huevos cerca de **hemípteros** que producen una secreción azucarada y son atendidos por hormigas del género *Camponotus*. En los primeros estadios las larvas de los riodínidos se alimentan tanto de la secreción azucarada que producen los hemípteros como de las regurgitaciones de las hormigas. Luego, desde el tercer **estadio** hasta que **pupan**, son alimentadas y cuidadas exclusivamente por las hormigas dentro del nido (Figura 4C).

¿QUÉ ROL CUMPLEN LOS LEPIDÓPTEROS EN LOS ECOSISTEMAS?

Los lepidópteros poseen una gran diversidad de **nichos ecológicos**, desempeñando roles muy diferentes en los ecosistemas. Las larvas ocupan el medio terrestre y acuático, y aunque la gran mayoría de las especies son herbívoras, las larvas de algunas especies también pueden tener hábitos de alimentación coprófagos (que

se alimenta de materia fecal) o incluso carnívoros. Aunque existen especies de lepidópteros que no se alimentan cuando son adultos, muchas si lo hacen y presentan una gran diversidad de nichos alimentarios en esta etapa de la vida. Además de las especies nectarívoras (que se alimentan de néctar), existen especies frugívoras (que se alimentan de frutos), especies polenívoras (que se alimentan de polen), especies que se alimentan de sudor, también hay especies que liban lágrimas de vertebrados, e incluso algunas raras especies hematófagas (que se alimentan de sangre).

Pero, sin duda, las especies herbívoras cuyas larvas defolian hojas o barrenan tallos y frutos son las más estudiadas por el impacto económico que pueden producir en la actividad agrícola. Estas especies se alimentan de cultivos importantes en América del Sur, como el maíz, la caña de azúcar e incluso la soja. Es interesante que los adultos de estas especies son **polinizadores** importantes de numerosas especies **nativas**, como es el caso de *Rachiplusia nu* que poliniza varias especies de orquídeas. Los lepidópteros también pueden actuar como polinizadores de algunas especies de importancia económica, como la papaya, la pitaya, y en el noreste de Brasil, los esfíngidos actúan como importantes polinizadores de la mangaba, *Hancornia speciosa* (Apocynaceae), cuyos frutos son ampliamente utilizados en la fabricación de jugos, dulces y helados, impulsando la economía de la región.

Finalmente, las polillas y mariposas también sirven como una fuente importante de alimento, tanto en la etapa larvaria como adulta, para aves y murciélagos y, por lo tanto, juegan un papel importante en las **cadena alimentarias**. Por su gran **diversidad** de especies y roles ecológicos, los lepidópteros constituyen un componente fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas en todo el planeta.

SUGERENCIAS DE LECTURA

Benyamini, D., Ugarte, A., & Bálint, Z. (2019). An updated list of the butterflies of Chile (Lepidoptera, Papilionoidea and Hesperioidea) including distribution, flight period, conservation status and comments on biology. Part III/1, subfamily Polyommatainae (Lycaenidae) with descriptions of three news. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 68(2), 131-181.

de Camargo, A. J. A., de Camargo, W. R. F., Corrêa, D., Vilela, M. D. F., & Amorim, F. W. (2018). *Mariposas polinizadoras do cerrado: identificação, distribuição, importância e conservação. Família Sphingidae (Insecta - Lepidoptera)*. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. Recuperado de: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1100313/mariposas-polinizadoras-do-cerrado-identificacao-distribuicao-importancia-e-conservacao>

Freitas, A. V. L., & Marini-Filho, O. J. (2011). *Plano de Ação Nacional para Conservação de Lepidópteros*. Brasília, DF: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.

Recuperado de: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-pan/pan-lepidopteros/1-ciclo/pan-lepidopteros- livro.pdf>

iNaturalist. (2021). *Mariposas y polillas de Argentina - Lepidoptera of Argentina (Proyecto Plataforma iNaturalist)*. Recuperado de: <https://www.inaturalist.org/projects/mariposas-y-polillas-de-argentina-lepidoptera-of-argentina?tab=about>

Rech, A. R., Agostini, K., Oliveira, P. E., & Machado, I. C. (2014). *Biologia da Polinização* (Ver Capítulo 10. Polinização por lepidópteros). Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/275831630_Biologia_da_Polinizacao

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s02c06.es>

Coleópteros como polinizadores: diversidad y distribución en América del Sur

Héctor Jaime Gasca-Álvarez^{a,b}, Mónica Torres-Pachón^b, José Ricardo M. Mermudes^c

^a Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central del Norte 39-115, Sede Central - Tunja, Boyacá, Colombia, hector.gasca@uptc.edu.co

^b Programa de Investigación, Corporación Sentido Natural, Bogotá, Colombia, sentidonaturalorg@gmail.com

^c Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, jrmermudes@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La polinización es uno de los procesos ecológicos más importantes en el funcionamiento de los ecosistemas y es esencial en el mantenimiento y producción de una amplia variedad de cultivos de importancia agrícola. Los mecanismos de polinización son diversos, y en la mayoría de ellos, las especies de abejas nativas son consideradas los polinizadores más eficaces. Otros insectos como polillas, moscas, avispas, mariposas, escarabajos, además de colibríes, murciélagos y otros mamíferos, pueden polinizar la mayoría de las plantas con flores de forma tan eficiente como las abejas.

Los coleópteros constituyen casi una cuarta parte de todas las especies actuales conocidas en la tierra. También se encuentran entre los polinizadores más importantes de las plantas con flores, especialmente en asociación con los más antiguos linajes



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

de angiospermas de las cuales se cree que fueron los primeros visitantes, al punto de ser considerados como uno de los grupos más importante de insectos polinizadores en los bosques tropicales. Se esperaría que la [cantarofilia](#), o polinización por escarabajos, fuera un [síndrome](#) poco efectivo debido a la poca movilidad de estos insectos, lo que restringe la [dispersión](#) del [polen](#). Muchas especies pertenecientes a familias como Scarabaeidae, Melyridae y Cantharidae, pueden ser consideradas transportadores potenciales de polen, debido a la abundante cantidad de pilosidad en su cuerpo. Asimismo, el aparato bucal de los escarabajos es de tipo masticador y no está adaptado para succionar néctar. Sin embargo, la cantarofilia es uno de los [síndromes de polinización](#) más comunes en las zonas tropicales y a menudo no se considera importante en los ecosistemas templados. La mayoría de especies visitan las flores para alimentarse de polen, y a veces de estructuras florales (e. g. pétalos, [anteras](#)) o [secreciones estigmáticas](#). En realidad, los escarabajos rara vez visitan las flores para alimentarse del néctar que buscan otros polinizadores. Esta recompensa a menudo está ausente o se produce moderadamente. La recompensa más importante que buscan los escarabajos cuando visitan las flores es el polen rico en proteínas.

Se han reportado alrededor de 40 [familias](#) de [Coleoptera](#) en el mundo, que contienen cerca de 77.000 especies que visitan flores y/o participan en procesos de polinización. La mayoría de las familias con especies que visitan flores, también contienen muchas especies que se alimentan de otros recursos, lo que sugiere que la alimentación de néctar, o polen (más frecuente) ha evolucionado independientemente en la mayoría de las familias de escarabajos que contienen especies consumidoras de flores. Los escarabajos del polen (Nitidulidae), los escarabajos longicornios (Cerambycidae), los escarabajos de las hojas (Chrysomelidae), los escarabajos errantes (Staphylinidae), los escarabajos verdaderos (Scarabeidae), los escarabajos de las flores (Mordellidae) y los gorgojos (Curculionidae) son consumidores comunes de polen de muchas flores. Algunos grupos presentan comportamientos especializados para la polinización. Varias especies de Curculionidae, Nitidulidae y Scarabaeidae están involucradas en mecanismos específicos, en donde los adultos son atraídos por aromas florales, y cuya emisión está relacionada con la elevación de la temperatura alrededor de las estructuras reproductivas vegetales.

Las flores polinizadas por escarabajos son generalmente de gran tamaño, o pueden ser agrupaciones de pequeñas flores. Pueden ser aplanadas, y con el polen de fácil acceso, aunque pueden contar con “trampas” para mantener por más tiempo a los escarabajos (Figuras 1, 2, 3). Suelen ser de colores claros (blanco, crema), o de colores oscuros (violeta o lila). Los escarabajos son atraídos principalmente por flores que emiten olores frutales, almizclados, picantes, fermentados o similares a materia orgánica en descomposición.



FIGURA 1. *Macroductylus sulphureus* Blanchard (Scarabaeidae) en Asteraceae. Tipacoque, Boyacá, Colombia.

Crédito de la foto: Héctor Jaime Gasca-Álvarez.



FIGURA 2. *Cyclocephala brittoni* Endrödi (Scarabaeidae) en *Caladium bicolor* (Aiton) Vent. Pandi, Cundinamarca, Colombia.

Crédito de la foto: Héctor Jaime Gasca-Álvarez.



FIGURA 3. *Astylus* sp. (Meryliidae) en Asteraceae. Parque Nacional da Serra da Bocaina, São José do Barreiro, São Paulo, Brasil.

Crédito de la foto: José Ricardo Mermudes.

¿CÓMO RECONOCER A UN COLEÓPTERO?

Los coleópteros, escarabajos o cucarrones se pueden reconocer por la presencia de un par de alas endurecidas denominadas **élitros** y un par de alas membranosas cubiertas por los **élitros**. El cuerpo de los coleópteros está segmentado con un exoesqueleto endurecido, compuesto por escleritos o placas separadas por una sutura. El patrón fundamental de un segmento es de al menos cuatro escleritos: el dorsal o noto, los laterales o pleuras, y el ventral o esternón. Los coleópteros tienen tres pares de apéndices locomotores o patas en el estado adulto, y su cuerpo está dividido en tres secciones: la anterior o cabeza, la porción media o **tórax** y la parte posterior o **abdomen**. También presentan un par de antenas que tienen una amplia variabilidad morfológica (Figura 4). La mayoría de los coleópteros no son muy buenos voladores, pero son lo suficientemente hábiles para llegar a las flores y alimentarse de polen y en ocasiones de tejidos florales.

DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS POLINIZADORES EN AMÉRICA DEL SUR

A pesar de no ser polinizadores estrictos, se ha registrado una importante **diversidad** de coleópteros participando en la polinización de plantas en varias regiones de

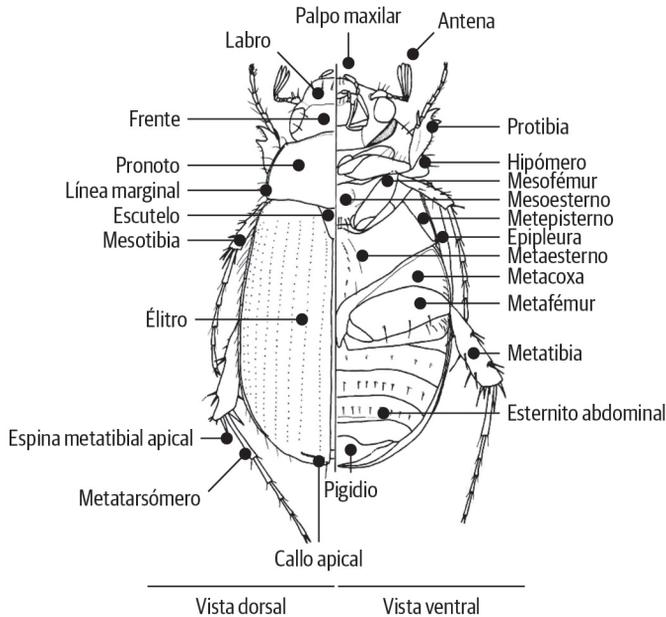


FIGURA 4. Plan corporal de un coleóptero.

Modificado del trabajo de Dirk Ahrens sobre taxonomía de escarabajos fitófagos publicado en 2005.

América del Sur. En Brasil, se registró al gorgojo *Cotithene gorayebi* (Curculionidae) como polinizador de la epífita *Evodianthus funifer* (Cyclanthaceae) en la región del Amazonas, mientras que para el sur del país se estudió la alimentación de polen en dos especies del género *Microlia* (Staphylinidae). En el norte y nordeste de Brasil, se encontraron varias especies del género *Grasidius* (Curculionidae) como polinizadores efectivos de la palmera de burití *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). En la región del Cerrado brasileño, se analizó la cantarofilia en familias como Chrysomelidae, Curculionidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, y Staphylinidae, asociadas a varias especies de anonáceas (Annonaceae). En el estado brasileño de Mato Grosso se encontró que la especie *Pharaxonotha cerradensis* (Erotylidae), es capaz de transportar polen y desarrollar su ciclo de vida en [estróbilos poliníferos](#) de *Zamia boliviana* (Zamiaceae). En la Amazonia brasileña se identificaron por lo menos 26 especies de Coleoptera asociadas a plantas con frutos comestibles tropicales, principalmente a palmeras como inajá (*Attalea maripa*) y bacaba (*Oenocarpus bacaba*), donde resaltan especies polinizadoras como *Cyclocephala distincta* (Scarabaeidae) y *Belopeus carmelitus* (Curculionidae).

En Ecuador se han reportado algunas [familias](#) principalmente asociadas a cultivos agrícolas. Coccinellidae fue reportada como polinizadora de algunas especies de plantas de la familia Malpighiaceae en Guayaquil. Una especie de la [familia](#) Nitidulidae y una especie de Curculionidae se reportaron como polinizadores de la palma aceitera en la región costera de la provincia de Esmeraldas, mientras que la familia Cerambycidae, fue registrada como potencial polinizador de cultivos de pastizales de la provincia de Pichincha.

En Perú, al menos cuatro familias se han reportado como polinizadores o [visitantes florales](#). *Zonitis cantharoides* (Meloidae) se encontró asociada a parches de [vegetación de borde](#) a los alrededores de Lima. Tres especies del género *Elaeidobius* (Curculionidae) y una especie del género *Microporum* (Nitidulidae) están relacionadas con los procesos de polinización de la palma aceitera en la región de Ucayali, mientras que algunos géneros de la familia Lycidae se identificaron como insectos polinizadores de orquídeas en los bosques nublados de Cusco.

En Venezuela, algunas familias de coleópteros registradas como polinizadores de la palma aceitera pertenecen a Curculionidae, Nitidulidae y Smicripidae, para la región de Maracaibo, mientras que familias como Chrysomelidae y Scarabaeidae se registraron en la polinización de la vegetación de planicie costera de Paraguaná en el estado de Falcón. Otras familias como Bruchidae, Carabidae, Meloidae, Melyridae, y Tenebrionidae, con una especie cada una, fueron identificadas como [visitantes florales](#) de dos especies herbáceas en la planicie de Maracaibo, estado de Zulia.

En la Guyana Francesa se registró a *Cyclocephala simulatrix* (Scarabaeidae) asociada a la polinización y ecología floral de *Philodendron fragrantissimum* (Araceae).

En Bolivia se ha registrado a *Pharaxonotha cerradensis* (Erotylidae) y especies no identificadas de Chrysomelidae y Curculionidae asociadas con la biología reproductiva de *Zamia boliviana* en la frontera con Brasil. Familias como Curculionidae, Coccinellidae y Mycetophagidae, fueron identificadas como visitantes florales del cacao *Theobroma cacao* en el municipio de Alto Beni.

En Chile se han registrado las familias Nitidulidae y Scarabaeidae como polinizadores de ecosistemas mediterráneos y cultivos agrícolas frutales en la Región de Valparaíso. Familias como Scirtidae, Cantharidae, Dermestidae y Oedemiridae con una especie cada una, y Mordellidae con varias especies del género *Mordella*, fueron asociadas con procesos de polinización en jardines de región de La Araucanía al sur de Chile. En un cultivo de palta en la región central, fueron identificadas las familias Melyridae y Buprestidae, asociadas con procesos de polinización.

Para Argentina, se han registrado como polinizadoras y visitantes florales a especies de Buprestidae, Cantharidae, Chrysomelidae, Cleridae, Curculionidae, Elateridae,

Meloidae, Melyridae, Mordellidae y Staphylinidae asociadas a la polinización de plantaciones agrícolas de cereales y oleaginosas en la Pampa, con una especie cada una; mientras que Cantharidae y Curculionidae se identificaron como polinizadoras de algunas especies de plantas de la familia Araceae en el Parque Nacional Iguazú. *Diabrotica speciosa* (Chrysomelidae) se encontró como visitante floral de plantas del género *Cucurbita* (Cucurbitaceae) en el sur de Santa Fe.

COLEÓPTEROS POLINIZADORES: EL CASO DE COLOMBIA

En Colombia, el estudio de los procesos de polinización en Coleoptera se ha incrementado en los últimos años. Cerca de 40 especies de coleópteros son visitantes florales y/o polinizan plantas, de las cuales 11 especies pueden ser consideradas como polinizadores estrictos. Estas especies están representadas en su mayoría por las **familias** Scarabaeidae (géneros: *Ancognatha*, *Aspilodea*, *Cyclocephala*, *Mimeoma*), Nitidulidae (géneros: *Macrostola*, *Mystrops*) y Curculionidae (géneros: *Anchylorhynchus*, *Metamasius* y *Systemotelus*), y en menor proporción se han reportado casos para familias como Brentidae, Carabidae, Cerambycidae, Chrysomelidae, Cucujidae, Elateridae, Erotylidae, Hydrophilidae, Lampyridae, Meloidae y Silvanidae. Sin embargo, se estima que la riqueza de coleópteros polinizadores y visitantes florales puede llegar a las 190 especies, ya que muchos estudios reportan varias morfoespecies que se encuentran en proceso de **determinación taxonómica**. Las asociaciones florales, se presentan principalmente en cerca de 20 especies **silvestres** y cultivadas de palmas (Araceae). Así mismo, se han documentado asociaciones estrictas de polinización en especies de Araceae y Zamiaceae, y en menor proporción, casos de visitas florales en Annonaceae, Cyclantaceae, Fabaceae y Solanaceae. El estudio de los visitantes florales de las inflorescencias de palmas, ha permitido el hallazgo de especializaciones ecológicas estrechas con especies de Curculionidae y Nitidulidae, lo que ha generado también el descubrimiento de nuevas especies.

Las relaciones estrictas de polinización Coleoptera-Araceae se han documentado para las regiones de la Amazonia, Andina y Pacífica, en los departamentos de Amazonas, Antioquia, Chocó y Nariño. Se destaca el estudio de especies como *Mystrops costarricensis* (Nitidulidae) en Tumaco; *M. cercus* (Nitidulidae) en Quibdó; *M. dalmasi* (Nitidulidae) en siete localidades del territorio colombiano; *Cyclocephala amazona*, *C. aequatoria*, *Aspidolea fuliginea* y *Mimeoma acuta* (Scarabaeidae) en Buenaventura; *Anchylorhynchus bicarinatus*, *A. tricarinatus* (Curculionidae) y *Mystrops salazari* (Nitidulidae) en la Amazonía; y *Cyclocephala amblyopsis*, *C. brittoni*, *C. gregaria*, *C. monacha* y *C. tylifera* (Scarabaeidae) en la región Andina.

Teniendo en cuenta esta **biodiversidad**, actualmente resulta un reto establecer el número exacto de especies de coleópteros polinizadores. En Sudamérica, el número de especies de plantas polinizadas y de especies de coleópteros polinizadores y/o polinívoros (devorador de polen) posiblemente se encuentre subestimado. Su diversidad puede ser mucho mayor, teniendo en cuenta que muchas plantas con síndromes de cantarofilia son árboles altos cuyas flores están en el dosel y adicionalmente muchos escarabajos polinizadores presentan hábitos nocturnos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Rodrigo Barahona-Segovia por sus valiosos comentarios y sugerencias al manuscrito. La presente contribución hace parte del programa de investigación de la Corporación Sentido Natural. JRM agradece el apoyo para esta investigación del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), proceso 311679/2019-6.

SUGERENCIAS DE LECTURA

Bernhardt, P. (2000). Convergent evolution and adaptive radiation of beetle-pollinated angiosperms. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1-4), 293-320. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00984108>.

Gottsberger, G. (1990). Flowers and beetles in the South American tropics. *Botanica Acta*, 103(4), 360-365. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1438-8677.1990.tb00175.x>.

Hernández-Vera, G., Navarrete-Heredia, J. L., & Vázquez-García, J. A. (2021). Beetles as floral visitors in the Magnoliaceae: an evolutionary perspective. *Arthropod-Plant Interactions*, 15(3), 273-283. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-021-09819-3>.

Nates-Parra, G., Higuera-Díaz, D., & Gómez-Hoyos, A. J. (2021). *Plan de acción de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores* (140 p.). Bogotá: Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Wardhaugh, C. W. (2015). How many species of arthropods visit flowers? *Arthropod-Plant Interactions*, 9(6), 547-565. <http://dx.doi.org/10.1007/s11829-015-9398-4>.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s02c07.es>

La Polinización y las Aves

Karlla V. C. Barbosa^a, Kayna Agostini^b

^a Universidade Estadual Paulista, São Paulo/SP, Brasil, barbosa.karlla@gmail.com

^b Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, DCNME, Araras, São Paulo, Brasil, kayna@ufscar.br

Las aves atraen la atención de los observadores de la naturaleza y los investigadores, no sólo por su belleza, sino también por su importancia ecológica y los beneficios que aportan al ser humano. Muchos estudios demuestran que las aves son buenos bioindicadores de la calidad del medio ambiente, desde la contaminación ambiental hasta la evaluación de proyectos de restauración ambiental. Otro papel importante que desempeñan las aves es la [polinización](#). Al visitar las flores para alimentarse, las aves contribuyen a la reproducción de las plantas y a la formación de frutos y semillas. Las aves [polinizadoras](#) más famosas son los colibríes, pero otras especies de aves pueden prestarnos este valioso servicio.

Las aves se distribuyen por todo el mundo, y son uno de los grupos más estudiados y conocidos. Sin embargo, aún nos queda mucho por entender sobre estos animales, y los científicos ciudadanos son fuertes aliados para incrementar la información sobre sus comportamientos, su distribución y su historia natural. Para ayudar a los científicos ciudadanos, en este capítulo presentaremos información sobre las principales características de las aves polinizadoras y las plantas que utilizan como recurso alimenticio, una interacción conocida como [ornitofilia](#).

Las especies de aves polinizadoras, especialmente las que se alimentan de néctar, tienen adaptaciones físicas que les ayudan a acceder y chupar el néctar, normalmente



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

almacenado en cámaras en el fondo de las **corolas** de las flores, así como adaptaciones fisiológicas que ayudan a la digestión del néctar. Algunas de estas características principales son pico afilado con lengua alargada, molleja reducida y riñones más eficaces. Es importante señalar que incluso las aves que se alimentan de néctar consumen otros alimentos para satisfacer su demanda energética; por ejemplo, los colibríes completan su dieta proteica consumiendo pequeños invertebrados.

A lo largo de la evolución, muchos linajes de plantas adquirieron características relacionadas a facilitar las visitas de las aves polinizadoras. Esto incluye cambios en la forma de las flores e incluso en la composición del néctar, ya que las especies con néctar más azucarado se volvieron más atractivas para sus visitantes. Algunos grupos de aves, tras descubrir esta fuente de alimento, se han convertido en asiduos visitantes de las flores, tomando el néctar y a veces consumiendo las flores. Las especies polinizadas por aves suelen tener flores o inflorescencias más grandes y robustas, que producen mayores cantidades de néctar y **polen**. Las flores **ornitófilas** son inodoras, se abren durante el día y son de colores vivos en tonos rojos, naranjas y/o amarillos. Los colores fuertes atraen a las aves, que se guían más por los estímulos visuales y no son buenas con su sentido del olfato. Para hacerse una idea al respecto, basta con pensar en las flores más comunes polinizadas por las aves, como las flores de hibisco, los cactus, los plátanos y las orquídeas.

La mayoría de las especies de plantas **neotropicales** tienen a los colibríes como principales polinizadores, pero algunas especies de plantas más **generalistas** son polinizadas por aves perchando, es decir, aves que se posan en las flores, inflorescencias o ramas cercanas y las visitan sin volar. Las plantas polinizadas exclusivamente por colibríes tienen flores con **corolas** largas y tubulares (Figura 1A), la deposición del **polen** se produce en una región bien definida del cuerpo de los polinizadores (por ejemplo, el pico, la parte superior de la cabeza) y pocas flores se abren simultáneamente por planta (Figuras 1B y 1D). Por otro lado, las flores ornitófilas de corola corta reciben la visita de diferentes especies de aves (incluyendo algunos colibríes) y en estas plantas se abren muchas flores simultáneamente cada día.

Las flores neotropicales polinizadas por aves que perchan son más robustas que las polinizadas por colibríes, presentan diversas formas, y la deposición del polen puede producirse en diferentes lugares del cuerpo de las aves. La mayoría de estas flores tienen néctar en grandes cantidades y más diluido que las polinizadas por los colibríes. Las flores neotropicales polinizadas principalmente por aves que perchan pueden ofrecer, además de néctar, cuerpos alimenticios, gelatina azucarada o una mezcla de polen y aceite, además de albergar insectos que son importantes alimentos para las aves, como en el ejemplo de la especie *Mucuna japura* que describimos más abajo (Figura 1D).

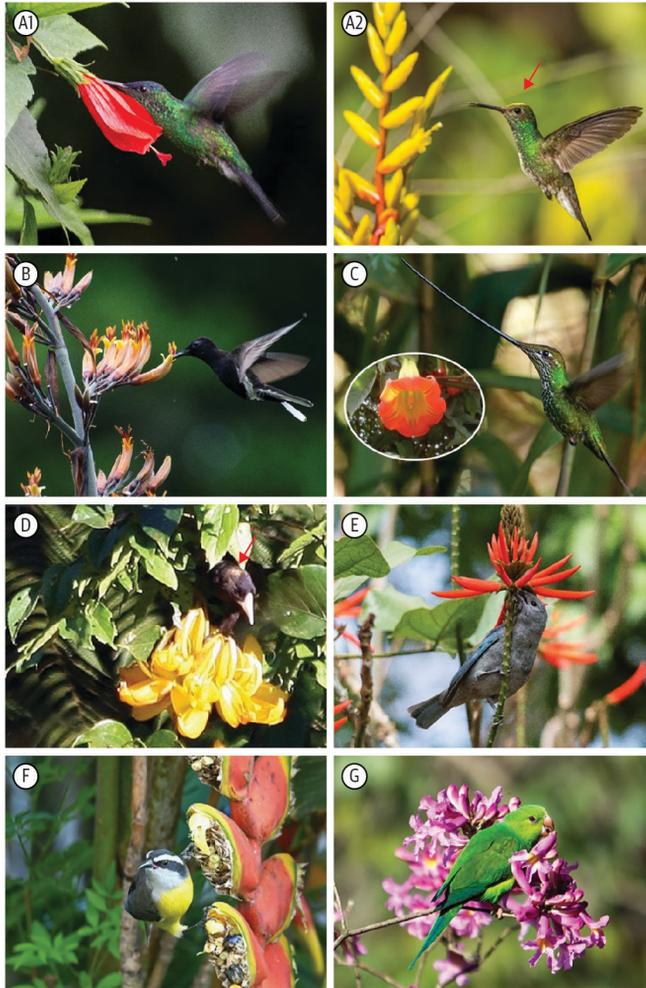


FIGURA 1. Aves polinizando plantas: (A1) Picaflor corona violácea (*Thalurania glaucopis*) y majagüillo (*Malvaviscus arboreus*), (A2) Esmeralda tornasolada (*Chrysuronia versicolor*) y bromelia (*Vriesea* sp.), (B) Picaflor negro (*Florisuga fusca*) y *Phormium* sp., (C) Picaflor picoespada (*Ensifera ensifera*) y *Brugmansia* sp., (D) Boyero cacique (*Cacicus haemorrhous*) y *Mucuna japira*, (E) Celestino común (*Thraupis sayaca*) y mulungu (*Erythrina mulungu*), (F) Mielero o platanero (*Coereba flaveola*) y banano de jardín (*Musa* sp.), (G) Catita tirica (*Brotogeris tirica*) y *Tabebuia* sp. Las flechas rojas en A2 y D indican la deposición de polen en la cabeza de las aves.

Créditos de las fotos: (A) y (B) de João Paulo Krajewski, (C) de Ciro Albano, (D) de Kayna Agostini, (E), (F) y (G) de Marco Silva.

UN POCO DE HISTORIA EVOLUTIVA: PLANTAS Y AVES

Originalmente se creía que las frecuentes visitas de los pájaros a las flores podían causar daños a las plantas. Sin embargo, se observó que se trataba de una [relación mutualista](#), es decir, que ambas especies ganan: las plantas ganan colaboradores para llevar su polen de una flor a otra, y los pájaros ganan energía para su supervivencia. Esta asociación ha funcionado bien y, en la actualidad, las aves son los principales vertebrados polinizadores presentes en diversas partes del mundo, a excepción de Europa.

La polinización puede no ser directa, por ejemplo, cuando algunas aves no van a las flores con la intención de consumir el néctar de las plantas, sino porque representan una gran oportunidad para encontrar presas (generalmente pequeños invertebrados). Es el caso de los pájaros insectívoros, que al intentar capturar insectos que se alimentan de las flores o las utilizan como refugio, acaban tocando el polen y llevándolo a la siguiente flor. Otro grupo de pájaros ve la planta como una fuente de agua acumulada después de una lluvia, y tocan el polen al refrescarse. Por su parte, las aves frugívoras polinizan las flores cuando van a alimentarse de sus frutos (Figura 1E). Estas variaciones nos muestran que las plantas ornitófilas tienen muchas estrategias reproductivas (Figura 1G).

LOS COLIBRÍES, O PICAFLORES

Coloridos y brillantes, los colibríes, o picaflores, son especies que encantan por su ágil comportamiento y sus exuberantes colores. Y como su nombre indica, estas especies de aves tienen una estrecha relación con las flores.

Los colibríes (especies de la [familia](#) Trochilidae) son el grupo de aves más especializado en acceder al néctar de las flores y son exclusivos de América. En la actualidad, se conocen 360 especies de colibríes desde Alaska hasta Tierra de Fuego y se pueden encontrar en las más variadas altitudes. Colombia es el país con el mayor número de especies (163); Ecuador tiene 132, Brasil tiene 89, Argentina tiene 36 y Chile tiene 10. Podemos observar una mayor riqueza de especies en regiones con grandes diferencias de altitud (Figura 2).

Además del nombre de colibrí o picaflor, estas especies son conocidas en Brasil como beija-flor, cuitelinho, besourinho, bizunga o guanumbi. Son aves [solitarias](#), pero cuando la oferta de recursos es abundante podemos encontrar varios individuos o incluso varias especies visitando la misma planta. Un hecho curioso es que algunas especies de colibríes son especialistas en visitar flores

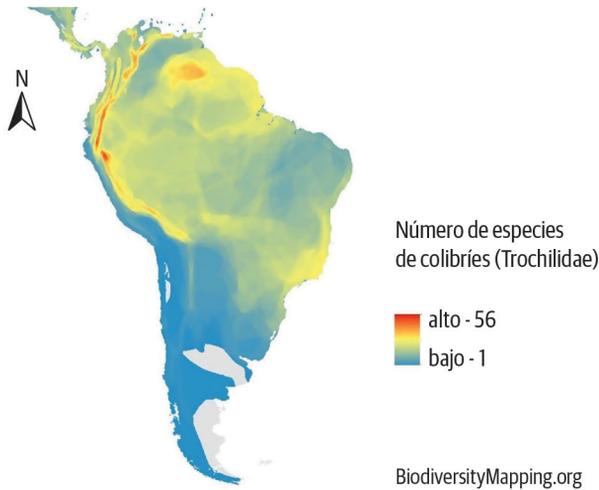


FIGURA 2. Mapa con la riqueza de especies de colibríes (especies de la familia Trochilidae) en América del Sur.

con **corola** tubular larga, debido a la forma de su pico. Este es el caso del colibrí picoespada (*Ensifera ensifera*), que aparece en los bosques subtropicales asociados a la cordillera de los Andes en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (Figura 1C).

Los colibríes alimentándose de las flores proporcionan una composición para hacer fotos increíbles y por eso son los favoritos de muchos observadores de aves. El vuelo de los colibríes es otra característica que genera la atención y la curiosidad de los observadores de aves. Gracias a su capacidad de detenerse en vuelo, e incluso a las rápidas maniobras que realizan estas especies, les es posible acceder a las flores sin necesidad de posarse en una rama de la planta como hacen otras aves (Figura 1B).

OTRAS ESPECIES DE AVES NECTARÍVORAS

El mielero o platanero (*Coereba flaveola*) es bien conocido porque visita con frecuencia los abrevaderos artificiales de los jardines residenciales (Figura 1F). Este pájaro fue considerado en su día como un villano en el proceso de polinización, porque perfora las flores, pero en muchos casos pueden tener contacto con el polen durante sus visitas y actuar entonces como polinizadores. Además de los mieleros,

los traúpidos, que incluyen a los celestinos (*Thraupis* sp.), las tangaras (*Tangara* sp.) y los saís (*Dacnis* sp.), son aves frugívoras que visitan las plantas para consumir los frutos y también se ha observado que visitan las flores para alimentarse, siendo potenciales polinizadores.

Un caso interesante es la polinización de la especie *Mucuna japura* (Leguminosae). Esta planta es polinizada por el boyero cacique (*Cacicus haemorrhous*), que pertenece a la familia Icteridae y es conocido por ser insectívoro. La *Mucuna japura* tiene flores explosivas que sólo se abren si se ejerce presión sobre sus pétalos. Para tomar el néctar, el boyero cacique introduce su pico en una flor y la abre, presionando los pétalos y haciendo que la flor se abra explosivamente. Este pájaro también se alimenta de las orugas de la mariposa *Astrartes talus*, que empupan (ver pupa) dentro de las flores de *Mucuna japura*. Así, este polinizador tiene el comportamiento de un ave insectívora, pero puede polinizar y alimentarse del néctar de *Mucuna japura* (Figura 1D).

El gandul (*Combretum lanceolatum*), una especie vegetal de la familia Combretaceae, es otro caso interesante de polinización. Esta especie de planta que se da en el Pantanal brasileño tiene flores que producen una secreción gelatinosa dulce en forma de goma, que no se repone después de ser arrancada por un pájaro, por lo que se asemejan a una fruta. Las gomas gelatinosas y azucaradas atraen a una gran diversidad de aves visitantes, pero los principales polinizadores son los zorzales, las tangaras y los loros.

Sabiendo ahora un poco más sobre las aves y la polinización, y utilizando una guía de aves para ayudar a la identificación de las especies, el científico ciudadano puede contribuir con mayor precisión a la construcción del conocimiento sobre la polinización. Otro consejo importante para el registro de una especie de ave polinizadora es observar las características del entorno (la posición del ave en la vegetación, cuál es la especie de planta visitada y el tipo de vegetación del entorno) y proporcionar toda la información que pueda en plataformas de ciencia ciudadana como WikiAves (Brasil), *eBird* o *iNaturalist*. Al observar la especie, preste atención a algunas características corporales que le ayudarán a identificarla (Figura 3).

¡Les deseamos una grata observación de estos polinizadores!

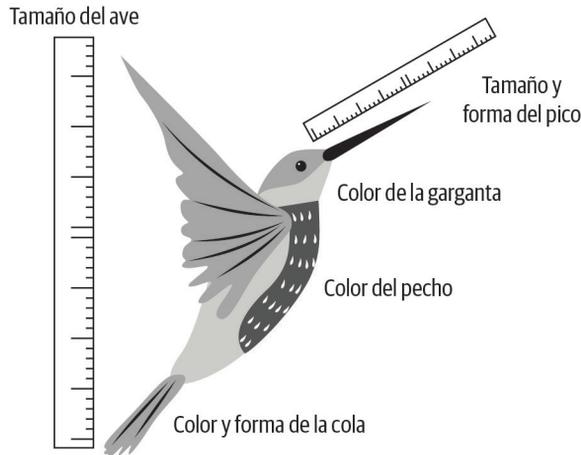


FIGURA 3. Consejos para el observador sobre características que pueden ayudar a identificar una especie de ave.

LECTURAS SUGERIDAS

Barbosa, K. V. C., Develey, P. F., Ribeiro, M. C., & Jahn, A. E. (2021). *The contribution of citizen science to research on migratory and urban birds in Brazil*. *Ornithology Research*, 29, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s43388-020-00031-0>.

Buzato, S., Giannini, T. C., Machado, I. C., Sazima, M., & Sazima, I. (2012). Polinizadores vertebrados: uma visão geral para as espécies brasileiras. In V. L. Imperatriz-Fonseca, D. A. L. Canhos, D. A. Alves, & A. M. Saraiva (Orgs.), *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais* (pp. 119-141). São Paulo: Edusp.

Mendonça, L. B., & Anjos, L. (2006). Feeding behavior of hummingbirds and perching birds on *Erythrina speciosa* Andrews (Fabaceae) flowers in an urban area, Londrina, Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(1), 42-49. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752006000100002>.

Piacentini, V. Q. (2017). *Beija-flores do Brasil*. São Paulo: Aves & Fotos Editora.

Rech, A. R., Agostini, K., Oliveira, P. E., & Machado, I. C. (2014). *Biologia da polinização* (577 p.). Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s02c08.es>

Polinización por murciélagos y su importancia

Lourdes Boero¹, Kayna Agostini², Arthur Domingos-Melo³

¹ Laboratorio de Ecología Evolutiva y Biología Floral, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal, CONICET, FCEFYN, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina, lourdes.boero@unc.edu.ar

² Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, DCNME, Araras, São Paulo, Brasil, kayna@ufscar.br

³ Universidade de Pernambuco - Campus Petrolina, Pernambuco, Brasil, arthurdom.melo@gmail.com

Los murciélagos (Orden Chiroptera) presentan características notables. Primero, son los únicos mamíferos capaces de volar. Sus alas están formadas por membranas, que son extensiones de piel delgadas, elásticas y flexibles, que están soportadas por los brazos y los dedos 2 a 5 muy alargados, mientras que el pulgar está libre, es corto y con forma de gancho. Segundo, utilizan la **ecolocalización** para detectar su alimento y orientarse en la oscuridad. Tercero, presentan una gran **diversidad**: con unas 1400 especies en el mundo, son muy variados en cuanto a tamaños (entre 2 g y 1600 g), colores, formas y dietas. Hay murciélagos que comen insectos (insectívoros), vertebrados terrestres (carnívoros), peces (piscívoros), sangre (sanguívoros), animales y vegetales (omnívoros), frutos (frugívoros) y néctar (nectarívoros).

Los murciélagos suelen ser poco apreciados, en parte por desconocimiento popular y mitos como “que son ciegos”, “que son ratas con alas”, “que todos están enfermos”, “que todos chupan sangre”, o “que son plaga”. Esto representa una amenaza cuando lleva a acciones como matanzas intencionales. Por lo tanto, es importante dar a conocer lo importante que son los murciélagos, como aquí que nos centraremos en los **polinizadores**.



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

LOS MURCIÉLAGOS POLINIZADORES

La nectarivoría evolucionó en dos grupos independientes. Por un lado, están los zorros voladores (familia Pteropodidae), que son medianos a muy grandes (entre 15 g y 1600 g). Habitan en regiones tropicales y subtropicales de Asia, África y Oceanía, se conocen 186 especies, se alimentan de frutos y/o néctar, de las cuales 15 son principalmente nectarívoros. Por otro lado, los filostómidos (Phyllostomidae) o murciélagos de hoja nasal (por una extensión de piel sobre su hocico), son desde pequeños a grandes (entre 7 g a 200 g). Viven en América, incluyen 226 especies, y están representados todos los tipos de dieta, excepto los piscívoros. Algunas especies omnívoras, por ejemplo, como el murciélago lanza pálido (*Phyllostomus discolor*) o frugívoros como el murciélago frutero grande (*Artibeus lituratus*) consumen néctar ocasionalmente, aunque no están especializados. En cambio, los murciélagos nectarívoros especializados consumen principalmente néctar y presentan numerosas adaptaciones a este tipo de dieta. Se dividen en la subfamilia Glossophaginae y Lonchophyllinae, con 36 y 20 especies respectivamente. En Sudamérica viven 40 especies nectarívoras, llegan hasta el Sur de Brasil, norte de Chile y Argentina. La mayor riqueza de especies se da a menores latitudes y, a su vez, en las selvas andinas. Habitan ambientes variados como selvas tropicales y subtropicales, tanto de montaña como de tierras bajas, así como bosques secos y desiertos (Figura 1).

Entre las adaptaciones singulares de los murciélagos nectarívoros especializados, se destacan los hocicos alargados con dientes reducidos (en número y/o tamaño),

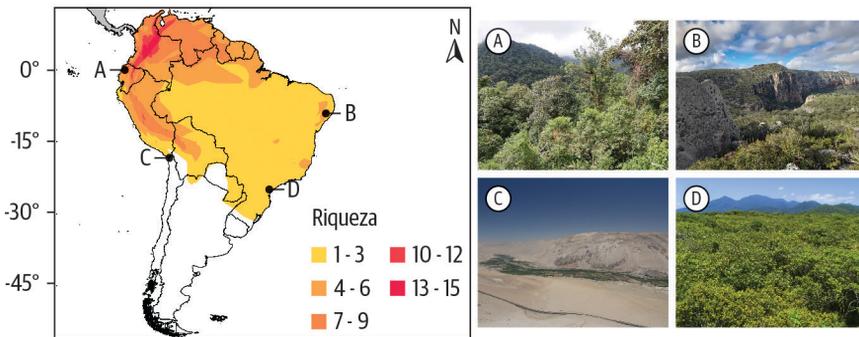


FIGURA 1. Riqueza de especies de murciélagos nectarívoros especializados en Sudamérica y ejemplos de hábitats: (A) Selva nublada andina, Ecuador, (B) Bosque seco llamado Caatinga, Brasil, (C) Desierto, Chile, (D) Bosque Atlántico, Brasil.

Elaborado por Lourdes Boero a partir de mapas de las especies de interés disponibles en IUCN Red List" (<https://iucnredlist.org/>). Créditos de las fotos: (A) de Alicia Sérsic y (C) de Gonzalo Ossa.

las lenguas adaptadas para el consumo de néctar y el vuelo sostenido. El largo de los hocicos puede variar de poco a muy alargado, reflejando la especialización en la nectarivoría, ya que, además de néctar, consumen insectos y, a veces, frutos. Así, el murciélago nectarívoro común (*Glossophaga soricina*), poco especializado, tiene hocico poco alargado y escasa reducción dental (Figura 2A). En el otro extremo, encontramos al murciélago longirrostri peruano (*Platalina genovensium*) (Figura 2B) y el murciélago nectarívoro de Vieira (*Xeronycteris vieirai*) (Figura 2C), que tienen el hocico muy largo y, éste último, la dentición más reducida de todas. Las lenguas tienen **adaptaciones** que permiten un consumo eficiente de néctar en fracciones de segundo. Los Glossophaginae tienen lenguas con **papilas** retráctiles que se expanden al entrar en contacto con el néctar (como un cepillo). Los Lonchophyllinae tienen lenguas con surcos laterales y los músculos que realizan succión (como un sorbete). El largo de la



FIGURA 2. Hocico corto del (A) murciélago nectarívoro común (*Glossophaga soricina*, Glossophaginae) y largos del (B) murciélago longirrostri peruano (*Platalina genovensium*) o (C) del murciélago nectarívoro de Vieira (*Xeronycteris vieirai*) (Lonchophyllinae). (D) Lengua del murciélago sin cola labio de tubo (*Anoura fistulata*, Glossophaginae) distendida durante el consumo de néctar.

Créditos de las fotos: (A) de Martín Lepez, (B) de Gonzalo Ossa y (D) de Nathan Muchhala.

lengua es también importante, siendo el caso más dramático el del murciélago sin cola labio de tubo (*Anoura fistulata*) (Figura 2D), cuya lengua distendida es más larga que el propio cuerpo y es almacenada en su esófago cuando se retrae. Finalmente, el vuelo sostenido permite a estos animales realizar visitas rápidas (menos de un segundo), bebiendo néctar sin tener que aterrizar en las flores (Figuras 2 a 4).

Los murciélagos son **polinizadores** extremadamente eficientes. Su pelaje permite la adherencia de abundantes cantidades de polen, que pueden ser transportados varios kilómetros debido a su gran capacidad de vuelo. Las habilidades sensoriales que les permiten encontrar las flores son notables. Su sentido del olfato es muy agudo y les permite encontrar flores a corta o larga distancia a través de la percepción pasiva. Tienen preferencias por los **compuestos sulfurados** a los que son muy sensibles. La **ecolocalización** es un sentido común de los murciélagos, excepto para los zorros voladores, y se asocia a la percepción activa del entorno, como un sonar (Figura 3 y ej. *Mucuna urens*). Los Glossophaginae perciben luz verde y ultravioleta, mientras que Lonchophyllinae solo luz verde. Por lo tanto, Glossophaginae puede discriminar colores, especialmente cuando hay luz (crepúsculo y amanecer). Ambos grupos tienen **fotorreceptores** muy sensibles, lo que les permite ver en la oscuridad sin discriminar colores (Figura 3).

En caso de querer identificarlos hay que descartar la opción de atraparlos ya que, si bien la incidencia de enfermedades que pueden transmitir es muy baja, no deben manipularse (tampoco al resto de la fauna silvestre) a menos que se tenga capacitación, material adecuado y se esté inmunizado con vacunas preventivas. Alternativamente, es posible apreciar su interacción con las flores a través de la observación directa. Debido a la velocidad de las visitas y al hecho de que ocurren en la oscuridad, se recomienda elegir flores focales contra el cielo y observarlas continuamente durante el crepúsculo y la noche. Al notar una visita floral, puede prestar atención a si el murciélago realiza un vuelo sostenido. Este comportamiento es una indicación útil de que el murciélago en cuestión es un nectarívoro especializado, aunque dependiendo de la flor, a veces se posan (Figura 4B). En cambio, los murciélagos frugívoros y omnívoros siempre se posan en la flor para acceder al néctar. Al aterrizar en las flores, pueden dejar marcas, y estas pueden mostrarnos indirectamente qué murciélagos visitan las flores y el número de visitas (Figura 4C).

CARACTERIZACIÓN DE FLORES

Las plantas polinizadas por murciélagos (quiropterófilas) evolucionaron principalmente a partir de flores polinizadas por polillas o aves. En consonancia

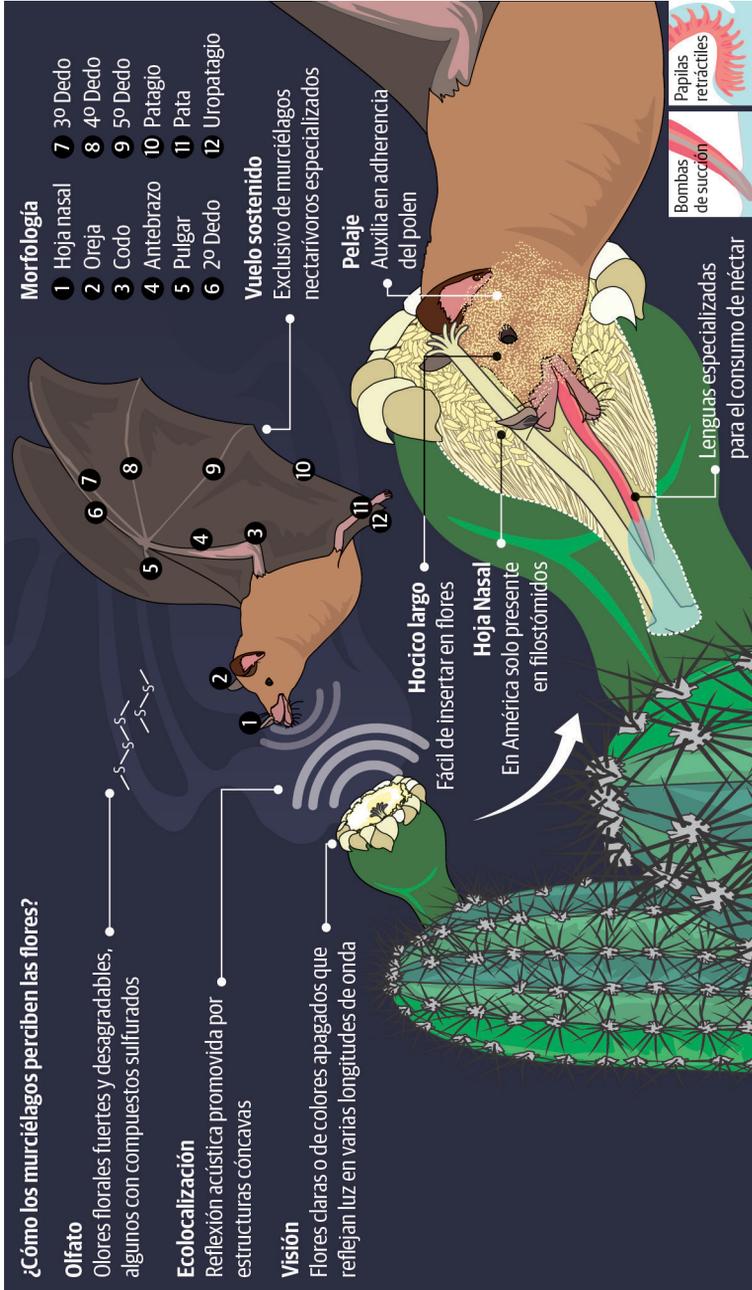


FIGURA 3. Esquema de la visita del murciélago nectarívoro de Vieira (*Xeronycteris vieirai*, Lonchophyllinae) a una flor de *Pilosocereus pachicladus* (Cactaceae) en la Caatinga en Brasil, ilustrando detalles de la morfología de murciélagos nectarívoros y su interacción con las flores. Esquema producido por Arthur Domingos-Melo.

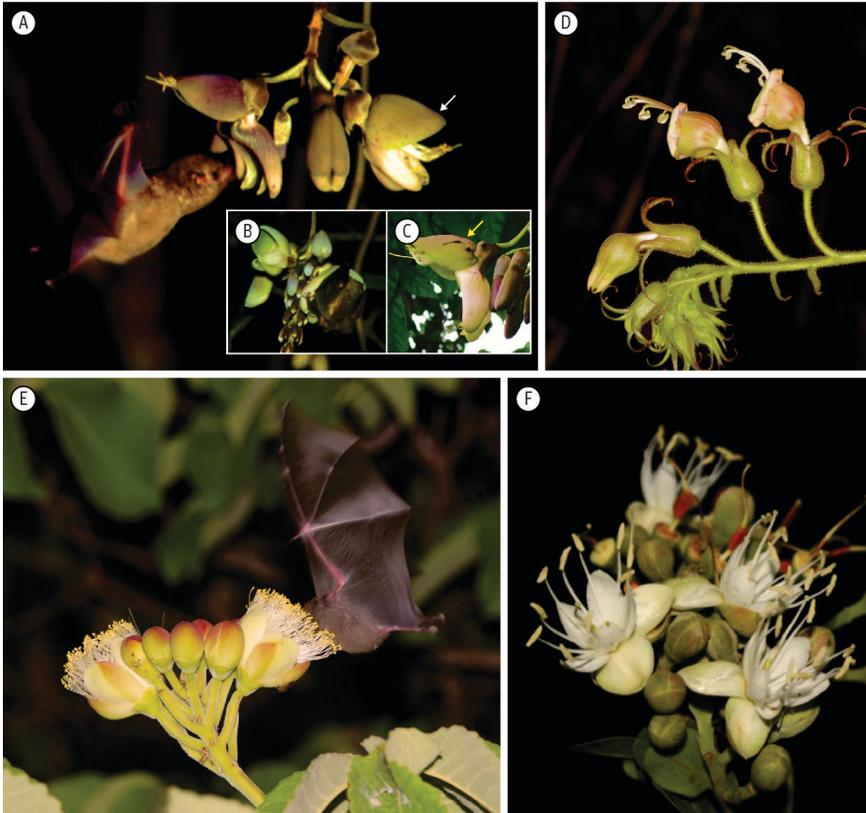


FIGURA 4. Diferentes formas de visita en *Mucuna urens* (Fabaceae), (A) vuelo sostenido y (B) murciélago posado a la flor, (C) detalle de las marcas de garras. Las flechas indican el pétalo estandarte; (D) Morfología floral "tipo máscara" en *Nicotiana otophora* (Solanaceae) y (E) morfología floral abierta "tipo pincel", en *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae), y disco, en *Hymenaea cangaceira* (Fabaceae).

Créditos de las fotos: (D) de Andrea Cocucci y (E) de Christiano Coelho y Paulo E. Oliveira.

con el gran tamaño de sus polinizadores, sus flores o inflorescencias son grandes y robustas, especialmente aquellas que reciben murciélagos que aterrizan en las flores. Las flores quiropterófilas son nocturnas y producen mucho polen y néctar, pero de baja concentración de azúcares. Para localizar estos recursos florales, el color, el olor y la forma de las flores son importantes para guiar a los murciélagos (Figura 3).

El color de las flores en general es apagado (ej. blanco, verdoso o amarillento) y ayudan a la localización visual, especialmente los colores que contrastan con el

entorno; el olor fuerte (similar al olor a ajo) ayuda en la localización olfativa. Los murciélagos también usan la [ecolocalización](#) por lo que la forma de la flor es crucial. Estas flores pueden ser zigomorfas (simetría bilateral), generalmente tubulares o con forma de campana o garganta (también llamada “tipo máscara”), y depositan el [polen](#) en una región específica (ej. hocico, nuca o vientre). Estas plantas tienen pocas flores abiertas por noche por individuo y el néctar se ubica en regiones de difícil acceso. También existen flores quiropterófilas actinomorfas (simetría radial), con muchos [estambres](#) (“tipo pincel”), con gran producción de polen y con néctar que se acumula en un lugar de fácil acceso.

Se detallan a continuación ejemplos de flores. *Mucuna urens* (Fabaceae, Figura 4A a C), de Centro y Sur de América, tiene flores con un [pétalo estandarte](#), particularmente cóncavo, y es importante para que el murciélago nectarívoro común (*G. soricina*) pueda encontrar la flor por ecolocalización. Para acceder al néctar, el murciélago se aferra a la flor y ejerce presión, activando el mecanismo explosivo de liberación de polen. *M. urens* tiene solo una posibilidad de ser polinizada: en visitas posteriores el murciélago visita la flor flotante y no entra en contacto con las partes reproductivas. *Nicotiana otophora* (Solanaceae, Figura 4D) habita en las selvas andinas (las Yungas) en Bolivia y Argentina. Tiene morfología floral “tipo máscara” que se ajusta de manera muy precisa al rostro de los murciélagos nectarívoros. Esta morfología es muy especializada y exclusiva de especies polinizadas por murciélagos. Otras especies como *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae, Figura 4E), muy común en el Cerrado brasileño, e *Hymenaea cangaceira* (Fabaceae, Figura 4F) (en la Caatinga), tienen flores polinizadas tanto por murciélagos nectarívoros como por frugívoros. Esto se debe al fácil acceso al néctar y, los numerosos estambres en diferentes posiciones hacen que el [polen](#) quede depositado sobre una gran área del cuerpo del murciélago.

IMPORTANCIA DE LOS MURCIÉLAGOS COMO POLINIZADORES

Al menos 528 especies de plantas son polinizadas por murciélagos en el mundo y 360 están en América. Los murciélagos son fundamentales para la reproducción de las plantas, ya que, según estudios científicos, la producción de frutos y/o semillas es un 80% menor cuando se cubren las flores para que no accedan murciélagos en vez de dejarlas libres y accesibles a la polinización. Las especies polinizadas por murciélagos representan un 2% a 4% en las [comunidades](#), aunque sorprendentemente en el bosque seco la Caatinga (noreste de Brasil) ascienden al 13%. En numerosos desiertos, los murciélagos filostómidos polinizan plantas predominantes y de gran importancia ecológica de estos ambientes, como los cactus columnares (familia Cactaceae) y los

agaves (Agavaceae). Algunas especies de plantas son muy comunes en las ciudades, como *Lafoensia pacari* (Lythraceae), *Ceiba petandra* (Malvaceae) y *Crescentia cujete* (Bignoniaceae); muchas son utilizadas como ornamentales, como algunas bromelias (Bromeliaceae), cactus y agaves. De algunos árboles se utiliza la madera, como *Ochroma pyramidale* (Malvaceae), o su fibra (*Ceiba petandra*). Algunos frutos son muy apreciados para el consumo local en Brasil, como el pequi *Caryocar brasiliense* jatoba *Hymenaea* spp. (Fabaceae). El fruto de *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae) es comercializado en México y se estima que la polinización de los murciélagos genera importantes ganancias. Por último, los murciélagos del desierto de México favorecen la industria multimillonaria del tequila al polinizar el *Agave tequilana*, además del pulque y mezcal producido a partir de otras especies de agaves.

SUGERENCIAS DE LECTURA

Bredt, A., Uieda, W., & Pedro, W. A. (2012). *Plantas e morcegos: na recuperação de áreas degradadas e na paisagem urbana*. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado.

Buzato, S., Giannini, T. C., Machado, I. C., Sazima, M., & Sazima, I. (2012). Polinizadores vertebrados: uma visão geral para as espécies brasileiras. In V. L. Imperatriz-Fonseca, D. A. L. Canhos, D. A. Alves, & A. M. Saraiva (Orgs.), *Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: Edusp.

Díaz, M. M., Solari, S., Gregorin, R., Aguirre, L. F., & Barquez, R. M. (2021). *Clave de identificación de murciélagos neotropicales* (Publicación Especial N° 4 PCMA). Tucumán, Argentina: Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina.

Fischer, E., Araujo, A. C., & de Gonçalves, F. (2014). Polinização por vertebrados. In A. R. Rech, K. Agostini, P. E. Oliveira, & I. C. Machado (Eds.), *Biología da polinização*, Rio de Janeiro: Projecto Cultural.

Moya, I. M., & Tschapka, M. (2007). Los murciélagos como polinizadores efectivos. In L. F. Aguirre (Ed.), *Historia Natural, Distribución y Conservación de los Murciélagos de Bolivia*. Santa Cruz, Bolivia: Centro de Ecología y Difusión Simón I. Patiño.

Moscas (Diptera) y su rol en la polinización

Rodrigo M. Barahona-Segovia^{a,b}, Arthur Domingos-Melo^c, Marcela Moré^d, Pablo Mulieri^e

^a Departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, avda. Fuschlöcher 1305, Osorno, Chile, rbarahona13@gmail.com.

^b Moscas Florícolas de Chile - proyecto de ciencia ciudadana, Valdivia, Chile

^c Universidade de Pernambuco - Campus Petrolina, Pernambuco, Brasil, arthurdom.melo@gmail.com

^d Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-Universidad Nacional de Córdoba), Córdoba, Argentina, mmore@imbiv.unc.edu.ar

^e Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" - CONICET, Buenos Aires, Argentina, mulierii@yahoo.com

¿CÓMO RECONOCEMOS A UNA MOSCA?

Las moscas son insectos que forman parte del orden **Diptera**. El nombre, que proviene del griego y significa "di": dos y "pteron": ala, señala el rasgo que diferencia a las moscas del resto de los grupos de insectos voladores como abejas y mariposas, que poseen cuatro alas. Pese a esta diferencia, las moscas son muy activas y capaces de desarrollar un vuelo frenético, pleno de maniobras asombrosas. Esta característica de su comportamiento se relaciona estrechamente con otro de sus hábitos: la necesidad de ingerir néctar para proveerse de la energía necesaria para sostener este comportamiento activo. Es por ello que las moscas frecuentan flores, siendo potencialmente **polinizadores**.

Existen otras estructuras particulares que conforman su esquema corporal. Además del par de alas funcionales, las moscas se caracterizan por un **tórax** robusto que porta la



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

musculatura necesaria para el vuelo. También poseen un par de balancines (o halterios) que representan los vestigios del segundo par de alas, las cuales se han reducido y se han transformado en complejos órganos sensoriales (Figura 1). Dichos balancines tienen una forma similar a la palanca de cambios de un automóvil y confieren a las

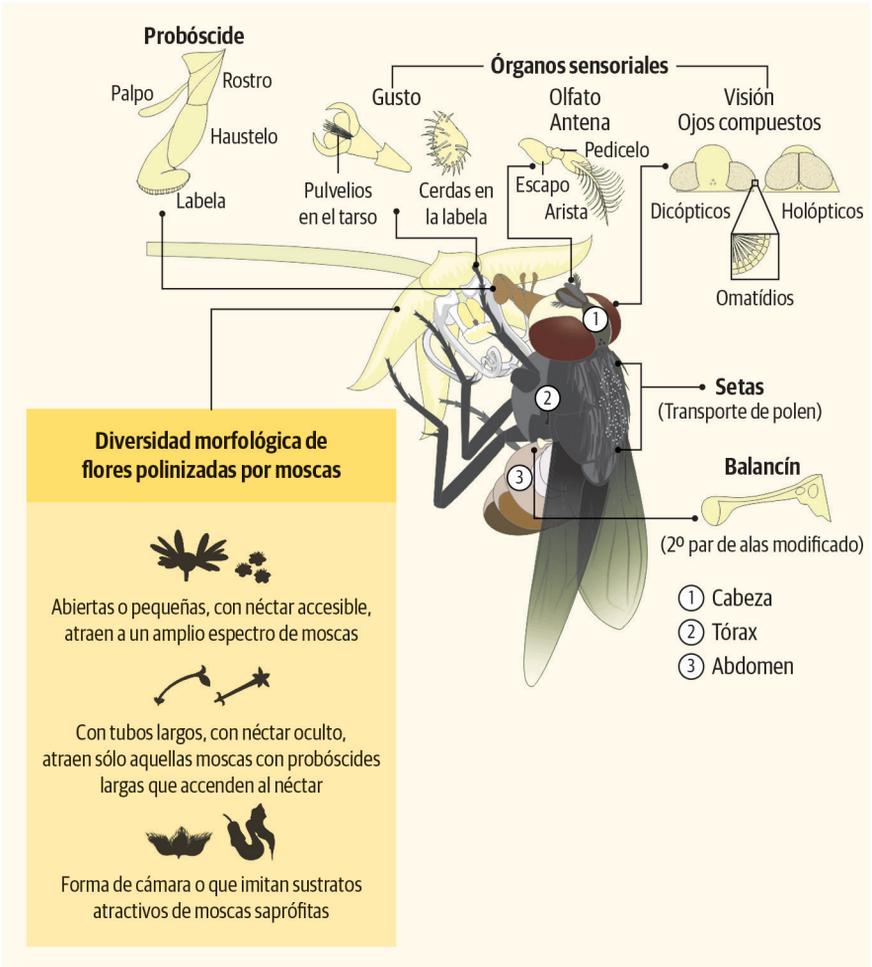


FIGURA 1. Esquema de la visita de *Musca domestica* (Muscidae) a *Ditassa hastata* (Asclepiadoideae - Apocynaceae) ilustrando características generales de las moscas que les permite explorar flores y polinizarlas.

Esquema generado por Arthur Domingos-Melos.

moscas buena parte de su maniobrabilidad y control en el vuelo. Otra característica importante es el aparato bucal ([probóscide](#)), único entre los insectos, adaptado para succionar directamente el alimento en forma líquida y que actúa de forma similar a una esponja absorbente (Figura 1). Su tamaño y forma varía entre grupos de especies, y en algunos grupos como los Acroceridae y Nemestrinidae pueden ser tanto o más largas que la longitud del cuerpo (Figuras 2A y 2B). Las moscas pueden regurgitar “saliva” sobre superficies secas donde detectan azúcares sólidos para poder succionarlos después de la digestión externa al cuerpo. La manera que encuentran estos azúcares es probando el gusto de las superficies que recorren (por ejemplo hojas o ramas) a partir de órganos sensoriales presentes en la superficie de sus patas. Los olores son captados por pequeños órganos receptores llamados sensilios ubicados principalmente en las antenas (Figura 1). Estas son aristadas con formas filiformes o plumosas. Las antenas son extremadamente sensibles, lo que permite a las moscas detectar cantidades muy bajas de compuestos [volátiles](#) florales durante el vuelo. El desarrollo de los ojos nos indica la gran capacidad de visión de estos insectos (Figura 1). Los ojos están adaptados para captar el movimiento de una flor producido por el viento así como el de un depredador en cuestión de milisegundos. Por otro lado, no son capaces de distinguir una amplia variedad de colores. Cabe mencionar que en algunas familias como Syrphidae, Bombyliidae o Tabanidae, los machos presentan ojos holópticos, es decir, ojos que están pegados entre sí, mientras que las hembras presentan ojos dicópticos o separados (Figura 1). Finalmente, otro rasgo muy llamativo es la presencia de pelos o setas, que recubren el cuerpo de las moscas (Figura 1). Esta pilosidad varía en su tamaño, tipo y abundancia según la especie y puede ser muy evidente en ciertos grupos como Bombyliidae, Nemestrinidae y Tachinidae. Estos pelos son muy importantes para la [polinización](#) ya que permiten transportar el [polen](#) desde una flor a otra.

¿POR QUÉ LAS MOSCAS VISITAN FLORES?

Las flores son importantes en la vida de muchas moscas, que las visitan en busca de alimentos, para solearse, para aparearse e incluso para depositar sus huevos (Figuras 1 y 2). Muchas flores ofrecen néctar o [polen](#) a las moscas, mientras que la planta usa a estos insectos como vector para el movimiento de polen, estableciéndose una [relación mutualista](#). En estos casos los insectos notan la presencia de las flores principalmente por la coloración llamativa de las [corolas](#). Muchos grupos de moscas (Syrphidae, Calliphoridae) son atraídos por el color amarillo (Figura 2D), mientras que otros grupos (Bombyliidae y Nemestrinidae) son frecuentes visitantes de flores celestes, violetas y rosadas (Figura 2A). Otras flores en cambio, engañan a las moscas ya que estas las confunden con sustratos de oviposición, como carroña,

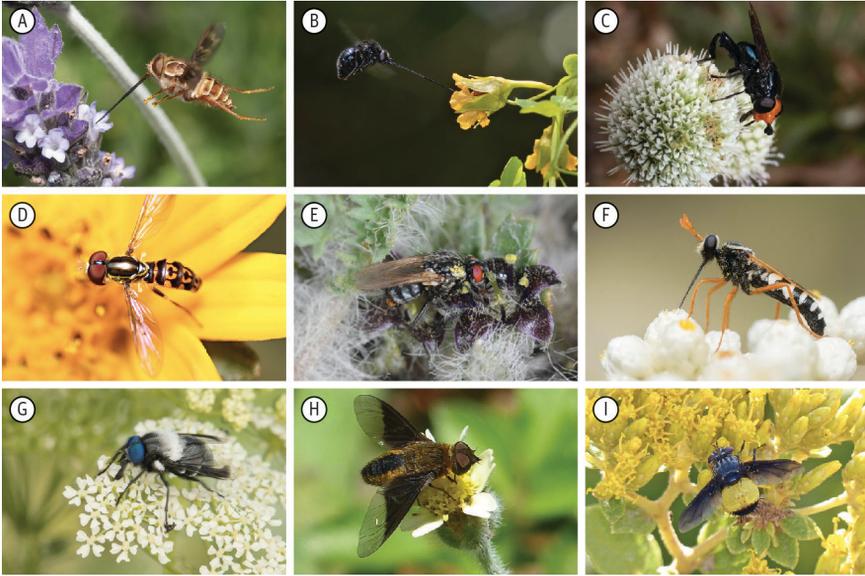


FIGURA 2. Moscas visitando flores: (A) *Trichophthalma nubipennis* (Nemestrinidae) visitando *Lavandula* sp. (Lamiaceae), Chile, (B) *Lasia corvina* (Acroceridae) visitando *Tropaeolum brachyceras* (Tropaeolaceae), Chile, (C) *Stilbosoma rubiceps* (Syrphidae) visitando *Eryngium paniculatum* (Apiaceae), Chile, (D) *Toxomerus virgulatus* (Syrphidae) visitando una Asteraceae, Brasil, (E) *Microcerella* sp. (Sarcophagidae) visitando *Jaborosa magellanica* (Solanaceae), Argentina, (F) *Mitrodetus dentitarsis* (Mydidae) visitando *Pseudognaphalium viravira* (Asteraceae), Chile, (G) *Oscia varia* (Tabanidae) visitando *Conium* sp. (Apiaceae), Chile, (H) *Chrysanthrax* sp. (Bombyliidae) visitando *Tridax procumbens* (Asteraceae), Brasil, (I) *Xanthozona melanopyga* (Tachinidae) visitando *Calea fruticosa* (Asteraceae), Brasil.

Crédito de las fotos: (A) de Jorge de La Torre Aninat, (B) de Pedro Vargas, (C) de Josefina Arce, (D) de Lucas Ezequiel Rubio, (E) de Andrea Cocucci, (F) de Vicente Valdés, (G) de Guillermo Arenas, (H) y (I) de Carlos A.S. Correia.

materia fecal y hongos. Ciertas moscas y moscardones (Muscidae, Calliphoridae y Sarcophagidae) se acercan a estas flores atraídas principalmente por los olores que las flores emiten (Figura 2E).

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

A nivel mundial se conocen unas 160 mil especies de dípteros agrupados en 180 [familias](#); de ellas, más de 31000 mil especies están distribuidas en la [región](#)

Neotropical. Las moscas que visitan las flores presentan una gran variedad de formas, tamaños, colores y comportamientos. Existen especies que imitan a abejas o avispas (Figura 2), mientras otras tienen la apariencia típica de mosca. Algunas especies se alimentan suspendidas en el aire, mientras otras deben posarse en la flor, donde contactan las estructuras reproductivas (Figura 2). Las moscas polinizadoras habitan en casi todos los ecosistemas y cumplen un rol importante en lugares donde otros grupos de polinizadores son menos abundantes, como en ecosistemas andinos, patagónicos o los bosques templados.

Entre las **familias** de moscas que visitan ávidamente las flores podemos destacar algunas de gran colorido o tamaño como Acroceridae, Bombyliidae, Calliphoridae, Muscidae, Nemestrinidae, Syrphidae, Sarcophagidae, Tachinidae o Tabanidae (Figura 2). Pero también existen moscas más pequeñas y menos llamativas que pueden ser determinantes en la formación de frutos o semillas como Anthomyiidae, Bibionidae, Empididae, Lauxaniidae, o Stratiomyidae. Algunas familias como Tipulidae o Keroplatidae que presentan hábitos nocturnos y podrían jugar un rol aún poco conocido en la polinización. A pesar de la enorme **diversidad** de moscas que polinizan, aún no contamos con un registro completo de las especies presentes en Chile, Brasil y Argentina. Sin embargo, algunas familias como Syrphidae, Bombyliidae o Muscidae cuentan con catálogos ilustrados a nivel nacional, estatal/provincial o comunal/municipal.

IMPORTANCIA DE LAS MOSCAS EN LOS ECOSISTEMAS

Las moscas cumplen una función clave en los ambientes naturales y perturbados como las ciudades ya que actúan como **polinizadores**, controladores biológicos y descomponedores debido a su carácter **generalista**, aunque con excepciones. Algunas especies de plantas son polinizadas exclusivamente por moscas, es decir que si las moscas no visitan sus flores, no pueden formar frutos y semillas, como por ejemplo el cacao, el cual depende de las moscas Cecidomyiidae o Ceratopogonidae. Algunas especies de Syrphidae polinizan y mantienen los manglares auxiliando a la **biodiversidad** marina o ayudan en la conservación de *Gomortega keule*, un árbol **endémico** y amenazado de la costa de la zona central de Chile. El control biológico lo realizan tanto larvas como adultos al regular la abundancia de otros insectos. Por ejemplo, las larvas de Bombyliidae, Tachinidae y Nemestrinidae son parásitas de una amplia variedad de polillas, langostas o avispas, mientras que los adultos de Asilidae o Muscidae cazan a otros insectos, regulando sus poblaciones. Finalmente, muchas larvas son descomponedoras de materia orgánica y contribuyen en el ciclo de nutrientes ya sea en oquedades, frutas o madera muerta (Syrphidae), carroña

(Calliphoridae), fecas (Sarcophagidae), hojarasca o detritos (Ceratopogonidae, Muscidae o Stratiomyidae). Estos breves ejemplos, demuestran que las moscas podrían ser determinantes para el bienestar humano y la conservación de la naturaleza.

LECTURAS SUGERIDAS

Díaz, B. M., Maza, N., Castresana, J. E., & Martínez, M. A. (2020). *Los sírfidos como agentes de control biológico y polinización en horticultura*. Buenos Aires: Ediciones INTA, Estación Experimental Agropecuaria Concordia.

Monzón, V., Ruz, L., Barahona-Segovia, R. M., Durán, V., Villagra, C., Henríquez-Piskulich, P., & Estrada, P. (2020) *Insectos polinizadores nativos de la zona central de Chile: guía de bolsillo*. Chile: Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

Nadia, T. C. L. & Machado, I. C. (2014). Polinização por dípteros. In A.R. Rech, K. Agostini, P.E. Oliveira & I.C. Machado (Orgs.), *Biologia da polinização* (pp. 277-290). Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural.

Raguso, R. A. (2020). Don't forget the flies: dipteran diversity and its consequences for floral ecology and evolution. *Applied Entomology and Zoology*, 55(1), 1-7.

Roig-Juñent, S., Claps, L. E., & Morrone, J. J. (2014). Discusión y conclusiones de la biodiversidad de artrópodos argentinos. In L. Claps. *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos (Vol. 4, pp. 537-543)*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Editorial INSUE - UNT.

SECCIÓN III

**CIENCIA
CIUDADANA Y
POLINIZADORES**



Mariposa monarca, *Danaus plexippus* (foto de Esperanza Doronilla/Unsplash)

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c10.es>

¿Cómo convertirse en un ciudadano científico?

**Marina P. Arbetman^{1*}, Rodrigo M. Barahona-Segovia², Adriana Burgos³,
Alexandra Aparecida Gobatto⁴, Sheina Koffler⁵, Caren Queiroz Souza⁶**

¹ Grupo de Ecología de la Polinización, EcoPol. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA) Universidad Nacional del Comahue - CONICET, Bariloche, Argentina, marbetman@comahue-conicet.gob.ar

² Departamento de ciencias naturales y biodiversidad, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile, rbarahona13@gmail.com

³ Jardín Botánico Carlos Thays, GCBA, C. de Buenos Aires, Argentina, adriburgos@gmail.com

⁴ Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Centro de Responsabilidade Socioambiental, Rio de Janeiro/Brasil, agobatto@jbrj.gov.br

⁵ Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, sheina.koffler@usp.br

⁶ Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Bahia, Brasil, carenq.souza@gmail.com

*Autora para la correspondencia

Todos los autores aportaron su trabajo de forma equivalente

CIENCIA CIUDADANA

La [Ciencia Ciudadana](#) nos brinda una oportunidad de conocer más a la naturaleza, aprender sobre ella, contribuir a la ciencia, compartir nuestras observaciones y motivar a otras personas a interesarse por la [biodiversidad](#) que nos rodea. Además, la ciencia ciudadana puede contribuir a la elaboración de políticas públicas y leyes, y fomentar la participación de la sociedad en la toma de decisiones. **¡Hay muchas razones para participar en proyectos de Ciencia Ciudadana!**



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

TE COMPARTIMOS 5 DE LAS RAZONES QUE MÁS NOS GUSTAN

- 1. Conocer la biodiversidad en Sudamérica**
Descubriendo especies raras y nuevas.
Aprendiendo características de las especies.
- 2. Compartir experiencias y conocimientos**
Con científicas y científicos.
Con otras personas de la comunidad.
- 3. Conectar con la naturaleza**
Incorporándola a tu vida diaria.
Reconociendo su valor, en todas sus dimensiones.
- 4. Contribuir a investigaciones científicas**
Aportando registros con tus observaciones.
Aportando datos específicos (desconocidos para la ciencia).
- 5. Desarrollar habilidades personales y profesionales**
Aportando diversidad de saberes.
Usando nuevas herramientas o técnicas y ejercitando nuevas formas de pensar.

En la ciencia ciudadana se trabaja en conjunto con la comunidad científica por lo que existe una constante y positiva retroalimentación (¿cómo trabajan los científicos? ver Box 1 a continuación).

Se puede participar como colaborador, aportando datos a un proyecto o como líder de proyecto participando del diseño del mismo.

¿CÓMO TRABAJAN LOS CIENTÍFICOS Y CÓMO SE CONSTRUYE LA CIENCIA?

Los proyectos de ciencia ciudadana que trabajan con visitantes florales, polinizadores y la polinización pueden tener diversos objetivos y formas de desarrollarse.

TIPOS DE PROYECTOS Y EJEMPLOS DE PREGUNTAS CIENTÍFICAS

Los registros de ciencia ciudadana pueden ayudar a responder preguntas científicas y también pueden inspirar nuevas preguntas.

Hay proyectos donde las preguntas son formuladas **antes** y otros que surgen **luego** de realizar los registros. Sea cual fuere la modalidad, hay un montón de preguntas donde la ciencia ciudadana puede contribuir a responderlas.

**Box 1. La ciencia sigue métodos rigurosos para tener información y evidencia confiable.
¡Conoce las etapas del proceso científico!**

1. Hacemos observaciones sobre un fenómeno



Por ejemplo, podemos observar que las flores de tomate reciben visitas de abejas y producen tomates.

2. Luego, hacemos una pregunta



¿Será que las abejas colaboran en la producción de tomates?

3. Recolectamos datos, y analizamos los resultados



Se pone a prueba la hipótesis: "la visita de abejas a las flores contribuye a la producción de tomates".

4. Sacamos conclusiones



Las flores que recibieron visitas de abejas produjeron más tomates. Posiblemente fueron polinizadas por esas abejas.

¡La investigación no se detiene aquí!

Ahora nos surgen nuevas preguntas que nos invitan a hacer nuevas observaciones.

En los proyectos **GENERALES**, **no hay una pregunta previa**. En éstos el participante registra observaciones de todo lo que quiere y puede, como por ejemplo, todos los visitantes florales y flores de su barrio cada vez que sale a caminar. Estos registros pasan a formar parte de bases de datos que luego pueden ser usados por el participante u otra persona para contestar diversas preguntas científicas. En este tipo de proyectos las preguntas se responden a partir del análisis de registros aportados por miles de personas de forma independiente a lo largo del tiempo.

En los proyectos **DIRIGIDOS**, **hay una pregunta específica** que se quiere responder antes de comenzar a registrar los datos e incluyen por lo general protocolos con indicaciones de cómo, cuándo y dónde tomar esos datos. El participante que desea sumarse a ese proyecto se informa de los requerimientos del mismo antes de empezar a observar.

¿Qué preguntas científicas se pueden trabajar en proyectos de ciencia ciudadana dirigidos al estudio de los visitantes florales y polinizadores? A continuación, damos algunos ejemplos (en los próximos capítulos podrás encontrar ejemplos de proyectos):

Entender la polinización y la producción de alimentos

¿Qué visitantes florales visitan mi jardín? ¿En qué momento (del día, del año) hay más visitas en las flores? ¿Depende la producción de frutos y semillas de una planta de la visita de abejas, moscas o mariposas? ¿La visita de polinizadores mejora la cantidad o calidad de los frutos?

Conocer y conservar polinizadores

¿Qué visitantes florales se encuentran en un lugar particular como mi ciudad, en comparación con sitios como una reserva natural? ¿En qué época del año encontramos más visitantes florales? ¿Cómo afectan las áreas naturales preservadas a la población de visitantes florales? ¿Cómo afecta el cambio climático a los visitantes florales y polinizadores? ¿Hay nidos de abejas o pájaros cerca del sitio estudiado?

¿CÓMO PARTICIPAR?**Sumando tus registros a un proyecto de ciencia ciudadana**

Tus observaciones se convertirán en **registros** para esas especies (en general de su presencia, pero puede ser algún tipo de comportamiento u otros específicos) en ese lugar y momento y podrán ser utilizados en diversos proyectos de investigación.

Participar involucra 3 acciones básicas:

1) OBSERVAR

El tipo de proyecto determinará dónde, cuándo y qué observar.

*¿Dónde observar **visitantes florales**?*

Si bien el lugar donde realizarás las observaciones dependerá del tipo de proyecto al que quieras aportar (ver ejemplos de proyectos en los siguientes capítulos), para observar visitantes florales en general buscamos un sitio con flores. Se puede utilizar una planta o lugar determinado y ver qué visitantes aparecen. También se puede intentar seguir a un visitante o hacer un recorrido de un tiempo o distancia especificado por el proyecto.

¿Cuándo observar visitantes florales?

En un proyecto general, se puede observar y registrar espontáneamente en cualquier momento del día o de la noche. Si te interesa o el proyecto requiere observar algún visitante floral en particular es recomendable conocer sus hábitos de alimentación, **nidificación**, en que meses o tipo de hábitat es posible observarlo, para saber los momentos del día en que es más probable encontrarlo.

¿Qué observar?

De los visitantes florales se puede observar sus características y en lo posible tomar fotos para luego identificarlo. Además, se pueden registrar las características de la flor que está siendo visitada, las hojas, el tallo y una vista general de la misma para luego identificarla. Por otra parte, se puede observar y registrar qué hace el visitante, si visita muchas flores o solo una (¿qué parte de la flor?), si se posa o permanece en vuelo, si liba néctar y todo lo que te parezca interesante.

2) REGISTRAR

Independientemente del tipo de proyecto, **es fundamental que siempre quede registrada la fecha y el lugar de tu observación** con la mayor precisión posible. Puede ser con la ayuda de un GPS (del inglés *Global Positioning System*) que afortunadamente muchas cámaras de fotos, celulares y apps de ciencia ciudadana tienen incorporado, o registrando la dirección o barrio y ciudad. Es importante verificar que la detección de localización de tu celular esté habilitada antes de tomar los registros. Se puede intentar identificar la o las especies observadas consultando expertos, usando guías o aplicaciones diseñadas para identificar plantas o animales.

3) COMPARTIR

Cada proyecto tiene sus propias vías de comunicación y requerimientos especificando qué hay que compartir (fotos, datos, gráficos, etc). Podés compartir tus observaciones por medio de aplicaciones globales y [plataformas de datos](#) de ciencia ciudadana como *iNaturalist*, o por otras vías especificadas por cada proyecto.

INICIA TU PROPIO PROYECTO DE CIENCIA CIUDADANA

1. Explora proyectos de ciencia ciudadana en tu país o región (ejemplos en los siguientes capítulos) para conocer cuáles están desarrollando programas de tu interés.
2. Si el tema de tu interés no se encuentra desarrollado, recopila la información disponible a fin de iniciar tu propio proyecto.
3. Luego, desarrolla preguntas y objetivos acerca de tu tema de interés, implementa un [protocolo](#), y realiza el entrenamiento previo de los participantes según los objetivos y tareas a realizar en el protocolo. Si no eres un experto en el tema del proyecto, busca alianzas con científicos que puedan colaborar en este paso.
4. Busca redes de apoyo que puedan ayudarte a cumplir los objetivos.

5. Comienza a observar y registrar el fenómeno o los organismos que sean de tu interés usando tu protocolo de trabajo.

Esperamos que este capítulo te motive a participar en la creación de conocimiento sobre los polinizadores. En los próximos capítulos se presentan algunas iniciativas de ciencia ciudadana sobre polinizadores en Sudamérica que pueden resultar de interés, ¡para que puedas sumarte o usarlos de inspiración para tu propio proyecto!

SUGERENCIAS DE LECTURA

Albagli, S., & Rocha, L. (2021). Ciência cidadã no Brasil: um estudo exploratório. In M. M. Borges & E. S. Casado (Coords.), *Sob a Lente da Ciência aberta: olhares de Portugal, Espanha e Brasil* (pp. 489-511). Coimbra: Imprensa da Universidade.

Betancur, E., & Barriga, J. E. C. (2016). La ciencia ciudadana como herramienta de aprendizaje significativo en educación para la conservación de la biodiversidad en Colombia. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad CAS*, 3(2), 1-15.

Darski-Silva, B., Braz Sousa, L., Fricker, S., Doherty, S., Fischer Rempe, E., Plos, A., Silveira, M., Müller, E. S., De Oliveira Santos, I., Da Silva Ribeiro, G. H., & Walteros Rodríguez, J. (2021). Conectando el hemisferio sur a través de la ciencia ciudadana. *Revista Bioika*, 8, 1-10. Recuperado de <https://revistabioika.org/es/transformando-el-mundo/post?id=120>

Koffler, S., Barbiéri, C., Ghilardi-Lopes, N. P., Leocadio, J. N., Albertini, B., Franco, T. M., & Saraiva, A. M. (2021). A buzz for sustainability and conservation: the growing potential of citizen science studies on bees. *Sustainability*, 13(2), 959. <http://dx.doi.org/10.3390/su13020959>.

Viana, B., & Queiroz, C. (2020). Ciência cidadã para além da coleta de dados. *ComCiência. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*. Recuperado de www.comciencia.br/ciencia-cidadana-para-alem-da-coleta-de-dados/

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c11.es>

Guardiões: guardianes de los polinizadores y del servicio de polinización



**Blandina Felipe Viana^{a,b,c}, Caren Queiroz Souza^{b,c}, Fabiana Oliveira da Silva^{c,d},
Betina Blochtein^e, Angelo Loula^{c,f}**

^a Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil (UFBA), blandefv@ufba.br

^b Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, carenq.souza@gmail.com

^c Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Inter e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução - INCT-IN-TREE

^d Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, Nossa Senhora da Glória, Sergipe, Brasil, fabianaosilva@academico.ufs.br

^e Escola de Ciências da Saúde e da Vida, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil (PUCRS), betinabl@pucrs.br

^f Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Bahia, Brasil, angelocl@uefs.br

SOBRE LOS PROYECTOS GUARDIÕES (GUARDIANES)

¿Están desapareciendo las abejas? ¿Cómo se distribuyen las especies en el territorio brasileño? ¿Qué nuevas especies de **polinizadores** existen en Brasil? ¿Cómo afecta el cambio climático a las interacciones entre las flores y los animales que las visitan? Estas y otras preguntas de gran relevancia para la ciencia ecológica y para orientar las acciones de conservación de los polinizadores y de los **servicios ecosistémicos** de **polinización** son los principios rectores de los proyectos Guardianes de ciencia ciudadana (Guardiões da Chapada, Guardiões dos Sertões y Guardiões do Rio



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

Grande do Sul), cuyo principal objetivo es la gestión [sostenible](#) y la conservación de los polinizadores en entornos naturales, urbanos y agrícolas.

Al responder a preguntas como las anteriores, los proyectos de los Guardianes pueden contribuir a encontrar soluciones para la conservación de la [biodiversidad](#) (especies de polinizadores y plantas visitadas) y el servicio de polinización (interacción entre especies), generando datos que pueden informar a las políticas públicas y generar actitudes positivas en la sociedad hacia los polinizadores, no sólo para Brasil sino para el resto de América Latina. En este sentido, estos proyectos dependen de la participación pública voluntaria para el seguimiento de las especies que interactúan en los diferentes entornos, naturales o antrópicos, porque sin datos no podemos responder a preguntas, como las anteriores, y sin la participación pública no podemos crear y/o aplicar soluciones creativas para la conservación.

Aunque cada proyecto tiene sus propias características, comparten, en términos de áreas de actividad, tipos de entornos supervisados y acciones desarrolladas, el hecho de estar basados en tres pilares que coexisten e interactúan entre sí de forma armoniosa: 1) producción colaborativa de información, a través del monitoreo participativo, que permite generar nuevos conocimientos sobre la [biodiversidad](#); 2) traslación y puesta en común de los conocimientos relacionados con los proyectos o generados por ellos; 3) despertar de la ciudadanía científica y ambiental, a través de acciones dirigidas a la capacitación, el desarrollo de habilidades y el compromiso con las acciones de conservación (Figura 1).

Los “guardianes” son todos aquellos relacionados de alguna manera con la polinización, incluyendo a los polinizadores, que visitan las flores y transfieren el [polen](#) de las [anteras](#) al [estigma](#), iniciando la [reproducción sexual](#) de las plantas con flores, y a las personas que, al contribuir al seguimiento de la interacción planta-visitante, ayudan a ampliar y difundir el conocimiento sobre la [biodiversidad](#).

AUDIENCIA DEL PROYECTO Y ESTRATEGIAS DE RECLUTAMIENTO DE OBSERVADORES VOLUNTARIOS

Los destinatarios de los proyectos de los Guardianes son los turistas y las comunidades locales (por ejemplo, estudiantes de secundaria, profesores, guías turísticos y agricultores) de los territorios. Para involucrar al público en los proyectos se utilizan diferentes estrategias y medios de comunicación. Los medios de comunicación online y las redes sociales se utilizan habitualmente para dar a conocer los proyectos, compartir información sobre el tema y reclutar nuevos observadores voluntarios. Las actividades presenciales, como los talleres, el bioblitz, las conferencias y los días de campo, se utilizan para garantizar un mayor [compromiso](#) de las comunidades locales con los proyectos.



FIGURA 1. Los tres pilares que coexisten e interactúan entre sí forman la estructura de los proyectos de los Guardianes. De izquierda a derecha: generación de datos e información, comunicación pública de la ciencia y estrategias de aprendizaje práctico.

Fotos: Colección del Laboratório de Biologia e Ecologia de Abelhas (LABEA-IBUFBA).

SOBRE EL CONTROL DE LA INTERACCIÓN PLANTA-VISITANTE

La recogida de datos para el seguimiento de las interacciones se realiza de forma colaborativa mediante registros fotográficos de los visitantes y las plantas visitadas (Figura 2). Al observar a un animal que visita las flores de una determinada planta, el observador tiene la oportunidad de contribuir tomando varias fotos del animal durante la interacción con la planta y de la propia planta, es decir, de la flor, de las ramas con hojas, de la planta entera y del fruto. Las fotos pueden tomarse con una cámara, un teléfono móvil o una tableta. Deben conservarse los datos sobre la fecha, la hora y el lugar donde se tomaron las fotos, ya que esta información es importante para saber cuándo y dónde tuvieron lugar estas interacciones. Por lo general, los dispositivos ya almacenan esta información, pero el observador debe acordarse de comprobar la configuración de su dispositivo, como por ejemplo activar el GPS del mismo.



FIGURA 2. Ejemplo de registro de la interacción entre la flor (*Clitoria* sp.) y el **visitante floral** (abeja sin aguijón, especie *Trigona spinipes*). Registros como éste se envían a la **plataforma de datos** y sirven para alimentar la base de datos sobre la **biodiversidad** y la interacción entre los **polinizadores** potenciales y las plantas visitadas.

Crédito de la foto: Caren Queiroz Souza.

Las fotos, junto con sus metadatos (fecha, hora y lugar), pueden enviarse directamente al sistema en línea E-Biodiversity Guardians (<https://bit.ly/eguardioes>), o a través de una aplicación desarrollada para dispositivos móviles, que también permite registrar las interacciones en tiempo real. Estas fotos y la información se almacenarán en una base de datos sobre la distribución de las especies vegetales y sus visitantes. Los especialistas podrán identificar las especies de animales y plantas para complementar la descripción de la interacción planta-visitante y los voluntarios, cuando lo sepan, también podrán informar del nombre coloquial o científico. Con todos estos datos será posible, por ejemplo, cartografiar la llegada y avance de nuevas especies, evaluar el efecto de los cambios ambientales en las especies, elaborar directrices para la gestión y conservación de la fauna silvestre y planificar el uso sostenible de la tierra en la región.

Las fotos y los registros de observaciones generados de forma colaborativa se convierten en datos de [acceso abierto](#) que pueden ser consultados por cualquiera a través de la [plataforma de datos](#). El sistema E-Guardians permite explorar y analizar visualmente la información compartida en forma de listas, gráficos y tablas, según los criterios de búsqueda del usuario. Mediante la opción de “explorar” los datos de los registros (véanse las Figuras 3 y 4) es posible buscar por tipo de animal o planta, por fecha, lugar e incluso por la persona responsable de las fotos. Los resultados de las búsquedas traen las fotos enviadas, mapas de las observaciones, listas de animales y/o plantas en las observaciones, gráficos y tablas de interacciones (Figuras 5 y 6)

¿Cómo registrar datos?

1. Detenerse por unos instantes frente a una planta con flores y observar los animales que **visitan** las flores.
2. Saque **varias fotos del animal** visitando la flor, cuanta más información y ángulos diferentes, mejor.
3. Luego saque **fotos de la planta con flores**, ramas, frutos, etc. De nuevo, cuanto más información, ¡mejor!



FIGURA 3. Tutorial sobre cómo hacer los registros de la interacción flor-visitante.

¿Cómo enviar los datos?

<p>1 Acceder al sitio http://bit.ly/eguardioes y hacer su registro.</p> 	<p>2 Añadir las fotos de la interacción.</p>  <p>3 Añadir las fotos de la planta visitada.</p> 	<p>4 Informar los datos de localización, fecha y hora.</p>  <p>¡Listo! Se pueden agregar nombres científicos y coloquiales y el tipo de interacción que se observó.</p>
---	---	--

FIGURA 4. Paso a paso para presentar los registros realizados por los voluntarios en la plataforma E-Guardioes da biodiversidade.

¿Cómo visualizar los datos?

En la esquina derecha de la pantalla, haga clic en "explorar". Pueden seleccionarse **filtros** para acceder a los datos. ¡Fotos, mapas, listas, gráficos y tablas están disponibles!

The image shows two screenshots of a web application. The top screenshot displays a search interface with various filters for observations, including animal and plant characteristics, geographic location, and observation date. A yellow callout box highlights the 'explorar' button in the top right corner. The bottom screenshot shows a map view with 66 observations marked as red pins on a map of a region in Brazil. A yellow callout box points to the 'explorar' button in the top right corner of the map view.

Se divulgan cursos de capacitación en nuestras redes sociales.

FIGURA 5. Además de compartir registros, los participantes también pueden ver los datos compartidos por todos. Hay gráficos, tablas y mapas disponibles.

BENEFICIOS DE PARTICIPAR

La participación en estos proyectos también supone una oportunidad para que la gente se implique en la conservación del medio ambiente de una forma nueva, ya sea participando en la producción de conocimiento científico, adquiriendo nuevos conocimientos y prestando más atención a su entorno, o encontrando nuevas formas de actuar en favor de la conservación de los polinizadores, como el apoyo a las políticas públicas en favor de prácticas respetuosas con la **biodiversidad** para la producción **sostenible** de alimentos.

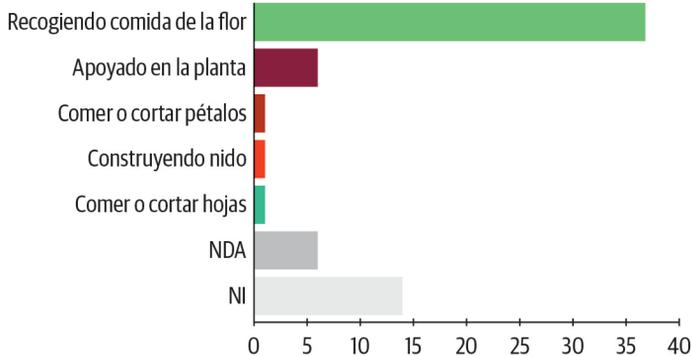


FIGURA 6. Ejemplo de gráfico generado por el sistema E-Biodiversity Guardians que muestra la frecuencia de los tipos de interacción registrados en la plataforma. Obsérvese que la interacción “recogiendo comida de la flor” es la más registrada entre los colaboradores. (NDA - ninguno de los anteriores; NI - no informado).

Actualmente, hay tres proyectos de Guardianes que desarrollan actividades de investigación, educación y divulgación científica en sus territorios de actuación; los Guardiões da Chapada, en la Chapada Diamantina; los Guardiões dos Sertões, en el Alto Sertão Sergipano; y los Guardiões do Rio Grande de Sul, que viene actuando en los aparados da Serra. Pero nuestro objetivo es que iniciativas como éstas se lleven a cabo en todo Brasil, y que los guardianes envíen fotos de las interacciones entre las plantas y los visitantes desde cualquier lugar de Brasil (jardines de su ciudad, patio trasero de su casa, granja, jardín de su condominio, etc.). Así que, si estás interesado, únete a nosotros y #sejaumaguardiã o #sejaumguardião.

Para acceder a libros, artículos científicos, podcasts, artículos en periódicos, cartillas y seguirnos en las redes sociales acceda a <https://linktr.ee/guardioesdachapada> o póngase en contacto con guardioeschapada@gmail.com.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c12.es>

Proyecto BeeKeep #cidadãosf - abejas y ciencia ciudadana



Sheina Koffler^a

^a Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, sheina.koffler@usp.br, beekeep.science@gmail.com

EL PROYECTO BEEKEEP

Dadas las múltiples amenazas a las que se enfrentan los [polinizadores](#) en la actualidad, como la pérdida de hábitats naturales, el uso de pesticidas y la transmisión de enfermedades, es esencial llevar a cabo proyectos de **monitoreo** de las poblaciones. El seguimiento proporciona información sobre los cambios en las poblaciones, indicando si existe algún riesgo de declive o desaparición, y proporciona pruebas científicas para los planes de conservación de la [biodiversidad](#). Los proyectos de monitoreo requieren un gran esfuerzo para llevar a cabo un seguimiento a lo largo del tiempo y en diferentes lugares, algo muy difícil conseguir con la ciencia tradicional, por lo que la [ciencia ciudadana](#) puede ser un importante aliado.

La plataforma de ciencia ciudadana BeeKeep tiene como objetivo conocer y monitorear las abejas [nativas](#) y [exóticas](#) de Brasil en colaboración con la sociedad, a través de diferentes proyectos de ciencia ciudadana. Aquí se describe el proyecto **#cidadãosf - Monitoreo de la actividad de vuelo en las abejas sin aguijón**, un [protocolo](#) de ciencia ciudadana que conforma la plataforma BeeKeep. Las abejas



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

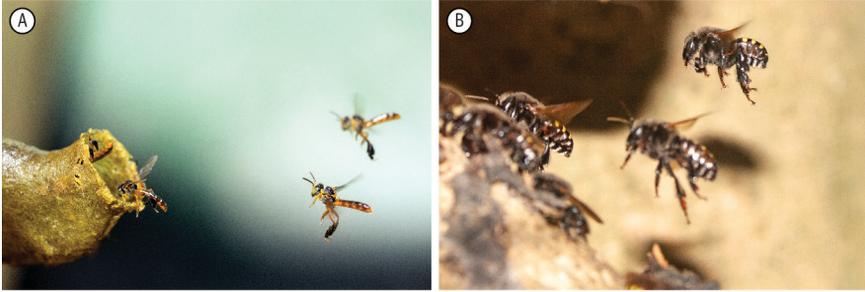


FIGURA 1. Las abejas sin aguijón son un grupo diverso de abejas sociales. El proyecto #cidadãosf se centra en el seguimiento de la actividad de vuelo de dos especies: (A) jataí (*Tetragonisca angustula*) y (B) mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*).

Crédito de las fotos: Andre Matos.

sin aguijón (ver Capítulo 4) son un grupo diverso con más de 200 especies en Brasil, productoras de miel e importantes polinizadores (Figura 1). Para saber cómo responden estas abejas a los cambios inducidos por el hombre en el medio ambiente, en este [protocolo](#) investigamos la actividad de vuelo en los nidos para entender cómo las abejas buscan recursos alimenticios en el medio ambiente. Saber cuánto vuelan las abejas y cuánto traen de comer al nido indica cuán adecuado es un sitio para las abejas y si hay condiciones ideales para su desarrollo.

Así, el protocolo pretende responder a la pregunta científica: ¿cómo influyen las características ambientales en la actividad de vuelo de las abejas sin aguijón? Con ello, pretendemos evaluar los siguientes factores que pueden afectar a la actividad de vuelo: 1) el paisaje circundante (ver la definición de paisaje en el Capítulo 2), 2) las condiciones meteorológicas (temperatura y precipitaciones) y 3) la época del año.

COMO PARTICIPAR

Para convertirse en ciudadano científico del proyecto #cidadãosf (Figura 2), basta con seguir los pasos que se describen a continuación.

1. Registrarse en la [plataforma de datos](https://beekeep.pcs.usp.br/) <https://beekeep.pcs.usp.br/>: identificarse con un nombre o utilizar un apodo. Los datos personales están protegidos (ver condiciones de uso y privacidad).
2. Acceder al material educativo: antes de iniciar el seguimiento, es importante ver los vídeos sobre el proyecto (disponibles en <https://www.youtube.com/>



FIGURA 2. (A/B). Científicos ciudadanos realizando un seguimiento de la actividad de vuelo de un nido de abejas sin aguijón situado en un árbol.

Crédito de las fotos: Carla Debelak.

watch?v=3WZCh8sn1cs&list=PL_gFM3tGc1avmrAzV5-HMxML4NZtlVHOG) para aprender más sobre la actividad de vuelo de las abejas sin aguijón y comprender en detalle cómo llevar a cabo el protocolo. Además de aprender sobre el tema, esto ayuda a obtener datos de mejor calidad. Si hubiera alguna duda, visitar la sección de preguntas frecuentes de nuestro sitio web (https://beekeep.pcs.usp.br/site/perguntas_frequentes.html).

3. Elegir un nido de abejas sin aguijón: en este proyecto, damos prioridad a las especies jataí (*Tetragonisca angustula*) y mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*) (Figura 1), pero se puede monitorear cualquier especie que desee. Sugerimos hacer al menos un seguimiento al mes, durante un año.
4. Iniciar el seguimiento: en la [plataforma de datos](#) de ciencia ciudadana, se registran los datos del nido y de la especie, la ubicación (coordenadas GPS), la fecha, la hora y el tiempo (temperatura y estado del cielo). A continuación, debe grabarse en vídeo durante 30 s la actividad de vuelo de las abejas (Figura 3). Después de subir el vídeo, hacer el recuento de las abejas activas. Se debe contar el número de abejas que salen, el de abejas que entran y el de abejas que llevan polen.
5. Acceder a sus datos y controlar su seguimiento: vea la tabla con sus registros en la propia plataforma (pueden descargarse los datos que se han registrado).
6. Visualizar todos los [registros](#) del proyecto: utilice la herramienta de visualización de datos (<http://beekeep.pcs.usp.br:3838/app/dashboard>) para inspeccionar los gráficos interactivos con todos los datos enviados por los ciudadanos científicos.



FIGURA 3. Filmación de la actividad de vuelo de un nido de abejas sin agujijón guardado en una caja para su manejo. Las buenas prácticas de filmación garantizan un vídeo de alta calidad. Se recomienda filmar con un soporte para ajustar el enfoque y evitar las sacudidas durante la grabación, y utilizar un fondo claro y liso, que permita una mejor visión de las abejas.

Crédito de la foto: Carlos Eduardo Bonifacio de Freitas Junior.

Con esto, ya puedes empezar a analizar los resultados e intentar responder a nuestra pregunta científica.

7. Seguir el proyecto en las redes sociales para recibir nueva información: @beekeep.life

Si no puedes acceder a un nido para vigilarlo, ¡no te preocupes! Puedes participar validando los datos de otros científicos ciudadanos en la propia plataforma, viendo los vídeos y haciendo nuevos recuentos. Estos recuentos múltiples permiten una mejor evaluación de cada vídeo y dan lugar a datos de alta calidad para el proyecto.

El proyecto #cidadãoasf es llevado a cabo por un equipo multidisciplinar y cuenta con más de 350 científicos ciudadanos inscritos. Participa y dinos qué te parece el proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los miembros del equipo del proyecto BeeKeep, a los científicos ciudadanos que participan en el proyecto #cidadãoasf y a la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de São Paulo (FAPESP) por la financiación (2019/26760-8).

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c13.es>

Listas Ecológicas de Especies de Mariposas (LEEB) – Curitiba y Paraná



Adolf Carl Krüger^a, Anderson Warkentin^a, Cauã Galeazzi de Menezes^a, Eloi Valdo Prodoxsim^a, Jhonatan F. Santos^a, Maristela Zamoner^{a,b,c}, Roberto Cyrino^a, Sérgio Marlon Messias^a, Tiago A. S. Barbosa^a

^a Científicos ciudadanos: adolf.biologia@gmail.com, anderson.warkentin@gmail.com, cauam@gmail.com, eloievaldo@hotmail.com, jhonatanfaria2955@gmail.com, maristela.zamoner@gmail.com, cinocwb@gmail.com, sergiomarlonmessias@gmail.com, tiagoaparecido@live.com.

^b Instituto de Ciência e Tecnologia em Biodiversidade - ICTBIO, Paraná, Brasil, ictbio@ictbio.org

^c Jardim Botânico de Curitiba, Paraná, Brasil, jardimbotanico@curitiba.pr.gov.br

INTRODUCCIÓN

La observación de mariposas es un movimiento de [ciencia ciudadana](#) en auge en Brasil (Figuras 1 y 2), que demanda el acceso al conocimiento de esta fauna y estrategias participativas. Con el objetivo de contribuir en este sentido, el proyecto consiste en la producción continua y la publicación en [acceso abierto](#) de listas ecológicas de especies de mariposas registradas por fotografías en la Gran Curitiba y Paraná (Brasil). Estas listas contienen información útil de cada especie, como el potencial [polinizador](#), rareza, estado de conservación, información reproductiva, plantas hospedadoras, número de observadores que ya han registrado la especie y primera persona en



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.



FIGURA 1. Registro e identificación de las especies de mariposas por el científico ciudadano Cauã Galeazzi de Menezes: Anderson Warkentin observando una *Catagramma pyracmon* en su nariz.

observarla, y el número total de observaciones por año. La base de datos para la elaboración de las listas es el conjunto de [registros](#) disponibles en una [plataforma de datos](#) de ciencia ciudadana y datos de [biodiversidad](#) (ejemplo *iNaturalist*), que incluye actividades de científicos ciudadanos y estudios profesionales en dos Unidades de Conservación de la ciudad de Curitiba, el Bosque y el Jardín Botánico Capão da Imbuia. La actualización de las listas es constante, lo que permite evaluar a lo largo del tiempo la evolución tanto de las actividades de ciencia ciudadana como de los parámetros bioindicadores y ecológicos de las especies de mariposas, importantes proveedoras del [servicio ecosistémico](#) de la [polinización](#).

OBJETIVOS

El objetivo principal es proceder a la organización y publicación continua de los resultados de las actividades de los científicos que fotografían mariposas en Curitiba y Paraná, poniendo estos registros a disposición del público en una plataforma de ciencia ciudadana y biodiversidad. Esta transparencia se centra en contribuir a una

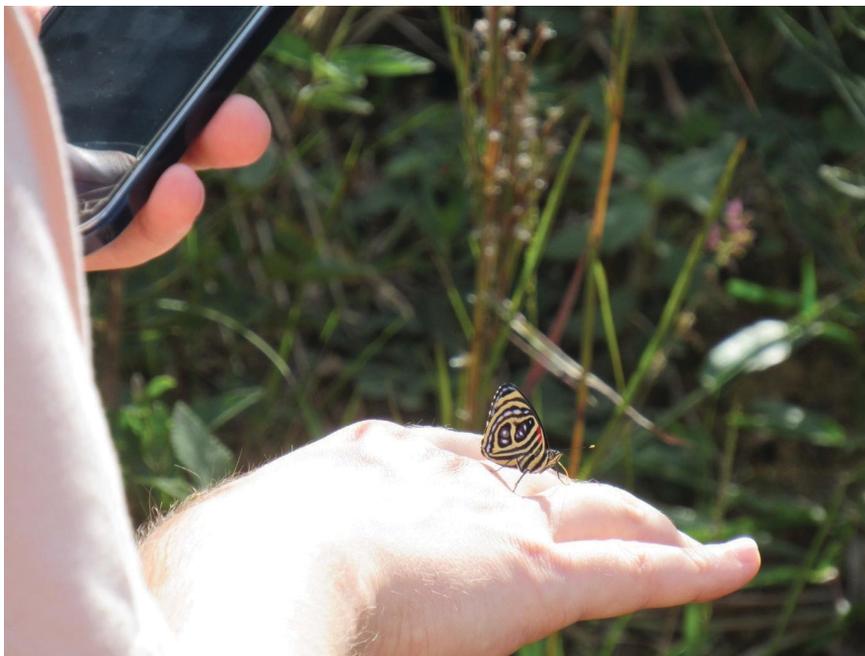


FIGURA 2. Registro de Adolf Carl Krüger, un observador de mariposas que fotografiaba la especie de mariposa *Catagramma pygas eucale* en su mano.

toma de decisiones coherente en el ámbito de la gestión del patrimonio natural. También pretende aumentar la participación de la población en la práctica de la observación de mariposas desde la perspectiva de la ciencia ciudadana.

PARTICIPACIÓN

La participación en el proyecto está abierta a cualquier persona interesada en las mariposas y en la ciencia ciudadana. La integración en el proyecto puede producirse de dos maneras principales. Una de ellas es la inclusión, en las plataformas de ciencia ciudadana y biodiversidad (ej. *iNaturalist*), de fotografías de mariposas obtenidas en la Gran Curitiba y Paraná. Otra forma es participando en los debates sobre su contenido. A finales de 2021, el proyecto ya ha contado con la participación de 791 personas que registraron mariposas y 683 personas, de diferentes partes del mundo, que se involucraron en las discusiones sobre el contenido de estos registros.

DESARROLLO

Para el desarrollo del proyecto, se definió el cuerpo de **curaduría**, compuesto por científicos ciudadanos y observadores de mariposas con experiencia en la realización de registros y en proponer asignaciones taxonómicas (ver **determinación taxonómica**) a partir de fotografías de ejemplares vivos, y que han trabajado durante años contribuyendo con registros importantes para la biodiversidad. Las etapas en el desarrollo del proyecto son: 1. Registro fotográficos en entornos naturales; 2. Publicación de las fotografías en una plataforma de biodiversidad y ciencia ciudadana con registros de **acceso abierto**; 3. Curaduría. Esta última etapa se divide en: 3.1. Comprobación y mejora de la información; 3.2. Elaboración de las listas ecológicas de especies de mariposas; y 3.3 Apertura y mantenimiento de las listas al acceso abierto (Figura 3).



Etapas de desarrollo continuo del proyecto de ciencia ciudadana Listas Ecológicas de Especies de Mariposas (LEEB) - Curitiba y Paraná

1. Realización de registros fotográficos por los científicos ciudadanos en los ambientes naturales



2. Publicación de las fotografías y sus metadatos en la plataforma de biodiversidad y ciencia ciudadana iNaturalist – registro de acceso abierto



3. Curaduría

- 3.1. Verificación de información

- 3.2. Producción de las Listas Ecológicas de Especies de mariposas

- 3.3. Puesta a disposición y mantenimiento de las listas al acceso abierto

FIGURA 3. Esquema que muestra las etapas de desarrollo continuo del proyecto de ciencia ciudadana Listas Ecológicas de Especies de Mariposas (LEEB) - Curitiba y Paraná.

RESULTADOS

Las listas ecológicas, sus tablas y gráficos, son de acceso abierto a través del blog del proyecto (<https://leeb-mab-ictbio.blogspot.com/>), por ahora, la única forma de difundir los resultados. Cubren hasta ahora más de 24 mil registros, todos en acceso abierto, realizados por casi 800 observadores, desde 1981, incluyendo 232 registros de especies raras (Figura 4A), 3 de especies amenazadas (Figura 4B) y 2 de especies no descritas (Figuras 4C y 4D). En la Figura 5 se puede ver otros ejemplos de registros. El proyecto también permite evaluar el aumento del número de ciudadanos científicos que trabajan en este ámbito a lo largo de los años. Los registros que subvencionan el proyecto son accesibles para su consulta por cualquier interesado, en plataformas de ciencia ciudadana y biodiversidad, especialmente en *iNaturalist* (California Academy of Sciences/National Geographic Society).

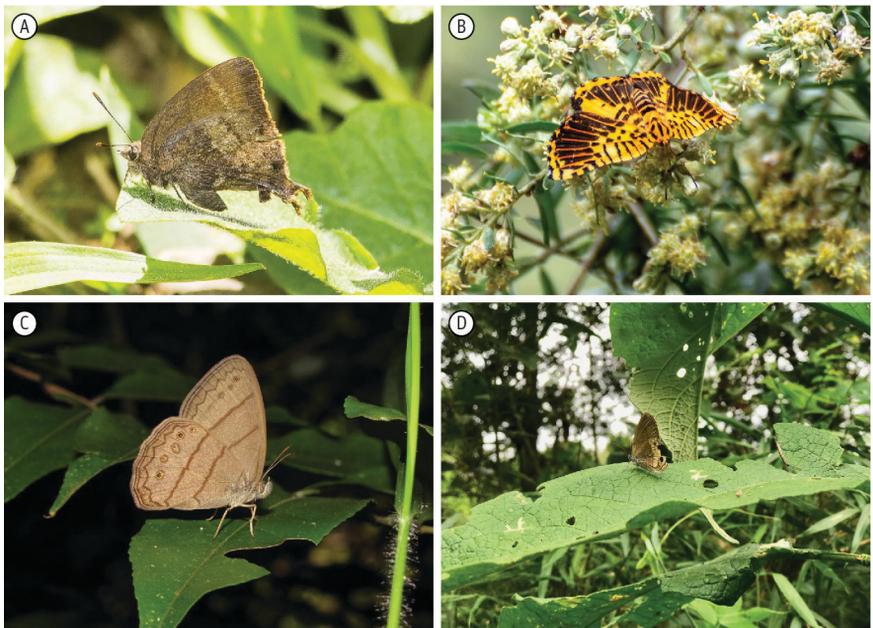


FIGURA 4. (A) Especie rara *Theritas curitabaensis* registrada en el municipio de Palmas, Paraná, por Cauã Galeazzi de Menezes y Anderson Warkentin, identificada por Aaron Soh por *iNaturalist*, (B) Especie amenazada, *Symphachia arion*, fotografiada e identificada por Roberto Cyrino en 2021, en el municipio de Curitiba, Paraná, (C) Especie no descrita perteneciente al complejo "*Paryphthimoides*" *sylvina*, fotografiada por Tiago A. S. Barbosa en 2021 en el municipio de Tapejara, Paraná, reconocida por Thamara Zacca, (D) Especie no descrita perteneciente al género *Splendeuptychia*, fotografiada por Maristela Zamoner en 2019 en el municipio de Campina Grande do Sul, Paraná, reconocida por Keith Willmott vía *iNaturalist*.

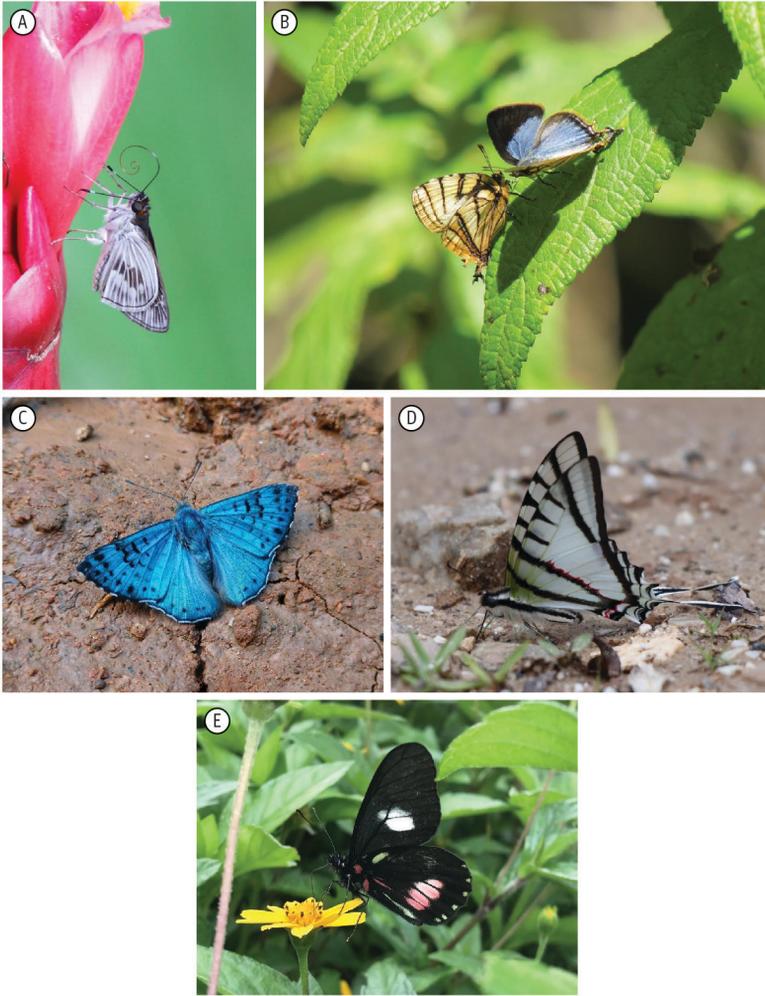


FIGURA 5. (A) Mariposa de la especie *Vettius artona*, identificada por Eloi Evaldo Prodossimo, confirmada por Anderson Warkentin, registrada por Sérgio Marlon Messias en 2021 en Curitiba, Paraná, (B) Mariposas de la especie *Arawacus meliboeus*, registradas por Adolf Carl Krüger en 2020 en el municipio de Curitiba, Paraná, (C) Mariposa de la especie *Lasaia agesilas agesilas*, registrada por Jhonatan F. Santos en 2020 en el municipio de Rio Branco do Sul, Paraná, (D) Mariposa de la especie *Protesilaus molops megalurus* registrada por Eloi Evaldo Prodossimo en 2020 en el municipio de Bocaiúva do Sul, Paraná, propuesta de identificación por Maristela Zamoner, (E) Mariposa de la especie *Archonias brassolis tereas*, registrada e identificada por Maristela Zamoner en 2021 en Curitiba, Paraná.

MATERIAL EDUCATIVO

En el blog del proyecto está disponible de forma gratuita el libro electrónico “Observação de Borboletas” (Observación de mariposas), con varias pautas educativas para la práctica de esta actividad de ciencia ciudadana, independientemente de que se participe o no en el proyecto LEEB.

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PROYECTO

Este proyecto está coordinado por la curadora de la Colección de Entomología Ecológica del Museo Abierto de Biodiversidad - MAB/ICTBIO, está registrado en el Sistema de Información sobre la Biodiversidad Brasileña (SIBBR) y es miembro participante de la Red Brasileña de Ciencia Ciudadana (RBCC). El proyecto también integra actividades profesionales desarrolladas en el ámbito del Gobierno Municipal de Curitiba por el Museo del Jardín Botánico Municipal.

AGRADECIMENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a todo el equipo del Museo Botánico del Jardín Botánico de Curitiba por su importante apoyo en la identificación de las plantas hospederas: Eraldo Barboza, José Tadeu Weidlich Motta, Marcelo Leandro Brotto, Rodrigo Trompczynski Dall’Agnol y Sacha Lubow. A Keith Willmott y Thamara Zacca por el reconocimiento de las especies no descritas, pertenecientes respectivamente a los géneros *Splendeuptychia* y *Paryphthimoides*. Por la identificación de los primeros registros de *Ignata norax* y *Magnastigma irsuta* - Gustavo de Mattos Accacio, Taydebis clarissa - Keith Willmott, Zischkaia warreni - Diego Rodrigo Dolibaina y Arzecla straelena - Zsolt Bálint. Al científico ciudadano Aaron Soh (Singapur), por las identificaciones de especies de la familia *Lycaenidae* que superan las dos docenas en total.

LECTURA SUGERIDA

Schwartz-Filho, D. L., & Zamoner, M. (2018). *Lepidopterologia: novas perspectivas em pesquisa e conservação*. Curitiba, PR: Comfauna Livros. Recuperado de <http://comfauna-livros.blogspot.com/p/lepidopterologia-novas-perspectivas-em.html>

Zamoner, M. (2019a). *Borboletas do Capão da Imbuia*. Curitiba, PR: Comfauna Livros. Recuperado de <http://comfauna-livros.blogspot.com/p/borboletas-do-capao-da-imbuia.html>

Zamoner, M. (2019b). *Observação de Borboletas*. Curitiba, PR: Comfauna Livros. Recuperado de <http://comfauna-livros.blogspot.com/p/observacao-de-borboletas.html>

Zamoner, M. (2021a). *Ciência Cidadã e Biodiversidade*. Curitiba, PR: Comfauna Livros. Recuperado de <https://comfauna-livros.blogspot.com/p/ciencia-cidada-e-biodiversidade.html>

Zamoner, M. (2021b). *Jardim Botânico de Curitiba: Borboletas*. Curitiba, PR: Comfauna Livros. Recuperado de <http://comfauna-livros.blogspot.com/p/jardim-botanico-de-curitiba-borboletas.html>

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c14.es>

Monitoreo de visitas florales mediante el Conteo Cronometrado de Visitantes Florales (FIT Count)



Claire Carvell¹, Jim Chiazese¹, Eduardo E. Zattara², Francisco E. Fontúrbel³, Giselle Muschett Rivera⁴, Natalia Pirani Ghilardi-Lopes⁵, Filipi Miranda Soares⁶

¹ UK Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, Oxon, UK, OX10 8BB, ccar@ceh.ac.uk, JimChi@ceh.ac.uk

² Grupo de Ecología de la Polinización, EcoPol. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA) Universidad Nacional del Comahue - CONICET, Bariloche, Argentina, ezattara@comahue-conicet.gob.ar

³ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, francisco.fonturbel@pucv.cl

⁴ Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Chile, giselle.muschett@pucv.cl

⁵ Universidade Federal do ABC, Santo André, Brasil, natalia.lopes@ufabc.edu.br

⁶ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, filipisoares@usp.br

El Conteo Cronometrado de Visitantes Florales (de aquí en adelante denominado como FIT Count) es un sencillo [protocolo](#) de [ciencia ciudadana](#) que tiene como objetivo coleccionar datos sobre eventos de visita en flores por una amplia gama de [polinizadores](#), incluyendo abejorros, abejas sin aguijón, abejas melíferas, moscas y picaflores. Cada FIT Count está estandarizado a una duración de 10 minutos y se realiza en un parche floral determinado, usando un cuadrante de 50 x 50 cm. Dado



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

que la **polinización** depende de las interacciones de los insectos (u otros visitantes florales) con las flores, es importante para un programa de ciencia ciudadana de largo plazo el poder evaluar cómo estas interacciones cambian en el tiempo y el espacio. El protocolo FIT Count nos permite afrontar este desafío mediante la obtención de datos de abundancia de **visitantes florales** en distintos hábitats y lugares. ¡También ofrece una excelente oportunidad de aprendizaje y de acercar a las personas a los polinizadores y las flores, dado que cualquier persona puede participar!

ORIGEN Y PLATAFORMA

El protocolo FIT Count fue originalmente desarrollado por el UK Pollinator Monitoring Scheme (<https://ukpoms.org.uk/>) y se viene empleando en el Reino Unido desde 2017, habiéndose realizado más de 8500 conteos en total. La aplicación FIT Count fue lanzada en 2021 y estará disponible en Brasil, Chile y Argentina, así como en otros países de Europa, en 2022.

Después de instalar la aplicación, el usuario puede utilizarla en cualquiera de los países participantes, ya sea en inglés o en la lengua nativa principal del país. Existe un sitio que provee soporte a la aplicación y cuenta con una página dedicada por cada país participante (<https://fitcount.ceh.ac.uk/>). La aplicación puede descargarse desde Google Play (<https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.ac.ceh.fit>) o desde App Store (<https://apps.apple.com/app/id1540771889>).

ENTRENAMIENTO Y PROTOCOLO

No es necesario saber reconocer las especies individuales o saber sus nombres para poder utilizar FIT Count. Todos los visitantes florales son registrados a nivel de grupo y la aplicación incluye una guía de identificación para ayudar a reconocer los principales grupos (vea las Figuras 1 y 2).

El FIT Count se realiza en 10 pasos:

1. Los FIT Count demoran aproximadamente 10 a 15 minutos. Sin embargo, es recomendable descargar la aplicación antes de comenzar los conteos. No es necesario estar conectado a internet durante el conteo; los usuarios pueden usar el GPS incorporado en sus dispositivos móviles para registrar la ubicación automáticamente, o bien pueden ingresarla manualmente después si el GPS no hubiese estado activado durante la toma de datos.



FIGURA 1. Captura de las pantallas de la aplicación FIT Count, mostrando la pantalla inicial (a la izquierda), la guía de entrenamiento rápido para completar los campos del formulario de colecta de datos (al centro), y la guía informativa sobre los grandes grupos (a la derecha).

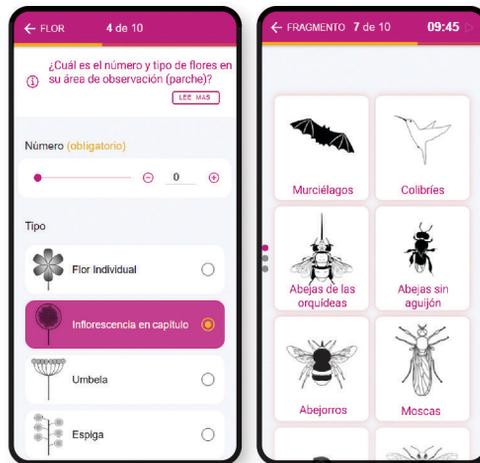


FIGURA 2. Captura de pantalla de la aplicación FIT Count, mostrando las distintas etapas de ejecución del protocolo. La pantalla de la izquierda muestra la selección de la flor objetivo y el conteo de flores dentro del cuadrante de 50 x 50 cm. La pantalla de la derecha muestra los grupos de visitantes florales que deben ser seleccionados cuando sean observados interactuando con las flores. El cronómetro de conteo se encuentra en la esquina superior derecha de la pantalla.

2. Los FIT Count se pueden realizar en cualquier época del año si hay buen tiempo.
3. Se considera como “buen tiempo” o clima estable, a una temperatura mínima de 13°C con cielo despejado (soleado), o con al menos 15°C si estuviera nublado.
4. Elija solamente un tipo de flor como su flor objetivo y suba una foto en la aplicación. Siempre que sea posible, use alguna de las flores objetivo listadas en la aplicación FIT Count, pero si esto no fuera posible puede escoger una flor diferente para el conteo.
5. Delimite, con un cuadrado plástico o de otro material, un cuadrante de 50 x 50 cm que contenga a las flores objetivo.
6. Cuente el número de flores-objetivo presentes dentro del cuadrante.
7. Una vez que haya presionado “Iniciar conteo”, cuente todos los insectos y otros visitantes florales que se posen en las flores objetivo (ignore otras flores, procurando contar cada individuo sólo una vez). La aplicación lleva incorporado un temporizador que va a emitir un sonido cuando se cumplan los 10 minutos.
8. Identifique los polinizadores usando grandes grupos, como por ejemplo abejorros, moscas, etc. Otros visitantes florales que no puedan ser identificados deben ser registrados como “otros insectos” o “no sé” en caso de que no esté seguro que sea un insecto.
9. Provea algunos detalles meteorológicos simples como la cantidad de sol y viento.
10. Cargue sus resultados a través de la aplicación — esto se puede hacer en casa, en caso de que no disponga de conexión a internet durante el registro.

Actualmente la aplicación está disponible en inglés, portugués (Brasil) y español (por ejemplo, para Chile y Argentina).

VISUALIZANDO SUS DATOS

Sus registros de FIT Count pueden visualizarse usando sus datos de usuario desde el sitio web <https://fitcount.ceh.ac.uk/> los que serán verificados por el equipo de FIT Count antes de ser agregados al banco de datos nacional. Los conteos realizados en el Reino Unido fueron resumidos en gráficos para cada flor objetivo, como se muestra en la Figura 3.

También es posible visualizar los datos en forma de mapas (<https://ukpoms.org.uk/fit-counts-map>).

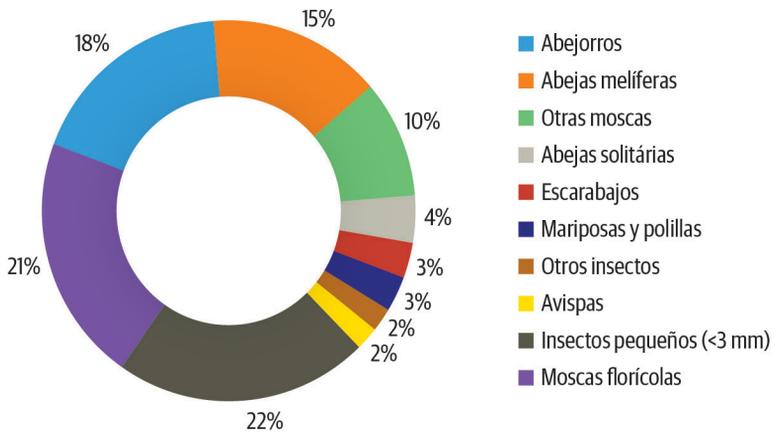


FIGURA 3. Ejemplo de los gráficos interactivos en tiempo real usados por UKPoMS para mostrar la comunidad de insectos visitando una flor objetivo. En este ejemplo, se contaron los insectos que visitaron flores de moras silvestres (*Rubus* spp.), mostrando la proporción de cada grupo. Un total de 4723 insectos fueron registrados en 323 eventos de FIT Count, con un promedio de 15 insectos por cada conteo de 10 minutos.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c15.es>

Conociendo las Moscas Florícolas de Chile: un proyecto con y para las personas



Rodrigo M. Barahona-Segovia^{a,b}, Paz Gatica-Barrios^b, Matías Barceló^{b,c,d}

^a Departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile, rbarahona13@gmail.com

^b Moscas Florícolas de Chile citizen science program, Valdivia, Chile, paz.gatica@ug.uchile.cl

^c Instituto Milenio en Socio-Ecología Costera (SECOS), Santiago, Chile, barcelo.matias@gmail.com

^d Center of Applied Ecology and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

¿CÓMO FUNCIONA EL PROYECTO?

Moscas Florícolas de Chile es un proyecto de [ciencia ciudadana](#) con 7 años de antigüedad y más de 6,600 voluntarios y voluntarias, dedicado exclusivamente a la [biodiversidad](#) de los dípteros de Chile. Perseguimos el objetivo principal de actualizar y divulgar conocimiento de ecología e historia natural sobre las especies de moscas presentes en Chile. El proyecto funciona a través de redes sociales, donde por medio de la herramienta *group* de Facebook (<https://www.facebook.com/groups/774986852548819>), se recopilan datos de los registros recibidos (Figura 1). El [protocolo](#) básico que cada voluntario/a debe entregar debe poseer la siguiente información: (1) una fotografía original de la especie a identificar; (2) la localidad del registro, siendo esta lo más exacta posible (idealmente coordenadas



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

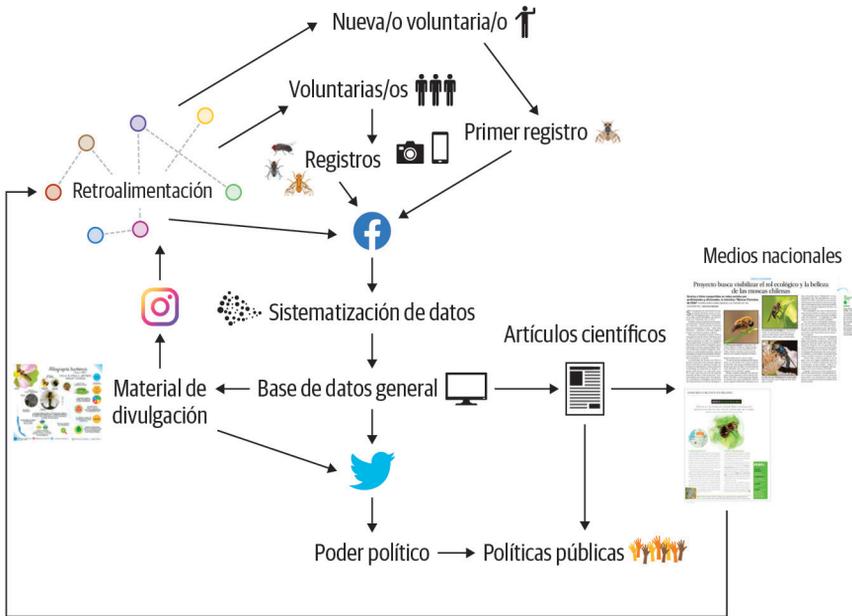


FIGURA 1. Esquema general de participación y vías de información del proyecto Moscas Florícolas de Chile. Infografías de la derecha de la "Revista Domingo" y la sección de "Vida, Ciencia y Tecnología" ambas del diario El Mercurio realizadas por Sebastián Montalva y Constanza Menares respectivamente. Infografía Izquierda sobre una especie de mosca de la familia Syrphidae, realizada por Pablo Núñez, voluntario del proyecto.

geográficas) y (3) la fecha de la foto. Las personas pueden tomar fotos de cualquier especie de **Diptera** de Chile, a cualquier distancia de la mosca, en cualquier tipo de ecosistema o hábitat, por ejemplo, áreas naturales o jardines en zonas urbanas (Figura 2A-B). También pueden fotografiar a las moscas visitando la flor o en cualquier estructura del hábitat en donde se hace el **registro** (e.g., hojas, suelo), con cualquier equipo fotográfico o de video para luego subirla al grupo (Figura 2C-D). Aumenta la posibilidad de una identificación correcta de las especies reportadas: (a) con fotos o videos de buena calidad; (b) con varias fotos o ángulos que permita registrar características diagnósticas de cada especie y (c) con familias de moscas llamativas y con información publicada previamente (Figura 2E-F). Cada registro es sistematizado en una planilla de información, donde se adicionan otros datos a partir del protocolo, cómo la región de origen, el voluntario y un link único para cada registro validado. A partir de esta base de datos general, se alimentan diferentes rutas de información que persiguen diferentes objetivos específicos (Figura 1).

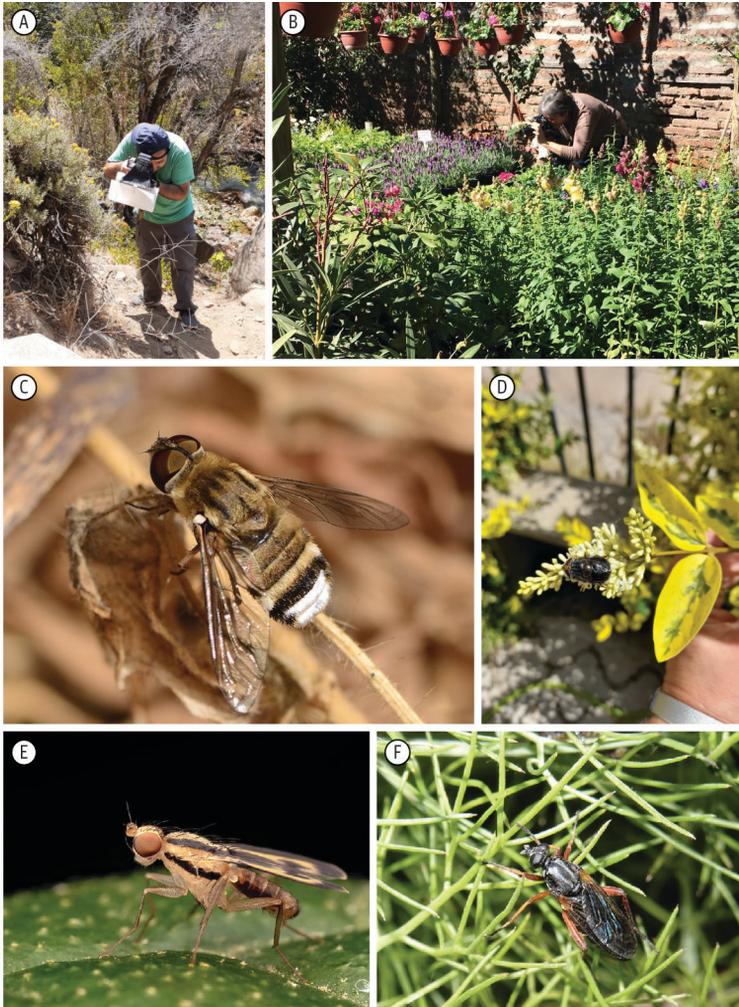


FIGURA 2. (A) Voluntario fotografiando en ecosistema natural, (B) Voluntaria fotografiando en jardines, (C) Foto con cámara de *Chrysanthrax multicolor* en una rama seca, (D) Foto con celular de *Copestylum scutellatum* en *Ligustrum* sp., (E) *Apiochaeta vitticollis* en hábito lateral y (F) Un colorido *Megascelus nigricornis* en hábito dorsal.

Créditos de las fotos: (A) de Rodrigo Campillay Jérez, (B) de Gabriela Germain, (C) de Matías Cortés, (D) de Solanly Sturla, (E) de Diego Gutiérrez e (F) de Ani Mari.

Una ruta de los datos obtenidos es generar conocimiento nuevo de los dípteros de Chile, el cual se materializa en artículos científicos en revistas temáticas (Figura 1). Por otro lado, nuestras redes sociales como Instagram (<https://www.instagram.com/moscasfloricolas/>) y Twitter (<https://twitter.com/MoscasFloricola>; Figura 1) ayudan a amplificar los hallazgos del proyecto. Desde los artículos científicos se divulga a medios de prensa nacional y se genera material educativo que permita fomentar el valor de las moscas chilenas en los ecosistemas y bienestar humano (Figura 1). Instagram además funciona como una red para hablar de la historia natural de las moscas chilenas eligiendo fotos de los y las voluntarias para la divulgación. La difusión tiene como objetivo captar nuevas personas interesadas en conocer sobre nuestros dípteros. Por otro lado, Twitter tiene contenido más político donde nos vinculamos con académicos de otros países, poder legislativo, sociedades científicas y servicios públicos como el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), y del cual participamos en la clasificación de especies (<https://clasificacionespecies.mma.gob.cl/>) o el proyecto GEF Montaña (<https://gefmontana.mma.gob.cl/categoria/estudios/page/5/>), influyendo de manera directa en la toma de decisiones de conservación de especies o material educativo (Figura 1).

El protocolo y sus rutas nos permiten interactuar y retroalimentar de manera directa y eficaz con las personas valorando el poder de las redes sociales para educar y contribuir al conocimiento científico. La información de cada registro queda disponible gratuitamente en nuestras redes sociales para su verificación. Los registros que se van publicando de nuestra base de datos se van liberando en [plataformas de datos de acceso abierto](#) como Figshare o GBIF y los artículos científicos están disponibles a las personas que lo soliciten. Finalmente, a través de este proyecto hemos podido medir el aprendizaje de las personas voluntarias mediante encuestas realizadas tanto a participantes del proyecto, como a gente externa. Si bien existen diferencias notorias entre grupo de personas al identificar entre moscas y abejas, o sus amenazas así como el conocimiento del rol ecosistémico de ellas, la mayoría de las personas que participan en el grupo han notado un cambio en su percepción sobre las moscas desde que se unieron al proyecto. Por lo tanto, es posible evidenciar que existe un proceso de aprendizaje que se ha logrado de manera comunitaria dentro del grupo de ciencia ciudadana.

Abelha Procurada - Se busca vivo al abejorro invasor *Bombus terrestris*



André Luis Acosta¹, Vera Lúcia Imperatriz Fonseca², Antônio Mauro Saraiva³

¹Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, andreluisacosta@gmail.com

²Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, vlifonse@ib.usp.br

³Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, saraiva@usp.br

El abejorro europeo *Bombus terrestris* es un excelente **polinizador**. Su servicio de **polinización**, además de mejorar la reproducción de las **espermatófitas silvestres**, favorece la productividad de los cultivos agrícolas, especialmente el aguacate, la calabaza, la berenjena, la sandía, el melón, la frutilla o fresa, el pimiento y el tomate. Su presencia en estos cultivos aumenta la cantidad y la calidad de los productos agrícolas, aspectos que favorecen la rentabilidad del productor. Por ello, sus colonias han sido producidas a escala industrial y vendidas a diversos lugares del mundo, incluso fuera de su área de distribución original, lo que ha provocado casos de invasión en ambientes no naturales para la especie, como en vastas zonas de Nueva Zelanda, Japón, Corea, Chile y Argentina, generando diversos impactos ecológicos (ver Capítulo 3).

Aunque las abejas son indispensables para la naturaleza, cuando son **invasoras** pueden causar graves problemas ecológicos, ya que compiten con otras abejas por el alimento y los lugares donde construir sus colonias, y esta competencia puede incluso provocar casos de extinción de especies **nativas** en determinados lugares. Además, también pueden traer consigo enfermedades y parásitos, que perjudican



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

tanto a las plantas que visitan como a las abejas autóctonas con las que interactúan. Las especies invasoras han sido consideradas como uno de los principales impactos sobre la [biodiversidad](#) del planeta, junto con la pérdida de hábitat, la [sobreexplotación](#) de organismos, la contaminación y el cambio climático.

La expansión geográfica de *Bombus terrestris* está en pleno desarrollo en toda Sudamérica, tras su [introducción](#) en Chile, con el fin de ser utilizado en la polinización agrícola. Las investigaciones han demostrado la existencia de vías ambientalmente favorables que permitirían a la especie expandirse desde sitios ya invadidos en Argentina hasta lugares sin registros de invasión, como Brasil y Uruguay (Figura 1). Este tema ha sido seguido de cerca por investigadores argentinos, brasileños y chilenos, y se ha hecho un gran esfuerzo para detectar la expansión de la distribución de la especie, así como para evaluar sus repercusiones ecológicas.

Teniendo en cuenta este riesgo de invasión, desarrollamos el proyecto de investigación “Abelha Procurada” (Abejorro Buscado) con dos objetivos: el principal es detectar el momento preciso de la entrada de la especie en Brasil; el segundo es evaluar los efectos ecológicos de su presencia en los cultivos y ambientes naturales, especialmente para identificar y describir los impactos potenciales sobre las especies de abejas nativas.

Este proyecto se inició en 2015, y su ejecución tenía un plazo definido de 5 años; por lo tanto, terminaría en 2020. Pero este año, 2022, estamos revitalizando el proyecto, y ahora deseando que sea permanente, para asegurar la detección de la entrada de la especie aunque todavía tarde años en producirse, pero también para certificar que la especie todavía no ha invadido el país.

En los países donde la especie ya ha invadido, se han descrito diferentes impactos ambientales. Por lo tanto, la eventual detección de esta especie en Brasil nos permitirá ir a las localidades invadidas y buscar sus colonias, para poder observar y describir sus interacciones con las plantas y otros insectos. Esta información es esencial para comprender los posibles impactos sobre las especies locales, la agricultura y las plantas autóctonas. Lamentablemente, no hay forma de detener este proceso de invasión; sin embargo, se pueden desarrollar acciones de gestión y conservación para ayudar a conservar las especies nativas afectadas por el invasor. Además, el estudio de las enfermedades que pueden causar en otras especies de abejas polinizadoras, permite desarrollar medidas de control para estas enfermedades y reducir su impacto.

Para llevar a cabo el monitoreo, desarrollamos un enfoque de [ciencia ciudadana](#), con el objetivo de involucrar a las personas para que nos ayuden a detectarla. Nuestro principal público objetivo son los agricultores y ganaderos, que tienen más probabilidades de encontrarse con este abejorro en el campo, especialmente en las plantaciones, donde la especie suele obtener sus recursos. La elección de este público se justifica por el hecho de que las abejas son organismos relevantes para la producción agrícola, por lo que los agricultores prestan atención y son capaces de

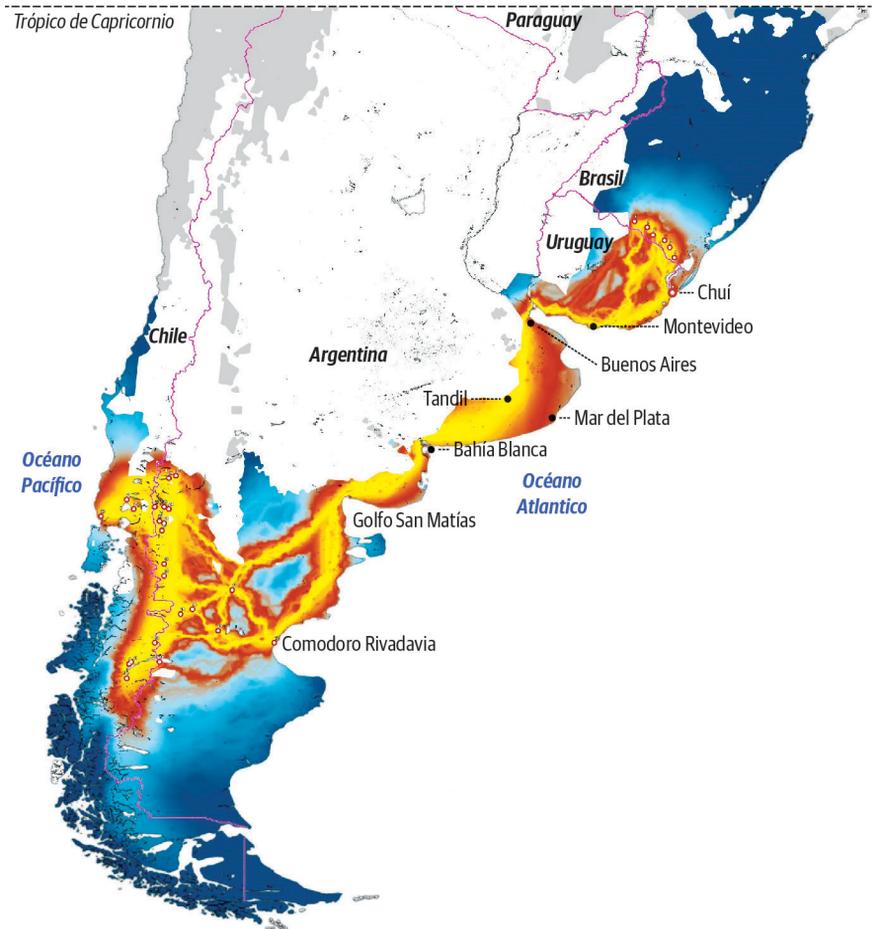


FIGURA 1. (A) Caminos o corredores favorables (en amarillo) para el desplazamiento de la especie desde sitios ya invadidos en Argentina y Chile hacia el Estado de Rio Grande do Sul en Brasil.

Fuente: Acosta (2015).

distinguir a las abejas de otros insectos que aparecen en los cultivos. Este aspecto es favorable para la detección temprana del abejorro buscado, que difiere mucho de otros insectos y abejas que se dan de forma natural en la región (Figura 2). Su aspecto es muy peculiar, tanto por su tamaño y patrón de coloración, como por la gran cantidad de pelos en el **abdomen**, aspectos que la diferencian de otras abejas locales, pero sobre todo su cola de color blanco, que no tienen las abejas nativas

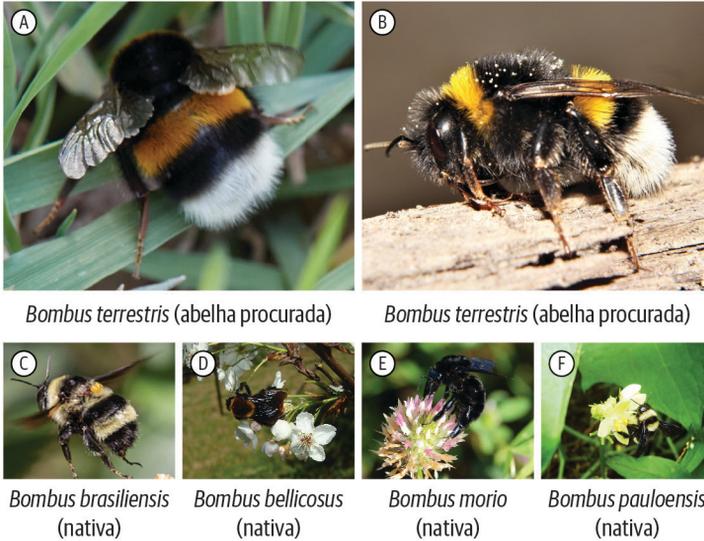


FIGURA 2. *Bombus terrestris* (el abejaorro buscado) es muy distinto de las cuatro especies autóctonas de la región. Las fotos muestran sus peculiaridades fácilmente diagnosticables, especialmente el mechón de pelos blancos de su cola, que ningún nativo del sur de Brasil comparte.

Fuente: (A) <https://www.inaturalist.org/observations/77079078>; (B) <https://www.inaturalist.org/observations/27661462>; (C) <https://www.inaturalist.org/photos/72782831>; (D), (E) y (F) de Sidia Freitas.

de la región sur del país. Aunque nos centramos en este público, cualquier persona que observe una abeja también puede informar de su avistamiento a través de la página web (<http://abelhaprocurada.com.br/>), Facebook o el correo electrónico (abelhaprocurada@gmail.com).

Nuestro enfoque de monitoreo se planificó para localizar una sola especie sin exigir una formación especializada, sólo instrucciones sobre cómo los científicos ciudadanos podrían fotografiar al abejaorro para obtener un buen diagnóstico discriminativo, es decir, imágenes de buena calidad que permitieran diferenciar visualmente a las abejas nativas de la que buscamos. Pedimos que se fotografiara al abejaorro posado durante sus visitas en las flores, que sería el momento más adecuado para captar imágenes bien enfocadas del lateral del cuerpo, que resalta el patrón de coloración, y de la parte posterior de la abeja, incluyendo su típica cola blanca, el principal componente discriminativo. Además de las imágenes, también solicitamos una breve descripción del entorno, la ubicación geográfica y los medios de contacto con el ciudadano científico.

En este primer proyecto (2015-2020), para llegar a nuestro público objetivo, los formularios impresos (Figura 3) fueron distribuidos a los agricultores y ganaderos por los empleados de la Entidad de Asistencia Técnica y Extensión Rural (EMATER-RS), una institución gubernamental que colaboró con nuestra investigación y tiene representación en prácticamente todas las ciudades del estado de Rio Grande do Sul - el estado más meridional de Brasil (Figura 4), que comprende la región más vulnerable a la llegada de la especie al país desde Argentina y Uruguay. Para esta nueva fase, a partir de 2022, estamos consolidando alianzas para difundir



FIGURA 3. Folleto informativo del proyecto de monitoreo distribuido por Emater-RS a los agricultores del Estado de Rio Grande do Sul, Brasil.

Fuente: Acosta (2015).

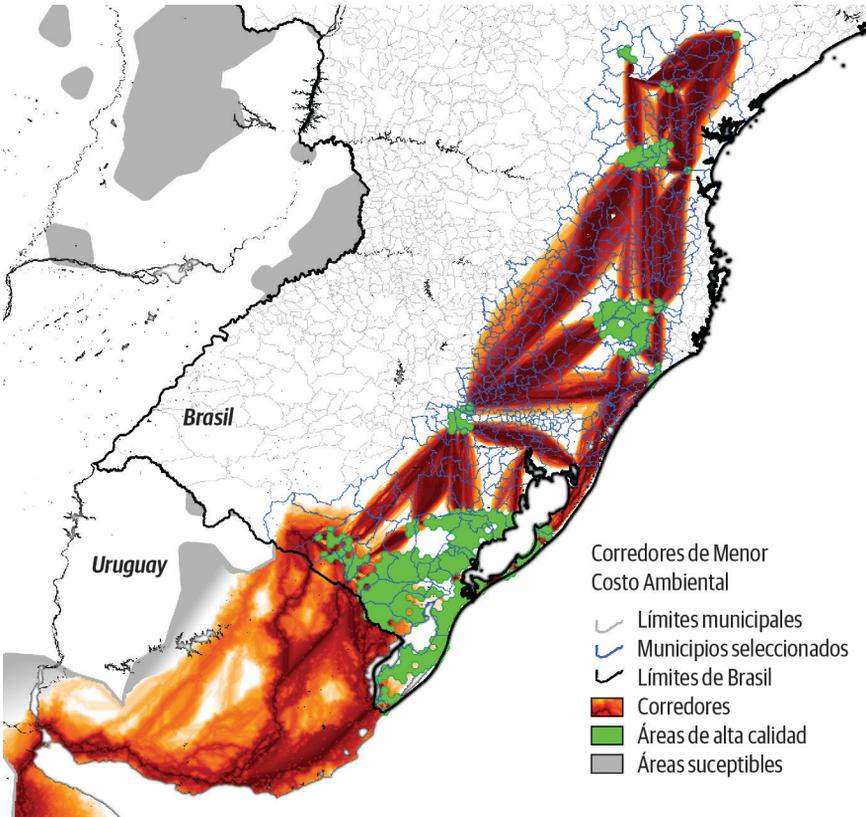


FIGURA 4. Vías o corredores de entrada más probables para la invasión de *Bombus terrestris* en el Estado de Rio Grande do Sul (Brasil) desde Uruguay, y áreas con alta calidad ambiental para la formación de colonias (en verde).

Fuente: Acosta (2015).

esta información a un alcance mucho mayor, para que toda la población brasileña pueda conocer el caso y ayudar en este monitoreo.

A lo largo de los cinco años que duró este primer proyecto, recibimos casi 200 [registros](#) de abejas, que fueron comprobados por al menos dos especialistas, para poder diagnosticar con mayor fiabilidad si se trataba de observaciones del abejorro buscado o de abejas autóctonas. Sin embargo, no se detectó ningún avistamiento de la especie buscada; la gran mayoría eran abejas autóctonas, y un pequeño número eran otros insectos o imágenes de mala calidad, lo que hizo imposible el diagnóstico.

Dado que a partir de estos datos fue posible identificar y ubicar a las personas y sus domicilios, son considerados datos sensibles, según la ley brasileña de protección de datos personales N° 13.709/2018 (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm), por lo que fueron almacenados por el período de 6 meses después de su presentación, y luego eliminados. Los datos de localización de las especies buscadas, de estar especificados, se conservan y divulgan en la web, siempre previa autorización del recolector.

En los casos de avistamientos del abejorro buscado que fueran confirmados por especialistas, iremos al lugar reportado para recolectar los individuos, registrar sus ubicaciones y hacer descripciones ecológicas; los especímenes recolectados se incluirían en colecciones **entomológicas**, como la Colección Entomológica Paulo Nogueira-Neto de la Universidad de São Paulo o la Colección Entomológica de la PUC-RS. Los registros georreferenciados estarán disponibles en **plataformas de datos** virtuales sobre **biodiversidad**, como la brasileña SpeciesLink (<https://specieslink.net>) y la internacional GBIF (<https://www.gbif.org/>). Estos datos, analizados junto con las descripciones ecológicas, darán lugar a artículos científicos que se publicarán en revistas internacionales, pero también a artículos de divulgación científica que se difundirán en la web del proyecto y en las redes sociales, con el objetivo de poner en conocimiento de la sociedad el caso, sus resultados y repercusiones.

Aunque no se puede afirmar que la especie vaya a invadir Brasil, si tenemos en cuenta su historial de invasiones en diversos lugares del mundo, a través del cual se ha expandido rápidamente por vastas áreas, incluso el cruce de los Andes desde Chile hasta Argentina, consideramos bastante razonable esperar que pueda llegar a Brasil en los próximos años, y las investigaciones con modelos ecológicos han reforzado esta posibilidad.

El abejorro *Bombus terrestris* es una especie muy bella e importante como **polinizadora**. Los nidos de estas abejas son fundados por una sola hembra, por lo que la dispersión hacia la naturaleza se dio y tomó forma con la capacidad de esta especie de recorrer grandes distancias y colonizar nuevos ambientes. Sin embargo, al avanzar este desplazamiento a través de grandes áreas geográficas, hubo competencia con especies nativas de abejas del género *Bombus*. El problema de las invasiones biológicas es resultado de las actividades humanas, por lo que involucrar a la sociedad para que ayude a estudiar estos temas como científicos ciudadanos es un aspecto fundamental. La Ciencia ciudadana aporta datos a la ciencia, pero sobre todo, contribuye a concientizar sobre los impactos ambientales de las introducciones biológicas, nuevos casos.

LECTURAS SUGERIDAS

Acosta, A. L. (2015). *Bombus terrestris* chegará ao Brasil? Um estudo preditivo sobre uma invasão em potencial. (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo. <http://dx.doi.org/10.11606/T.41.2015.tde-22092015-080256>.

Aizen, M. A., Arbetman, M. P., Chacoff, N. P., Chalcoff, V. R., Feinsinger, P., Garibaldi, L. A., Harder, L. D., Morales, C. L., Sáez, A., & Vanbergen, A. J. (2020). Invasive bees and their impact on agriculture. In D. A. Bohan & A. J. Vanbergen (Eds.), *Advances in ecological research* (Cap. 2, Vol. 63, pp. 49-92). <http://dx.doi.org/10.1016/bs.aecr.2020.08.001>.

Arbetman, M. P., Meeus, I., Morales, C. L., Aizen, M. A., & Smaghe, G. (2012). Alien parasite hitchhikes to Patagonia on invasive bumblebee. *Biological Invasions*, 15(3), 489-494. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-012-0311-0>.

Fontúrbel, F. E., Murúa, M. M., & Vieli, L. (2021). Invasion dynamics of the European bumblebee *Bombus terrestris* in the southern part of South America. *Scientific Reports*, 11(1), 15306. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-94898-8>. PMID:34316010.

Imperatriz-Fonseca, V. L., Canhos, D. A. L., Alves, D. A., & Saraiva, A. M. (Orgs.). (2012). *Polinizadores no Brasil. Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*. São Paulo: Editora EDUSP. Recuperado de <http://www.livrosabertos.edusp.usp.br/edusp/catalog/view/8/7/33-1>.

Morales, C. L., Arbetman, M. P., Cameron, S. A., & Aizen, M. A. (2013). Rapid ecological replacement of a native bumble bee by invasive species. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(10), 529-534. <http://dx.doi.org/10.1890/120321>.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c17.es>

Murciélagos urbanos en Lima (Perú), un reencuentro con nuestros vecinos nocturnos



Amanda Vilchez^a, Jaime Pacheco^{a,b}, Juan J. Pellón^{a,c}, Gabriela Cáceres^a, Rosa Villanueva^{a,d}

^a Ciencia Ciudadana Perú (CCP). Lima, Perú, amandavilchez.bio@gmail.com, gabriela.caceres.p@upch.pe

^b Centro de Investigación Biodiversidad Sostenible (BioS). Lima, Perú, biojpacheco@gmail.com

^c Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (MUSM). Lima, Perú, juanpe2104@gmail.com

^d División de Ecología Vegetal - Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI). Lima, Perú, 20121029@lamolina.edu.pe

Los murciélagos han sido por muchos años, animales asociados a mitos y enfermedades. Sin embargo, estos mamíferos nocturnos, lejos de ser nuestros enemigos, cumplen funciones de vital importancia para los ecosistemas como la **polinización** (Figura 1). Algunas especies de murciélagos, específicamente aquellas que se alimentan de las flores, transportan el **polen** facilitando la reproducción de estas plantas (ver Capítulo 8). Esta relación es tan estrecha que los murciélagos que cumplen esta función evidencian características únicas como lenguas largas y rostros alargados que facilitan su alimentación del néctar de las flores. A la vez, algunas flores han desarrollado características singulares para atraer murciélagos, como la apertura de sus pétalos en la noche, colores claros visibles en la oscuridad y grandes flores acampanadas, apropiadas para el ingreso de sus lenguas o rostros. Debido a sus hábitos nocturnos, estos animales se han mantenido fuera de la lupa de los naturalistas por muchos años. Por esta razón, el “Monitoreo ciudadano de



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

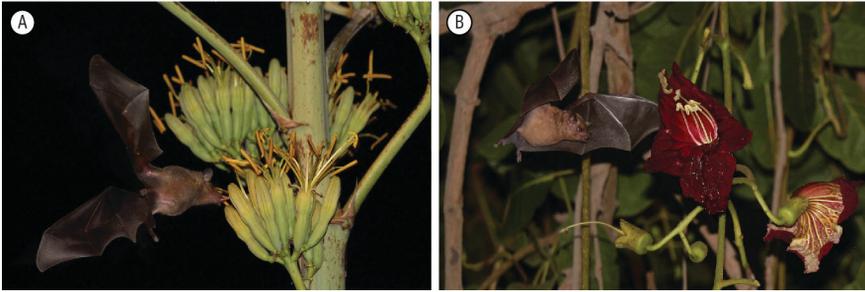


FIGURA 1. Murciélago nectarívoro *Glossophaga soricina* alimentándose de flores *Agave* (A) y *Kigelia africana* (B) en parques de la ciudad de Lima, Perú.

Créditos de las fotos: (A) Jaime Arturo Pacheco Castillo y (B) Saori Grillo.

murciélagos” busca reivindicar y visibilizar su presencia empezando por áreas urbanas, donde usualmente se reportan conflictos entre estos animales y los humanos, originados principalmente por la desinformación.

Específicamente en Lima (Perú), ciudad en la que hemos iniciado este proyecto, no se habían realizado hasta el 2021 estudios enfocados en evaluar la situación actual de los murciélagos presentes en áreas urbanas, a pesar de la presión generada por la acelerada urbanización en la ciudad en los últimos años. Esta falta de información y el poco monitoreo de las poblaciones de murciélagos limita el conocimiento de su situación actual, amenazas y, en consecuencia, las necesidades para su conservación. En este escenario, el “Monitoreo ciudadano de murciélagos” dirigido y ejecutado por la organización Ciencia Ciudadana Perú, busca a través de la participación ciudadana, llenar estos vacíos de información y derribar mitos relacionados a los murciélagos en el proceso, educando a los participantes con información verídica y atractiva sobre los murciélagos. Los [registros](#) de murciélagos, obtenidos por los ciudadanos (Figura 2), nos permitirán conocer las especies de murciélagos presentes en el área urbana de Lima e identificar cuáles son los lugares de importancia para estos animales en la ciudad, tales como corredores de desplazamiento, zonas de alimentación y refugios. Ambos objetivos permitirán trabajar de manera integral la conservación de murciélagos en la ciudad, a través de la priorización de estas zonas de importancia como áreas de conservación urbanas y, una reducción de los conflictos humano-murciélago a través de la información e involucramiento.

La participación del ciudadano en este proyecto se realiza mediante dos metodologías, el uso de detectores [acústicos](#) y el registro en fotografía y/o video de murciélagos. Los murciélagos utilizan un sistema de ubicación muy particular denominado [ecolocalización](#), que les permite reconocer su entorno en la oscuridad de la noche

a través de ondas de sonido, inaudibles para el ser humano. Los detectores acústicos son equipos muy pequeños (Figura 3), del tamaño de una caja de fósforos, capaces de grabar estos sonidos emitidos por los murciélagos, para luego ser transformados en sonidos audibles. Estos equipos son muy fáciles de utilizar y son entregados a los ciudadanos e instalados en sus casas con asesoría virtual de científicos por tres noches. Luego de eso, las grabaciones son analizadas por el equipo de investigadores



FIGURA 2. Participantes del “Monitoreo ciudadano de murciélagos” en la ciudad de Lima, Perú.
Crédito de la foto: Amanda Mayte Vilchez Zuñiga.



FIGURA 3. Detector acústico instalado en azotea de la ciudad de Lima, Perú.
Crédito de la foto: Jaime Arturo Pacheco Castillo.

y, al cada especie poseer un sonido particular, puede determinarse cuáles especies sobrevolaron cerca del lugar evaluado. Finalmente los resultados de este análisis son enviados a los participantes con infografías y audios de las especies reportadas. Como segunda metodología, incentivamos a los ciudadanos a enviarnos videos y/o fotografías de murciélagos que hayan observado en la ciudad, a través de nuestras redes sociales o añadirlos directamente a *iNaturalist*. Todos los registros mediante detección acústica, fotografías y videos (estos últimos como enlaces) son añadidos a nuestro proyecto en la [plataforma de datos de ciencia ciudadana iNaturalist](#), la cual es una plataforma abierta a la que todo participante y usuario externo al proyecto puede acceder de manera libre y gratuita.

A la fecha hemos tenido muy buenos resultados, reportando con ambas metodologías once especies diferentes de murciélagos, e identificado dos refugios en la ciudad de Lima. Sin embargo, aún requerimos un mayor número de participantes para conocer adecuadamente a estos mamíferos voladores y lograr nuestros objetivos. Por lo pronto hemos presentado el proyecto a audiencias científicas en congresos y simposios, con el objetivo de evidenciar el potencial de involucrar a la ciudadanía en la evaluación de la fauna urbana.

Para informar a la ciudadanía sobre estos animales y su importancia en nuestro socio-ecosistema, el equipo de Ciencia ciudadana Perú (Figura 4) realiza publicaciones semanales y charlas virtuales gratuitas en Facebook e Instagram (@CienciaCiudadanaPerú). En estas plataformas compartimos información sobre los murciélagos y respondemos inquietudes de los usuarios, principalmente enfocadas a mitos. Además, difundimos el proyecto y motivamos la suma de más participantes.



FIGURA 4. Equipo de biólogos de Ciencia Ciudadana Perú.

Crédito de la foto: Lino Chipana.

Hemos elaborado como material de apoyo, una “Guía de observación de murciélagos en la ciudad de Lima”, en la que se mencionan las consideraciones para incrementar las posibilidades de avistamiento, como horarios de mayor actividad y las especies de árboles de las cuales se alimentan los murciélagos nectarívoros.

Tenemos la certeza que, mediante la visibilización de los murciélagos, la inclusión de los ciudadanos en su estudio y la difusión de información verídica sobre ellos, se podrá mejorar la relación que guardan estos animales con los ciudadanos y apuntar al diseño de estrategias de conservación efectivas, basada en evidencia.

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s03c18.es>

Ciencia ciudadana argentina - Proyecto “Vi Un Abejorro”



**Marina P. Arbetman¹, Carolina L. Morales¹, Victoria Campopiano Robinson²,
Eduardo E. Zattara¹**

¹ Grupo de Ecología de la Polinización, EcoPol. Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INBIOMA) Universidad Nacional del Comahue - CONICET, Bariloche, Argentina, marbetman@comahue-conicet.gob.ar, moralesc@comahue-conicet.gob.ar, ezattara@comahue-conicet.gob.ar

² Estudiante de la Licenciatura en Biología en la Universidad Nacional del Comahue, vickycampopiano@gmail.com

En este capítulo les queremos contar cómo surgió nuestro proyecto de [ciencia ciudadana](#), “Vi Un Abejorro” e invitarlos a sumarse (Figura 1).

¿CÓMO SURGE EL PROYECTO VÍ UN ABEJORRO?

Los abejorros (género *Bombus*) son un importante grupo de abejas grandes, peludas y que viven en colonias. Se conocen más de 250 especies de abejorros en todo el mundo (ver Capítulo 3 y Capítulo 4). Al igual que otros [polinizadores](#), los abejorros transportan [polen](#) entre las flores de las cuales se alimentan de néctar y polen, contribuyendo a su [polinización](#). Este proceso favorece la [reproducción sexual](#) de la mayoría de las plantas con flores, y colabora en la producción, tanto



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.



FIGURA 1. Portada de Vi un Abejorro.

en la cantidad como la calidad, de muchos cultivos. Entonces, los abejorros son actores importantes tanto en sistemas naturales, como en agroecosistemas (ver Capítulo 1).

A fines de los años 80, una de estas especies, el abejorro europeo, *Bombus terrestris* (Figura 2A), comenzó a ser criado comercialmente en Europa para la polinización de cultivos a gran escala (en campos e invernaderos). Actualmente sus colmenas artificiales (cajas donde vive una colonia) son importadas por varios países del mundo, entre ellos Chile a partir del año 1996 y hasta la actualidad (ver Capítulo 3). Estos abejorros introducidos escaparon de sus colmenas y se establecieron en la naturaleza, propagándose a gran velocidad. En menos de diez años desde su introducción invadieron gran parte del territorio chileno y de la Patagonia (chilena y argentina), hasta llegar a la parte más austral del continente, ¡y más allá! (ya hay registros en la Isla de los Estados).

Y ¿cuál es el problema? Desde la llegada de abejorros europeos, la [biodiversidad nativa](#) comenzó a verse amenazada. Por ejemplo, el abejorro nativo patagónico que habita sólo en Chile y el sur de Argentina, comúnmente llamado mangangá o moscardón (su nombre científico es *Bombus dahlbomii* - Figura 2B), fue una de las especies más drásticamente afectadas por la llegada de abejorros europeos, llegando incluso hasta su extinción local. ¿Cómo ocurre esto? Los abejorros invasores (Figuras 2A y 2C) compiten con el nativo por los lugares en donde hacen los nidos y por el alimento; además, trajeron enfermedades que eran desconocidas para los abejorros nativos y que probablemente les causaron mucho daño (ver Capítulo 3).

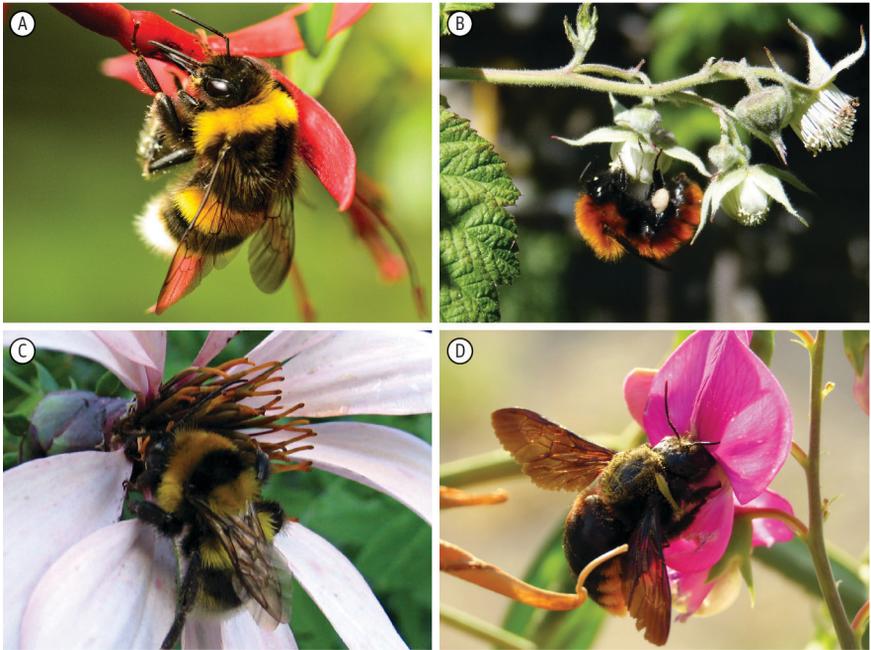


FIGURA 2. Fotos de especies reportadas en el proyecto "Vi un Abejorro": (A) *Bombus terrestris*, (B) *Bombus dahlbomii*, (C) *Bombus ruderatus*, (D) *Xylocopa augusti*.

Crédito de fotos: (A) de Eduardo Zattara; (B) de Marina Arbetman; (C) de Carolina Morales y (D) de Germán Ramos.

Hace 20 años era muy común ver mangangás en áreas naturales, huertas y jardines, hoy en día resulta mucho más raro.

La invasión de los abejorros europeos y el colapso poblacional del mangangá nos motivó a generar un proyecto de [ciencia ciudadana](#), para poder registrar más ampliamente dónde está la especie nativa de Patagonia y dónde las invasoras y también para que se conozca esta problemática e involucrar a toda la sociedad en la búsqueda de información. Durante charlas para el público general, mucha gente recordó que en su infancia veía muy habitualmente a este abejorro y se dieron cuenta que habían observado este reemplazo de especies a lo largo de su propia vida. En los sitios donde se veía al abejorro [nativo](#), ahora se ve casi exclusivamente al [exótico](#). Es por esto quizás, que en la Patagonia encontramos mucho interés de la comunidad en saber y comprender qué está pasando.

Mientras desarrollábamos este proyecto, nos dimos cuenta que la amenaza de la invasión de *Bombus terrestris* podría extenderse al resto de las especies nativas de

abejorros de Argentina, de las que en general sabemos muy poco (ver Capítulo 4). Por esta razón, extendimos el proyecto "Vi Un Abejorro" (Figura 1) a todas las especies de abejorros nativos de toda la Argentina (que en total son 8), porque queremos que todas las personas interesadas puedan reconocerlos y saber cuáles son abejorros y cuáles son otros insectos parecidos y registrar sus avistajes. La cobertura de nuestro proyecto además complementa al proyecto chileno "Salvemos Nuestro Abejorro" (<https://salvemosenuestroabejorro.wordpress.com/>) y al brasilero "Abelha Procurada" (ver Capítulo 16).

Para nosotros es muy importante saber en qué época del año se ven las distintas especies, cuántas especies y cuántos individuos hay en cada lugar y hasta dónde se extienden las invasoras. Por ello, necesitamos la colaboración de toda la comunidad, para poder monitorear, en cada rincón del país, qué especies de abejorros hay y cuál es su abundancia.

Esperamos también que, en ese acercamiento, puedan darse descubrimientos sobre su biología y que esta experiencia de observación nos permita conectarnos aún más con la naturaleza, más allá de los abejorros.

¿QUÉ HEMOS LOGRADO HASTA AHORA?

Desde el lanzamiento piloto de Vi un Abejorro en mayo de 2021, ya han participado más de 600 personas de casi todas las provincias argentinas. Las especies más registradas han sido: *Bombus dahlbomii* y *B. terrestris* en la Patagonia y *B. pauloensis* en las regiones Noroeste, Noreste, Cuyo y Centro del país y otras especies en menor medida. Estos registros nos han permitido, por ejemplo, conocer en qué época del año salen las distintas especies, o en qué flores es más común encontrarlos. Además, nos permitieron conocer el vínculo que las personas tienen con los abejorros: a veces es cariño, por verlos frecuentemente en sus huertas, a veces es miedo a ser picados, o a veces la confusión que existe con otras especies (¡hemos recibido imágenes de moscas confundidas con abejorros!)

¿CÓMO SE PUEDE PARTICIPAR DEL PROYECTO?

Toda la comunidad es bienvenida a participar. Tenemos una página web (www.abejorros.ar) y presencia en distintas plataformas de redes sociales como @ViUnAbejorro (Facebook, Instagram y Twitter). También hay más información sobre proyectos y iniciativas relacionados con abejorros, en la página del Grupo de Ecología de la Polinización de Bariloche, Argentina en: <https://www.ecopol.ar>.

No se necesita ninguna formación ni conocimientos previos, solo hay que tener ganas de participar. Si tenés una cámara de fotos o teléfono celular, para fotografiar a las especies encontradas y enviarlas al proyecto, mucho mejor aún. Así, podremos asegurarnos de qué especie de abejorro se trata y si está en una planta, también poder identificar qué planta es. Hay que buscar un sitio con flores y observar. Si podés sacar una foto y subirla mediante la página (www.abejorros.ar) o a *iNaturalist*/ArgentiNat, vamos a ver tus registros en el proyecto Vi Un Abejorro (<https://www.inaturalist.org/projects/vi-un-abejorro>) (Figura 3).

En nuestra página web (www.abejorros.ar) hay imágenes descriptivas de los distintos abejorros que pueden encontrarse en Argentina, con referencias sobre sus colores, su tamaño y la región geográfica donde es común encontrar a cada uno. Actualmente estamos trabajando para crear nuevos materiales didácticos para llevar a centros educativos, y así poder enseñar sobre las distintas especies de abejorros de una forma simple y divertida.

Aunque no tenemos un sistema formal para evaluar el éxito (¡o todavía no tanto!) de nuestro proyecto, tenemos algunas herramientas que nos permiten ir haciendo ajustes y modificaciones y las usamos como “evaluadoras” de aprendizaje. Por ejemplo, subimos a nuestras redes sociales imágenes de una especie de abejorro, y preguntamos a los seguidores si saben de qué especie se trata. De esta forma, podemos darnos una idea si las publicaciones y las herramientas educativas que brindamos resultan de utilidad. Por otro lado, otro indicio que recibimos del aprendizaje entre los seguidores del proyecto, es que las personas que una vez nos enviaron registros de abejas carpinteras (parientes de los abejorros, pero del



FIGURA 3. Marina y Victoria, “alma maters” del proyecto, subiendo un registro a “Vi un abejorro”.
Crédito de la foto: Nicolás Cecchetto.

género *Xylocopa* (Figura 2D), luego comienzan a contestarle a otros usuarios, comentándoles que lo que vieron son abejas carpinteras y no abejorros del género *Bombus*.

En resumen, si querés convertirte en un científico ciudadano o científica ciudadana, nos podés enviar tus hallazgos de abejorros a través de nuestras redes sociales. Lo ideal es que nos envíes una foto para tener certeza del registro, con la fecha y el lugar. Como comentábamos antes, es fácil confundir los abejorros del género *Bombus* y las abejas carpinteras, del género *Xylocopa*. Con la foto, nosotros podemos intentar determinar qué especie es y a cuál de los géneros pertenece. Por otro lado, en la página web existe la opción de completar un formulario, en el cual se puede seleccionar el abejorro visto (con una guía de imágenes representativas de cada especie).

Todos los datos que recopilemos vamos a compartirlos mediante la [plataforma de datos](#) de ciencia ciudadana *iNaturalist* (que en Argentina es ArgentiNat). Pero esto no ocurre de forma inmediata, porque antes hacemos lo que los científicos llamamos una "curaduría del material". Se recibe la información, se la procesa, si hace falta consultamos con otros investigadores especialistas en los distintos grupos, con la persona que envió el [registro](#) y, recién ahí, se hace público. La idea es que los datos sean confiables, aunque lamentablemente esto implica que tengamos que descartar algunos registros dudosos. Los datos de *iNaturalist* están disponibles para todo el mundo.

Por otro lado, cuando tengamos una cantidad de datos suficientes, iremos mostrando distintos resúmenes de abundancia y diversidad accesibles al público en general (que van a estar disponibles en la página: www.abejorros.ar).

¡Todos los registros suman! Tu participación es fundamental para nosotros y ojalá para cada participante sea una oportunidad de descubrir este fascinante mundo y contribuir al cuidado de las especies en peligro, sus interacciones y su entorno.

Glosario

A

Abdomen: la última de las tres divisiones principales de un cuerpo del insecto, que se encuentra justo detrás del **tórax** y donde se encuentran el ano y el tracto reproductivo.

Acceso abierto: política de disponibilidad y acceso gratuito e irrestricto para cualquier persona a los resultados de la investigación científica. Se basa en la premisa de que el conocimiento científico es un bien público y, por tanto, debe estar al alcance de todos.

Acústico: propio de o referido al sonido.

Adaptaciones: características de los organismos que les permiten sobrevivir y reproducirse en los ambientes en los que viven.

Antera: porción terminal del **estambre** (órgano masculino) de las flores, donde se producen los granos de **polen**.

B

Biocombustible o agrocombustible: combustible de origen biológico no fósil, derivado de biomasa renovable. Son fuentes de energía alternativas que tienen una baja tasa de emisión de contaminantes en comparación con los combustibles fósiles.



Este es un capítulo publicado en acceso abierto (Open Access) bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, sin restricciones siempre que sin fines comerciales, sin modificaciones y que el trabajo original sea debidamente citado.

Biodiversidad: variedad de seres vivos en un área o ambiente. Comprende los diferentes ecosistemas con sus especies, la variabilidad de especies y las diferencias que existen dentro de cada especie (diversidad genética). Aumenta con la cantidad de especies, sus abundancias y la diversidad genética de cada especie.

Bosques de ribera: son bosques u otro tipo de cobertura vegetal nativa, que se encuentran en las márgenes de ríos, arroyos, lagos, ojos de agua y embalses.

C

Cadena alimentaria: relaciones alimenticias entre seres vivos, es decir, especies que sirven de alimento a otras especies. El conjunto de cadenas alimentarias se denomina “red alimentaria” o “red trófica”.

Cantarofilia: síndrome floral de polinización por coleópteros.

Cerumen: sustancia formada por una mezcla de cera y resina recolectada de plantas. Es la principal materia prima utilizada en la construcción de estructuras de nidos para abejas sin aguijón.

Ciencia ciudadana: participación del público general en la generación de conocimiento científico. Comprende una gama de tipos de asociaciones entre científicos y personas interesadas de la ciencia, con el potencial de promover la participación pública en diferentes etapas del proceso científico, educación científica y tecnológica, y elaboración conjunta e implementación de políticas públicas en temas de relevancia social y ambiental.

Cleptoparásito: parásito de nido. Es cuando una hembra utiliza los recursos del nido de otro individuo (materiales del nido o alimento), que pueden ser de la misma especie o de una especie diferente, para mantener a su descendencia, usurpando así los esfuerzos de los dueños y evitando utilizar los mismos.

Coleoptera: del griego κολεός koleos: «caja o estuche», πτερον pteron: «ala», orden de la clase Insecta a la cual pertenecen los escarabajos y las mariquitas o vaquitas, entre otros. Sus alas anteriores, llamadas élitros, no son utilizadas para el vuelo y cubren las alas posteriores membranosas. Constituyen el grupo animal con mayor número de especies conocidas, con cerca de 350 mil.

Coleópteros: organismos que pertenecen al orden Coleoptera, como los escarabajos y las mariquitas.

Comportamiento territorial: estrategia de monopolización de recursos cuando estos son fundamentales para el éxito reproductivo de un organismo. Los animales territoriales defienden áreas que contienen un nido, madriguera o lugar de apareamiento, y suficientes fuentes de alimento para ellos y sus crías.

Compromiso: en [ciencia ciudadana](#), se refiere al involucramiento de los participantes en proyectos, ya sea inicial (el acto de unirse a un proyecto) o continuado (el acto de permanecer en un proyecto).

Compuesto sulfurado: compuesto que tiene azufre en su composición.

Comunales: cuándo varias hembras ocupan una misma cavidad o nido, pero sin cooperación.

Comunidad: en Ecología, se dice del conjunto de poblaciones de diferentes especies que ocupan un área determinada en un período de tiempo determinado.

Corola: conjunto de pétalos de una flor.

Curaduría: supervisión, revisión, cuidado, típicamente de objetos de una colección.

D

Determinación taxonómica: proceso utilizado por los científicos biólogos para clasificar organismos en especies, géneros, [familias](#), órdenes, clases, etc.

Diptera: del griego δι di (dos) y πτερον pteron (alas), orden de insectos que tienen dos alas, que incluye moscas, mosquitos, moscardones, mosquitos, moscas negras y tábanos.

Discos de cría: tipo de [panales de cría](#) de la mayoría de las especies manejadas de meliponinos.

Dispersión: en Biología se denomina dispersión al conjunto de procesos que permiten la llegada y establecimiento de los individuos de una especie en un lugar diferente al que vivían sus padres.

Diversidad: ver [biodiversidad](#).

E

Ecocalización: mecanismo sensorial que consiste en la emisión de pulsos de ultrasonidos, inaudibles para el ser humano, que al llegar a las superficies se reflejan y son escuchadas por el emisor, indicando la localización de dichas superficies.

Ecología floral: área de la Ecología relacionada con los sistemas de polinización de las flores.

Élitros: par anterior de alas de los [coleópteros](#), modificado para formar una cubierta rígida que recubre el dorso del [tórax](#) y el [abdomen](#) y protege al par posterior de alas membranosas.

Endémica: originaria de, restringida a una determinada región geográfica (especie, organismo o población).

Entomológico: relacionado con los insectos.

Espermatofitas: plantas que producen semillas, como gimnospermas (p. ej. pinos) y angiospermas (plantas con flores).

Estadio (o instar): etapa entre mudas en insectos holometábolos.

Estambre: órgano masculino de las plantas con flores.

Estigma: región receptiva ubicada en la porción superior del órgano femenino de la flor; tiene un líquido pegajoso que facilita la fijación del grano de **polen**.

Estróbilo polinífero: estructura reproductora masculina presente en las gimnospermas, que produce granos de **polen**.

Eurocéntrico: centrado en Europa y/o los europeos; que tiende a interpretar el mundo según los valores de Europa Occidental.

Eusocial: especie considerada altamente social, ya que presenta las tres características que definen el comportamiento social verdadero de los insectos, que son: 1) ocurrencia de al menos dos generaciones en un momento dado del desarrollo de la colonia, 2) individuos estériles y reproductivos, 3) cuidado cooperativo con la descendencia.

Exótica: especie que no se origina en ese lugar; no **nativa**.

F

Familia: categoría taxonómica. División de otras categorías como orden, suborden o superfamilia. Contiene uno o más géneros, tribus o subfamilias. El nombre de la familia termina siempre en *idae* (animales) o en *aceae* (plantas y hongos).

Feromonas: hormonas sexuales liberadas al entorno que permiten que los individuos de la misma especie se reconozcan e interactúen.

Fertilidad: potencial de reproducción de un organismo o población de una determinada especie.

Fertilización: cuando un gameto (célula reproductiva) masculino se fusiona con un gameto femenino. En el caso de las plantas con flores, el contacto del gameto masculino (que se encuentra dentro del grano de **polen**) con los gametos femeninos de la flor puede producir la fertilización y generar así un nuevo individuo.

Forrajeo: búsqueda de recursos alimentarios por parte de los seres vivos, mediante estrategias especializadas.

Fotorreceptores: receptores de luz.

G

Generalista: especie que busca alimento de una amplia variedad de fuentes. En el caso de los polinizadores, aquellos que buscan alimento en diferentes tipos de flores.

H

Hemiptero: especie perteneciente a Hemiptera, el orden más grande y diverso de Paraneoptera (superorden de insectos), que incluye aproximadamente 119 mil especies en todo el mundo, incluidas cigarras, chinches, pulgones y cochinillas.

I

Introducción: translocación accidental o intencionada de una especie fuera de su área de distribución nativa.

Invasión: ver **Invasora**.

Invasora: aquella especie que, proveniente de una determinada región, penetra y se aclimata en otra donde antes no se encontraba (ver **introducción**), prolifera sin control y se convierte en una amenaza para las especies **nativas**, para la salud y economía humanas y/o para el equilibrio de los ecosistemas que ocupa y transforma.

L

Legumbres: son plantas de la **familia** Fabaceae, como frijoles negros, soja, garbanzos y cacahuetes, y son ricas en fibra, proteínas, minerales y antioxidantes, como flavonoides y saponinas.

Leñosa: designación que se le da a las plantas que son capaces de producir madera como tejido de soporte para sus tallos.

M

Manejado: se dice de la especie que sufre algún tipo de **manejo**.

Manejo: tipo de intervención humana que ocurre ocasional o sistemáticamente, en cautiverio o en la naturaleza, encaminada a mantener, recuperar o controlar poblaciones domesticadas o silvestres para asegurar la estabilidad de ecosistemas, procesos ecológicos o sistemas de producción.

N

Nativa: planta que es natural, originaria de la región en la que habita, es decir, que crece dentro de sus límites naturales incluyendo su área potencial de **dispersión**.

Neotropical: ver **Región Neotropical**.

Nicho ecológico: conjunto de todas las condiciones necesarias para que los organismos de una determinada especie sobrevivan en un determinado lugar y tiempo.

Nidificación: el acto de construir nidos.

O

Ornitofilia: **síndrome floral** en la que flores de plantas ornitófilas proveen alimento y otros beneficios a aves, las que a su vez proveen a dichas plantas servicios de **polinización**.

P

Panales: conjunto formado por alvéolos (celdas o cavidades hexagonales), que están hechos de cera y sirven para almacenar miel, polen o para el desarrollo de larvas, zánganos y obreras de himenópteros.

Panales de cría: conjunto de celdas larvarias donde las abejas sociales se desarrollan desde el huevo hasta la edad adulta. En las abejas de la tribu Meliponini, los panales de cría se presentan en tres formas principales: racimos de células yuxtapuestas, racimos muy similares a un racimo de uvas, y discos.

Papilas: son pequeñas protuberancias en la lengua que contienen neuronas gustativas, y que permiten detectar los sabores.

Pétalo estandarte: uno de los pétalos de las leguminosas, que son grandes y erectos y cubren los demás pétalos.

Plataformas de datos: ubicaciones (físicas o en línea) donde se pueden almacenar datos (por ejemplo, *iNaturalist*).

Polen: estructuras reproductoras que contienen los gametos masculinos de algunos grupos de plantas: angiospermas (plantas con flores) y gimnospermas (por ejemplo, pinos).

Polinívoro: animales que se alimentan de **polen**. Generalmente suelen ser insectos o ácaros, desempeñando una función importante en el proceso reproductivo de las plantas. También polenófago o polinífago.

Polinizadores: son un tipo de **visitante floral** que realiza el transporte de **polen** de una flor a otra, contribuyendo a su **fertilización**.

Polinización: transferencia del grano de **polen** de la **antera** (estructura masculina) al **estigma** (estructura femenina) en una flor de la misma especie. Este traslado del polen puede ocurrir por factores abióticos como el agua o viento o por factores bióticos como animales que visitan las flores. Al ponerse en contacto el polen con la parte femenina de la flor puede ocurrir la **fertilización** y así generar un nuevo individuo.

Probóscide: apéndice alargado que se encuentra en la cabeza de algunas especies animales.

Propóleo: material procesado por las abejas a partir de resinas recolectadas de plantas. Se utiliza para sellar huecos y mantener alejados a los enemigos naturales y a evitar pérdida de calor de la colonia. Tiene efecto antiséptico y antibiótico.

Protocolo: es el conjunto de pasos necesarios que se deben realizar para poder obtener la información requerida en un proyecto de **ciencia ciudadana**. Los pasos a realizar pueden ser procedimentales tal como registrar los **visitantes florales** en un área o en una caminata de una cantidad de metros o minutos. El protocolo también puede incluir pasos de visualización y análisis de datos, así como información básica sobre la pregunta de investigación de un proyecto dado.

Pupa: estadio intermedio del desarrollo post-embriónico en insectos holometábolos (con estadios de huevo, larva, pupa y adulto muy distintos), durante el cual ocurre la metamorfosis.

Pupación: muda en la que un insecto holometábolo pasa del último estadio larval al estadio de **pupa**.

R

Región Neotropical: región biogeográfica que comprende América Central, incluyendo la parte sur de México y la península de Baja California, el sur de Florida, todas las islas del Caribe y toda América del Sur.

Registros: datos, registrados en forma de ocurrencia observada, fotografía, herbario, fósil, audio, que indican la presencia de un ser vivo en un lugar y momento determinado.

Relación mutualista: se dice de una relación ecológica entre dos especies diferentes que es beneficiosa para ambas.

Reproducción sexual: tipo de reproducción que implica la fusión de gametos.

S

Secreción estigmática: sustancias secretadas por el **estigma**.

Servicio ecosistémico: servicios que la naturaleza brinda al ser humano y que son fundamentales para su supervivencia, estando asociados a la calidad de vida y bienestar de la sociedad.

Silvestre: que no ha sido domesticado.

Síndrome floral o síndrome de polinización: conjunto de caracteres florales relacionados con la atracción de un tipo particular de **polinizador**, resultado de la coevolución entre plantas y polinizadores. Pueden ser abióticos (por ejemplo, por el viento) o bióticos (polinizados por animales).

Sobreexplotación: concepto utilizado en Ecología y Economía para designar el uso de un recurso renovable más allá de su umbral de sostenibilidad, es decir, con tal intensidad que su recuperación natural no es posible (ver sostenible/sustentable).

Sociabilidad: la capacidad que tienen los individuos de ser sociales (ver [socialidad](#)).

Social: ver [socialidad](#).

Socialidad: incluye todo tipo de interacción entre individuos de la misma especie, a través de conductas de antagonismo (como la defensa del territorio, por ejemplo), hasta interacciones cooperativas más laxas (como la vida solitaria con interacciones solo en momentos de reproducción a la vida grupal) y, finalmente, eusocialidad (ver [eusocial](#)).

Solitaria: especie que no presenta interacciones [sociales](#) excepto el apareamiento.

Sostenible/sustentable: que responde a los pilares de la sostenibilidad, a saber: ambientalmente saludable, económicamente viable y socialmente justo.

T

Tórax: una de las tres divisiones principales del cuerpo de un insecto. Está ubicado entre la cabeza y el [abdomen](#), y es donde están las piernas y las alas.

V

Variabilidad genética: término utilizado para referirse a la presencia de diferentes alelos (formas alternativas de un gen que ocupan la misma posición en los cromosomas homólogos) existentes en los individuos de una especie. Esta variabilidad determina las diferentes características de los individuos y es fundamental que la selección natural pueda actuar.

Vegetación de borde: vegetación presente en la región de contacto entre un área alterada por el hombre y un fragmento de vegetación natural, sujeta a pérdida de [biodiversidad](#) debido a una mayor exposición a vientos, altas temperaturas, baja humedad y alta radiación solar, a la [invasión](#) de plantas tales como enredaderas y pastos, y a los cambios en las relaciones ecológicas entre las especies allí presentes.

Venas del ala: regiones engrosadas de las alas de los insectos alados, que forman una red a través de la cual circulan gases y fluidos (hemolinfa).

Visitantes florales: animales (aves, insectos, mamíferos) que se acercan a una flor para alimentarse, nidificar, esconderse, cazar. Muchos de ellos al hacerlo transportan [polen](#) de una flor a otra y en ocasiones la polinizan contribuyendo con la reproducción de esa planta.

Volátil: compuesto que transiciona con facilidad desde el estado líquido hasta el estado de vapor o gaseoso.

APOYO



FINANCIAMIENTO



En la portada:

Mangangá, *Bombus dahlbomii* (foto de Eduardo E. Zattara)

Colibrí austral, *Sephanoides sephaniodes* (foto de Eduardo E. Zattara)

Mariposa monarca, *Danaus plexippus* (foto de Esperanza Doronila/Unsplash)