



CEC
CCA
CCE

Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte

Programas, prácticas y consideraciones para
actores y colaboradores en su conservación



Citar como:

CCA (2024), *Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte: programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, vii + 83 pp.

La presente publicación fue elaborada por Nuka Research and Planning Group para el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental. La información que contiene es responsabilidad de sus autoras y no necesariamente refleja los puntos de vista de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Acerca de las autoras:

La empresa de consultoría ambiental Nuka Research, con sede en Estados Unidos, presta servicios de investigación, análisis y facilitación dirigidos a fomentar la protección del medio ambiente (www.nukaresearch.com). El equipo de Nuka Research a cargo de integrar este informe, conformado por Sierra Fletcher y Haley Griffin, tuvo el placer de contar con la colaboración de Courtney Price.

Se permite la reproducción completa o parcial de este documento y en cualquier forma, sin autorización especial previa del Secretariado de la CCA, siempre y cuando se haga con absoluta precisión, su uso sea con fines educativos y no comerciales y se cite debidamente la fuente, con el correspondiente crédito a la Comisión para la Cooperación Ambiental. La CCA apreciará que se le envíe una copia de toda publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

A menos que se indique lo contrario, el presente documento está protegido mediante licencia de tipo "Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada", de Creative Commons.



© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2024

ISBN: 978-2-89700-343-2

Available in English - ISBN: 978-2-89700-341-8

Disponible en français - ISBN: 978-2-89700-342-5

Depósito legal: *Bibliothèque et Archives nationales du Québec*, 2024

Depósito legal: Library and Archives Canada, 2024

Particularidades de la publicación

Tipo: publicación de proyecto

Fecha de publicación: diciembre de 2024

Idioma original: inglés

Procedimientos de revisión y aseguramiento de la calidad:

Revisión final de las Partes: agosto de 2023

QA377

Proyecto: Plan Operativo 2020 / *Impulso a la conservación de los polinizadores en América del Norte*

Foto de portada: R. Lehman (2018), Participantes en taller de identificación de abejas, Intermountain Forest Service, USDA Region 4.

Si desea más información sobre esta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

Comisión para la Cooperación Ambiental

1001 boulevard Robert-Bourassa, bureau 1620

Montréal, Québec, Canada H3B 4L4

Tel.: 514.350.4300; fax: 438.701.1434

info@cec.org / www.cec.org



Índice

Lista de cuadros	iii
Lista de gráficas	iii
Siglas, acrónimos y abreviaturas	iv
Sinopsis	v
Resumen ejecutivo	v
Agradecimientos	vii
1 Introducción	1
2 Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas en América del Norte	2
2.1 Aspectos generales de los programas.....	3
2.2 Monitoreo de hábitats.....	5
2.3 Métodos de muestreo de abejas nativas.....	8
2.4 Participantes en los programas	9
2.5 Manejo de datos	10
3 Consideraciones y recomendaciones para el diseño de programas	10
3.1 Métodos de muestreo	11
3.2 Ventajas e inconvenientes de los principales métodos de muestreo	16
3.3 Diseño espacial	21
3.4 Archivos y colecciones.....	22
3.5 Monitoreo de hábitats, funciones de los ecosistemas y otros parámetros.....	23
3.6 Estándares para el manejo de datos.....	26
3.7 Tecnologías de vanguardia.....	29
4 Análisis	36
5 Conclusión	38
Apéndice A: Resumen del taller virtual de la CCA sobre inventarios y monitoreo de abejas nativas, celebrado en mayo de 2022	39
Apéndice B: Programas dedicados a las abejas nativas en América del Norte	58
Referencias bibliográficas	75

Lista de cuadros

Cuadro 1. Aspectos generales del método de muestreo con el uso de cuencos o platos trampa	12
Cuadro 2. Aspectos generales del método de muestreo con el uso de trampas de paleta	13
Cuadro 3. Aspectos generales del método de muestreo mediante la captura con redes entomológicas.....	14
Cuadro 4. Aspectos generales del método de muestreo mediante el uso de la fotografía	15
Cuadro 5. Resumen de los cuatro métodos principales de muestreo de abejas nativas descritos en este informe	16
Cuadro 6. Diseños espaciales estratificados y oportunistas utilizados en programas de monitoreo de abejas nativas	22
Cuadro 7. Resumen por categorías de los términos utilizados en el estándar Darwin Core genérico y simple.....	27
Cuadro 8. Limitaciones prevaecientes de los métodos tecnológicos emergentes relacionados con las tareas de monitoreo de abejas nativas.....	32

Lista de gráficas

Gráfica 1. Objetivos de los programas centrados en las abejas nativas en América del Norte, con base en las respuestas al cuestionario	3
Gráfica 2. Géneros o familias monitoreados por programas dedicados a las abejas nativas, con base en las respuestas al cuestionario	4
Gráfica 3. Duración de los programas dedicados a abejas nativas en cada país, con base en las respuestas al cuestionario	5
Gráfica 4. Tipos de hábitat en los que se realizan actividades de monitoreo de abejas y abejorros en América del Norte, con base en las respuestas al cuestionario	6
Gráfica 5. Porcentaje de tipos de hábitat monitoreados en Canadá, Estados Unidos y México, con base en las respuestas al cuestionario	7
Gráfica 6. Métodos de muestreo empleados en los programas de monitoreo de abejas nativas de América del Norte, por país, con base en las respuestas al cuestionario	8
Gráfica 7. Participantes en la recolección de datos, con base en las respuestas al cuestionario	9
Gráfica 8. Estándares utilizados para el manejo de datos, con base en las respuestas al cuestionario	10
Gráfica 9. Cuenco para abejas (o plato trapa).....	12
Gráfica 10. Trampa de paleta para abejas	13
Gráfica 11. Captura de abejas con redes entomológicas	14
Gráfica 12. Foto observación de un abejorro oriental común (<i>Bombus impatiens</i>)	15
Gráfica 13. Manejo tradicional de las abejas sin aguijón en Michoacán, México	35

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ADN	ácido desoxirribonucleico
ARN	ácido ribonucleico
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
Conabio	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
Conanp	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México
Ecosur	El Colegio de la Frontera Sur, México
eDNA	ADN ambiental (del inglés: <i>environmental DNA</i>)
eRNA	ARN ambiental (del inglés: <i>environmental RNA</i>)
GBIF	Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (<i>Global Biodiversity Information Facility</i>)
LiDAR	detección y localización por ondas luminosas [telemetría de luz] (del inglés: <i>light detection and ranging</i>)
ONG	organización no gubernamental
RCN	Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas (<i>National Native Bee Monitoring Research Coordination Network</i>), de Estados Unidos
RNA	ácido ribonucleico
TDWG	Normas de Información sobre Biodiversidad (<i>Biodiversity Information Standards</i> , antes denominado Grupo de Trabajo sobre Bases de Datos Taxonómicas o <i>Taxonomic Databases Working Group</i>)
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos (<i>United States Department of Agriculture</i>)
USGS	Servicio de Estudios Geológicos de Estados Unidos (<i>United States Geological Survey</i>)
US NPS	Servicio Nacional de Parques (<i>National Park Service</i>) de Estados Unidos
VLR	radar de polarización vertical (<i>vertical-looking radar</i>)

Sinopsis

Reconociendo el creciente número de programas de monitoreo centrados en las abejas nativas en América del Norte y la necesidad de contar con datos de referencia, en mayo de 2022 la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) convocó a especialistas de Canadá, Estados Unidos y México a participar en un taller virtual. El presente informe recoge un panorama del estado que guardan en la actualidad las actividades de monitoreo, inventariado y sondeo poblacional de estos polinizadores a escala subcontinental, a partir de las intervenciones en el taller, los resultados de un cuestionario en línea aplicado entre los participantes y una investigación bibliográfica sobre el tema realizada en la segunda mitad de 2022. Se describen cuatro principales métodos de monitoreo (cuencos o platos trampa, trampas de paleta, redes entomológicas y fotografías), al igual que algunas consideraciones generales respecto de los distintos programas en la materia, incluidos aspectos como el manejo de datos y los estándares aplicables, los avances tecnológicos (nuevos métodos y tecnologías) y la participación de personas no-expertas. Además, se presentan estudios de caso que ponen de relieve una iniciativa de monitoreo de poblaciones de abejas nativas emprendida a gran escala en Estados Unidos; la enorme utilidad e impacto de la ciencia comunitaria en Canadá para tal efecto, y el valor cultural de las abejas sin aguijón —o *meliponas*— autóctonas de México. El informe concluye con recomendaciones extraídas tanto de las discusiones del taller como de investigaciones posteriores.

Resumen ejecutivo

El monitoreo de abejas nativas en escalas espaciales y temporales extensas permite a los investigadores determinar el estado de conservación de las especies e identificar los factores que impulsan cambios en ellas, así como dirigir las correspondientes iniciativas de conservación. Esta tarea involucra a un amplio y variado abanico de participantes provenientes de distintos ámbitos y pertenecientes a diversas organizaciones, y a menudo requiere cierto grado de coordinación para poder recabar datos y registrar tendencias en relación con especies que trascienden fronteras ecológicas y políticas.

En América del Norte, las actividades destinadas a observar las abejas nativas se han ampliado en los últimos años con el fin de aportar a los investigadores información esencial, necesaria lo mismo para comprender el declive de las poblaciones de estos polinizadores que para frenarlo. En ese sentido, los programas de monitoreo revisten una importancia fundamental para apuntalar los esfuerzos de conservación con base en hechos registrados y, de esta manera, contribuir a preservar y fortalecer las comunidades de abejas nativas y los servicios de polinización que brindan.

Resulta evidente que quienes participan en los programas de monitoreo buscan aumentar la facilitación y el intercambio de datos entre grupos con objetivos o especies de interés similares. En un contexto en el que múltiples factores interactúan y ejercen efectos negativos en las abejas y abejorros autóctonos (pérdida de hábitats, intensificación del uso del suelo, patógenos, parásitos y cambio climático), los actores y colaboradores de la conservación, gerentes de programas y administradores de tierras buscan establecer un conjunto de datos iniciales a manera de información de referencia con base en la cual poder detectar con precisión los cambios en las especies o comunidades conforme van teniendo lugar. En mayo de 2022, la

Comisión para la Cooperación Ambiental llevó a cabo un taller virtual que reunió a especialistas de Canadá, Estados Unidos y México con el propósito de analizar tanto los avances registrados por cuanto al monitoreo de especies nativas de abejas como las necesidades de los programas correspondientes en todo el subcontinente. Entre las cuestiones que se abordaron figuran la disponibilidad de fondos; la accesibilidad a datos sobre las especies o los ecosistemas objeto de observación; el acceso a conocimiento experto en taxonomía; los apoyos locales y gubernamentales en distintos órdenes, y las lagunas prevalecientes en términos de conocimiento.

Al término del taller virtual se distribuyó un cuestionario en línea y se solicitó a los participantes no solamente responderlo, sino también distribuirlo entre sus redes. Asimismo, se realizó una revisión bibliográfica para ofrecer una visión general del estado que guardan las tareas de monitoreo de abejas nativas en América del Norte e identificar futuras prioridades con vistas a reforzar las medidas de conservación.

El monitoreo de abejas nativas se encuentra en plena evolución y expansión. En dicho marco, el presente informe resulta de utilidad para comprender cuál es el estado actual de los programas en marcha en América del Norte; qué características estructurales pueden adoptar nuevas iniciativas de monitoreo en el futuro, y qué consideraciones deben tener en cuenta los responsables de la toma de decisiones ante la posibilidad de aumentar la capacidad de monitoreo a cualesquiera escalas espaciales y temporales. Entre las recomendaciones que se ofrecen figuran las siguientes:

- Hacer posible que los programas de monitoreo de abejas nativas (y otros polinizadores) tengan voz en las futuras decisiones en materia de conservación, y conferir a los responsables de dichas iniciativas las facultades necesarias para ello.
- Implementar los elementos necesarios para realizar y mantener actividades de monitoreo a largo plazo, de forma que se facilite el acceso a la información y su intercambio a escalas nacional e internacional.
- Procurar la participación de individuos de todos los sectores posibles como medio para ampliar la capacidad de monitoreo, sin perder de vista que la disponibilidad de conocimiento experto en taxonomía es limitada, pero siempre necesaria para el éxito de los procesos de monitoreo e inventariado.
- Continuar reforzando las relaciones y los esfuerzos de coordinación para mejorar los resultados de las actividades de monitoreo, en particular mediante la armonización de los estándares aplicables a los datos.

Agradecimientos

Para este proyecto, la CCA contó con el asesoramiento de un comité directivo integrado por representantes de diversas dependencias federales, entre los que destacan: Greg Mitchell, ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (*Environment and Climate Change Canada*, ECCC); Steve Javorek, ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (*Agriculture and Agri-Food Canada*, AAFC); Ryan Drum y James Weaver, Servicio de Pesca y Vida Silvestre (*Fish and Wildlife Service*, FWS) de Estados Unidos, y Esther Quintero, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), e Ignacio March, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), de México. La realización de este informe no habría sido posible sin la valiosa información facilitada por las personas participantes en el taller y las que respondieron el cuestionario en línea aplicado al término del taller.

1 Introducción

El presente informe recoge una serie de ejemplos de protocolos, prácticas idóneas, estudios de caso, recomendaciones y consideraciones derivados de la labor realizada en el marco del proyecto [Impulso a la conservación de los polinizadores en América del Norte](#), de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). Este proyecto, con una duración de dos años, comprende tres elementos principales, a saber: 1) compartir e intercambiar esfuerzos o iniciativas de monitoreo e inventariado de abejas nativas en curso en Canadá, Estados Unidos y México, e identificar las mejores prácticas al respecto; 2) crear herramientas que faciliten la toma de decisiones a fin de orientar las acciones trinacionales de monitoreo y levantamiento e integración de inventarios de abejas nativas, y 3) preparar materiales de comunicación para promover la conservación de las abejas nativas a escala trinacional. La primera fase del proyecto incluyó la realización de un taller virtual en mayo de 2022, con la participación de especialistas de toda América del Norte. El propósito del taller, y del presente informe recopilatorio, consistió en hacer visibles los distintos esfuerzos que se están llevando a cabo en los tres países para el monitoreo de abejas nativas e intercambiar estrategias que faciliten la organización y movilización de un método estratégico y coordinado para los procesos de monitoreo e inventariado en el subcontinente.

Las actividades del proyecto de la CCA comenzaron con un taller virtual, celebrado en dos sesiones de tres horas cada una en mayo de 2022, al que asistieron más de 40 especialistas gubernamentales, académicos e integrantes de organizaciones no gubernamentales (ONG) de Canadá, Estados Unidos y México (véase el resumen del taller en el apéndice A). Al término del taller se distribuyó un cuestionario en línea y se solicitó a los participantes responderlo, así como también distribuirlo entre otros especialistas y contactos suyos. Por otra parte, se realizó una revisión bibliográfica para ofrecer una visión general del estado que guardan las tareas de monitoreo de abejas nativas en América del Norte e identificar futuras prioridades con vistas a reforzar las medidas de conservación.

El interés especial de la CCA en las abejas nativas se deriva de una recomendación formulada durante un taller celebrado en febrero de 2020 en Oaxaca (México), en el marco del proyecto *Fortalecimiento de la conservación regional de las especies polinizadoras para asegurar sus beneficios en el ámbito local*. Para obtener información más detallada al respecto, consúltese: www.cec.org/es/ecosistemas/conservacion-de-la-mariposa-monarca-y-otras-especies-polinizadoras/.

Así, la información contenida en este informe se deriva de las intervenciones recogidas en el taller virtual de mayo de 2022, los resultados del cuestionario aplicado en línea y la revisión bibliográfica en la materia. Se pretende que sirva como referencia para actores y profesionales de la conservación interesados en establecer o ampliar iniciativas de monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas, o bien para detectar oportunidades de colaboración con y entre programas similares o complementarios en curso en América del Norte. Si bien este trabajo busca respaldar las actividades de inventariado, monitoreo y conservación de las abejas nativas en Canadá, Estados Unidos y México, su contenido no representa un marco general o un plan trilateral de monitoreo para las especies de interés.

El apartado 2 del informe ofrece una instantánea —con base en las respuestas al cuestionario— de los inventarios y procesos de monitoreo de abejas nativas en América del Norte. También a partir de las respuestas al cuestionario y de una revisión bibliográfica más exhaustiva, en el apartado 3 se analizan consideraciones prácticas relativas al diseño e implementación de programas de monitoreo e inventariado de abejas nativas. El apartado 4 presenta algunas

conclusiones clave sobre las actividades en la materia en el subcontinente. A lo largo del informe se ponen de relieve una iniciativa de gran envergadura, iniciada en Estados Unidos, para monitorear especies nativas de abejas y abejorros; el valor cultural de las abejas sin aguijón —o *meliponas*— autóctonas de México, y la enorme utilidad e impacto de la ciencia comunitaria en las tareas de monitoreo en Canadá. Se eligieron estos ejemplos porque exploran temas transversales (por ejemplo, cómo el monitoreo de abejas nativas sirve para entender cambios más generales en los ecosistemas) y programas modelo que destacan avances por cuanto a coordinación nacional e internacional, así como la participación ciudadana en iniciativas de ciencia comunitaria y un proyecto de base comunitaria.

2 Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas en América del Norte

Si bien existen muy variados programas destinados a monitorear las seis familias de abejas nativas de América del Norte (*Apidae*, *Megachilidae*, *Halictidae*, *Andrenidae*, *Colletidae* y *Melittidae*), no se dispone en la actualidad de un criterio unificado para un monitoreo a escala subcontinental, y los diversos métodos empleados responden a la diversidad de propósitos, geografías, especies objetivo, conocimientos técnicos de los participantes y recursos, así como a otros factores. La posibilidad de obtener una panorámica completa de los programas de monitoreo de abejas nativas en toda la región se dificulta y deviene por demás compleja debido a los cientos de actores que, organizados en comunidades o grupos comunitarios, desde organizaciones no gubernamentales, en el seno de instituciones académicas y a través de diversas entidades gubernamentales, participan en todas estas iniciativas en lo local, por regiones subnacionales o a escalas nacional e internacional. Cabe observar que la integración de una relación exhaustiva de las actividades de monitoreo de abejas nativas en los tres países del subcontinente queda fuera del alcance del presente informe.¹

Sesenta y cinco respuestas al cuestionario describen programas de monitoreo e inventariado de abejas nativas que se llevan a cabo en Canadá, Estados Unidos y México. Cabe señalar que el número de respuestas procedentes de Estados Unidos (52) fue mucho mayor que el de Canadá (9) o México (8). Es probable que esto refleje el número de programas efectivamente en marcha, pero también puede obedecer a la participación activa de la Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas (*National Native Bee Monitoring Research Coordination Network*, RCN) de Estados Unidos en la elaboración y distribución del cuestionario.² Si bien es cierto que no aportan un listado exhaustivo, las respuestas recibidas comparten información sobre iniciativas emprendidas en los tres países e ilustran la variedad de programas y métodos utilizados con mayor frecuencia. En este apartado se recoge información resumida a partir del cuestionario; sin embargo, es importante reconocer que el recuento de “programas” es imperfecto, ya que las iniciativas registradas representan escalas e intensidades de esfuerzo de monitoreo muy variadas.³

¹ En el presente informe no se han tenido en cuenta las numerosas iniciativas centradas en la abeja melífera no autóctona (*Apis mellifera*), al no tratarse de una especie nativa. Es importante considerar, además, que algunos programas se contabilizaron doble (o triple) en los casos en que recogen datos en más de un país.

² Para obtener más información sobre la RCN, véanse Woodard *et al.* (2020) y el estudio de caso presentado en las páginas 26-27 de este informe.

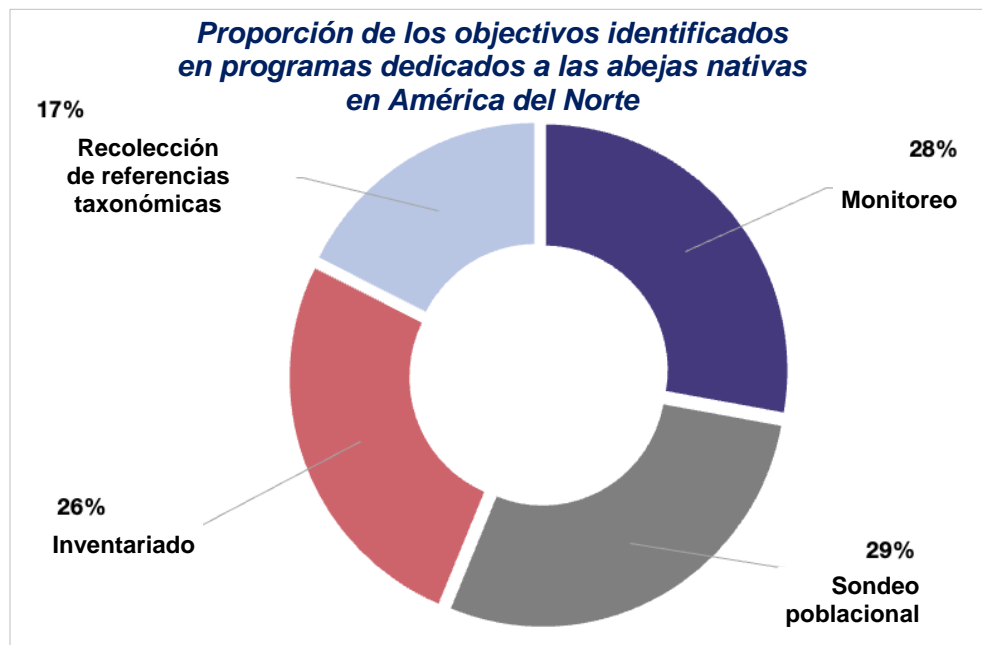
³ Exclusivamente a efectos de este apartado y con el fin de facilitar análisis desglosados a escala nacional, los programas que recaban datos en más de un país se contabilizaron en cada uno de los países mencionados en las respuestas.

El apéndice B consiste en una lista de programas integrada a partir de las respuestas al cuestionario. Véase también el resumen del taller virtual (apéndice A), donde se describe el estado que guardan las tareas de monitoreo de abejas nativas en cada país a partir de las discusiones sostenidas en dicho evento.

2.1 Aspectos generales de los programas

Los participantes que respondieron al cuestionario describieron acciones de monitoreo, inventariado y sondeo poblacional, así como recopilación de referencias taxonómicas, según se muestra en la gráfica 1. Por cuanto al propósito de tales programas, la mayoría de los encuestados refirieron objetivos múltiples en función de las opciones ofrecidas.

Gráfica 1. Objetivos de los programas centrados en las abejas nativas en América del Norte, con base en las respuestas al cuestionario



Nota: La mayoría de los programas abarcan más de una de las opciones ofrecidas.

Sondeos poblacionales: Dar a conocer un estimado de la abundancia y la diversidad de las distintas especies en marcos temporales y espaciales fijos.

Inventarios: Brindar “catálogos” completos de las especies de abejas presentes en un área determinada.

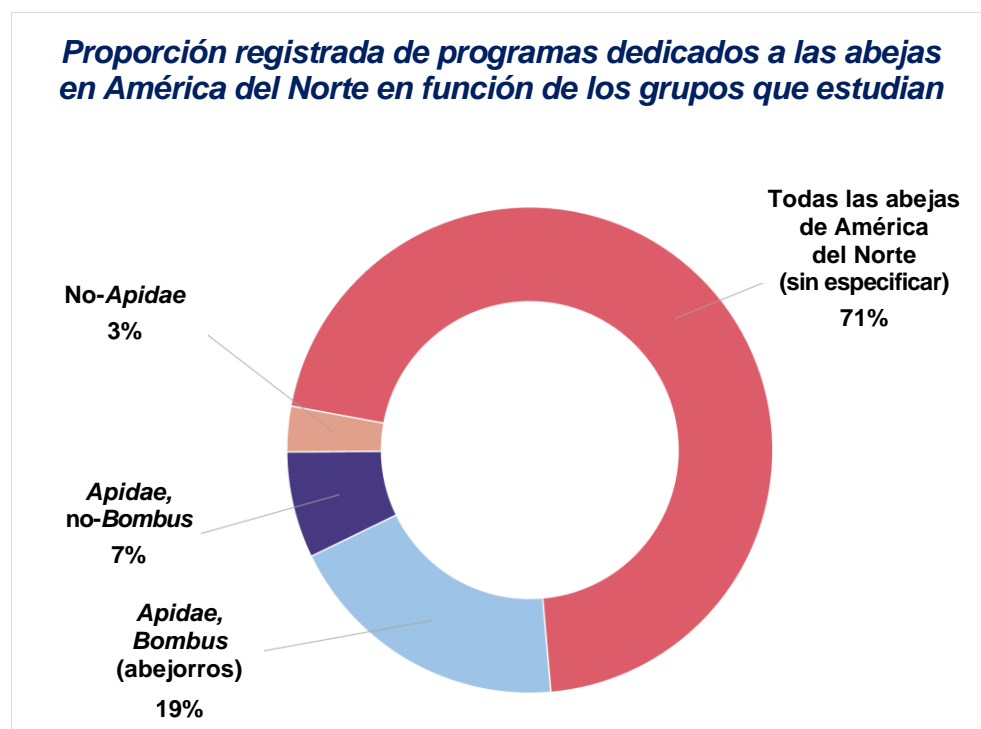
Referencias taxonómicas: Identificar los especímenes de abejas y abejorros recolectados o detectados en un área determinada.

Monitoreo: Recabar repetida y sistemáticamente datos para detectar cambios a largo plazo en las poblaciones.

De acuerdo con los resultados, la mayoría de los programas, más que centrarse en un solo grupo de abejas, recogen datos de todas las abejas observadas o capturadas, mismas que varían en función de los métodos de muestreo utilizados (véase el apartado 3.1). Entre los programas dirigidos a un tipo de abeja en particular, destacan aquellos centrados en los abejorros (género *Bombus* de la familia *Apidae*), que representan casi una quinta parte del conjunto de programas de monitoreo de abejas nativas.

De las respuestas al cuestionario se desprende que menos de diez por ciento de los programas se centran en géneros de himenópteros ápidos distintos de *Bombus* (por ejemplo, los abejorros carpinteros, las euglosinas o abejas de las orquídeas, y las meliponinas o abejas sin aguijón), y más escasos aún son los programas que se dedican a especies que no pertenecen a la familia *Apidae* (el caso de las halictidas —a veces llamadas “abejas del sudor”—, la abeja gigante de la resina [*Megachile sculpturalis*] y la abeja cardadora de lana [*Anthidium manicatum*]), según se muestra en la gráfica 2.

Gráfica 2. Géneros o familias monitoreados por programas dedicados a las abejas nativas, con base en las respuestas al cuestionario

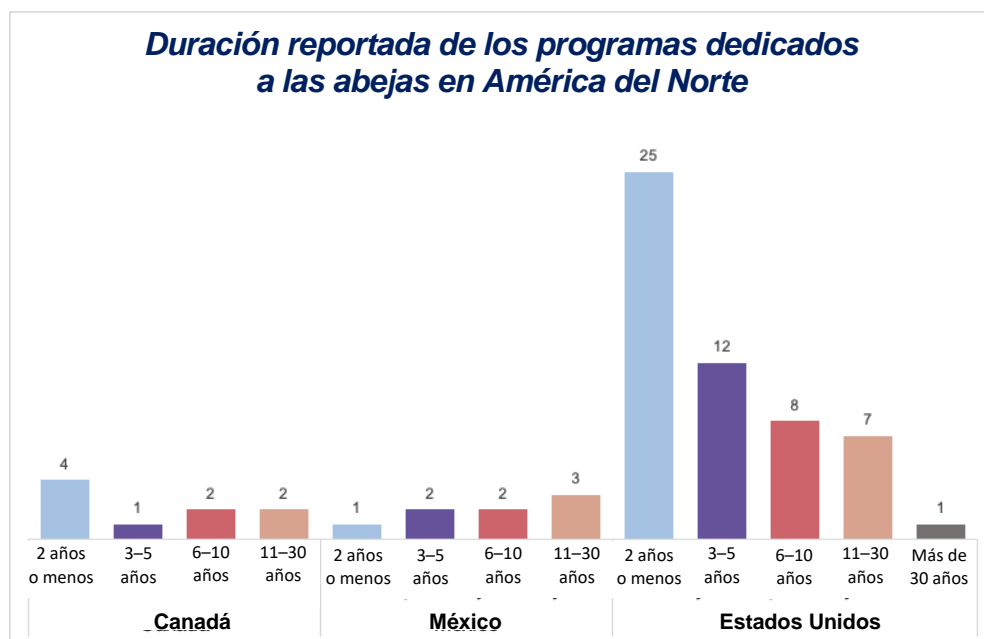


Cabe destacar que todos los programas canadienses mencionados por quienes respondieron al cuestionario se centran en el género *Bombus* o bien no tienen como objetivo un subconjunto específico de abejas autóctonas, en tanto que más de la mitad de los programas de Estados Unidos y México se dedican a especies de géneros distintos de *Bombus*.

Los programas dedicados a las abejas nativas estudian principalmente la riqueza, la abundancia y la composición de las comunidades de especies de polinizadores, buscando a menudo establecer información de referencia respecto de las abejas nativas en una zona determinada, datos de base para un seguimiento que permita comprender el impacto en estas especies como consecuencia de los cambios en el paisaje (asociados al cambio climático, la actividad humana u otros factores), así como la eficacia de las medidas de restauración del hábitat. Algunos programas examinan las diferencias poblacionales de una sola especie de abeja en distintos tipos de hábitat, con el fin de evaluar los efectos de la variación de los recursos disponibles o bien los efectos antropogénicos (es decir, la pérdida o fragmentación del hábitat).

El programa de monitoreo de abejas nativas con más antigüedad en América del Norte —según se recoge en las respuestas al cuestionario— se originó en 1946 y está dirigido por la Unidad de Investigación de Insectos Polinizadores del Servicio de Investigaciones Agrícolas (*Agricultural Research Service, Pollinating Insect Research Unit*) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*United States Department of Agriculture, USDA*), en Logan (Utah). Ahora bien, aproximadamente la mitad de las respuestas de Estados Unidos reflejan programas iniciados en los últimos dos años. La duración de los programas en Canadá y México está distribuida de manera más uniforme, como se muestra en la gráfica 3. Al considerar la duración, es importante tener en cuenta que no todos los programas están pensados para ser sostenidos a lo largo del tiempo, y que mantenerlos no siempre es posible debido a limitaciones tanto de fondos como de disponibilidad de conocimiento experto en taxonomía.

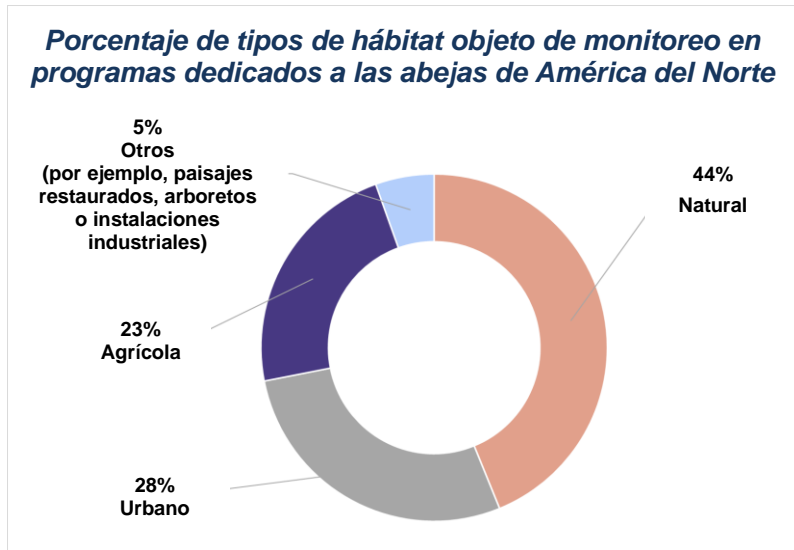
Gráfica 3. Duración de los programas dedicados a abejas nativas en cada país, con base en las respuestas cuestionario



2.2 Monitoreo de hábitats

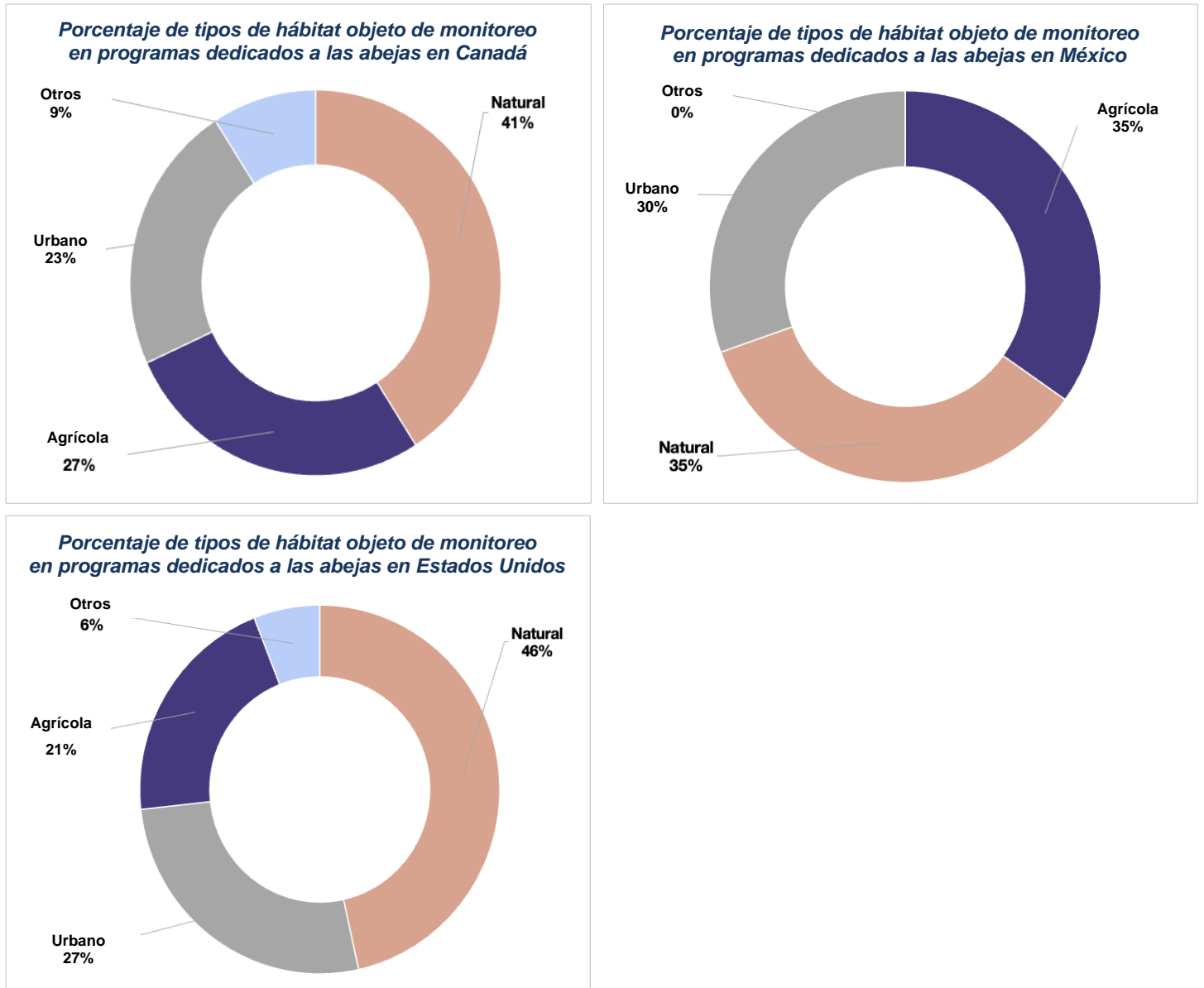
Poco menos de la mitad (44 por ciento) de los programas mencionados en las respuestas al cuestionario tiene lugar en áreas naturales, a veces al interior de áreas protegidas o en sus inmediaciones; cerca de la mitad se centra en hábitats urbanos o agrícolas (28 y 23 por ciento, respectivamente), y solamente cinco por ciento se dirige a otro tipo de entornos (zonas de restauración, un arboreto, espacios industriales, etcétera), según se aprecia en la gráfica 4.

Gráfica 4. Tipos de hábitat en los que se realizan actividades de monitoreo de abejas y abejorros en América del Norte, con base en las respuestas al cuestionario



El desglose de los hábitats objeto de tareas de monitoreo en cada país es más o menos similar (véase la gráfica 5), aunque en México la proporción de programas centrados en áreas agrícolas es mayor que en los otros dos países, y Estados Unidos tiene un mayor porcentaje centrado en áreas naturales en comparación con Canadá y México.

Gráfica 5. Porcentaje de tipos de hábitat monitoreados en Canadá, Estados Unidos y México, con base en las respuestas al cuestionario

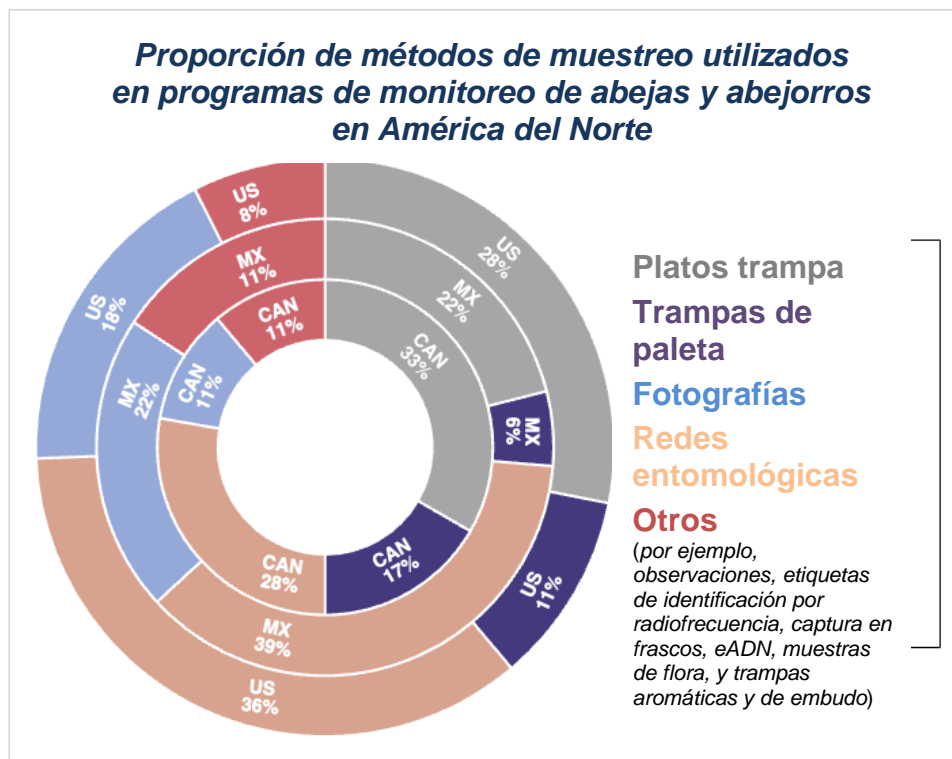


2.3 Métodos de muestreo de abejas nativas

La gráfica 6 muestra los métodos de muestreo utilizados en los programas dedicados a las abejas nativas en América del Norte, según las respuestas al cuestionario, siendo los más comunes los cuencos o platos trampa, las trampas de paleta, las redes entomológicas y las fotografías. Los resultados de la encuesta apuntan también lo siguiente:

- Las redes entomológicas y los platos trampa son los métodos más frecuentemente utilizados en los tres países: más de la mitad de los programas en cada país los mencionaron.
- Los cuatro métodos más comunes se utilizan todos en cada uno de los tipos de hábitat mostrados en la gráfica 5, aunque el uso de fotografías es relativamente más frecuente en las zonas urbanas que en las demás.
- Los métodos de muestreo suelen combinarse, y la combinación más habitual consiste en el uso conjunto de platos trampa y redes entomológicas.

Gráfica 6. Métodos de muestreo empleados en los programas de monitoreo de abejas nativas de América del Norte, por país, con base en las respuestas al cuestionario



CAN = Canadá / US = Estados Unidos / MX = México

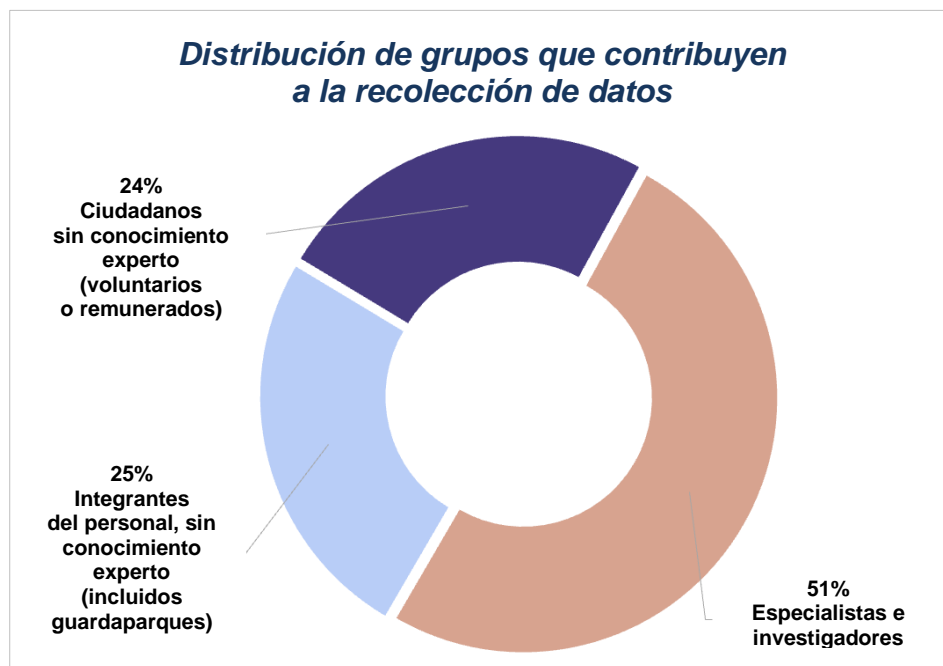
2.4 Participantes en los programas

Los participantes en los programas dedicados a la observación y monitoreo de abejas nativas son muy diversos. Como se ha señalado, tales programas suelen estar dirigidos por organizaciones sin ánimo de lucro o no gubernamentales, universidades o gobiernos de distintos órdenes, y a menudo se llevan a cabo en alianza o asociación con otras entidades.

En muchos de los programas, personas no-expertas colaboran en la recolección de datos de muestreo, ya sea en calidad de participantes voluntarios en iniciativas de ciencia ciudadana o bien como empleados o integrantes remunerados de un equipo, que —aun sin formación científica— desempeñan tareas asignadas y se desplazan a las zonas de muestreo. Como se muestra en la gráfica 7, las respuestas al cuestionario indican que, en casi la mitad de los programas, la recolección de datos corre por cuenta de personas no-expertas (sean integrantes del público en general o personal sin formación especializada). La relativa facilidad por cuanto a la utilización de los distintos métodos de muestreo se analiza en el apartado 3.2.

Por otra parte, la identificación taxonómica requiere un alto grado de especialización y conocimientos. La amplia diversidad y las a menudo sutiles características microscópicas que distinguen a las especies de abejas nativas exigen, por lo general, una sólida formación o años de práctica para lograr identificarlas adecuadamente. En cerca de tres cuartas partes de los programas (según las respuestas al cuestionario), dicha identificación corre a cargo del personal de un programa, pero también puede realizarla un tercero. En algunos casos, y si los recursos lo permiten, también se utiliza el código de barras genético.

Gráfica 7. Participantes en la recolección de datos, con base en las respuestas al cuestionario

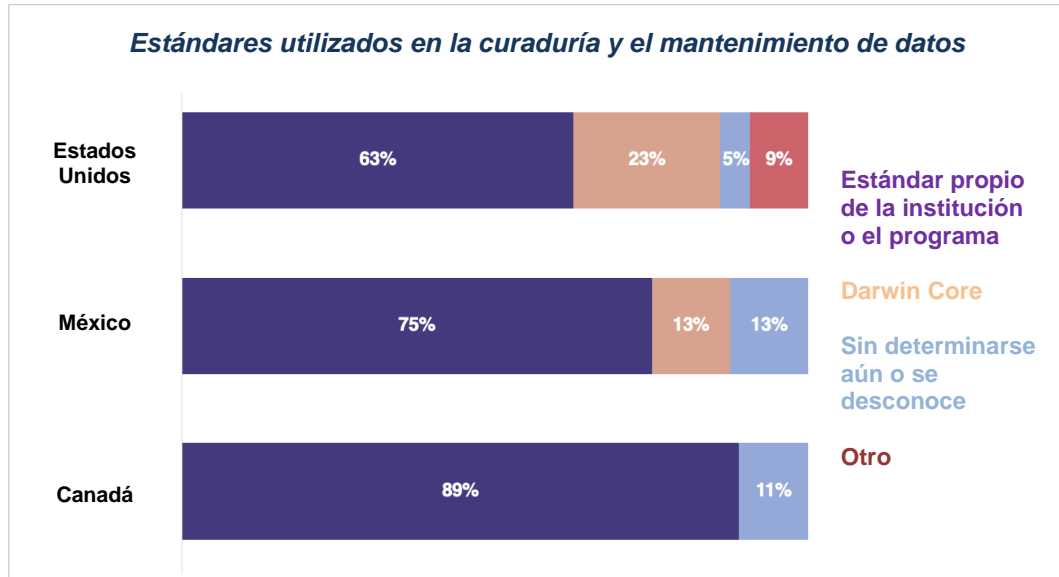


Nota: En numerosos programas, participan lo mismo especialistas que personas no-expertas.

2.5 Manejo de datos

La mayoría de los programas utilizan los estándares de sus propias instituciones para el manejo de los datos, con cierta variación de un país a otro: 89 por ciento en Canadá, 63 por ciento en Estados Unidos y 75 por ciento en México. Los encuestados que no utilizan su propio estándar institucional citaron con mayor frecuencia el estándar Darwin Core (DwC). La gráfica 8 resume las respuestas del cuestionario, si bien el tema se trata con más detalle en el apartado 3.

Gráfica 8. Estándares utilizados para el manejo de datos, con base en las respuestas al cuestionario



3 Consideraciones y recomendaciones para el diseño de programas

Este apartado recoge consideraciones y orientación sobre programas de monitoreo de abejas nativas, así como ejemplos y protocolos relacionados con varios de sus elementos constitutivos: método de muestreo, diseño espacial, depósitos de especímenes y monitoreo de las funciones de los ecosistemas, junto con atributos de las abejas y estándares para el manejo de datos.

El objetivo, el contexto y los recursos disponibles para llevar a cabo un programa de inventariado o monitoreo determinarán gran parte de las decisiones que se tomen respecto de tales elementos. Por ejemplo, algunos programas tienen como objetivo la conservación, mientras que otros se centran en los servicios de polinización —vitales, cruciales— que prestan las abejas y abejorros; otros más se centran en especies o grupos de abejas específicos, y existen algunos que buscan comprender en forma más generalizada la diversidad y la abundancia de los insectos polinizadores. Asimismo, algunas iniciativas están diseñadas para recabar datos de referencia, mientras que otras se orientan a entender el estado y las tendencias poblacionales, la dinámica de las comunidades biológicas y la eficacia a largo plazo de las medidas de conservación. Entre los objetivos de los programas también pueden figurar la educación y el fomento de la participación pública —personas no-expertas que toman parte en proyectos de ciencia comunitaria—, lo que influirá en los métodos de muestreo seleccionados.

Algunos elementos que se tienen en cuenta a la hora de definir el propósito de un programa de monitoreo de abejas nativas son la(s) especie(s) objeto de estudio; la región investigada; las asociaciones específicas hábitat-especie, de haberlas para la(s) especie(s) de interés; los trabajos publicados y datos disponibles en la materia; las necesidades de conservación, y los efectos antropogénicos y del cambio climático.

La creación de un programa de monitoreo destinado a recolectar información sobre las abejas nativas puede tener uno o varios objetivos, incluidos el monitoreo, el inventariado, el sondeo poblacional o la recopilación de referencias taxonómicas. Es importante considerar qué objetivos cumplirán la finalidad del programa y la escala a la que éstos deben aplicarse. Asimismo, cabe señalar que, dada la naturaleza de las fuentes y ciclos de financiamiento, puede darse el caso de que un programa a corto plazo acabe convirtiéndose en otro a más largo plazo si resulta que los recursos obtenidos puedan mantenerse.

3.1 Métodos de muestreo

Los participantes que respondieron al cuestionario identificaron cuatro métodos de muestreo principales utilizados en los programas de monitoreo e inventariado de abejas nativas en América del Norte:⁴ cuencos para abejas o platos trampa (gráfica 9), trampas de paleta (gráfica 10), redes entomológicas (gráfica 11) y fotografías u observaciones (gráfica 12). En este apartado se describen dichos cuatro métodos y se analizan sus ventajas e inconvenientes (véanse los cuadros 1-4). Al margen del método empleado, en todos los casos deberá registrarse el tiempo dedicado al muestreo o bien el esfuerzo de la persona encargada de tal tarea.

⁴ Este apartado del informe se centra en estos cuatro métodos de muestreo, puesto que fueron los que se mencionaron de forma destacada en el cuestionario en línea realizado en el marco del estudio. Por el contrario, Portman *et al.* (2020) describen sólo tres métodos (platos, redes y observaciones) como los más comúnmente utilizados en Estados Unidos, mientras que Prendergast *et al.* (2020) no incluyen las observaciones, pero sí cebos, sistemas de succión o aspiradores, trampas pasivas conocidas como “trampas malaise” y nidos trampa.

Cuadro 1. Aspectos generales del método de muestreo con el uso de cuencos o platos trampa

Cuencos o platos trampa Método pasivo y letal	
Componentes	Recipientes de colores llenos en $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ de su capacidad con agua y jabón sin perfume (los colores pueden variar de un programa a otro, pero normalmente incluyen una combinación de blanco brillante, azul o amarillo, y pueden tener un asterisco dibujado en su interior).
Colocación	A lo largo de líneas de transecto, normalmente con la colocación de cuencos individuales de colores alternos, o grupos con un recipiente de cada color.
Tiempo	De 24 a 72 horas. Si el tiempo de muestreo supera las 72 horas, puede producirse la degradación de la muestra en el agua jabonosa (Fulkerson <i>et al.</i> , 2022, p. 12).
Identificación de especímenes	Los especímenes pueden enviarse fuera de la zona de muestreo para su identificación o bien identificarse <i>in situ</i> por personas con conocimiento experto en taxonomía. Otra posibilidad es el envío de muestras para su identificación mediante códigos de barras del ADN.
Otros	Se recomienda desbrozar la vegetación alrededor de la trampa o elevar los cuencos o platos trampa por encima del nivel de las plantas, a efecto de que resulten más visibles (Evans <i>et al.</i> , 2018, p.163; Galpern, 2020, respuesta al cuestionario). El programa Atlas de Abejas de Alaska (<i>Alaska Bee Atlas</i>) sugiere que, en el caso de microhábitats, una muestra de 15 platos es suficiente para estimar con precisión la abundancia y diversidad de las especies; en hábitats más extensos, pueden utilizarse hasta 30 platos, aunque el tamaño de la muestra dependerá del hábitat a estudiar (Fulkerson <i>et al.</i> , 2022, p. 12). Es sumamente importante minimizar el impacto del muestreo en la población objeto de estudio, evitando el uso de este método durante la aparición de las abejas reinas y su búsqueda de néctar y polen a principios de la primavera en el caso de las especies <i>eusociales</i> o no-solitarias (Droege <i>et al.</i> , 2017, p. 2).

Gráfica 9. Cuenco para abejas (o plato trapa)



Fuente: Fotografía de J. Crowder (2019), tomada de Flickr.

Cuadro 2. Aspectos generales del método de muestreo con el uso de trampas de paleta

Trampas de paleta Método pasivo y letal	
Componentes	<p>Tarro de plástico con tapa en forma de embudo invertido; se suele utilizar un color azul brillante para atraer el mayor número y diversidad de abejas (Acharya <i>et al.</i>, 2022, p. 1).</p> <p>Las trampas contienen un fumigante que mata a las abejas y otros insectos que llegan a entrar (Fulkerson <i>et al.</i>, 2021, p. 13).</p> <p>La trampa se sujeta a una estaca para elevarla por encima de la vegetación.</p>
Colocación	<p>Este dispositivo usualmente se coloca —como método complementario— al final de los transectos de una zona de muestreo con platos trampa o cuencos para abejas, aunque también puede utilizarse como método independiente.</p>
Tiempo	<p>Por lo general se recomienda dejar las trampas en su sitio de 24 a 72 horas, aunque hay un protocolo que establece que las trampas pueden dejarse en la zona de muestreo hasta por siete días (Fulkerson <i>et al.</i>, 2022, p. 14).</p>
Identificación de especímenes	<p>Los especímenes pueden enviarse fuera de la zona de muestreo para su identificación o identificarse <i>in situ</i> por personas con conocimiento experto en taxonomía. Otra posibilidad es el envío de muestras para determinar el código de barras genético y, con ello, identificar la especie en cuestión.</p>
Otros	<p>Las trampas de paleta deben colocarse a una altura de aproximadamente un metro y fijarse a los lados para minimizar la acumulación de agua.</p> <p>El uso de este tipo de equipo implica dedicar algo más de tiempo que en el caso de los platos trampa, ya que existe la posibilidad de que algunos ejemplares no mueran después de quedar atrapados. Las abejas que sigan vivas después de recoger la trampa deben transferirse a un frasco donde mueran. Estos frascos son sellables y contienen en el fondo una capa de yeso que absorbe un agente letal, como el acetato de etilo (Fulkerson <i>et al.</i>, 2022, p. 16).</p> <p>También en este caso, es sumamente importante minimizar el impacto del muestreo en la población objeto de estudio, evitando el uso de este método durante la aparición de las abejas reinas y su búsqueda de néctar y polen a principios de la primavera en el caso de las especies <i>eusociales</i> o no-solitarias (Droege <i>et al.</i>, 2017, p. 2).</p>

Gráfica 10. Trampa de paleta para abejas



Fuente: Fotografía de S. Galbraith (2019), tomada de Flickr.

Cuadro 3. Aspectos generales del método de muestreo mediante la captura con redes entomológicas

Captura con redes entomológicas <i>Método activo que puede –o no– resultar letal</i>	
Componentes	<p>Las abejas se capturan con una red de mano, ya sea de manera dirigida a un blanco específico o bien “barriendo” la vegetación en un movimiento que siga un patrón constante.</p> <p>Para ello, dos técnicas suelen emplearse: a) realizar movimientos rápidos de la red hasta atrapar la(s) abeja(s), y b) colocar lentamente la red sobre la flor o planta y, en el momento oportuno, fruncirla y cerrarla con la otra mano (Fulkerson <i>et al.</i>, 2022, p. 15).</p>
Colocación	<p>Los transectos y las zonas de muestreo con este método son muy variables; más que permanecer en un mismo lugar durante un periodo prolongado, los participantes deben desplazarse constantemente por el lugar de muestreo (Evans <i>et al.</i>, 2018, p. 163). Se recomienda caminar a un paso aproximado de tres metros por minuto (Jordan <i>et al.</i>, 2016, p. 9).</p>
Tiempo	<p>La duración del muestreo en sí variará, y lo más probable dependa de la disponibilidad de tiempo de quienes participen en la actividad y recolecten los datos.</p>
Identificación de especímenes	<p>Dependerá, en parte, de la forma en que se practique el método. Si el muestreo es letal, el espécimen capturado puede enviarse fuera del sitio para su identificación.</p> <p>El muestreo no letal consiste en transferir el ejemplar a un frasco tras su captura y colocarlo en una nevera a fin de inducir un estado de hipotermia (Hatfield <i>et al.</i>, 2020, p. 10); transcurridos de 10 a 15 minutos, o una vez que su movimiento se vuelva más lento, la abeja podrá extraerse del frasco y fotografiarse (Fulkerson <i>et al.</i>, 2022, p. 17).</p>
Otros	<p>Una estrategia en equipo puede facilitar la captura, de alguna manera sincronizando la búsqueda activa y el registro de datos. Si son varios los participantes en el muestreo de una misma zona, conviene repartir el tiempo dedicado al muestreo activo de abejas a partes iguales entre cada persona (Fulkerson <i>et al.</i>, 2022, p. 15; Hatfield <i>et al.</i>, 2020, p. 10).</p> <p>Es importante enseñar a las personas participantes en el estudio a identificar las abejas también por su movimiento, y no solamente por su tamaño, forma o color (Little, <i>s.f.</i>, p. 4).</p>

Gráfica 11. Captura de abejas con redes entomológicas



Fuente: Fotografía de R. Lehman (2018), *Intermountain Forest Service, USDA Region 4*. tomada de Wikimedia Commons.

Cuadro 4. Aspectos generales del método de muestreo mediante el uso de la fotografía

Fotografía <i>Método activo no letal</i>	
Componentes	Las abejas pueden ser fotografiadas mientras se desplazan de flor en flor; capturadas con una red y posteriormente enfriadas para inducir un estado de hipotermia, o bien transferidas a una cámara fotográfica hasta que se logre tomar fotografías adecuadas de las características físicas que permiten su identificación (Fulkerson <i>et al.</i> , 2022, p. 16).
Colocación	Variable
Tiempo	Variable
Identificación de los especímenes	Puede llevarse a cabo por especialistas fuera del sitio, a partir de las fotografiadas, pero dependerá en gran medida de la calidad de las imágenes tomadas.
Otros	<p>Durante todo el periodo de muestreo es preciso asegurarse de que la sombra de la persona que toma la fotografía quede detrás de ella (es decir, hay que pararse o acercarse a la abeja de cara al sol). Hacer sombra a una flor o acercarse rápidamente a una abeja puede asustarla y hacer que huya, lo que reduce de manera importante la posibilidad de tomar suficientes fotografías para su identificación (Jordan <i>et al.</i>, 2016, p. 39).</p> <p>Las fotografías de abejas posadas sobre flores son útiles para registrar las asociaciones polinizador-planta y cuántos visitantes se encuentran en cada tipo de flor. Sin embargo, en la medida de lo posible, esta observación debe acompañarse siempre de datos acerca de la disponibilidad de las flores o plantas, de manera que pueda determinarse la sobre o infrautilización de las mismas.</p> <p>En el caso de las especies solitarias, no se recomienda únicamente fotografiar a las abejas, debido a la dificultad de identificar rasgos importantes sólo a partir de imágenes fotográficas; se aconseja, en cambio, utilizar métodos de muestreo en los que se les sacrifique para permitir su estudio (Fulkerson <i>et al.</i>, 2022, p. 17).</p>

Gráfica 12. Foto observación de un abejorro oriental común (*Bombus impatiens*)



Fuente: Fotografía de R. Hodnett (2018), tomada de Wikimedia Commons.

3.2 Ventajas e inconvenientes de los principales métodos de muestreo

El cuadro 5 muestra un resumen de los principales métodos de muestreo, y las ventajas e inconvenientes de cada cual. Como se mencionó en el apartado 2, numerosos programas utilizan una combinación de dos o más de estos métodos.

Cuadro 5. Resumen de los cuatro métodos principales de muestreo de abejas nativas descritos en este informe

Método de muestreo	Ventajas	Desventajas
Cuenco o plato trampa	<ul style="list-style-type: none"> • Es fácil de implementar y no requiere demasiada formación. • Resulta un método de muestreo económico, en comparación con otros, en lo que respecta a la recolección de muestras, pero no necesariamente a la identificación de las mismas. • Es fácil de estandarizar (en cuanto a materiales y protocolo). • Ofrece la posibilidad de recolectar datos sobre el hábitat, la fenología o la geografía (Hatfield <i>et al.</i>, 2020, p. 12). 	<ul style="list-style-type: none"> • No atrae por igual a todos los tipos de abeja, por lo que puede sesgar el muestreo, dando preferencia a determinadas especies: las abejas halíctidas (familia <i>Halictidae</i>) suelen ser las que con mayor frecuencia se capturan en estas trampas (Portman <i>et al.</i>, 2020, p. 338). Este método también puede dar lugar a sesgos de género. • Es posible que el color de la trampa influya en su eficacia y en el tipo de abejas recolectadas. • Impide establecer la asociación entre la abeja y su(s) flor(es) hospedera(s). • Los especímenes atrapados (muertos) corren el riesgo de degradarse. • Se trata de un método letal, incluso para ejemplares capturados accidentalmente. • La identificación de las especies capturadas puede requerir de un(a) especialista en taxonomía.
Trampa de paleta	<ul style="list-style-type: none"> • Es fácil de usar y mantener (aunque se requiere más habilidad que con los platos trampa). • Es fácil de estandarizar (en cuanto a materiales y protocolo). • Ofrece la posibilidad de recolectar datos sobre el hábitat, la fenología o la geografía (Hatfield <i>et al.</i>, 2020, p. 12) 	<ul style="list-style-type: none"> • El color de la trampa puede influir en su eficacia y en el tipo de abejas recolectadas. • Impide establecer la asociación entre la abeja y su(s) flor(es) hospedera(s). • Los especímenes atrapados (muertos) corren el riesgo de degradarse. • Se trata de un método letal, incluso para ejemplares capturados accidentalmente. • Su fabricación e instalación resultan ligeramente más costosas que las de los platos trampa. • La identificación de las especies capturadas puede requerir de un(a) especialista en taxonomía.

<p>Red entomológica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede orientar el muestreo a ciertas abejas o abejorros si la persona a cargo está entrenada para reconocerlas. • Permite establecer la asociación entre la abeja y la flor hospedera, si se desea registrar esta información. • Los especímenes se capturan en buen estado y pueden liberarse. • La captura puede realizarse de forma no letal, por lo que este método de muestreo resulta conveniente en el caso de especies amenazadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Da lugar a sesgos hacia ejemplares que son más fáciles de observar o capturar, como los abejorros. • Se requiere más habilidad que con trampas pasivas (como los platos trampa o las trampas de paleta). • Su empleo resulta difícil de estandarizar, sobre todo en terrenos accidentados o boscosos (Krahner <i>et al.</i>, 2021, p. 2). • Supone un trabajo relativamente intenso y más difícil de mantener durante periodos prolongados.
<p>Fotografías y observaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No implica letalidad ni captura incidental alguna, por lo que el método resulta idóneo para especies amenazadas (MacPhail <i>et al.</i>, 2019, p. 2). • Sirve como herramienta de exploración inicial, para determinar zonas adecuadas donde más adelante realizar observaciones formales (Cairns <i>et al.</i>, 2005, p. 687). • Puede comprender la recolección de datos sobre asociaciones de abejas con hábitats y plantas, así como datos geográficos o de fenología (Hatfield <i>et al.</i>, 2020, p. 12). • Se integra con aprendizaje computarizado para fines de identificación (consúltese el apartado 3.7 sobre nuevos métodos y tecnologías de vanguardia). 	<ul style="list-style-type: none"> • No se recoge ningún espécimen para su estudio ulterior. • Tomar fotografías de alta calidad, adecuadas para identificar las especies, entraña cierta dificultad.

Nota: Las consideraciones generales respecto a los platos trampa, las trampas de paleta y las redes entomológicas se extrajeron de Prendergast *et al.* (2020), a menos que se cite otra fuente.

Aspectos a tener en cuenta en relación con los platos trampa

Los beneficios de los distintos métodos de muestreo —resumidos brevemente en el cuadro anterior— son objeto de un análisis más a fondo en diversas publicaciones en la materia. Trondstad *et al.* (2022) compararon el uso de platos trampa, trampas de paleta y redes entomológicas para comprender los cambios en la abundancia y riqueza de las abejas en diversos

hábitats y elevaciones de Wyoming (Estados Unidos), y concluyeron que las trampas con paleta capturaban un mayor número y diversidad de abejas que los cuencos o platos trampa, y requerían la obtención de menos muestras en comparación con las redes entomológicas (mismas que en este estudio se utilizaron sólo para abejorros). Los autores recomiendan espaciar las trampas de paleta entre 15 y 20 metros a efecto de monitorear abejas y abejorros, y complementarlas con el uso de redes entomológicas de manera dirigida a ciertos especímenes objetivo siempre que sea posible (Tronstad *et al.*, 2022, p. 3). El artículo describe, asimismo, el análisis estadístico empleado para estimar la abundancia y riqueza de especies con el menor número posible de trampas, pero señala que el muestreo deberá ampliarse cuando se monitorean áreas más extensas. También se recomienda el uso de platos trampa para áreas donde el uso de redes manuales no es seguro o resulta particularmente difícil de implementar de forma uniforme por lo empinado o peligroso del terreno. Krahnner *et al.* (2021) hacen hincapié en este punto, en un estudio sobre las opciones de monitoreo para viñedos en pendientes pronunciadas, donde los platos trampa resultan ser más eficaces que las trampas de nido o las llamadas trampas *malaise*, menos utilizadas.

Portman *et al.* (2020) ponen en tela de juicio el uso de los platos trampa, aunque dejan en claro que el énfasis de su análisis en este tipo de trampa obedece al uso tan común de tales dispositivos.⁵ De acuerdo con el artículo, el principal problema de los platos trampa reside en que suelen capturar sobre todo abejas halíctidas (familia *Halictidae*), según se determinó a partir de una revisión de estudios realizados en diversos hábitats, en los que las halíctidas representaban entre 40 y 96 por ciento de las abejas capturadas. Las únicas excepciones se registraron durante la floración en manzanales y en el desierto de Utah, lugares con presencia de abejas muy diversas. Aunque la mayoría de las abejas de esta familia son fáciles de identificar, hay algunas especies que no lo son y, por ello, puede requerirse el apoyo de especialistas en taxonomía. La familia de abejas *Halictidae* también se describe generalmente como de menor importancia para la conservación en comparación con otras, ya que las halíctidas suelen encontrarse en hábitats perturbados con presencia humana (se citan como ejemplos lotes baldíos, vertederos y estacionamientos adyacentes a gasolineras).

Si bien Portman *et al.* (2020) se centran en los platos trampa, también afirman que las trampas de paleta plantearían las mismas inquietudes, incluidos el sesgo taxonómico y una relación incierta con la cobertura floral (por ejemplo, ¿las abejas se sienten más atraídas por las trampas cuando no hay flores, o es más probable que estén presentes durante la floración y, por lo tanto, hay más probabilidades de que queden atrapadas?) Uno de los estudios citados en esta revisión también planteó la preocupación de que las trampas de paleta podrían acabar con las poblaciones locales de algunas especies (Gibbs *et al.*, 2017, p. 579). Otras cuestiones que se plantean respecto del valor de los platos trampa estriban en si existe un sesgo entre machos y hembras (en cuanto al color del plato que les atrae), así como en la incertidumbre por cuanto a la relación entre el color del plato y las flores circundantes (y si algunas abejas evitan los platos por preferir las flores en general) (Cane *et al.*, 2000, p. 229).

⁵ Este hallazgo, basado en la búsqueda de artículos científicos, encuentra sustento también en los resultados del cuestionario en línea, donde los cuencos o platos trampa para abejas resultaron ser el segundo método de muestreo más común, después de las redes entomológicas.

Consideraciones respecto de los métodos de muestreo letales

Los métodos letales se desaconsejan si se corre el riesgo de capturar ejemplares de una especie en peligro de extinción, y también durante el inicio de la primavera, cuando las reinas están volando en busca de alimento antes de la eclosión de su primera camada de crías (MacPhail *et al.*, 2019, p. 599). Cabe observar que no todas las especies de abejas tienen reinas, pero los abejorros sí y son especies comúnmente monitoreadas (por ejemplo, el abejorro americano [*Bombus pensylvanicus*]). Con todo, los métodos letales tienen la ventaja de que los especímenes pueden ser recolectados, almacenados y posteriormente identificados por especialistas en taxonomía (Freire Ramírez *et al.*, 2014, p. 510). Estos métodos además brindan la oportunidad de contribuir a la taxonomía en general, así como de realizar estudios de genética y salud mediante exámenes más exhaustivos de los especímenes capturados (Droege *et al.*, 2017, p. 3).

Una propuesta de protocolo y marco nacional para el monitoreo de abejas y abejorros en Estados Unidos aborda consideraciones sobre el uso de métodos letales de muestreo, y menciona la facilidad de uso y la replicabilidad de las trampas letales como ventajas significativas para establecer valores de referencia estandarizados y tendencias en el transcurso del tiempo (Droege *et al.*, 2017, p. 3).

Droege *et al.* (2017) también explican que, en la mayoría de los casos, el muestreo letal no causa muertes innecesarias en una población, afirmación corroborada por Gezon *et al.* (2015), quienes constataron que el muestreo quincenal con platos trampa no afectó la estructura de la comunidad de abejas. El análisis de Gibbs *et al.* (2017) compara las trampas de paleta con el uso de redes en huertos en floración y concluye que dichas trampas contribuyeron al conocimiento de la diversidad de abejas y abejorros en las áreas de estudio, ya que capturaron especies⁶ que no se observaron en el muestreo con redes; sin embargo, los autores plantean la preocupación de que las poblaciones de algunas especies⁷ disminuyeron durante los tres años estudiados e instan a que las trampas de paleta se utilicen con extrema precaución.

Combinación de diversos métodos de muestreo

Con frecuencia se utilizan dos (o a veces más) métodos de muestreo conjuntamente en un mismo programa, combinando a menudo métodos que no exigen mucho tiempo, como los platos trampa y las trampas de paleta, con otros que sí lo requieren, como la captura con redes entomológicas o la observación con toma de fotografías (Tronstad *et al.*, 2020, p. 1).

Puesto que no todas las especies se sienten atraídas por las trampas fijas, la captura activa con red es un método que —si bien implica un uso intensivo de recursos— por sí solo permite recolectar una mayor diversidad de abejas y abejorros (Domínguez Álvarez *et al.*, 2009, p. 430; Fulkerson *et al.*, 2022, p. 15). En ese sentido, lo más probable es que la captura con red sea el método utilizado por los programas que en el cuestionario registraron utilizar un único método de monitoreo.

Contribución de participantes en iniciativas de ciencia ciudadana

Como se indica en el apartado 2, es habitual que los programas de monitoreo de abejas nativas cuenten con la participación de la ciudadanía (iniciativas de ciencia comunitaria o ciudadana) y

⁶ *Eucera atriventris*, *Eucera hamata*, *Bombus fervidus* y *Agapostemon virescens*.

⁷ *Lasioglossum pilosum* y *Eucera* spp.

otras personas no-expertas (como el personal de parques). Además de aplicar métodos de muestreo sencillos, como los platos trampa, los participantes en programas de ciencia ciudadana, en particular, pueden utilizar la herramienta iNaturalist para cartografiar y compartir observaciones. Una ventaja de su participación es que permite aumentar el alcance temporal y espacial del muestreo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los voluntarios que toman parte en estas iniciativas suelen requerir cierta formación, además de que se precisa la intervención de especialistas en taxonomía para realizar las primeras identificaciones o verificar la identificación de las abejas, sobre todo si el objetivo es documentar con precisión las especies presentes a partir de los especímenes registrados.

En aprovechamiento del valor de la ciencia ciudadana: Bumble Bee Watch

Si bien la ciencia ciudadana o comunitaria contribuye a las actividades de monitoreo al aumentar la cobertura, reducir los costos y aportar beneficios a los participantes, la interpretación de los resultados puede verse afectada por posibles imprecisiones y errores (MacPhail *et al.*, 2020b, p. 2). Contar con especialistas que verifiquen las actividades y hallazgos de los programas de ciencia ciudadana resulta fundamental para garantizar que la información obtenida sea precisa y fiable. Las especies pertenecientes al género *Bombus* suelen ser candidatas especialmente buenas para los programas de monitoreo comunitario por su carisma y la relativa facilidad para verificar la especie a partir de fotografías de buena calidad (MacPhail *et al.*, 2020b, p. 4; Lye *et al.*, 2012, p. 698; Suzuki Ohno *et al.*, 2017, p. 1; Falk *et al.*, 2019, p. 13). Además, 28 por ciento de las especies de abejorros de América del Norte enfrentan cierto riesgo de extinción (Xerces Society, s.f.; UICN (2022), razón por la cual deben garantizarse acciones de monitoreo y conservación.

“Bumble Bee Watch es un programa de ciencia ciudadana o comunitaria basado en la web en el que los participantes fotografían especies de *Bombus* en cualquier lugar de América del Norte, suben fotos e información pertinente del sitio de observación y trabajan a través de una clave de identificación interactiva” para nombrar a las especies, identificación que luego es verificada por especialistas (MacPhail *et al.*, 2019, p. 599). Se trata de una iniciativa de colaboración entre Wildlife Preservation Canada, la Sociedad Xerces para la Conservación de Invertebrados (*Xerces Society for Invertebrate Conservation*) y la Facultad de Estudios en Ciencias Ambientales de la Universidad de York, con socios fundadores y asesores científicos de la Universidad de Ottawa, el Insectario de Montreal, el Museo de Historia Natural de Londres y BeeSpotter (Universidad de Illinois).

En 2014, Bumble Bee Watch puso en marcha un sitio web y desarrolló aplicaciones para dispositivos móviles (MacPhail *et al.*, 2019, p. 599). No se requiere que los usuarios tengan conocimientos de identificación de especies para participar en el programa; además, el muestreo fotográfico es un método no-letal, lo que anula la necesidad de implementar protocolos de conservación, equipamiento y monitoreo (MacPhail *et al.*, 2020b, p. 4). Para enero de 2018, 86 por ciento de todas las observaciones de abejorros registradas y verificadas se habían identificado por especie (MacPhail *et al.*, 2019, p. 598). En la actualidad, la Xerces Society se encuentra traduciendo el sitio web al español para facilitar las observaciones y la participación de hispanohablantes (según respuesta al cuestionario).

Los datos de Bumble Bee Watch se han combinado con otras fuentes de datos para evaluar el estado de conservación del abejorro americano (*Bombus pensylvanicus*), lo que ha llevado a MacPhail *et al.* a recomendar —con base en los criterios de la Lista Roja de la UICN (2022)— su clasificación dentro de la categoría “En peligro crítico de extinción” en Canadá. Se trata del primer estudio que combina datos de ciencia ciudadana con datos históricos y recolectados por especialistas a fin de examinar la situación de una especie de abejorro en dicho país. Además, los avistamientos recientes se compararon con registros de Google Maps y Street View para deducir los hábitats preferidos, y se concluyó que en su mayoría (73

por ciento) se produjeron cerca de praderas y campos antiguos o terrenos baldíos (MacPhail *et al.*, 2019, p. 607). A pesar de lo reciente del establecimiento del programa, se informó que los datos de Bumble Bee Watch resultaban “de especial valía para los investigadores, ya que representan 20 por ciento de los registros y 36 por ciento de los datos de localización recientes” de la especie (MacPhail *et al.*, 2019, p. 605).

En dicho estudio, las observaciones enviadas a Bumble Bee Watch se examinaron posteriormente a efecto de evaluar la exactitud de la identificación de las especies (MacPhail *et al.*, 2020b, p. 1). En promedio, los usuarios lograron identificar correctamente las especies en 53 por ciento de las ocasiones, porcentaje similar a los indicadores de otros programas (MacPhail *et al.*, 2020b, p. 19). En 38 por ciento de los casos, los usuarios indicaron incorrectamente la especie, y en otro 9 por ciento de los casos no se trató de abejorros (MacPhail *et al.*, 2020b, pp. 10-12). Ahora bien, la precisión varió según la especie en cuestión. Sólo diez especies alcanzaron el umbral de coincidencia de 80 por ciento que reduciría la necesidad de una revisión por parte de especialistas en taxonomía, en tanto que las otras 32 especies quedaron por debajo de ese umbral (MacPhail *et al.*, 2020b, pp. 19-20). Es interesante observar que las especies en peligro de extinción registraron mayor probabilidad de ser erróneamente identificadas (MacPhail *et al.*, 2020b, p. 20), lo cual pone de relieve la necesidad de que los programas de ciencia ciudadana se sometan a protocolos de aseguramiento de la calidad. Los autores del estudio también señalaron que el hecho de contar con nuevos materiales educativos e indicaciones o puntos de verificación adicionales en el proceso de envío de información podría ayudar a mejorar la identificación de las especies (MacPhail *et al.*, 2020b, p. 25).

Para obtener más información acerca de Bumble Bee Watch, consúltese:
<bumblebeewatch@xerces.org>.

3.3 Diseño espacial

El diseño espacial de un programa de monitoreo depende de su propósito y objetivos. La mayoría de los programas descritos en las respuestas al cuestionario recurren al muestreo estratificado u oportunista (véase el cuadro 6); sin embargo, estos diseños pueden combinarse con el muestreo aleatorio para complementar los esfuerzos y, así, permitir una inferencia estadística más robusta.

A excepción de tres programas centrados en abejorros que utilizan un diseño estratificado, los programas con este enfoque recogidos en las respuestas al cuestionario no se centran en un grupo de especies en concreto. En contraste, los resultados del estudio indican que los programas que utilizan un diseño oportunista están monitoreando una o más familias de abejas (o el género *Bombus*) en particular. Por ejemplo, un programa de monitoreo llevado a cabo en el Parque Nacional de Pinnacles, California, se valió de una red de senderos previamente establecida en el parque para recolectar especímenes e inventariar comunidades de abejas nativas. Llevado a cabo de 1996 a 1999, este ejercicio de muestreo representó la primera vez que se realizaron labores de inventariado en la región, y desde entonces las tareas de monitoreo siguen en curso. Los senderos aumentaron la capacidad inicial de monitoreo, lo que facilitó a los participantes el despliegue de métodos de recolección (Meiners *et al.*, 2019, p. 7). Otro ejemplo de diseño oportunista es un estudio de plantas que atraen a especies polinizadoras en instalaciones de gran tamaño con sistemas solares que permitieron a los investigadores utilizar el monitoreo oportunista para evaluar la composición de especies en hábitats con múltiples orientaciones. Mediante la observación de la abundancia y la diversidad de abejas nativas, entre otros polinizadores, se pudo concluir que el hecho de sembrar ciertas plantas que

resultan particularmente atractivas para especies polinizadoras mejoraba sus niveles poblacionales en una zona o sitio (Dolezal y Caldwell, 2021).

Cuadro 6. Diseños espaciales estratificados y oportunistas utilizados en programas de monitoreo de abejas nativas

Diseño espacial	Descripción	Consideraciones
Estratificado	El paisaje se divide en zonas más pequeñas de igual tamaño, en función de las clases representativas de la cubierta del suelo, y cada zona se somete a un muestreo individual.	Se utiliza para centrar la atención en áreas prioritarias, cuando el área a monitorear tiene una extensión considerable o cuando los hábitats son heterogéneos en un lugar o paisaje de muestreo (Hatfield <i>et al.</i> , 2020, p. 9). Permite a los investigadores obtener datos que representan a toda la población de múltiples especies.
Oportunista	Los lugares de muestreo se determinan en gran medida en función de la facilidad de acceso o de la elección de quien recoge los datos (tal es el caso, por ejemplo, de una persona que toma fotografías con iNaturalist o que realiza tareas de monitoreo a lo largo de una red de senderos).	Puede servir en hábitats heterogéneos, hábitats con presencia de especies diversas o cuando cierto hábitat presenta la oportunidad de monitorear un área en particular. Si se cuenta con un número suficiente de personas para realizar muestreos oportunistas y existe un indicador del esfuerzo realizado (por ejemplo, el tiempo dedicado al muestreo), es posible obtener mapas bastante fiables de distribución y tendencias poblacionales, como los de eBird.

3.4 Archivos y colecciones

En América del Norte existen archivos y colecciones de especies de abejas nativas, a los que los programas de monitoreo e inventariado pueden enviar sus especímenes para su identificación, procesamiento y almacenamiento. Aproximadamente la mitad de los programas mencionados en las respuestas al cuestionario almacenan muestras en colecciones con sede en alguno de los tres países. Algunas de estas colecciones clave tuvieron una mención destacada, por ejemplo: la Colección Nacional de Insectos Polinizadores de Estados Unidos (*US National Pollinating Insect Collection*), a cargo del Laboratorio de Abejas Nativas del USDA, en Logan, Utah; la colección de la Red de Vigilancia de Insectos Benéficos (*Beneficial Insects Surveillance Network*), en Alberta, Canadá; la Colección Abejas de El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), y la colección de la Universidad de California en Santa Cruz y Santa Bárbara.

Otro tipo de colección que merece reconocimiento por su relevancia son los archivos fotográficos, herramienta fundamental en programas que utilizan la fotografía como método de identificación de especímenes. [Bumble Bee Watch](#), la iniciativa Inventariado y Monitoreo de Abejas del Servicio de Estudios Geológicos de Estados Unidos ([USGS Bee Inventory and](#)

[Monitoring](#)) e [iNaturalist](#) figuran entre los ejemplos de plataformas a las que los participantes pueden enviar fotografías para su verificación por especialistas.

3.5 Monitoreo de hábitats, funciones de los ecosistemas y otros parámetros

La salud de las especies de abejas nativas de América del Norte depende en gran medida de la salud del ecosistema circundante; las interacciones entre las diferentes especies y plantas floríferas de las que se alimentan; múltiples factores abióticos, y la presencia de depredadores, competencia y enfermedades (Gezon *et al.*, 2015). En 22 de las respuestas al cuestionario, la polinización se mencionó como una de las funciones del ecosistema objeto de monitoreo en el programa en cuestión; asimismo, tres de los programas monitorean además la competencia. El hecho de dar prioridad al monitoreo no solamente de las poblaciones de abejas nativas, sino también de las especies vegetales asociadas y los factores ambientales determinantes puede mejorar considerablemente la calidad de los datos recolectados y ofrecer una mejor comprensión de las causas que motivan las tendencias poblacionales (CINAT UNA, 2021, p. 64).

Otros factores que los programas de monitoreo de abejas nativas investigan son los hábitats de alimentación y anidación; el impacto que el uso de plaguicidas tiene en ellas; los patógenos y parásitos que las afectan, y la genética. Al establecer las tendencias poblacionales para una especie de abeja nativa en una zona determinada, también resulta esencial vigilar las tendencias de los patrones meteorológicos, el crecimiento de la vegetación y la calidad del suelo a lo largo del tiempo (McKnight *et al.*, 2018, p. 84), ya que estos factores son los principales determinantes del estado de salud de una población, y con los cada vez más prominentes efectos del cambio climático, el paisaje mismo registrará cambios más y más significativos. En determinadas áreas geográficas, el cambio climático puede incidir de manera más marcada en la presencia y abundancia de especies autóctonas; por consiguiente, estudiar los ecosistemas más sensibles a las alteraciones climáticas reviste especial importancia con vistas a recolectar datos sobre las poblaciones antes de que se produzcan modificaciones sustanciales. Un ejemplo es la investigación de Whipple *et al.* (2022), cuyo objetivo consistió en determinar qué efectos del cambio climático afectan en mayor medida a los polinizadores en los ecosistemas de gran altitud de los parques nacionales de Yellowstone y Grand Teton. Para llevar a cabo el estudio se crearon dos equipos: uno a cargo de evaluar datos históricos sobre las condiciones climáticas y otro responsable de estudiar colecciones de historia natural y datos sobre plantas y polinizadores obtenidos en ambas áreas protegidas (Whipple *et al.*, 2022, p. 1). Empezar un estudio teniendo en cuenta la importancia de recolectar datos sobre múltiples factores además de registrar la presencia y abundancia de los especímenes, permitirá generar resultados de mayor calidad y ayudará a los investigadores a determinar en forma más precisa los recursos necesarios para aplicar con éxito el programa.

Los programas diseñados para proteger o conservar una población de abejas nativas en un entorno agrícola o de producción ganadera suelen recurrir a lo que se ha denominado “pastizales regenerativos benéficos para las abejas”, con la aplicación de principios de como esperar a que la época de floración tenga lugar antes de permitir que el ganado padezca en una zona determinada y cuidar la biodiversidad subterránea —hongos, lombrices y bacterias—, a efecto de mantener la salud del suelo y los ecosistemas. Un suelo de mejor calidad y una mayor densidad de nutrientes aumentan la diversidad de microbios en el polen, lo que beneficia la salud de los polinizadores y la biodiversidad en general del medio ambiente (Red Laird, 2020). Kremen *et al.* (2002) y Landaverde González *et al.* (2017) evaluaron los efectos de diversos paisajes en las abejas

nativas, prestando atención a las interacciones entre flores e insectos y al comportamiento de las poblaciones en diferentes ecosistemas. En el caso de las poblaciones amenazadas, la adición de fuentes de agua y recursos de flora nativa en el hábitat supone una solución natural para aumentar la diversidad y la riqueza de especies de abejas nativas (Dibble *et al.*, 2018, p. 17).

Ecologistas y especialistas en botánica que colaboran con entomólogos aportan conocimientos sobre especies vegetales autóctonas y las relaciones entre polinizadores y plantas. La inclusión de conocimiento especializado en vegetación nativa puede llenar lagunas y ayudar investigadores y programas enteros en la identificación de tendencias hasta el momento desconocidas, pero que servirán de referencia. Tales datos también sirven para dar indicios sobre las especies de abejas y abejorros que pueden estar presentes en hábitats con determinada flora, cuando no se dispone de especialistas en taxonomía que las identifiquen inmediatamente. La recolección de datos complementarios a los de la especie estudiada ayuda a determinar con precisión los motivos por los que población puede encontrarse en declive (Hopwood *et al.*, 2015, p. 11; Dibble *et al.*, 2018, p. 17).

El monitoreo del mayor número posible de funciones de los ecosistemas también ayudará a los investigadores a obtener una panorámica completa de la desviación o el descenso poblacional de una especie. Si un programa establece datos y tendencias que muestren las causas de los cambios poblacionales, podrán emprenderse acciones de conservación dirigidas.

Monitoreo de poblaciones de abejas nativas como indicadores de cambios ambientales de mayor alcance

El impacto antropogénico derivado de actividades como la deforestación y el desarrollo industrial ha provocado una muy grave pérdida de hábitat para las abejas y exacerbado los efectos del cambio climático. Ante el desconocimiento de muchos rasgos del ciclo biológico de las especies de abejas nativas y de sus relaciones o asociaciones específicas con la vegetación local, resulta cada vez más importante priorizar tal interacción con el hábitat en las actividades de monitoreo (Dibble *et al.*, 2018, p. 21). La agricultura es la principal responsable de la deforestación en el mundo y una de las mayores causas de pérdida de biodiversidad; sin embargo, se ha vuelto también uno de los principales elementos de motivación para monitorear las abejas nativas en América del Norte, y también para implementar acciones de conservación o restauración en favor de los polinizadores (Briggs y Brosi, 2013, p. 1210). Numerosas especies de abejas nativas son especialistas, en el sentido de que sólo utilizan recursos de un tipo específico de planta o cultivo agrícola, lo que aumenta su sensibilidad a los cambios en el entorno circundante (Schindler *et al.*, 2013, pp. 54-55; Dibble *et al.*, 2018, p. 4). Los datos que permiten establecer tendencias a largo plazo respecto de la estructura cambiante de las comunidades de abejas presentes en sistemas agrícolas ya establecidos son en gran medida deficientes, pero la realización de evaluaciones de impacto ambiental en el paisaje con anterioridad al inicio de actividades productivas puede facilitar el uso de las poblaciones de abejas nativas para indicar cambios ambientales significativos (Schindler *et al.*, 2013, p. 63).

Estudios sobre diversos tipos de perturbación agrícola

En el sur de Chiapas, México, un equipo de investigadores se dio a la tarea de examinar la relación entre los cultivos de café y las comunidades locales de abejas euglosinas, empleando

trampas McPhail con cebo y redes entomológicas de mano como técnicas de captura. Los resultados mostraron que los sistemas agrícolas, como las plantaciones cafetaleras, tienen un considerable impacto perjudicial en la abundancia y la diversidad de las comunidades de euglosinas, y que si se utiliza un método de policultivo en futuros sistemas de gestión agrícola se puede combatir la pérdida de especies (Briggs y Brosi, 2013, pp. 1211-1215).

En las Grandes Llanuras septentrionales de Dakota del Norte, Estados Unidos, la abundancia y diversidad de las abejas silvestres y la producción de miel mostraron una correlación positiva en paisajes con diversos índices de recursos florales y perturbaciones agrícolas, lo que significa que los lugares con colonias de abejas melíferas prósperas también sustentan a las abejas autóctonas. Se demostró, asimismo, que los cultivos que no proporcionan recursos de néctar y polen suficientes para las abejas afectan negativamente la diversidad en su conjunto. Los datos sugieren que las iniciativas de conservación que procuran identificar y mantener los paisajes que —en tanto fuentes de polen y néctar— mejor sustentan a los polinizadores, tienen un efecto directo en la preservación de los hábitats de los que dependen las abejas y sus poblaciones, mismos que, de otro modo, resultarían afectadas por la intensificación de la agricultura (Evans *et al.*, 2018, p. 162; Kremen *et al.*, 2002, p. 16816).

En la península de Yucatán, México, se estudió el efecto que la práctica agrícola tradicional denominada “sistema de milpa” tiene en los servicios de polinización prestados por abejas halictidas en 37 parcelas de producción de chile, ubicadas en tierras con distintos grados de deforestación o pérdida de selva. El sistema de milpa tradicional intercala el cultivo de maíz con otras plantas, y utiliza el método de roza, tumba y quema para preparar la tierra. El análisis de muestras obtenidas con platos trampa y directamente de las plantas de chile en floración reveló que la riqueza y la diversidad de especies en general aumentaba en parcelas circundadas por una mayor cubierta forestal; sin embargo, se observó también que la abundancia de halictidas aumentaba en los campos de chile rodeados con mayor proporción de agricultura de milpa de baja intensidad. Aunque la agricultura en milpa puede resultar beneficiosa para las poblaciones de abejas sudoríparas que anidan en el suelo, puede que no sea el caso de todos los demás cultivos floríferos. Más aún, debe tenerse en cuenta que el hábitat natural probablemente sea el único entorno que contiene y sustenta recursos suficientes para los polinizadores (Landaverde González *et al.*, 2017, pp. 1814-1816 y 1822).

Recomendaciones para determinar las tendencias de los taxones nativos afectados por un entorno en constante cambio

- Concentrar esfuerzos y recursos en estudios que recojan datos sobre la relación entre los polinizadores y la vegetación de un lugar, con especial atención en las interacciones entre las abejas nativas y las plantas o cultivos de importancia económica (Allen Wardell *et al.*, 1998, p. 11).
- Destinar más recursos al estudio de las características del ciclo vital de las abejas nativas, incluidas sus fuentes de energía (polen y néctar) y su papel ecológico en la polinización (Allen-Wardell *et al.*, 1998, p. 11).
- Inventariar e identificar la vegetación autóctona y también las plantas alóctonas (no-nativas) presentes en un lugar determinado, cartografiando las zonas de diversidad floral existentes y los recursos disponibles para los polinizadores nativos (Hopwood *et al.*, 2015, p. 13).
- Mantener áreas forestales en las inmediaciones de los campos de cultivo con miras a preservar la diversidad y satisfacer las necesidades de hábitat de las especies polinizadoras (Landaverde González *et al.*, 2017, p. 1822).

3.6 Estándares para el manejo de datos

Poner los datos obtenidos mediante programas de monitoreo de abejas nativas a disposición de la comunidad científica en general supone una forma de ampliar el impacto de un programa, lo que a su vez puede potenciarse si se utilizan estándares ampliamente aceptados para la recopilación y el manejo de los datos. Si bien la mayoría de los programas recogidos en las respuestas al cuestionario consideran que su información es de libre acceso o bien la ponen a disposición pública al publicar los resultados, lo cierto es que actualmente no existe un estándar único sobre cómo deben recolectarse, organizarse y mantenerse los datos. Como se indica en el apartado 2.5, casi todos los programas de monitoreo de abejas nativas en América del Norte utilizan hoy en día sus propias normas institucionales.⁸ Una más amplia integración de estos datos tendría el potencial de informar a propietarios o administradores de tierras y responsables de la formulación de políticas, contribuyendo a una mejor comprensión de los cambios registrados en las poblaciones de abejas nativas, así como de los efectos que en éstas tienen el uso del suelo y el cambio climático, por un lado, y las acciones de conservación, por el otro. Sin embargo, este potencial se ve limitado por la imposibilidad o gran dificultad de combinar los datos recolectados (Wieczorek *et al.*, 2011, p. 6). El hecho de estandarizar los inventarios y labores de monitoreo de abejas y abejorros permitiría, sobre todo en los casos de iniciativas o actividades plurianuales, comparar datos e identificar prácticas de gestión convenientes para la conservación de la salud de los polinizadores en ecosistemas similares. La Sociedad Xerces para la Conservación de Invertebrados (*Xerces Society for Invertebrate Conservation*) es un ejemplo de organización que facilita el uso de datos mediante la publicación de guías detalladas para la evaluación, observación, identificación, monitoreo y recuperación de especies polinizadoras, así como la restauración de su hábitat en una multitud de paisajes (Arapahoe County Extension, 2023; Mader *et al.*, 2010; Minnerath *et al.*, 2014; McKnight *et al.*, 2018; Ullmann *et al.*, 2008; Vaughan *et al.*, 2015; Ward *et al.*, 2014). Por su parte, la Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas (*National Native Bee Monitoring Research Coordination Network*, RCN) de Estados Unidos está trabajando para crear una plataforma nacional que facilite la armonización y el intercambio de datos entre distintas regiones estadounidenses (Woodward *et al.*, 2020).

El intercambio de datos es una opción deseable; con todo, es importante tomar en cuenta algunas consideraciones sobre aspectos que —en sus respuestas al cuestionario— los especialistas señalaron como relevantes:

1. *Protección de especies o lugares sensibles o vulnerables.* A fin de evitar posibles daños ulteriores, algunos programas o iniciativas ocultan la ubicación exacta donde se recogieron los datos cuando se trata de especies sensibles o hábitats particularmente frágiles.
2. *Estado de los datos.* La publicación de datos sin procesar ni revisar, de conjuntos de datos incompletos o bien de datos que no vayan acompañados de los metadatos correspondientes puede dar lugar a interpretaciones erróneas.
3. *Datos recabados en propiedad privada.* Es posible que tales datos queden sujetos a disposiciones establecidas en un convenio concertado con el titular de la propiedad, entre las que pueden figurar restricciones relativas a su divulgación. Una opción puede consistir

⁸ Durante el taller de la CCA, realizado en 2022, los participantes identificaron como una prioridad futura la formulación de mejores prácticas en relación con los estándares de datos. También es importante señalar que, si bien los estándares pueden variar de una institución a otra, lo cierto es que algunas iniciativas cubren múltiples y diversos lugares de monitoreo.

en ocultar la ubicación exacta en la que se recogieron los datos, pero ello deberá indicarse explícitamente en los metadatos.

4. *Acopio de datos en territorio indígena o con uso del conocimiento tradicional.* Deben respetarse los acuerdos establecidos con gobiernos u organizaciones indígenas en materia de intercambio y uso de datos cuando éstos se recojan en territorios indígenas o habiendo utilizado conocimientos indígenas.

Los programas de monitoreo que no cuentan con estándares propios para la recolección y registro de datos probablemente utilizan el estándar Darwin Core (DwC). Junto con el estándar Plinian Core (PliC) —descrito más adelante—, el DwC fue creado por una organización sin ánimo de lucro, Biodiversity Information Standards,⁹ con el propósito de unificar una amplia gama de datos sobre biodiversidad mediante el uso de terminología y formatos de archivo comunes. De nuevo, es importante insistir en que contar con una estructura y una terminología unificadas facilita el análisis de los datos entre distintos programas.

Las categorías terminológicas del estándar Darwin Core (resumidas en el cuadro 7), se centran en los taxones, la presencia y la abundancia.

Cuadro 7. Resumen por categorías de los términos utilizados en el estándar Darwin Core genérico y simple

Elementos de registro	Términos, instituciones, colecciones y carácter del registro de datos utilizados en el estándar Dublin Core	Estándar Darwin Core simple (elementos básicos)
Registro biológico (presencia)	Prueba de la presencia de la especie en la naturaleza, observadores, comportamiento, medio asociados, referencias	
Evento	Protocolos y métodos del muestreo, junto con la fecha, la hora y notas de campo	
Ubicación	Geografía, descripción de la localidad y datos espaciales	
Identificación	Vínculo entre el taxón y la presencia (registro biológico)	
Taxón	Nombres científicos y vulgares, usos de los nombres, conceptos taxonómicos y la relación entre sí	
Contexto geológico	Tiempo geológico, cronoestratigrafía, bioestratigrafía, litoestratigrafía	
Relación del recurso	Relaciones explícitas entre los recursos identificados (por ejemplo, un organismo con otro o un taxón con un lugar)	Darwin Core genérico (elementos relacionales)
Medidas o hechos	Indicadores, datos, características, afirmaciones, referencias	

Fuente: Wicczorek *et al.*, 2011, p. 3.

⁹ El nombre original de la organización era Grupo de Trabajo sobre Bases de Datos Taxonómicas (*Taxonomic Databases Working Group*, TDWG). Puede obtenerse más información al respecto en: <www.tdwg.org>.

El estándar Darwin Core puede expandirse a efecto de incluir interacciones entre los polinizadores y la vegetación utilizando un conjunto de 48 términos y un modelo formulado para promover la interoperabilidad general de los datos sobre polinizadores, en diferentes escalas

El Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (*Global Biodiversity Information Facility*, GBIF), que se refiere al estándar Darwin Core como “un marco estable, sencillo y flexible para recabar datos sobre biodiversidad procedentes de fuentes variadas y variables”, ofrece información sobre cómo empezar en: www.gbif.org/darwin-core.

temporales y geográficas. Estas nuevas adiciones al DwC, publicadas en 2022, incluyen términos y definiciones que un equipo de especialistas acotó a partir de cientos de ejemplos ya en uso, mismos que, al ser adoptados por programas de monitoreo, facilitarán el intercambio de datos y ayudarán a subsanar las lagunas en el conocimiento sobre dichas interacciones (Salim *et al.*, 2022, p. 2).

Cabe señalar también que el uso del estándar Darwin Core en sí no requiere que las personas

encargadas de recabar los datos necesariamente cuenten con conocimientos expertos adicionales: el DwC se limita a definir la estructura y terminología utilizadas. Dos ejemplos extraídos de los resultados del cuestionario en los que voluntarios capacitados recaban datos utilizando los términos y la estructura del estándar DwC son la iniciativa Atlas de Abejas de Oregón (*Oregon Bee Atlas*) y el Programa de Monitoreo de Abejas de Pensilvania (*Pennsylvania Bee Monitoring Program*).

Por otra parte, el estándar Plinian Core (PliC) también proporciona una terminología común y un marco para la recopilación y el manejo de datos biológicos que guardan consonancia con el estándar Darwin Core, pero además incluye conceptos “legales, de conservación y de gestión” (Pando, 2018, p. 1). El programa Shutterbee de la Universidad de San Luis es el único programa mencionado en las respuestas al cuestionario que actualmente utiliza el PliC como estándar de datos.

Preparación y coordinación de una iniciativa de alcance nacional

Biólogos, educadores y actores, colaboradores y profesionales de la conservación han unido esfuerzos para crear la Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas ([National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, RCN](#)) de Estados Unidos, proyecto de colaboración encaminado a definir e implementar un plan nacional estadounidense de monitoreo de abejas nativas “para agilizar y estandarizar las actividades de monitoreo en curso, con el fin de fomentar un mejor aprovechamiento de los datos sobre abejas nativas que recopilamos” (RCN, 2022). Coordinada por un pequeño equipo de especialistas, la RCN propicia la participación del gobierno federal y autoridades locales estadounidenses, así como de voluntarios que colaboran en iniciativas de ciencia comunitaria, agricultores, universidades, sistemas de extensión cooperativa, el sector privado y organizaciones conservacionistas (Woodard *et al.*, 2020, p. 4), y sirve como “repositorio central de información y conexión, donde se comparten protocolos, proveedores, especialistas en taxonomía, oportunidades de capacitación y financiamiento, y mucho más” (RCN, 2022).

La RCN ha determinado que un programa nacional de monitoreo de abejas nativas deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- ser rentable (“costo-efectivo”) y estar bien diseñado;
- reunir los datos necesarios para fundamentar las decisiones en materia de conservación;
- tener en cuenta perspectivas diversas;
- aprovechar las iniciativas e infraestructuras disponibles, y
- formularse como resultado de un proceso gradual, incorporando ideas e información de la comunidad en general (Woodard, 2021, presentación).

Se han identificado cuatro áreas de acción para coordinar dicho empeño (Woodard *et al.*, 2020, pp. 3-4):

1. Definir el alcance, los objetivos y el costo de una iniciativa de monitoreo de alcance nacional.
2. Perfeccionar y respaldar la capacidad nacional en materia de taxonomía y sistemática aplicables a las abejas.
3. Recabar y catalogar los datos de manera que se garanticen su accesibilidad y sostenibilidad.
4. Determinar las áreas geográficas prioritarias para el monitoreo a partir de una serie de criterios de decisión que prevean la participación de los grupos de interés.

En 2021 y 2022, la RCN reunió a cientos de investigadores, especialistas y practicantes de la conservación en una [serie de talleres](#) orientados a fomentar el debate y la movilización de recursos y esfuerzos. La hoja de ruta de estos talleres incluye la recopilación de perspectivas y la evaluación de las iniciativas y capacidades en marcha que podrían conducir a la futura implementación de un plan nacional. La RCN está demostrando que con capacidad de coordinación y la participación de especialistas se puede aprovechar el asesoramiento experto, desarrollar capacidades y elaborar un programa nacional que incorpore cientos de actividades diversas a diferentes escalas. Sin un esfuerzo nacional de este tipo, la capacidad de recabar datos, generar información sobre el estado y las tendencias poblacionales, identificar los factores impulsores y orientar o evaluar las acciones de conservación, se vería obstaculizada (Woodard *et al.*, 2020, p. 2)

3.7 Tecnologías de vanguardia

Diversas soluciones innovadoras se están formulando actualmente para hacer frente a algunos de los desafíos inherentes al monitoreo de abejas nativas.¹⁰ Entre los métodos y herramientas tecnológicas de reciente aparición figuran los siguientes:

- **Métodos moleculares (identificación mediante códigos de barras genéticos).** La metacodificación de barras del ADN facilita el procesamiento de un gran número de muestras y especies a la vez y resulta más eficaz en términos de tiempo y costos que el monitoreo tradicional (Van Klink *et al.*, 2022, p. 877). Más aún, es posible utilizar fragmentos de ADN encontrados en muestras tomadas del entorno (ADN ambiental; en inglés: eDNA), como el agua, el suelo y el aire, y luego, con el uso de ARN ambiental (eRNA, por sus siglas en inglés), distinguir con mayor precisión los individuos vivos de los muertos (Van Klink *et al.*, 2022, p. 879). La secuenciación del ARN aporta también información sobre las capacidades metabólicas y la expresión génica en el momento del muestreo (Van Klink *et al.*, 2022, p. 879). Los resultados de la metacodificación de barras

¹⁰ Los desafíos, reconocidos en la literatura científica, se abordaron durante el taller de la CCA y se presentan en el correspondiente resumen (apéndice A) de este informe. Tal y como se expone ahí, el muestreo de abejas nativas puede ser un proceso que exige mucho tiempo y recursos, y a menudo resulta letal para los especímenes capturados (Van Klink *et al.*, 2022, p. 872). La localización de los nidos es un aspecto que se omite con facilidad (Liczner *et al.*, 2021, p. 2; Lye *et al.*, 2012, p. 697). Una vez recogidos, los especímenes deben limpiarse, fijarse con alfileres, etiquetarse y enviarse a especialistas en taxonomía, a efecto de realizar una identificación precisa; sin embargo, tales especialistas escasean y con frecuencia tienen una carga de trabajo excesiva (taller de la CCA, 2022). A continuación, los especímenes se registran en bases de datos, proceso que es caro, conlleva mucho tiempo y retarda los avances de la investigación (Spiesman *et al.*, 2021, p.1; van Klink *et al.*, 2022, p. 872). A mayor escala, "el monitoreo tradicional no puede proporcionar ni siquiera un conocimiento básico del estado de la mayoría de las especies de insectos en muchos de los lugares sometidos a estudio" (Van Klink *et al.*, 2022, p. 872).

de ADN y ARN deben vincularse cartográficamente con bases de datos de referencia, como el sistema internacional BOLD (Sistema de Datos del Código de Barras Genético de la Vida; en inglés: *Barcode of Life Data System*) o el banco de datos GenBank, a fin de establecer una conexión con el conocimiento de las especies existentes (Van Klink *et al.*, 2022, p. 880).

- **Visión por computadora: desarrollo de algoritmos para identificar abejas y abejorros a partir de fotografías.**

La tecnología de visión computacional es capaz de reconocer insectos en fotografías y proporcionar información sobre su identificación taxonómica, presencia, abundancia, tamaño individual, biomasa, movimiento e interacción con otras especies (Van Klink *et al.*, 2022, p. 873; Høye *et al.*, 2020, p. 2). Las tasas de precisión a escala de especie llegan a superar el 90 por ciento para algunos taxones de insectos, pero dependen en gran medida del tamaño del grupo taxonómico y de la similitud morfológica de las especies que lo integran, y en algunos contextos únicamente se logra la identificación a escala de género o incluso de familia (Van Klink *et al.*, 2022, p. 874). Los portales de ciencia ciudadana como iNaturalist y Google Lens facilitan la identificación automatizada; sin embargo, estas aplicaciones aún no son lo suficientemente precisas para la investigación que requiere la identificación por especie (Spiesman *et al.*, 2021, p. 2). En un estudio realizado en 2021, Spiesman *et al.* compararon la precisión y la velocidad de cuatro modelos de clasificación de redes neuronales convolucionales para identificar 36 especies de abejorros de América del Norte y descubrieron que el modelo Inception V3 ofrecía un buen equilibrio entre ambos elementos (rapidez y precisión).

- **Monitoreo acústico: algoritmos para identificar abejas y abejorros a partir de grabaciones de audio.** El monitoreo acústico utiliza sensores para recabar información sonora que luego se combina con algoritmos de aprendizaje automático a efecto de identificar las especies presentes (Van Klink *et al.*, 2022, p. 874). Este método ofrece la posibilidad de realizar observaciones en tiempo real a grandes distancias y en zonas remotas (Miller Struttmann *et al.*, 2017, p. 8). Además, aporta información sobre el comportamiento, la fenología, las funciones ecológicas y el cortejo (Van Klink *et al.*, 2022, p. 875). Miller-Struttmann *et al.* (2017) probaron la eficacia de esta técnica para monitorizar el comportamiento de abejorros y los servicios de polinización que brindan, y descubrieron que la densidad del zumbido de vuelo registrado permitía predecir el éxito reproductivo de las flores silvestres. Los investigadores concluyeron que los sonidos del vuelo de los abejorros sirven para monitorear su actividad y, con ello, la polinización de

Beenome100

En 2022, el Servicio de Investigaciones Agrícolas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos puso en marcha el proyecto “Beenome100”, con el propósito de mapear los genomas de cuando menos un centenar de especies de abejas, lo que a su vez permitirá captar la diversidad de las abejas y abejorros en Estados Unidos, con representación de cada uno de los principales grupos taxonómicos de estos polinizadores. Una vez que se tiene la secuenciación completa de un genoma, los datos se ponen a disposición del público para que la comunidad científica trabaje en la vinculación de funciones a genes específicos.

Los datos están alojados en la plataforma en línea [i5k Workspace@NAL](mailto:i5k.Workspace@NAL), de la Biblioteca Nacional de Agricultura (*National Agricultural Library*, NAL) del Servicio de Investigaciones Agrícolas del USDA, que permite a científicos de diversas organizaciones trabajar de forma conjunta en tareas de bioinformática.

Fuente: [Agricultural Research Service, USDA](#) [Servicio de Investigaciones Agrícolas, Departamento de Agricultura de Estados Unidos].

las plantas que los atraen, lo cual permitirá generar información en tiempo real de utilidad para los agricultores (Miller-Struttman *et al.*, 2017, p. 10)

- **Radar.** El monitoreo por radar utiliza ondas de radio para detectar insectos en el espacio aéreo. Este método aporta información detallada sobre la forma, el tamaño, la velocidad, la trayectoria e incluso la frecuencia del aleteo de los insectos voladores (Van Klink *et al.*, 2022, p. 876) e incluye el uso de tecnología LiDAR (para la detección y localización por ondas luminosas [telemetría de luz]), que permite detectar insectos mucho más cerca del suelo, si bien su aplicación en el campo de la entomología es aún muy reciente (Van Klink *et al.*, 2022, p. 877). Los radares de polarización vertical (*vertical-looking radars*, VLR) ofrecen no solamente datos a escala local, sino también estimaciones de biomasa, forma y orientación del cuerpo, y dirección y velocidad del vuelo. “Sin embargo, los datos de los VLR proporcionan poca información sobre la estructura de la comunidad, además de que para lograr una identificación concluyente de las especies en cuestión se precisa de la captura de ejemplares con trampas de mano” (Høye *et al.*, 2020, p. 2).
- **Perros de detección.** Los perros se han utilizado en una gran variedad de programas de conservación, incluidos estudios recientes en los que se ha evaluado su capacidad para localizar nidos subterráneos de abejorros que pueden resultar difíciles de encontrar. En 2019, investigadores de la Universidad de York se asociaron con la organización Working Dogs for Conservation para adiestrar a perros en la detección de nidos de abejorros y luego poner a prueba dichas capacidades en el campo, en lugares del sur de Ontario. Aunque durante el entrenamiento los perros pudieron localizar nidos a una distancia de hasta 15 m, en la prueba en el campo tuvieron que acercarse mucho más (menos de un metro), lo que llevó a los investigadores a concluir que convendría que los perros tuvieran exposición *in situ* a los nidos silvestres; sin embargo, éstos siguen siendo difíciles de encontrar para los seres humanos (Liczner *et al.*, 2021, p. 10). Aunque este método parece prometedor para la localización de nidos silvestres, por el momento existen muchas restricciones prácticas que limitan su práctica como método viable de monitoreo (Liczner *et al.*, 2021, pp. 10-13), razón por la cual es preciso seguir trabajando con miras a reducir dichas limitaciones (Liczner *et al.*, 2021, p. 13).

BeeMachine: uso de imágenes por computadora para identificar abejas

[BeeMachine](#) es un sitio web al que los usuarios pueden subir imágenes de abejorros y recibir las tres mejores predicciones de identificación de especies, con indicación de la especie más probable y un porcentaje de confianza asignado a cada predicción.

BeeMachine:

- reconoce actualmente más de un centenar de especies de *Bombus*;
- se basa en más de 313,000 imágenes;
- tiene una precisión promedio de 93.7 por ciento (la cual varía dependiendo de la especie, el grado de variabilidad morfológica y el número de imágenes “de entrenamiento”);
- funciona como aplicación móvil fácil de usar, con capacidad de recibir videos cortos y varias imágenes a la vez, y
- actualiza su modelo de clasificación para aumentar la precisión e incluir una cada vez mayor cantidad de especies en más regiones del mundo.

BeeMachine se basa en el trabajo realizado por Spiesman *et al.* (2021) y acepta imágenes por parte de los usuarios para contribuir a perfeccionar el sistema.

Aunque cada nuevo avance conlleva sus propios aciertos y limitaciones (véase el cuadro 8), algunos de los cuales requieren más trabajo para su plena comprensión, lo cierto es que la adopción de nuevos procedimientos entraña gran potencial para ampliar la cobertura espacial, temporal y taxonómica del monitoreo de abejas nativas. Como ocurre con los principales métodos actualmente en uso (descritos en el apartado 3.1), algunos de los métodos novedosos y de reciente aparición también pueden servir mejor a algunos grupos de especies que a otros. Por ejemplo, la necesidad de contar con vastos conjuntos de datos de entrada para entrenar a las máquinas a aprender a reconocer las imágenes cuando se aplica la tecnología de visión computacional significa que la identificación de especies se realizará con mayor precisión si se dispone de aportaciones prácticas que incluyan las especies fotografiadas o registradas con frecuencia, como las del género *Bombus*.

Cuadro 8. Limitaciones prevalecientes de los métodos tecnológicos emergentes relacionados con las tareas de monitoreo de abejas nativas

Tipo de tecnología	Desafíos en su utilización
Métodos moleculares	<ul style="list-style-type: none"> • Dependen de mano de obra humana para obtener las muestras (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 877). • Presentan limitaciones por cuanto a brindar estimaciones precisas de abundancia o biomasa, toda vez que las cantidades de ADN necesarias y la posibilidad de extraerlo varían de un taxón a otro (Høye <i>et al.</i>, 2020, p. 7). • Esta misma variación de un taxón a otro da lugar a que algunas especies no se detecten a pesar de estar presentes (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, pp. 879-880). • Los marcadores genéticos habitualmente utilizados —como los que se emplean para detectar himenópteros— a veces fallan (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 880). • Los errores de secuenciación, las identificaciones inexactas y las especies omitidas pueden ocasionar clasificaciones erróneas al utilizar bases de datos de referencia (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 880).
Visión por computadora	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere una gran cantidad de datos “de entrenamiento” para establecer los algoritmos, aunque esto podría optimizarse con un mayor suministro de datos de alta calidad en las etapas iniciales de “entrenamiento” de los sistemas (Spiesman <i>et al.</i>, 2021, p. 8; Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 874). • El consumo de energía o electricidad derivado del uso de cámaras y la transferencia de datos asociada es relativamente elevado, lo cual podría mitigarse con el uso de energías renovables y computación distribuida (frontera o en proceso perimetral), o bien cuando el procesamiento se realiza en el mismo dispositivo utilizado para la recolección de datos (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 874). • Las especies no descritas resultan difíciles de identificar (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 874), lo que podría solucionarse con una clasificación de código abierto, en cuyo caso la máquina podría rechazar la identificación de un espécimen basándose en la falta de información, en lugar de identificarlo incorrectamente (Roady <i>et al.</i>, 2020, pp. 15-16).

Monitoreo acústico	<ul style="list-style-type: none"> • La identificación de especies se limitará al tamaño de las bibliotecas de referencia, aunque éstas podrían ampliarse y robustecerse con ayuda de la ciencia ciudadana (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 875). • Es necesario comprender mejor los factores que facilitan o contribuyen a la detección de los sonidos de los insectos (equipo y condiciones ambientales, entre otros) (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 875).
Radar	<ul style="list-style-type: none"> • Se necesitan algoritmos más sofisticados para filtrar los especímenes objetivo de otras partículas, así como para tener en cuenta las superficies reflectantes de los insectos (Van Klink <i>et al.</i>, 2022, p. 877). • Se requiere una trayectoria de línea visual para el radar local (Høye <i>et al.</i>, 2020, pp. 2-3).
Perros de detección	<ul style="list-style-type: none"> • Los perros se benefician del adiestramiento con nidos naturales de abejorros, pero persiste la dificultad para encontrarlos (Liczner <i>et al.</i>, 2021, pp. 10-11). • Confirmar el hallazgo de un nido (gracias a la presencia de abejorros residentes) a tiempo para retroalimentar al perro supone todo un desafío (Liczner <i>et al.</i>, 2021, pp. 11-12). • El diseño y los objetivos de los estudios se limitan a realidades inherentes al trabajo con perros, como la fatiga y la capacidad variable de los distintos individuos (Liczner <i>et al.</i>, 2021, pp. 12-13).

Exploración de la conservación a partir del uso de un grupo de especies —las abejas sin aguijón— en México

En un contexto en que la conservación de las abejas nativas suele centrarse en cuestiones de manejo externas, como el uso del suelo o la aplicación de plaguicidas, la revitalización de la meliponicultura (cría de abejas sin aguijón) brinda una excelente oportunidad no solamente de conservar, sino también de comprender mejor este grupo de especies de abejas nativas de gran importancia cultural. Las abejas meliponas producen miel, polen, cera y resina con múltiples usos alimentarios, artísticos y médicos, incluido el tratamiento de diversas enfermedades y dolencias (González Acereto *et al.*, 2018, p. 261; Reyes González *et al.*, 2020, p. 3). De ahí que la meliponicultura esté ganando más y más popularidad. No obstante, el que productores inexpertos adopten prácticas —como el traslado de colonias— que propicien la propagación de enfermedades y se traduzcan en mayores probabilidades de fracaso de las colonias resulta preocupante (Quezada Euán, 2018, pp. 259 y 262).

Investigación de prácticas apícolas como medio de conservación de las abejas sin aguijón

Si bien el resurgimiento de la meliponicultura comenzó en la década de 1980 (González Acereto *et al.*, 2006, p. 238; Quezada Euán *et al.*, 2018, p. 259), los trabajos de investigación empezaron a centrarse en esta actividad a partir del año 2000. Basándose en gran medida en conocimientos locales recogidos en entrevistas, los estudios han dado lugar a diseños específicos de apiario para cada especie; recomendaciones por cuanto a formación o capacitación en métodos para reducir la recolección de ejemplares silvestres (González Acereto *et al.*, 2006, pp. 234-238); un cada vez mejor conocimiento de las prácticas y costumbres comunes, así como del lenguaje relacionado con los procesos apícolas; la identificación de 110 especies de plantas consideradas recursos alimenticios importantes para las abejas sin aguijón, y el reconocimiento del impacto que la expansión de los monocultivos tiene en estas abejas (y otros insectos polinizadores) (Simms *et al.*, 2022, pp. 717-727). La investigación también ha dado lugar a la formulación de estrategias de rescate de colmenas en peligro por la destrucción del hábitat. Un grupo de productores participantes en un proyecto de meliponicultura creó el grupo Meliponicultores Michoacanos del Balsas, dedicado a compartir conocimientos y mejores prácticas para las estrategias de conservación en torno a la meliponicultura en la región de la cuenca del río Balsas (Reyes González *et al.*, 2016, pp. 208-218).

Ejemplos de prácticas idóneas para contribuir a la meliponicultura

- Rastrear y evaluar de forma sistemática el número y la ubicación de los proyectos de meliponicultura, las colonias, la taxonomía de las especies, la genética y los resultados (Quezada Euán *et al.*, 2022, p. 22).
- Validar la información científica y ponerla a disposición —para consulta— en plataformas con revisión de pares, valiéndose del apoyo de manuales prácticos y accesibles para los productores (Quezada Euán *et al.*, 2022, pp. 22-23).
- Establecer redes cooperativas de apicultores con apoyo académico y gubernamental, e impartir cursos con materiales de pertinencia cultural y a cargo de instructores certificados que abarquen y respeten el conocimiento ecológico local, y proporcionar apoyo de seguimiento (Quezada Euán, 2018, pp. 261-264).
- Considerar las distribuciones biogeográficas naturales de las numerosas especies y géneros que conforman la tribu de las meliponas (*Meliponini*), de las cuales 46 especies se encuentran en México; aumentar el apoyo local para detener el traslado de colonias entre regiones, y realizar inspecciones sanitarias de rutina (Quezada Euán, 2018, pp. 261-265; Quezada Euán *et al.*, 2022, pp. 26-27).

- Proponer colmenares de caja como alternativa a los troncos huecos, y diseñar estos apiarios en función de las necesidades propias de cada especie, al tiempo que se conciben métodos para controlar plagas y parásitos (Quezada Euán, 2018, p. 260).
- Seguir explorando el uso de abejas sin aguijón para la polinización de cultivos y establecer certificaciones que garanticen la integridad de los productos obtenidos de la meliponicultura (Quezada Euán, 2018, p. 262).
- Estudiar las consecuencias de la explotación de abejas sin aguijón en entornos urbanos y emprender campañas informativas para sensibilizar a la población sobre las implicaciones del comercio ilícito (Quezada Euán *et al.*, 2022, p. 23).
- Establecer y gestionar la cría doméstica de abejas sin aguijón como forma de ayudar a conservar este grupo de especies (*Meliponini*) de importancia ecológica, económica y cultural (Ayala *et al.*, 2013, p. 135).

Gráfica 13. Manejo tradicional de las abejas sin aguijón en Michoacán, México



Fuente: Imágenes reproducidas a partir de la figura 4 en Reyes González *et al.* (2020), con permiso de los autores. La gráfica muestra el manejo tradicional de las abejas sin aguijón en Michoacán, México. Fotos en la dirección de las agujas del reloj desde la superior izquierda: extracción de un nido silvestre de *Melipona fasciata*; extracción de un nido silvestre de *Melipona lupitae* Ayala, en un árbol de *Cyrtocarpa* sp.; extracción de *Nannotrigona perilampoides* Cresson, nido situado en una cavidad entre una roca y el suelo; c) extracción de *Scaptotrigona hellwegeri* Friese, en la base de un árbol muerto.

4 Análisis

Esta fase del proyecto [Impulso a la conservación de los polinizadores en América del Norte](#) de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) ha tenido por objeto conocer más a fondo los programas, métodos y prácticas de monitoreo de abejas nativas en América del Norte, y familiarizarse con el trabajo de diversos actores, colaboradores e investigadores activos en este campo. La información recogida gracias a la actividad realizada en el marco del proyecto ha permitido captar un momento en el transcurso del tiempo en una esfera de actividad en constante evolución: existen programas de monitoreo predominantemente nuevos (algunos a largo plazo), puestos en relieve en las respuestas al cuestionario recibidas de los especialistas; tecnologías novedosas prometen contribuir al mejoramiento del monitoreo, y una importante iniciativa se lleva a cabo en Estados Unidos —la Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas (*National Native Bee Monitoring Research Coordination Network*, RCN)—, con el propósito de elaborar un plan nacional de monitoreo de abejas nativas que sirva de base para el futuro trabajo en ese país.

Entre los aspectos más destacados del presente informe —integrado a partir de las intervenciones en el taller virtual, los resultados de un cuestionario en línea aplicado entre los participantes y una investigación bibliográfica sobre el tema— se incluyen los siguientes puntos:

- **A la luz de las preocupaciones en torno a las especies polinizadoras en general, se reconoce la necesidad de lograr un mejor conocimiento acerca de la diversidad, la salud y la prosperidad de las abejas nativas.** No obstante, los datos a gran escala sobre las abejas nativas son todavía bastante limitados (como sucede con la mayoría de los insectos), y la cobertura del monitoreo geográfico y taxonómico es dispersa y poco sistemática. Al respecto, se nos presenta una enorme oportunidad para impulsar el monitoreo de abejas nativas; potenciar nuestra capacidad para rastrear el estado y las tendencias de su conservación, y crear un legado para la formulación de políticas y la toma de decisiones en materia de gestión de los recursos naturales en un futuro.
- **Aun cuando los responsables de los programas, los actores y colaboradores, y los especialistas en el monitoreo de abejas nativas se encuentren dispersos y no constituyan un universo homogéneo, existe una voluntad generalizada de intercambiar datos e información sobre los programas, así como de contribuir a la coordinación de esfuerzos.** Así lo demuestra la disposición de los participantes a sumarse al taller virtual de la CCA, completar el cuestionario en línea y colaborar en los procesos en curso tanto de la propia Comisión como de la RCN.
- **Los programas de monitoreo deben estar diseñados de modo que la información que aporten sirva de base a las decisiones en materia de conservación y gestión.** Con un conjunto diverso de actores y colaboradores involucrados en el monitoreo de los polinizadores en general y de las abejas nativas en particular, es importante que las tareas de monitoreo contribuyan a determinar los aspectos de manejo relevantes, a efecto de orientar el monitoreo de forma que se logre un mayor impacto en la conservación de los polinizadores.
- **Se necesitan recursos para mantener las labores de monitoreo de abejas nativas a largo plazo.** Con los numerosos programas de monitoreo de abejas nativas iniciados en los últimos años en América del Norte, aumentará la necesidad de sostener iniciativas de largo alcance que permitan maximizar el conocimiento de las poblaciones de estos polinizadores. A efecto de ampliar e impulsar a mayor escala una estrategia articulada y eficaz que permita vigilar el estado y tendencias poblacionales de las

abejas y abejorros autóctonas se requieren capacidad de liderazgo y coordinación, un número mucho mayor de personas trabajando directamente en el campo, incentivos para compartir datos y plataformas mejoradas por lo que respecta al manejo de los datos. Para tener éxito, será preciso también conjugar los esfuerzos de socios gubernamentales, académicos y no gubernamentales.

- **Los esfuerzos para coordinar la investigación y el monitoreo de abejas nativas potencian los resultados de dichas tareas, por lo que se anima a los practicantes de la conservación a seguir participando en las iniciativas de coordinación nacionales e internacionales.** En Estados Unidos, esto significa participar en el trabajo que la RCN está llevando a cabo. Los especialistas de Canadá y México pueden también beneficiarse de la participación en dicho proceso, o al menos considerar el marco resultante para aplicarlo en su respectivo país. Asimismo, el trabajo de la CCA en materia de conservación de los polinizadores y una red en ciernes, centrada en el monitoreo de polinizadores en el Ártico, ofrecen mecanismos internacionales de coordinación a escala de América del Norte.
- **La participación de voluntarios y otras personas no-expertas en iniciativas de ciencia ciudadana y en la recolección de datos sin duda expande la cobertura de las actividades de monitoreo, pero siempre será necesario contar con la aportación de conocimientos especializados en taxonomía.** Los programas de monitoreo de abejas nativas son ampliamente accesibles y hay ejemplos muy interesantes en los que participan científicos ciudadanos, personas que se ocupan de sus jardines y espacios verdes, guardaparques y otros voluntarios sin conocimiento experto. El uso de nuevas tecnologías facilitará la recolección de datos y mejorará la capacidad futura de analizarlos, ayudando a eliminar algunos de los cuellos de botella de la fase de identificación. Se alienta a los programas a considerar la posibilidad de realizar evaluaciones de posibles voluntarios participantes, con miras a reclutarlos y retenerlos, optimizar los resultados y alentar su utilización entre los especialistas.
- **El manejo de datos y los estándares respectivos deben armonizarse con vistas a facilitar el análisis entre programas y evaluar el estado y las tendencias poblacionales y de distribución a mayor escala.** En espera de cualesquiera recomendaciones futuras de la RCN, así como de nuevas discusiones y procesos en el marco del proyecto sobre polinizadores de la CCA en curso, por ahora las respuestas al cuestionario indican que el estándar Darwin Core se perfila como eje central para tal armonización.
- **Los datos sobre el hábitat, los factores abióticos y el medio ambiente constituyen componentes esenciales para el monitoreo de abejas nativas.** Sin tomar en consideración la interrelación de la vegetación y los polinizadores, las características del paisaje y los cambios en los ecosistemas y el medio ambiente en general, resultará por demás difícil identificar alteraciones en las poblaciones de las especies de abejas y determinar qué las origina. Y si no se dispone de información sobre las causas del declive, resultará imposible aplicar medidas de conservación adecuadas y fiables.
- **Los responsables de la toma de decisiones han de procurar involucrarse, comprender y apoyar los esfuerzos de monitoreo.** El hecho de establecer conexiones entre los practicantes de la conservación de abejas nativas y los responsables de la toma de decisiones puede brindar una plataforma desde donde los programas aboguen por especies y ecosistemas que requieren acciones de conservación.
- **Es preciso garantizar una coordinación trilateral continua en Canadá, Estados Unidos y México.** Los participantes en el taller virtual coincidieron en la importancia de

coordinar —desde una trinchera trilateral— las tareas de monitoreo de abejas nativas. Para ello podría contemplarse la creación de una comunidad de práctica trinacional; asimismo, se requerirá un intercambio continuo de información, metodologías, buenas prácticas y datos, además de la labor que facilite cuestiones de logística, como el traslado transfronterizo de especímenes de abejas con objeto de posibilitar su identificación taxonómica. A las recomendaciones emanadas del taller se suma la propuesta de intercambiar información respecto de tecnologías y métodos novedosos, como posible elemento de colaboración entre los tres países de América del Norte.

5 Conclusión

El presente informe ofrece una instantánea de las actividades de monitoreo de abejas y de los estudios realizados en este campo a escala de América del Norte, así como algunas consideraciones relativas a diversos elementos en común de los programas de monitoreo. Si bien su enfoque no es prescriptivo, puede servir de referencia para nuevos programas o simplemente facilitar la colaboración entre programas ya existentes, de manera que resultará pertinente tenerlo en cuenta a la luz de los avances esperados de la labor futura de la CCA en relación con las abejas nativas y otros polinizadores, así como de los empeños descritos por crear un plan nacional de monitoreo de abejas nativas en Estados Unidos y de las actividades en curso en Canadá y México.

Apéndice A: Resumen del taller virtual de la CCA sobre inventarios y monitoreo de abejas nativas, celebrado en mayo de 2022

Taller virtual sobre inventarios y monitoreo de abejas nativas

Resumen del taller
(3 y 11 de mayo de 2022)

Sinopsis

En mayo de 2022, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) convocó a un taller virtual con especialistas en procesos de monitoreo e inventariado de abejas nativas de Canadá, Estados Unidos y México. Este evento se centró en identificar las iniciativas de inventariado, sondeo poblacional y monitoreo de abejas nativas en todo el subcontinente, así como en recopilar las lecciones aprendidas, detectar deficiencias y sentar las bases de una posible colaboración trilateral en el futuro. Los participantes intercambiaron puntos de vista y experiencias sobre metodologías compartidas para rastrear ciertos géneros y grupos funcionales; retos y oportunidades relacionados con los distintos métodos de monitoreo, la recopilación y el manejo de los datos; el papel de los ciudadanos y voluntarios que colaboran con iniciativas de ciencia ciudadana, y el conocimiento experto necesario para la identificación taxonómica. Este resumen del taller ofrece una visión general sobre las actividades de monitoreo de abejas nativas, tal y como la compartieron los participantes de cada país, y los temas clave tratados en las conversaciones que tuvieron lugar durante el evento.

Introducción

Como parte de las actividades del proyecto [Impulso a la conservación de los polinizadores en América del Norte](#), del Plan Operativo 2022 de la [Comisión para la Cooperación Ambiental](#) (CCA), se convocó a participar en un taller virtual sobre procesos de monitoreo e inventariado de abejas nativas en América del Norte, celebrado en dos sesiones en línea los días 3 y 11 de mayo de 2022. El evento reunió a más de 40 especialistas pertenecientes a los ámbitos gubernamental y académico, y a organizaciones no gubernamentales (ONG) de Canadá, Estados Unidos y México. Se trata del primer paso en el trabajo de la CCA en materia de abejas nativas.

El taller tuvo los siguientes objetivos:

- intercambiar conocimientos en torno a las iniciativas en curso de monitoreo e inventariado de abejas nativas;
- detectar lagunas en el conocimiento e identificar prioridades compartidas, a fin de establecer protocolos para el levantamiento e integración de inventarios y las tareas de monitoreo de abejas nativas en Canadá, Estados Unidos y México, y
- sentar las bases para impulsar la creación de una red de especialistas de América del Norte que contribuya a orientar la toma de decisiones de los gobiernos federales.

Cabe mencionar que un comité directivo,¹¹ integrado por representantes de dependencias de los gobiernos federales de los tres países, presta asesoramiento a la CCA en la ejecución del presente proyecto. Al inicio de la reunión, personal de la propia Comisión e integrantes de este comité directivo dieron la bienvenida a los participantes en el taller compartiendo información sobre el funcionamiento de la CCA y lo que se espera del proyecto.

En el presente resumen:

- se proporciona información sobre la situación que guardan las tareas de monitoreo de abejas nativas en cada país, obtenida a partir de los grupos de trabajo y los respectivos informes;
- se identifican temas similares en los tres países tratados en las sesiones plenarias de los talleres;
- se sugieren opciones respecto de una futura cooperación trinacional en la materia, y
- se enumeran los pasos a seguir en el proyecto.

Participantes en el taller

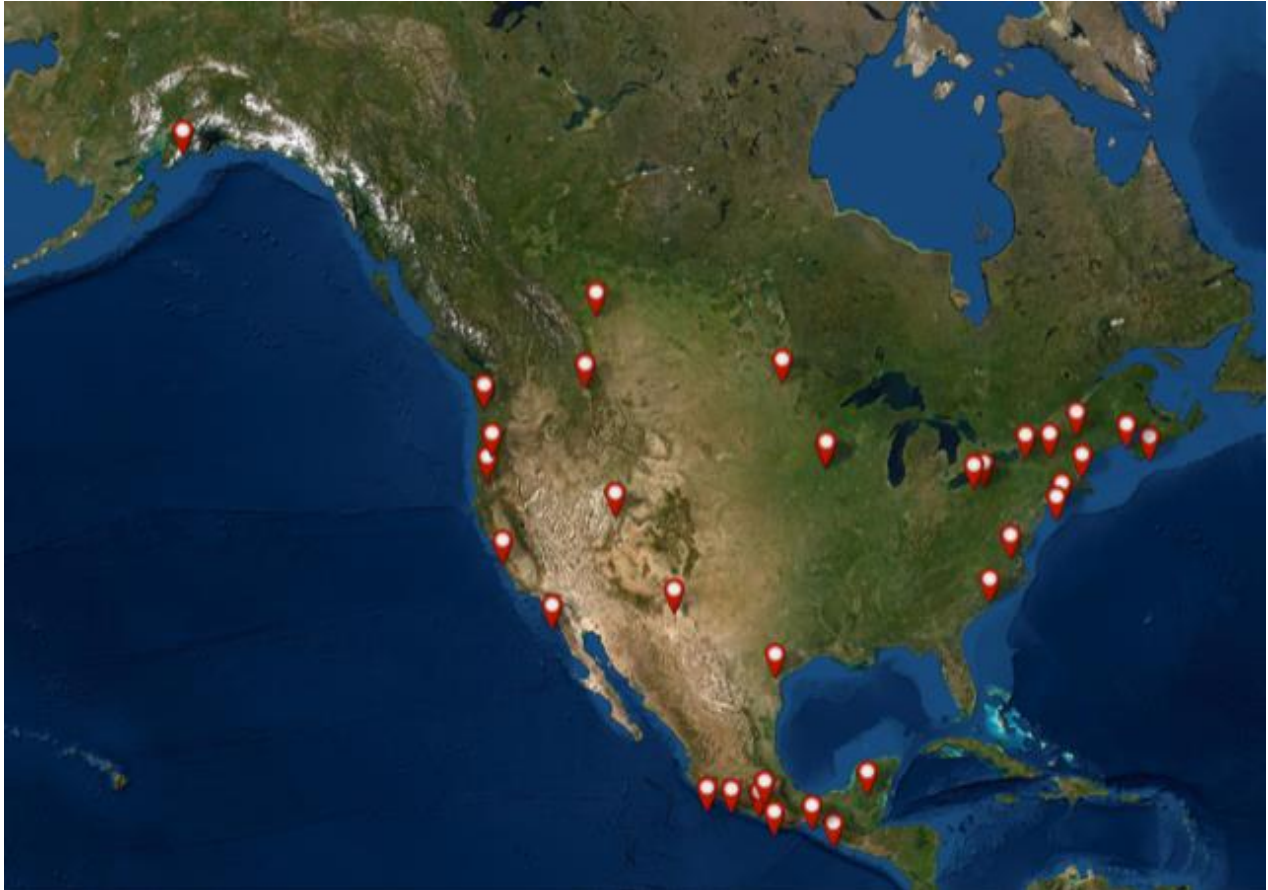
El comité directivo se encargó de identificar a los participantes en el taller, cuyos nombres figuran en el anexo 1.

Treinta y cinco personas completaron un cuestionario introductorio diseñado para conocer mejor a los participantes y su involucramiento en actividades de monitoreo e inventariado de abejas nativas. Dicho cuestionario permitió también obtener los datos de contacto e información de carácter biográfico de los participantes. Prácticamente la mitad se identificó como procedente del sector académico (46 por ciento), y el resto, de ONG y del sector gubernamental (órdenes

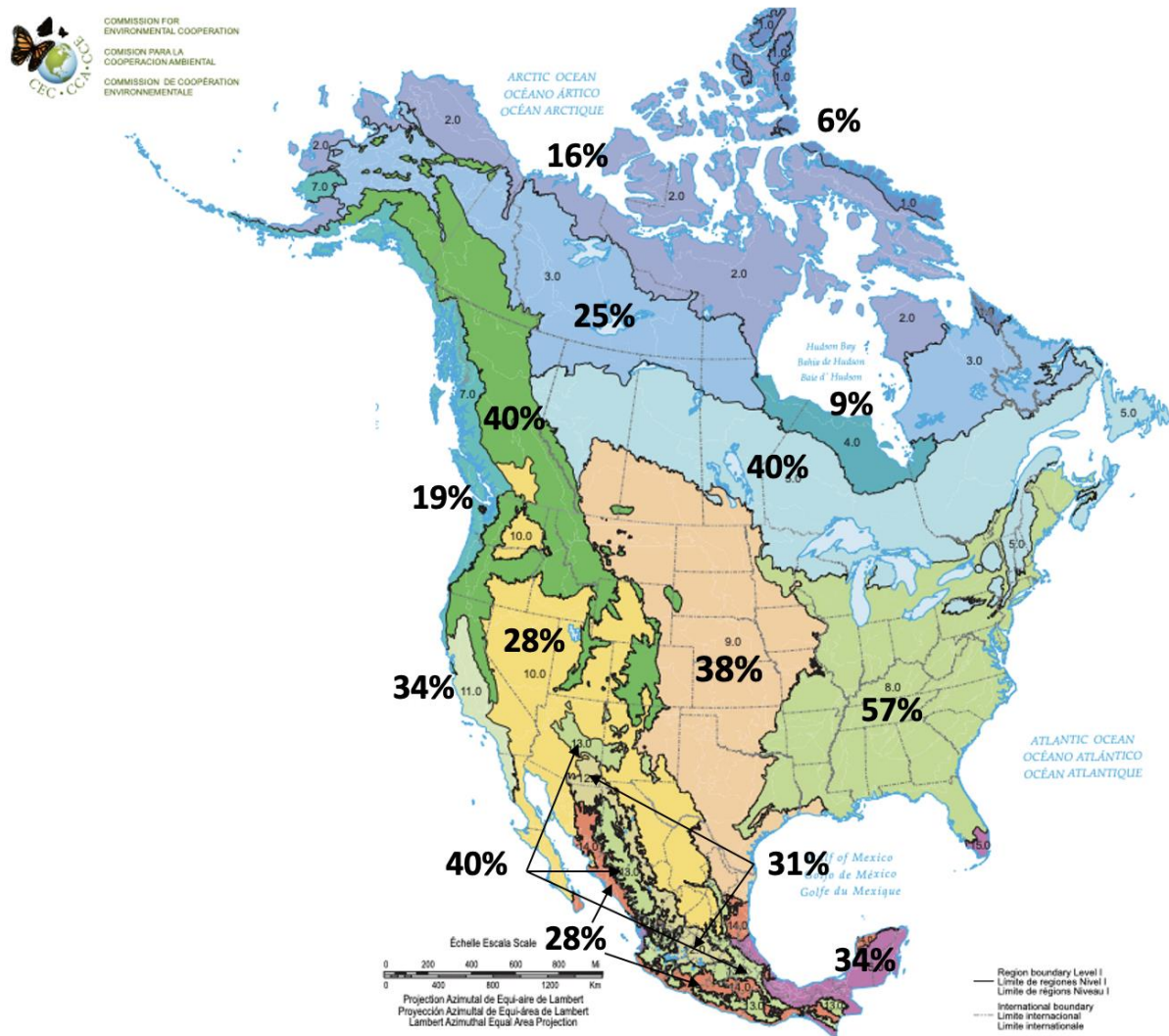
¹¹ Gregory Mitchell, ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (*Environment and Climate Change Canada*, ECCC); Steve Javorek, ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (*Agriculture and Agri-Food Canada*, AAFC); Ryan Drum y James Weaver, Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (*United States Fish and Wildlife Service*, USFWS), y Esther Quintero, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), e Ignacio March, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), de México.

federal, estatal y provincial). Por cuanto al país representado, 40 por ciento de los asistentes al taller provenía de Estados Unidos, el 34 por ciento de Canadá y el 26 por ciento de México. La gráfica 1 muestra los lugares de proveniencia de los participantes, en tanto que la gráfica 2 ilustra las ecorregiones en las que se centran sus labores de monitoreo de abejas.

Gráfica 1. Mapa con la ubicación de las oficinas de los participantes en el taller



Gráfica 2. Porcentaje de participantes (n=35) que conducen programas de monitoreo de abejas nativas en cada una de las ecozonas de América del Norte, según los datos obtenidos en el cuestionario introductorio



Nota: Los participantes tenían la opción de seleccionar todas las ecozonas en las que llevan a cabo actividades de monitoreo de abejas nativas.

Situación que guardan las actividades de monitoreo de abejas nativas por país

Con base en el intercambio sostenido en mesas de trabajo grupal nacionales, un participante de cada uno de los tres países de América del Norte caracterizó la situación que guarda el monitoreo de abejas nativas en su respectivo país. Los programas específicos mencionados se enumeran en el anexo 2. Los temas comunes se recogen con mayor detalle en el apartado “Temas principales”.

Canadá

- En Canadá no existe una iniciativa nacional coordinada de monitoreo de abejas nativas ni tampoco un plan de alcance nacional al respecto; sin embargo, se cuenta con diversas y extensas redes en todo el país cuyo interés se centra en estos insectos o en los procesos que sustentan.
- Universidades, museos, ONG y gobiernos (federal y provinciales) están llevando a cabo actividades de inventariado, sondeo de poblaciones y monitoreo, en muchos de los casos a manera de iniciativas de ciencia ciudadana.
- Es necesario establecer datos de referencia sobre las abejas nativas en diversas regiones de Canadá; es decir, levantar inventarios y determinar la abundancia y la riqueza de especies. Por el momento, ante la falta de valores iniciales de referencia, no es posible determinar el estado de conservación ni las tendencias para la mayoría de las especies de estos insectos en gran parte de Canadá.
- El monitoreo en todo Canadá emplea una variedad de metodologías de captura porque la eficacia de cada metodología varía para los distintos taxones. Entre los métodos comúnmente utilizados se incluyen las trampas de paleta, los platos trampa, las trampas *malaise*, los nidos trampa y la captura activa con redes entomológicas. Combinar distintos métodos puede resultar una solución eficaz en su conjunto, puesto que ofrece a los investigadores una amplia cobertura a escala comunitaria. Como se mencionó ya, muchos de estos esfuerzos incluyen actividades de ciencia comunitaria.
- Es importante prestar atención a la cobertura espacial y temporal en el diseño de los programas de monitoreo, sobre todo si se pretende comparar los resultados.
- Son contadas las personas con el conocimiento experto en taxonomía necesario, lo que crea un cuello de botella que impide un análisis eficaz y oportuno para la identificación taxonómica de las muestras.

Estados Unidos

- Bajo la coordinación de la Universidad de California, Riverside, ya se encuentra en marcha la Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas de Estados Unidos (*National Native Bee Monitoring Research Coordination Network*, RCN), la cual registra importantes avances al contar con registro de unos 600 participantes en programas de monitoreo de abejas y abejorros en todo el país.
 - El resultado primordial de la RCN estadounidense será un documento de estrategia nacional de monitoreo previsto para 2023-2024.
 - A la fecha se han celebrado cuatro talleres en cuyo marco se abordaron los temas siguientes: 1) introducción al monitoreo de abejas nativas, 2) objetivos de conservación para el monitoreo de abejas nativas a escala nacional, 3) necesidades y

prioridades de las agencias federales de Estados Unidos, y 4) extensión cooperativa y ciencia comunitaria en el monitoreo de abejas nativas.

- Los programas de monitoreo de abejas nativas están a cargo de entidades federales y estatales, instituciones académicas (en particular, los programas conjuntos de extensión comunitaria de universidades con concesión de tierras) y ONG. Antes de la RCN no existía un punto central de coordinación entre los diversos grupos participantes, por lo que gran parte del trabajo actual se centra en comprender y cartografiar los programas ya existentes.
- En las conversaciones de la RCN se ha manifestado un gran interés por incorporar la ciencia comunitaria —o ciencia ciudadana—, pero también por reconocer los desafíos asociados a incentivar una participación sostenida, garantizar la exactitud de los datos recogidos y abordar ciertos sesgos que podrían derivarse de la ciencia comunitaria.
- Durante las actividades de monitoreo es importante registrar las asociaciones entre abejas nativas y la vegetación en el entorno, así como recabar información adicional sobre los factores de presión ambiental y de deterioro de los hábitats.
- La accesibilidad a los datos debe considerarse prioritaria. Se precisa el apoyo de científicos que manejen y examinen los datos recabados, a efecto de tener un mejor conocimiento del alcance y la flexibilidad de las posibles plataformas de datos (este tema se analizó más a fondo en plenaria entre los tres países).
- Las dependencias federales manifiestan su interés por un acervo o repositorio de datos centralizado, pero aún son pocas las dependencias que intervienen (no más de una decena) y la coordinación de actividades pertinentes apenas se inicia. A efecto de contribuir a tal propósito, el Departamento del Interior (*Department of the Interior, DOI*) estadounidense creó recientemente el Grupo de Coordinación para la Conservación de los Polinizadores (*Pollinator Conservation Coordination Group*).
- Es necesario contar con un inventario nacional a efecto de establecer el estado inicial de las poblaciones, que servirá de base o referencia para el mayor número posible de especies de abejas nativas.
- Existe un cuello de botella por cuanto a la identificación taxonómica y, para resolverlo, es necesario adoptar estrategias, lo que también tiene que ver con el tema de los recursos financieros.
- Se requiere un modelo semántico de datos “de inmersión profunda” que permita comprender las conexiones y los puntos en común, a partir del significado de los datos. Aunque ésta será una tarea de enormes proporciones, resulta imprescindible para empezar a realizar comparaciones entre conjuntos de datos.

México

- México publicó recientemente la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores.
- El monitoreo corre por cuenta del gremio académico y comunidades locales, así como varias dependencias federales (la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio], la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [Conanp], la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [Sader]).
- Se han identificado numerosos géneros, pero aún es insuficiente la investigación a escalas regional y de paisaje.
- Las especies crípticas (linajes o complejos crípticos de especies) revisten fundamental importancia para la conservación; sobre todo en el caso de las abejas sin aguijón

(*Meliponini*), la caracterización de los linajes es de máxima relevancia para la movilización de las colmenas.

- Aunque desde hace décadas se han realizado algunos estudios, persisten profundas lagunas en el conocimiento de las abejas nativas en algunas zonas, entre las que figuran:
 - el centro y el norte de México (concretamente en Mapimí y partes del desierto de Sonora, una de las zonas más ricas en diversidad de abejas nativas de América del Norte);
 - la península de Baja California, y
 - la cuenca del río Balsas.
- Los biomas menos estudiados a este respecto comprenden:
 - bosques templados,
 - bosques húmedos,
 - bosques tropicales secos,
 - desiertos,
 - vegetación acuática y emergente,
 - bosques mesófilos y
 - pastizales.
- La información y el conocimiento sistematizados de que se dispone son escasos.
- La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) está desarrollando un importante programa de investigación sobre la distribución y la diversidad de las abejas nativas a escala nacional.

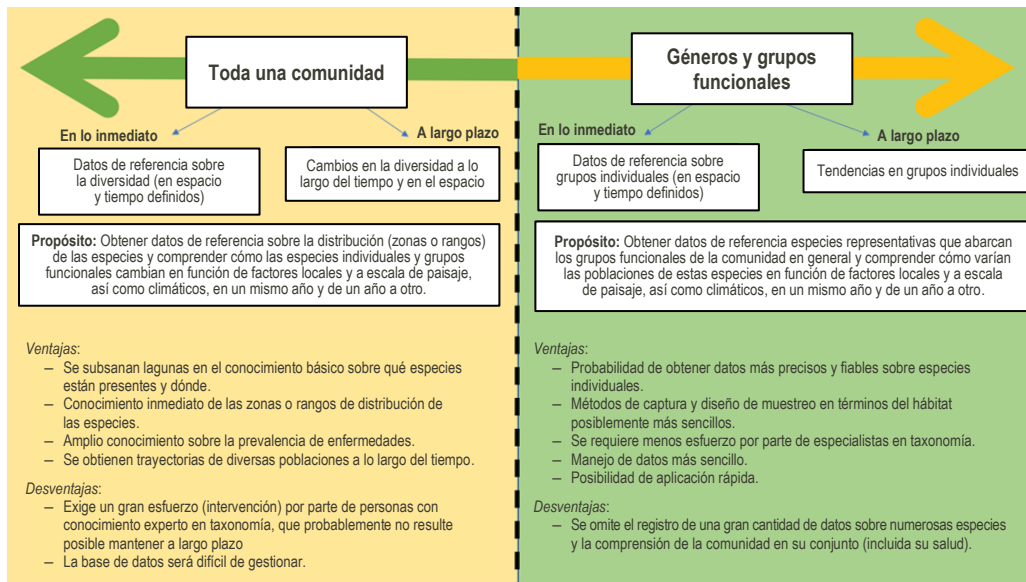
Enfoques generales de monitoreo de abejas nativas

El monitoreo de abejas nativas puede realizarse recurriendo a diversos enfoques o estrategias. En la segunda sesión del taller, el 11 de mayo, Greg Mitchell, representante del ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá e integrante del comité directivo del proyecto, ofreció un panorama general al respecto y presentó un marco conceptual (véase la gráfica 3), elaborado con base en la discusión sostenida el 3 de mayo.

Las flechas representan el espectro entre las dos grandes estrategias: una con enfoque centrado en la obtención de datos correspondientes a toda una comunidad (izquierda) y la otra, orientada a ciertos géneros y grupos funcionales (derecha). La ilustración tiene el propósito de aportar un lenguaje común para lo planteado en las conversaciones sostenidas durante el primer día del taller, así como facilitar el intercambio ulterior de ideas e información entre los participantes. Se reconoció que, para que el grupo pudiese formular un programa de monitoreo común, se precisaría realizar bastante más trabajo con objeto de garantizar una comprensión compartida de las definiciones, variables y escalas a utilizar. Entre los elementos a tomar en consideración en el futuro se incluyen perspectivas sobre: 1) definición de escalas (espaciales y temporales); 2) niveles de organización (por ejemplo, comunidades, poblaciones, especies), y 3) atributos o variables de respuesta, según el nivel de organización (abundancia, riqueza, detección, ocupación, etcétera).

Cuando se pidió a los participantes identificar en qué medida sus actuales prácticas e iniciativas de monitoreo podrían encuadrarse en este marco conceptual, diez indicaron que suelen utilizar una combinación de ambos enfoques; nueve dijeron centrarse en toda la comunidad, y siete, en géneros y grupos funcionales.

Gráfica 3. Descripción generalizada de los dos principales enfoques para el monitoreo



Fuente: Elaborada por Greg Mitchell al finalizar el primer día del taller, con base en la discusión sostenida, y posteriormente modificada de acuerdo con las observaciones recibidas de los participantes en la segunda sesión.

Temas principales

En este apartado se resumen los temas y comentarios más destacados de las discusiones plenarias llevadas a cabo los dos días del taller, así como elementos planteados en los informes de los tres países derivados de las mesas de trabajo de la sesión del 3 de mayo.

1. La colaboración transfronteriza es muy valiosa, aun si entraña numerosos desafíos

Además de expresar su interés por oportunidades para una más cercana labor transfronteriza en torno a estos asuntos en los tres países, los participantes consideraron sumamente valioso que se mantenga la cooperación en el marco de la CCA y entre ellos mismos.

La discusión sobre elementos importantes para fomentar dicha cooperación arrojó los siguientes puntos:

- El trabajo en colaboración ofrece la oportunidad de aprender de los demás para mejorar la preparación y ejecución de los programas.
- Los tres países cuentan con experiencia y conocimientos complementarios que podrían aprovecharse en una iniciativa trinacional.
- Los datos históricos de una zona o región pueden orientar a otros actores interesados en el manejo de abejas en hábitats similares.
- Aunque las abejas nativas no necesariamente cruzan las fronteras internacionales, los virus, patógenos y parásitos sí pueden hacerlo; de ahí la importancia del monitoreo y el intercambio de información al respecto.
- Los tres países podrían plantearse llevar a cabo un programa similar al implementado en Costa Rica, en áreas protegidas de la península de Guanacaste, para capacitar a personal

de las organizaciones participantes y voluntarios de la población local en materia de recolección de datos y nociones de taxonomía (formación como “parataxónomos”). El Atlas de Abejas de Oregón, en Estados Unidos, es otro ejemplo de programa que forma a miembros del público como parataxónomos.

- En el marco del grupo de trabajo Conservación de la Flora y la Fauna del Ártico, del Consejo del Ártico, está surgiendo una iniciativa para coordinar el monitoreo de las especies polinizadoras de esa región.
- Tendría que concertarse un acuerdo entre programas y países sobre los métodos de almacenamiento, movilización y análisis multiescalar de datos, al tiempo que se permite la flexibilidad contextual.
- Podrían presentarse oportunidades para capacitar y supervisar a estudiantes en programas transfronterizos, como vía para intercambiar métodos y resultados.

2. La diversidad y distribución de la red de actores dificulta obtener una visión global de las tareas de monitoreo e inventariado de abejas nativas desde un enfoque trinacional

En los tres países, las actividades de monitoreo, levantamiento e integración de inventarios y otras investigaciones sobre abejas nativas están a cargo de entidades gubernamentales de distintos niveles, instituciones académicas y ONG.

- Los esfuerzos e iniciativas de monitoreo e inventariado obedecen a distintos mandatos o misiones organizativas y están financiadas por fuentes diversas.
- Si bien la RCN estadounidense está logrando avances significativos en este sentido, ninguno de los tres países cuenta actualmente con un plan de monitoreo de abejas nativas coordinado a escala nacional.

3. La falta de información de referencia sobre la abundancia de abejas y la riqueza de especies es patente en muchas zonas

A pesar de las numerosas acciones de monitoreo en curso, los participantes de los tres países detectaron deficiencias en lo concerniente a la disponibilidad de datos iniciales, de referencia, sobre abundancia y diversidad de especies de abejas en un área determinada.

- Entre los ejemplos de vacíos o lagunas mencionadas figuran:
 - Se desconoce si existen especies de abejas nativas en más de la mitad de las áreas protegidas de México.
 - Se sabe que existen vacíos de información en el norte de México y la península de Baja California.
 - También se registran omisiones en cuanto a información sobre la presencia de abejas nativas en las regiones árticas.
- En Canadá algunas zonas han sido objeto de un muestreo exhaustivo de abejas nativas, pero en muchas otras no se ha muestreado lo suficiente.
- Las razones que dan lugar a estas lagunas en la información son múltiples: factores relacionados con los costos, la seguridad y la obtención de permisos, entre muchos otros, y también la falta de atención o prioridad institucional.
- En México, más de la mitad de las áreas naturales protegidas carecen de listas de especies completas. De un conjunto de entre 140 y 150 estudios sobre poblaciones de abejas

nativas, la mayoría se refieren al mismo número reducido de especies (apenas entre 2 y 5 por ciento de unas dos mil especies, se calcula).

- Los estudios realizados en Canadá, sobre todo cuando se centran en zonas agrícolas, cubren periodos u horizontes cronológicos relativamente cortos, lo que dificulta la identificación de tendencias en las poblaciones naturales en el marco de los ciclos estacionales. Hacen falta datos sobre las tendencias a largo plazo para poder comprender las repercusiones que las modificaciones en el uso del suelo y el cambio climático tienen en las comunidades de abejas. Con todo, el hecho de contar con un conocimiento básico de “qué abejas se encuentran dónde” representa un primer paso fundamental.

4. Los programas de monitoreo actuales se centran sobre todo en el estado y tendencias poblacionales de las abejas nativas, aunque también se proponen abordar necesidades de diversa índole

Cuando se les preguntó por el objetivo principal de sus programas de monitoreo, 14 de las 26 personas que respondieron al cuestionario en línea indicaron “determinar el estado y tendencias poblacionales de las abejas nativas”, en tanto que seis señalaron “gestionar los hábitats para favorecer e impulsar poblaciones saludables de abejas nativas” (objetivo que alcanzó el segundo lugar en función del número de respuestas favorables).

- Los participantes en el taller explicaron que si bien sus programas podrían proponerse describir el estado y las tendencias poblacionales, son muchos los casos en que no se dispone de datos suficientes para hacerlo en este momento respecto de la mayoría de las especies. Uno de los factores que explica esta situación es la falta de fondos suficientes destinados a la identificación taxonómica, lo que se traduce en que, a menudo, los datos de identificación de especie no son fiables o presentan retrasos.
- Hay programas que persiguen múltiples propósitos, sobre todo cuando se utilizan el estado y las tendencias poblacionales para orientar la gestión y la toma de decisiones en distintos niveles.
 - En Alaska, por ejemplo, el programa de monitoreo realizado en el marco del Atlas de Abejas de Alaska tiene como objetivo recabar información sobre el estado y las tendencias de las poblaciones de abejas nativas, pero su finalidad última es orientar las decisiones de gestión relacionadas con el manejo de las especies y el hábitat.
 - La Ley de Especies en Peligro de Extinción (*Endangered Species Act*) de Estados Unidos promueve el monitoreo de especies en particular. Si bien uno de los objetivos puede ser determinar el estado y tendencias poblacionales de cierta especie, también suelen necesitarse datos para orientar las estrategias de recuperación, detectar la prevalencia de enfermedades, analizar la genética de una población (en el caso de considerar futuros objetivos de reintroducción) o documentar actividades como el uso de plaguicidas y la gestión de poblaciones en general.
- Se sugirió que la CCA podría determinar las necesidades en materia de información y datos de monitoreo de abejas nativas compartidas por los responsables del manejo de hábitats y otros usuarios en los tres países.

5. Existen diversas metodologías de muestreo de probada eficacia, cuyo uso depende de la finalidad del programa

La eficacia de las diversas metodologías de muestreo difiere en función de los distintos tipos de datos que se busca recabar. Así, la metodología elegida para un programa de monitoreo en particular dependerá del propósito de la iniciativa o labor de monitoreo, al igual que de otros factores, como el costo, la viabilidad y el grado de experiencia y conocimientos de quienes recogen los datos. Se sugirió que una combinación de estrategias puede ser una solución general adecuada que brinde a los investigadores una buena cobertura a escala de una comunidad en su conjunto.

- Si bien es cierto que numerosos programas de muestreo recurren a métodos letales, también existen modelos eficaces basados en el uso de métodos con efectos no-letales.
- Cuando el monitoreo se realiza con fines de regulación, puede requerirse una actividad específica para cada especie.
- A la hora de examinar las posibles metodologías de muestreo comparativo, deben tenerse en cuenta los costos, la viabilidad, la repetibilidad (considerar los distintos grados de experiencia y conocimiento de los responsables de la recolección de datos, así como las herramientas que habrán de emplearse: por ejemplo, uso de redes entomológicas que exigen mucha habilidad frente a técnicas menos sofisticadas, como los platos trampa), la cobertura y los sesgos taxonómicos, y la capacidad en general para responder a las preguntas de monitoreo. Otro aspecto a considerar es la frecuencia de las actividades de monitoreo en una misma temporada y de una temporada a otra.
- Podría haber algún tipo de calibración fenológica coherente para la fecha de inicio en todas las ecozonas (por ejemplo, para conectar con la floración del sauce o del diente de león). Asimismo, es necesario repetir el muestreo longitudinal a lo largo de la temporada.

6. La capacidad limitada para la identificación taxonómica afecta la ejecución, el costo y la implementación de los programas

A la pregunta de cuáles son los mayores desafíos de los programas de monitoreo de abejas nativas, 22 de los 27 participantes señalaron la “escasez de capacidad para la identificación taxonómica” como uno de los tres principales desafíos. La siguiente respuesta más popular apuntó al tema del “financiamiento” (o disponibilidad de fondos), y se reconoció la relación entre ambos elementos (es decir, una menor capacidad y conocimiento experto en taxonomía al interior del programa encarece la tarea de identificación pues obliga a recurrir a recursos externos).

- La mayoría de los programas poseen más especímenes y muestras que tiempo y capacidad para procesarlos.
- El traslado de especímenes de un país a otro puede resultar complicado, ya que los procesos de concesión de permisos de movimiento transfronterizo de material biológico son difíciles de tramitar o requieren mucho tiempo.
- Entre las estrategias para reducir el cuello de botella en la identificación taxonómica figuran:
 - capacitar a más personas con conocimiento experto en taxonomía;
 - utilizar métodos moleculares (aunque la identificación mediante el código de barras genético puede resultar cara, e incluso implicar la destrucción de algunas partes de las muestras);
 - crear bibliotecas de barras del ADN más homogéneas y de mejor calidad, que constituyan acervos para la metacodificación genética en los tres países;

- reducir la cantidad de material que necesita identificación o limitar la resolución taxonómica buscada; es decir, centrarse en grupos funcionales y servicios ambientales prestados, por ejemplo: abejas *eusociales* (no-solitarias) que anidan en el suelo o especies solitarias que también hacen sus nidos en o bajo tierra, o bien abejas cleptoparásitas, y
- emplear taxones indicadores o de atención especial, aunque éstos deben seleccionarse con cuidado y pueden ser poco homogéneos en zonas geográficas amplias.
- En comparación con todas las abejas, en el caso de los abejorros (género *Bombus*) el cuello de botella por cuanto a la identificación taxonómica es considerablemente menor, pues son más los especialistas que se centran en este grupo, que incluye menos especies. Lo mismo ocurre con los abejorros carpinteros (género *Xylocopa*) y algunos otros grupos focales.

7. Existe la posibilidad de que las actividades de monitoreo e inventariado en los tres países se centren en géneros y grupos funcionales

El grupo no se propuso llegar a un acuerdo sobre géneros o grupos funcionales en los cuales centrarse en los tres países; no obstante, el cuadro 1 muestra las sugerencias ofrecidas para su posible consideración en el futuro.

Cuadro 1. Posibles géneros o grupos funcionales de interés común para los tres países

Géneros	Grupos funcionales
<i>Agapostemon</i>	Abejas cleptoparásitas
<i>Nomia</i>	
<i>Osmia</i>	
<i>Anthidium</i>	
<i>Megachile</i>	
<i>Bombus</i>	
<i>Bombus vosnesenskii</i>	

8. Es necesario armonizar los estándares y el manejo de datos a fin de facilitar el análisis entre programas y determinar el estado y las tendencias poblacionales a mayor escala

Los participantes expresaron un gran interés en poder comparar datos entre programas, regiones y países. Una opción que permitiría impulsar la comparabilidad y establecer estándares básicos de calidad de los datos consiste en formular protocolos normalizados de manejo de datos, pero éstos deben incluir opciones para diferentes abordajes y contextos de los programas.

En el cuadro 2 se presentan algunos de los obstáculos que dificultan el análisis integrado de datos procedentes de programas dispares, así como algunas sugerencias para su resolución. Se observó que estos problemas no son necesariamente específicos de las abejas nativas, sino que se aplican a los datos sobre biodiversidad en general.

Cuadro 2. Obstáculos y sugerencias relacionados con la interoperabilidad de datos entre los distintos programas y allende las fronteras

Obstáculos frecuentes	Sugerencias
<p>Límites en la accesibilidad de los datos. Renuencia a compartir los datos hasta su publicación, o quizás incluso en ningún momento. Distintos lugares de almacenamiento de datos (por ejemplo, las agencias federales estadounidenses guardan la información en lugares diferentes). Dificultad en el uso de las estructuras creadas para compilar los datos.</p>	<p>Llegar a un acuerdo sobre una base de datos centralizada que permita a los proveedores de datos tener control sobre el modo de compartirlos (o, si se utilizan bases de datos nacionales, asegurarse de que éstas se referencien entre sí).</p>
<p>Se observa una ausencia de estándares homogéneos. Los cuadros de datos podrían estar incompletos (quizás en parte debido a la renuencia a compartir datos). Los estándares para el manejo de los datos varían de una institución a otra.</p>	<p>Convenir en el uso de estándares internacionales para todos los programas, y en efecto aplicarlos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Darwin Core (informática sobre biodiversidad para especímenes) ○ Plinian Core (a nivel de especie e interacciones entre especies de abejas y vegetación) <p>Publicar datos taxonómicos en los artículos sobre conjuntos de datos de biodiversidad del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (<i>Global Biodiversity Information Facility, GBIF</i>) o en alguna otra herramienta similar.</p>

- De los 20 participantes que respondieron a una de las preguntas sobre la accesibilidad a los datos de sus respectivos programas de monitoreo, solamente uno indicó que, en su caso, los datos no estaban a disposición de terceros; trece indicaron que la información es de dominio público una vez publicada, y nueve participantes respondieron ofrecer acceso abierto a los datos (en tres casos, éstos son de dominio público excepto cuando se refieren a especies sensibles). Cabe señalar que para esta pregunta se permitió la opción de ofrecer más de una respuesta.
 - En Canadá se ha emprendido una nueva iniciativa encaminada a poner a disposición del público la información procedente de proyectos científicos gubernamentales.
 - La Colección Nacional Canadiense de Insectos, Arácnidos y Nematodos (*Canadian National Collection of Insects, Arachnids, and Nematodes, CNC*), creada y mantenida por el ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (*Agriculture and Agri-Food Canada*), cuenta con unos dos o tres millones de especímenes de himenópteros.
 - El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*United States Department of Agriculture, USDA*) está trabajando en la difusión de datos en línea en tiempo real.

- En Estados Unidos, las discusiones de la RCN han hecho hincapié en la necesidad de contar con una base de datos de alcance nacional.
- De los 19 participantes que respondieron a la pregunta sobre qué estándares de datos utilizan para llevar a cabo sus actividades de monitoreo e inventariado de abejas nativas, trece indicaron recurrir a los propios estándares de sus instituciones, mientras que ocho emplean Darwin Core. El estándar Darwin Core se ha convertido en el centro de atención del debate al seno de la RCN en Estados Unidos, en tanto que en México se suele aplicar el estándar Plinian Core; sin embargo, ninguno de los dos se identificó como utilizado en Canadá.
 - En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) ha perfeccionado con vocabularios controlados el elemento de interacción en Plinian Core (PLiC) que incluye la polinización; se trata de un elemento que puede compartirse y está en proceso de publicación.
 - El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), también en México, ha estado consolidando una base de datos sobre abejas mesoamericanas, que actualmente contiene 480,000 entradas.
 - La RCN estadounidense está trabajando en las mejores prácticas por cuanto a estándares de datos, mismas que serán aplicables a una amplia gama de programas independientemente de sus enfoques o estrategias de muestreo.

9. Los participantes en iniciativas de ciencia ciudadana y las personas no-expertas desempeñan un papel fundamental en la expansión de las escalas espacial y temporal de las actividades de recolección de datos

Se hizo mucho hincapié en aprovechar el enorme potencial de la participación ciudadana para reforzar la cobertura espacial y temporal de los programas de monitoreo; sin embargo, el diseño de los programas debe tener en cuenta las oportunidades y desafíos específicos asociados a la ciencia ciudadana.

- En la recolección de datos sobre abejas nativas en Canadá, Estados Unidos y México participan diversos grupos de personas, lo mismo expertas que sin experiencia previa al respecto. Es importante establecer protocolos adecuados y eficaces para las personas no-expertas.
- Puede haber cierta renuencia a tomar muestras letales de abejas cuando se recurre a voluntarios en programas de ciencia ciudadana.
- Los participantes no especializados pueden realizar observaciones fotográficas de especies a gran escala, tanto geográfica como temporal; sin embargo, la documentación fotográfica de los especímenes puede no ser tan eficaz como disponer de los propios ejemplares.

Oportunidades de cooperación trinacional

Los participantes identificaron los siguientes pasos iniciales para reforzar la armonización de las actividades de monitoreo de abejas nativas en América del Norte, y reiteraron una vez más la necesidad de contar con financiamiento y fondos suficientes para su implementación.

Seguir construyendo una comunidad trinacional de práctica

- *Crear y reforzar estructuras que favorezcan una comunicación continua y sistemática entre los especialistas de los tres países.* Utilizar estas estructuras para seguir identificando objetivos y prioridades comunes, al tiempo que se genera un conocimiento compartido de las diversas actividades de monitoreo e inventariado de abejas nativas en toda América del Norte.
- *Propiciar oportunidades para celebrar reuniones en persona e intercambiar conocimientos.* La CCA está planeando un taller presencial para el otoño de 2022, pero hay que tener presente que los especialistas también pueden encontrar valor en la celebración de reuniones paralelas en el marco de eventos como el Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas o la Campaña para la Protección de los Polinizadores en América del Norte.
- *Establecer un recurso accesible para el intercambio de información sobre lo que está sucediendo en los tres países, que permita saber a quién contactar para obtener más detalles (por ejemplo, una página web como parte de una iniciativa ya en marcha o un sitio web exclusivo para este fin).*
- *Buscar oportunidades para compartir la supervisión de estudiantes entre universidades de distintos países.* El trabajo que los estudiantes realizan contribuye a fomentar el intercambio de información y la colaboración, al tiempo que se forma a la próxima generación de científicos.

Seguir explorando formas de intercambiar y aprovechar la información más allá de las fronteras

- *Compartir las bases de datos disponibles con especialistas más allá de las fronteras, incluso si por en este momento aún existen obstáculos para sintetizar o integrar los análisis.*
- *A la hora de buscar oportunidades para intercambiar datos, es importante comprender y abordar la cuestión de posibles reticencias por parte de quienes los producen.* Por ejemplo, en la Red Trinacional de Conocimiento sobre la Mariposa Monarca (RTCMM) de la CCA, los investigadores tienen la opción de restringir el uso de sus datos, lo que puede haber incentivado la participación.

Seguir buscando formas de aumentar la capacidad para la identificación taxonómica

- Este tema se planteó en repetidas ocasiones, y exige un examen más a fondo. Una de las sugerencias respecto de una iniciativa trinacional se refirió a la conveniencia de hallar mecanismos que faciliten el traslado transfronterizo de especímenes de abejas y abejorros para su identificación taxonómica, en particular por cuanto a los envíos de México a Estados Unidos. También —como se señaló ya— se mencionó la necesidad de contar con fondos.

Anexo 1. Lista de participantes

Antoine Asselin-Nguyen – Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA)

André-Phillippe Drapeau Picard – Insectario de Montreal (*Insectarium de Montréal*), Canadá

Brianne Du Clos – Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas (*National Native Bee Monitoring Research Coordination Network*, RCN), Universidad de California, Riverside, Estados Unidos

Carlos Cultid Medina – Instituto de Ecología, A.C. (Inecol), México

Casey Burns – Oficina de Gestión de Tierras (*Bureau of Land Management*, BLM), Alaska, Estados Unidos

Courtney Price, *moderadora*

Esther Quintero – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), México

Greg Mitchell – Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (*Environment and Climate Change Canada*, ECCC)

Haley Griffin, *moderadora*

Hollis Woodard – RCN, Universidad de California, Riverside, Estados Unidos

Ignacio March Mifsut – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), México

Ismael Hinojosa – Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Izzy Hill – Departamento de Agricultura de Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*, USDA)

James Weaver – Servicio de Pesca y Vida Silvestre (*Fish and Wildlife Service*, FWS), Estados Unidos

Jason Gibbs – Universidad de Manitoba, Canadá

Javier Quezada Euán – Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), México

Jess Vickruck – Ministerio de Agricultura y Agroindustria (*Agriculture and Agri-Food Canada*, AAFC), Canadá

Jessica Forrest – Universidad de Ottawa, Canadá

Jonathon Koch* – USDA, Estados Unidos

Liliana Paz Miller – CCA

Lisa Neame – Consejo sobre Abejas Nativas de Alberta (*Alberta Native Bee Council*), Canadá

Lora Morandin* – Pollinator Partnership, Canadá

Lucie Robidoux – CCA

Mauricio Quesada – UNAM, México

Neal M Williams – Universidad de California, Davis, Estados Unidos

Nicole Goñi – CCA

Nigel Raine – Universidad de Guelph, Canadá

Noemi Arnold – Grupo de Estudios Ambientales (GEA, A.C.) e Inana, A.C., México

Óscar Martínez* – El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), México

Paola González – Inecol, México

Paty Deleze, *intérprete*

Paul Galpern – Universidad de Calgary, Canadá

Rebecca Irwin* – Laboratorio de Biología de las Montañas Rocallosas (*Rocky Mountain Biological Laboratory* [RMBL]), Universidad Estatal de Carolina del Norte, Estados Unidos

Remy Vandame* – Ecosur, México

Ricardo Ayala – UNAM, México

Rosa María Boadella, *intérprete*

Ryan Drum – USFWS, Estados Unidos

Sarina Jepsen – Xerces Society, Estados Unidos

Sierra Fletcher,* *moderadora*

Shalene Jha – Universidad de Texas, Austin, Estados Unidos

Sheila R. Colla – Universidad de York, Toronto, Canadá

Steve Javorek – AAFC, Canadá

Tam Smith – USFWS, Estados Unidos

Terry Griswold# – Servicio de Investigaciones Agrícolas (*Agricultural Research Service, ARS*), USDA, Estados Unidos

Tracy Zarillo# – Estación Experimental Agrícola de Connecticut (*Connecticut Agricultural Experiment Station [CAES]*), Estados Unidos

Valérie Fournier – Universidad Laval, Quebec, Canadá

Vicki Wojcik – Pollinator Partnership, Canadá

Asistió sólo el 3 de mayo

* Asistió sólo el 11 de mayo

Anexo 2. Programas identificados

La mesa de trabajo de Estados Unidos centró su atención en la Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas ([National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, RCN](#)), de Estados Unidos, la cual permite identificar diversas iniciativas en materia de monitoreo e inventariado de abejas nativas entre sus miembros y a partir de los registros de diversos talleres impartidos. Por otra parte, los programas mencionados para Canadá y México en el taller virtual de la CCA se enumeran a continuación.

Canadá

- [Canadian National Collection of Insects, Arachnids and Nematodes \(CNC\)](#) [Colección Nacional Canadiense de Insectos, Arácnidos y Nematodos]
- [Bumble Bee Watch](#)
- [Living Laboratories Initiative](#) [Iniciativa de Laboratorios Vivientes] y su red
 - [Atlantic](#) [Atlántico]
 - [Eastern Prairies](#) [Praderas orientales]
 - [Quebec](#)
 - [Ontario](#)
- [Alberta Native Bee Council](#) [Consejo sobre Abejas Nativas de Alberta]
- Universidad de Calgary
 - [Bee Habitat Pilot Project](#) [Proyecto piloto sobre hábitats de abejas]
 - [Calgary Pollinator Count](#) [Conteo de polinizadores de Calgary]
 - Beneficial Insects Surveillance Network [Red de Vigilancia de Insectos Benéficos] (2015-2019)
 - [Beneficial Insects Surveillance Network II](#) (iniciada en 2019)
 - Mindi Summers (abejas urbanas)
- Universidad de York: [Sheila Colla's Native Pollinator Research Lab](#) [Laboratorio Sheila Colla de Investigaciones sobre Polinizadores Nativos]
- [Insectarium de Montreal \(Espace pour la vie\)](#)
- [Pollinator Partnership Canada](#) [Alianza por los Polinizadores, Canadá]
- Universidad de Cabo Bretón: Alana Pinder
- Universidad de Manitoba
 - [Jason Gibbs](#)
 - Kyle Bobiwash
 - [J. B. Wallis / R. E. Roughley Museum of Entomology](#) [Museo de Entomología J. B. Wallis-R. E. Roughley]
- Ministerio de Agricultura y Agroindustria de Canadá (*Agriculture and Agri-Food Canada*)
- Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá (*Environment and Climate Change Canada*)
- Museo Real de Saskatchewan
 - [Bees of Canada](#) [Abejas de Canadá], Cory Sheffield
- Universidad de Guelph
 - [1 in 3 mouthfuls](#) [1 de 3 bocados], Laboratorio Nigel Raine
- Universidad Brock: Miriam Richards

México

- Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM)
 - Chamela (1984-presente): estudios faunísticos en el oeste de México y también en Yucatán, en bosques secos y templados; no se trata de una iniciativa de monitoreo periódico, pero puede usarse como referente.
 - Región centro-sur de México: composición faunística (taxonomía y sistemática) de las abejas nativas de las regiones tropicales húmedas (Tuxtlas), en particular, de las abejas de las orquídeas. Remuestreo temporal para detectar tendencias poblacionales.
- Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES-UNAM): 30 años de estudios en materia de efectos de la fragmentación forestal en los polinizadores y los servicios de los ecosistemas, principalmente en el Eje Neovolcánico, en Chamela y en las tierras altas.
 - Interfaz entre tierras agrícolas y entornos silvestres (sin cultivar) para demostrar la importancia de las ANP, así como los factores de riesgo y aquellos asociados al uso de polinizadores.
 - Proyecto de cuatro investigadores que trabajan en el aprovechamiento de las abejas nativas y melíferas.
 - Abejas de calabazas: conservación, ecología y aspectos genéticos.
 - Análisis de las abejas melíferas en todo el país: determinación de su procedencia.
- Instituto de Ecología, A.C. – Centro Regional del Bajío (Inecol Pátzcuaro): milpas en el Cofre de Perote, Veracruz, y sistemas agrícolas en el lago de Chapala, Jalisco.
 - Colaboración con la Conanp y con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en el monitoreo participativo en la barranca de Cupatitzio, sobre todo de especies de fácil identificación en paisajes aguacateros, especialmente *Bombus* y abejorros carpinteros.
 - Eventos anuales de difusión pública en torno a la importancia de las abejas nativas.
 - Publicación de guías.
- Universidad Autónoma de Yucatán (UADY): 20 años de investigación en torno a la diversidad de las abejas sin aguijón o meliponas (tribu *Meliponini*), especies de enorme relevancia en la península de Yucatán y otras partes de México, en especial *Melipona beecheii* y *M. yucatanica*, pero también *Scaptotrigona hellwegeri*, *S. mexicana*, *S. pectoralis* y *Nannotrigona perilampoides*. El estudio de su morfometría y perfiles de hidrocarburos cuticulares, con apoyo en microsatélites y código de barras genético, ha permitido encontrar importantes linajes genéticos que merecen ser conservados en diferentes regiones geográficas de México. Las nuevas amenazas derivadas del “boom de las abejas sin aguijón” son motivo de gran preocupación en la actualidad.
- El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur):
 - Investigaciones realizadas entre 2012 y 2018 en torno a la riqueza biocultural de las abejas meliponas en alrededor de 70 comunidades locales del estado de Oaxaca, con el propósito de documentar su conocimiento; Integración de listados faunísticos; Estudio de la percepción detectada entre la población local de una menor presencia de abejas; Levantamiento de inventarios de especies de abejas sin aguijón (tribu *Meliponini*), así como documentación de su manejo; Realización de un libro de divulgación sobre el tema; Participación de la población local como agente clave para la conservación de las abejas.

Apéndice B: Programas dedicados a las abejas nativas en América del Norte

Los cuadros que figuran a continuación se elaboraron a partir de los resultados del cuestionario en línea enviado a los participantes en el taller y a sus redes, y no pretenden ser una lista exhaustiva. La información que aquí se ofrece tiene por objeto facilitar la colaboración o el intercambio entre programas.

Leyenda

Propósito	Hábitat general	Métodos de muestreo empleados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos
M = monitoreo S = sondeo poblacional I = inventariado T = colección de referencias taxonómicas	U = urbano A = agrícola N = natural O = otros	PT = plato trampa TP = trampa de paletas RE = red entomológica F = fotografía O = otros	E = especialistas, personas con conocimiento experto CC = voluntarios en iniciativas de ciencia ciudadana o público en general NE = personas no-expertas	I = institución D = Darwin Core P = Plinian Core O = otros

n-c = no corresponde

Canadá

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas o abejorros (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Abejas ciudadanas (<i>Abeilles citoyennes</i>)	M, S	Quebec	U, A, N	Diversidad, abundancia	n-c	n-c	PT	E, CC	n-c	Todos	2019-2021
Biogeografía de las abejas en las provincias marítimas de Canadá (<i>Bee Biogeography in Maritime Canada</i>)	S, I	Provincias marítimas de Canadá	A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, TP	E, NE	I	Todos	2020-a la fecha
Red de Vigilancia de Insectos Benéficos (<i>Beneficial Insects Surveillance Network</i>)	S, I, T	Pastizales y regiones de parques naturales de las praderas, en Alberta (330 sitios); lugares de montaña y alpinos en Alberta y Columbia Británica (40 sitios).	A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	Abejorros (trabajo de montaña) Todas las especies (trabajo agrícola)	PT, TP	E	I	Todos	2015-2019
Estudios sobre la aparición de reinas de abejorros, para examinar el impacto de los factores de presión ambiental en los movimientos de los abejorros	M, S	Guelph y Cambridge, Ontario	N, O	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, trayectorias de vuelo, ángulos de giro, selección de hábitats	n-c	Abejorros	RE, O	E	I	Ninguno	2021-a la fecha

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas o abejorros (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Grupo sobre abejas de la Universidad de Cabo Bretón	M, I, T	Nueva Escocia	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia	Polinización	n-c	PT, RE	E, NE	I	Todos	2021-a la fecha
Laboratorio Colla (trabajo de campo en Ontario, Bumble Bee Watch, protocolos y marcos gubernamentales)	M, S	n-c	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización, competencia	Principalmente abejorros, pero también otras abejas silvestres en función del proyecto	PT, RE, F	E, CC	I	Algunos	2015-a la fecha
Proyecto Gran Girasol (<i>Great Sunflower Project</i>)	M	n-c	U, A, N	Número de visitas	Polinización	n-c	F, O	CC	I	Ninguno	2008-a la fecha
Monitoreo a largo plazo de las abejas en la región del Niágara, sur de Ontario	M, S	Península del Niágara, sur de Ontario	N, O	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, tamaño corporal	n-c	Abejas que caen en los platos trampa	PT, TP, RE	E, CC	I	Todos	2003-a la fecha
Iniciativa sobre polinizadores nativos: abejorros	M, S	Sur de Ontario	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia	n-c	Abejorros	RE	E, CC, NE	I	Ninguno	2012-a la fecha

Estados Unidos

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Proyecto Gran Girasol (<i>Great Sunflower Project</i>)	M	n-c	U, A, N	Número de visitas	Polinización	n-c	F, O	CC	I	Ninguno	2008-a la fecha
Laboratorio Colla (Bumble Bee Watch, protocolos y marcos gubernamentales)	M, S	n-c	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización, competencia	Abejorros, pero también otras abejas silvestres en función del proyecto.	PT, RE, F	E, CC	I	Algunos	2015-a la fecha
Atlas de Abejas de Alaska (<i>Alaska Bee Atlas</i>)	S, I, T	n-c	U, N	Diversidad, presencia o ausencia	n-c	n-c	PT, TP, RE, F	E, CC, NE	I, D	Todos	2020-a la fecha
Inventario de abejas nativas de Arkansas (<i>Arkansas Native Bee Inventory</i>)	M, S, I, T	Arkansas	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, RE, F	E, CC, NE	I	Todos	2021-a la fecha
Viñedos respetuosos de las abejas (<i>Bee Friendly Vineyards</i>) y pastizales regenerativos con plantas propicias para la presencia de abejas	M, I, T	Oregón, Dakota del Norte, Dakota del Sur, Nebraska, Montana	A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	Polinización	n-c	PT, TP, RE	E	I	Algunos	2020-a la fecha

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Sondeo poblacional de abejas en Cross Timbers y la altiplanicie de Edwards en Texas (<i>Cross Timbers & Edwards Plateau Texas Bee Survey</i>); sondeo poblacional de polinizadores urbanos en la región central de Texas (<i>Central Texas Urban Pollinator Survey</i>); sondeo poblacional de polinizadores urbanos en la costa de California (<i>Coast California Urban Pollinator Survey</i>), y estudio de polinizadores de algodones de Texas (<i>Texas Cotton Pollinators</i>)	M, S	Texas (zona central) y California (costa)	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	Polinización	Atención centrada sobre todo en abejorros, pero también en el resto de las abejas de la comunidad	PT, TP, RE	E	I	Algunos	2012-a la fecha
Proyecto de monitoreo de abejas de la Oficina de Gestión de Tierras (<i>BLM Bee Monitoring Project</i>)	M, I	Entidades del oeste de Estados Unidos	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	PT, TP, RE	E, CC, NE	I, D	Todos	2021-a la fecha
Estudio de ocupación de <i>Bombus affinis</i>	M	Minesota, Wisconsin, Illinois	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	Abejorros	F	E	I	Algunos	2021-a la fecha

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Proyecto Bring Conservation Home	S	Zona metropolitana de San Luis, Misuri	U	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	RE	E	I	Todos	2020-2022
Inventarios de puntos críticos para los polinizadores realizados por la Universidad Estatal de Colorado y el Servicio Nacional de Parques (<i>National Park Service, NPS</i>)	S, I	Todos los parques del inventario estadounidense de recursos naturales, con excepción de los ubicados en Alaska: 272 de las más de 400 unidades de parques	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	Polinización	Abejorros	RE, F	E, CC, NE	D	Algunos	2021-a la fecha; los fondos previstos finalizan en 2025
Monitoreo de polinizadores de cultivos	M	Vermont, Nuevo Hampshire	A	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia	Polinización	n-c	F, O	E, CC, NE	I	Ninguno	2022-a la fecha
Inventario de abejas de la Reserva Natural de Banshee Reeks, realizado por Elizabeth Sellers	M, S, I, T	Reserva Natural de Banshee Reeks (<i>Banshee Reeks Nature Preserve [BRNP]</i>), condado de Loudoun, Virginia	N	Presencia o ausencia	n-c	n-c	PT, TP	E, CC, NE	I	Todos	2010-2020

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Laboratorio de Investigación Agrícola Centro Norte, del Servicio de Investigaciones Agrícolas del Departamento de Agricultura (USDA ARS North Central Ag Research Lab)	S, I, T	Condado de Brookings, Dakota del Sur oriental	N, A	Diversidad, fenología, distancia intertegular (DIT)	Polinización, competencia	n-c	PT, TP, RE, F	E	I, D	Algunos	2019-2021
Evaluación de los efectos económicos, ecológicos y en la productividad derivados de sembrar plantas que atraen polinizadores alrededor de instalaciones solares a gran escala	M, S, I	Centro de Illinois, centro de Indiana, sur de Wisconsin, suroeste de Michigan	A, N, O	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, densidad de actividad de abejas melíferas (alóctonas o no-nativas)	n-c	n-c	PT, RE, F, O	E	I	Algunos	2021-a la fecha (hasta 2024)
Efectos de la pérdida y fragmentación del hábitat en el riesgo de extinción y la estructura poblacional de las abejas	M, S, I, T	Condado de San Diego, California	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	Abejas que no pertenecen al género <i>Apis</i>	PT, RE, F	E	O	Todos	2011-a la fecha
Nuevo sondeo poblacional de abejas en el Parque Nacional de las Dunas de Indiana	M, S, I	Indiana	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, RE, O	E, CC, NE	O	Todos	2003-2022

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
James Weaver	S, I, T	Nuevo México	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, RE	E, NE	I	Todos	2022-a la fecha
Janene Lichtenberg	I, T	Noroeste de Montana	N	Diversidad, presencia o ausencia, fenología	Polinización	Abejorros	RE, F, O	E, NE	I	Todos	2016-a la fecha
Katie Moriarty	M, S, I, T	Oregón, California	N, O	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización, enfermedades	Abejorros	PT, TP, RE	E	I	Todos	2019-2023
Kristin Gnojewski	S, I	Boise, Idaho	U, N	Diversidad, presencia o ausencia	n-c	n-c	F	CC	I	Ninguno	2022-a la fecha
Atlas de Abejorros de Maine (Maine Bumble Bee Atlas, MBBA)	S, I	Maine	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, uso de plantas que proporcionan néctar y polen, hábitat	n-c	Abejorros; abejas carpinteras, gigantes de la resina y cardadoras de lana	RE, F, O	E, CC, NE	I	Todos	2015-2020

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Meredith L. Holm, USFWS	M, S, I, T	Cuenca de los Grandes Lagos de Estados Unidos	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización	Todas las abejas nativas, pero se está trabajando para realizar un subconjunto de sondeos poblacionales sobre abejorros exclusivamente.	PT, RE, F	E	I	Algunos	2020-a la fecha
Metamorphic Ecological Research and Consulting, LLC	M, S, I, T	Virginia Occidental, Virginia	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	Abejorros	RE	E	I	Todos	2017-a la fecha
Sondeo poblacional de abejas silvestres de Minesota (<i>Minnesota Wild Bee Survey</i>)	S, T	Minesota	N	Diversidad	n-c	n-c	PT, TP, RE	E, NE	I	Todos	2015-2023
Monitoreo de los efectos de las quemadas controladas en los patrones de abundancia de abejorros	S	Sur de Wisconsin	N	Diversidad, presencia o ausencia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	Abejorros	RE, F	E	I	Ninguno	2022-a la fecha
Proyecto de monitoreo de abejas a largo plazo en el Rancho MPG	M, I	Condado de Missoula, Montana	N, O	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, RE	NE	I, O	Todos	2013-2019

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Abejas nativas de comunidades naturales	M, I	Michigan	N	Diversidad, abundancia	n-c	n-c	PT, RE	E	I, D	Todos	2021-a la fecha
Abejas nativas de América del Norte, taxonomía y biodiversidad	S, I, T	Oeste de Estados Unidos	N	Presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	Todas, pero con énfasis en <i>Megachilidae</i> , <i>Rophitinae</i> y <i>Perditini</i>	PT, RE	E	D	Todos	1998-a la fecha
Inventario de abejas en cotos de caza de Carolina del Norte	M	Carolina del Norte	O	Diversidad, presencia o ausencia, fenología, "abundancia" en la medida en que la captura con trampas y redes puede representar la abundancia	n-c	n-c	PT, RE, F	E, NE	I	Algunos	2018-a la fecha
Inventario de refugios del norte de Nuevo México	S, I, T	Nuevo México	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, RE	E, NE	I, D	Todos	2022-a la fecha
Línea de atención telefónica sobre abejas (<i>Bee Call</i>) de la Fundación Nacional de Ciencias (<i>National Science Foundation</i> , NSF)	M, S, I, T	California	U, N, O	Diversidad, presencia o ausencia, fenología, asociación con la vegetación	n-c	n-c	RE, F	E	I	Algunos	2021-2022

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Atlas de Abejas de Oregón (Oregon Bee Atlas)	I, T	Oregón	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, fenología	n-c	n-c	PT, TP, RE	E, CC	D	Algunos	2018-a la fecha
Programa de monitoreo de abejas de Pensilvania (Pennsylvania Bee Monitoring Program)	M, S, I, T	Pensilvania	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, TP, RE	NE	D	Todos	2021-a la fecha
Sondeos poblacionales de polinizadores con base en fotoidentificación	M, S, I	Centro-oeste y centro de Illinois	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	Polinización, competencia	n-c	F, O	E	n-c	Algunos	2018-a la fecha (sondeos rotativos quinquenales)
Respuesta de las comunidades de abejas luego de incendios en las islas serranas del suroeste de Estados Unidos	M, I	Parques nacionales Guadalupe Mountains y Big Bend, Texas	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT, TP, RE	E, CC	I, D	Todos	2018-a la fecha
Estudio sobre abejorros en Rhode Island	S, I	Rhode Island	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	Abejorros y grandes abejas carpinteras	RE, F	E, CC, NE	I	Algunos	2022-a la fecha (2024)

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Proyecto de monitoreo de abejas en investigaciones ambientales a largo plazo en Sevilleta	M, S, I, T	Centro de Nuevo México, Refugio Nacional de Vida Silvestre Sevilleta	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	n-c	n-c	PT	E, NE	I, D, O	Algunos	2001-a la fecha
Shutterbee	M, S	Área metropolitana de San Luis (Illinois y Misuri)	U	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización	n-c	F	CC	P, O	Ninguno	2020-a la fecha
Programa de Ciencia Ciudadana Shutterbee	S	Región metropolitana de San Luis, Misuri	U	Diversidad, presencia o ausencia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización	n-c	RE, F	CC	I	Todos	2020-a la fecha
Polinizadores de Tennessee	M, S, T	Sureste de Estados Unidos, Tennessee	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	Polinización	n-c	RE, O	E	I	Todos	2019-a la fecha
Programa de monitoreo de abejas de Connecticut (<i>The Connecticut Bee Monitoring Program</i>)	M, S, I, T	Connecticut	A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	PT, RE	E, NE	I, D, O	Todos	2010-a la fecha

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Sondeo poblacional de abejas de Ohio (<i>The Ohio Bee Survey</i>)	M, S, I, T	Ohio	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	PT	E, CC, NE	n-c	Todos	2020
UCSBees	M, I, T	Santa Bárbara, California	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	PT, RE	E, NE	D	Todos	2016-a la fecha
Proyecto del USDA de monitoreo de abejas nativas en campos de cultivo de soya en el noreste de Arkansas	M, S	Noreste de Arkansas	A	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización	n-c	PT, TP, RE	E	I	Todos	2019-a la fecha
Diversos estudios sobre abejas en la región central de California y Sierra Nevada	M, S, I	Región central de California	U, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	A veces abejorros	PT, RE	E	I	Todos	2001 a 2020; en curso condado de Marin

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Monitoreo de abejas en el oeste de Kansas	M, I, T	Oeste de Kansas	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	PT, RE	E, NE	I	Todos	2019-a la fecha
Programas del Atlas de Abejorros de la Xerces Society	M, S, I	Noroeste del Pacífico, California, Medio Oeste, Grandes Llanuras	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	<i>Bombus</i>	RE	E, CC, NE	D	Ninguno	2018-a la fecha
Estudiante de doctorado en biología integrativa	S	California	N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	RE	E	I	Todos	2020-a la fecha
Inventario de abejas nativas de Oklahoma	M, S, I, T	Oklahoma	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Asociación con plantas hospederas	n-c	PT, RE, F, O	E, CC, NE	I	Algunos	2021-a la fecha

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Estructura comunitaria de las abejas de las praderas de Palouse	I	Norte de Idaho y zona adyacente de Washington	A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	PT, TP, RE	E	I	Algunos	2012-2013
Proyecto de monitoreo de abejas One Tam Marin	S, I, T	Condado de Marin, California	N, O	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	n-c	n-c	PT, RE	E, CC, NE	n-c	Todos	2017-a la fecha
Sondeos poblacionales de abejas nativas del Servicio de Investigaciones Agrícolas del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA-ARS), realizados por la Unidad de Investigación de Insectos Polinizadores de la Universidad Estatal de Utah en Logan, Utah	M, S, I, T	Distribución a escala mundial, con énfasis en el suroeste de Estados Unidos	A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización, competencia	n-c	PT, RE	E, NE	I, D	Algunos	1946-a la fecha

México

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
Abejas del noreste de México	M, I	Nuevo León y Coahuila, México	U, A, N	Diversidad, abundancia, relación planta-insecto	Visitantes florales	n-c	PT, RE, F	E	I	Todos	2019-a la fecha
Conservación de las abejas sin aguijón en México (Conacyt 103341) y Manejo sustentable de los polinizadores (Conacyt 291333)	M, S	Regiones tropicales de México: península de Yucatán, costa del Pacífico y costa del golfo	U, A, N	Diversidad	Polinización	Abejas sin aguijón y euglosinas	RE, F	E	n-c	Algunos	2010-a la fecha
Diversidad de las abejas de las orquídeas (<i>Hymenoptera: Apidae</i>) del trópico mexicano mediante el monitoreo comparativo de poblaciones locales y el análisis de la estructura genética de especies representativas	M, I	Se propone incluir datos de varias entidades federativas de México, a saber: Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Guerrero, Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Estado de México	A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	Polinización	Abejas de las orquídeas	PT, RE, O	E	I	Todos	2021-a la fecha
Patrones de diversidad de los polinizadores silvestres en el paisaje neotropical de la región centro occidente de México	M, I	Región centro occidente de México formada por los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas	U, A, N	Diversidad, abundancia, rasgos ecomorfológicos	Polinización	<i>Apidae</i> , <i>Megachilidae</i> y <i>Halictidae</i>	PT, TP, RE, F	E, CC, NE	D	Algunos	2017-a la fecha

*Monitoreo e integración de inventarios de abejas nativas de América del Norte:
programas, prácticas y consideraciones para actores y colaboradores en su conservación*

Proyecto o programa	Propósito	Región subnacional donde se recogen los datos	Hábitat general	Monitoreo de atributos de las abejas nativas	Atributos relacionados con funciones de los ecosistemas (si los hubiese)	Grupo focal de abejas (si procede)	Métodos de muestreo utilizados	Responsables de la recolección de datos	Estándar utilizado en el manejo de datos	Almacenamiento de especímenes	Duración
El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) – Equipo Abejas	M, S, I, T	Todo México, con especial atención en Oaxaca, Chiapas, Tabasco y la península de Yucatán.	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología, datos para modelización de la ocupación	Polinización	Interés en todas las abejas, pero en especial abejorros, así como abejas sin aguijón y carpinteras.	RE	E, CC, NE	I	Todos	1986-a la fecha
Proyecto Gran Girasol (<i>Great Sunflower Project</i>)	M	n-c	U, A, N	Número de visitas	Polinización	n-c	F, O	CC	I	Ninguno	2008-a la fecha
Polinizadores de cafetales del sur de México	M, S, T	Sur de México	U, A, N	Diversidad, presencia o ausencia, abundancia, fenología	Polinización	En algunos estudios, atención centrada en los abejorros; en otros, se incluyen todas las abejas de la comunidad	PT, TP, RE	E	I	Algunos	2005-a la fecha
Abejas sin aguijón y su conservación en Oaxaca, México	S, T	Estado de Oaxaca	U, A, N	Presencia o ausencia, datos para modelización de la ocupación	n-c	Abejas sin aguijón	RE	E	I	Todos	2012-2018

Referencias bibliográficas

- Acharya, R. S., J. M. Burke, T. Leslie, K. Loftin y N. K. Joshi (2022), "Wild bees respond differently to sampling traps with vanes of different colors and light reflectivity in a livestock pasture ecosystem", *Scientific Reports*, vol. 12, núm. 1, en: <<https://doi.org/10.1038/s41598-022-10286-w>>.
- Allen-Wardell, G., A. Burquez, P. Berhardt y S. Buchmann (1998), "The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields", *Conservation Biology*, vol. 2, núm. 1, pp. 8-17, en: <<http://www.jstor.org/stable/2387457>>.
- Arapahoe County Extension (2023), *Native bee watch, a Colorado citizen science field guide*, condado de Arapahoe, extensión de la Universidad Estatal de Colorado, adaptado del proyecto sobre polinizadores de California de la Xerces Society: *Citizen Science Pollinator Monitoring Guide*, de Mason, L., B. Kondratieff y H. S. Arathi (2023), en: <<https://arapahoe.extension.colostate.edu/nbw/>>.
- Ayala, R., V. H. González y M. S. Engel (2013), "Mexican stingless bees (*Hymenoptera: Apidae*): Diversity, distribution, and Indigenous Knowledge", *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*, Springer Science, pp. 135-152, Nueva York, en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_9>.
- Bloom, E. H. y D. W. Crowder (2020), "Promoting Data Collection in Pollinator Citizen Science Projects", *Citizen Science: Theory and Practice*, vol. 5, núm. 1, pp. 3, 1-12, en: <<https://doi.org/10.5334/cstp.217>>.
- Bratman, E. Z. (2020), "Saving the other bees: The resurgence of stingless beekeeping in the Zona Maya", *Conservation and Society*, vol. 18, núm. 4, pp. 387-398, en: <https://doi.org/10.4103/cs.cs_20_66>.
- Briggs, H. M. y B. J. Brosi (2013), "The role of the agricultural matrix: coffee management and euglossine bee (*Hymenoptera: Apidae: Euglossini*) communities in southern Mexico", *Environmental Entomology*, vol. 42, núm. 6, pp. 1210-1217, Entomological Society of America, en: <www.bioone.org/doi/full/10.1603/EN13087>.
- Cairns, C. E., R. Villanueva Gutiérrez, S. Koptur y D. B. Bray (2005), "Bee populations, forest disturbance, and Africanization in Mexico", *Biotropica*, vol. 37, núm. 4, pp. 686-692, diciembre de 2005, en: <<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00087.x>>.
- Cane, J. H., R. L. Minckley y L. J. Kervin (2000), "Sampling bees (*Hymenoptera: Apiformes*) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping", *Journal of the Kansas Entomological Society*, núm. 73, pp. 225-231, en: <www.jstor.org/stable/25085973>.
- CINAT UNA (2021), *Desafíos y oportunidades para la conservación de las abejas nativas*, XII Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas, noviembre de 2021, Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT), Universidad Nacional de Costa Rica.
- Crowder, J. (2019), *SCBC Bee Bowl set out event* [fotografía de cuenco o plato trapa para abejas], Flickr, en: <www.flickr.com/photos/183258493@N06/50692320898/in/dateposted/>.
- Dibble, A. C., F. A. Drummond, A. L. Averill, K. Bickerman-Martens, S. C. Bosworth, S. L. Bushmann, A. K. Hoshide, M. E. Leach, K. Skyrms, E. Venturini y A. White (2018), *Bees and their habitats in four New England states*, Colegio de Estudios Superiores y Tecnológicos de

- Ciencias Naturales, Silvicultura y Agricultura de la Universidad de Maine, Orono, Maine, Estados Unidos, núm. 448, mayo de 2018, en: <<https://umaine.edu/mafes/wp-content/uploads/sites/98/2018/07/Bees-and-Their-Habitats-in-Four-New-England-States.pdf>>.
- Dolezal, A. e I. Caldwell (2021), "Evaluation of economic, ecological, and performance impacts of co-located pollinator plantings at large-scale solar installations", Universidad de Illinois, Urbana-Champaign, y Laboratorio Nacional de Argonne.
- Domínguez Álvarez, A., Z. Cano Santana y R. Ayala Barajas (2009), "Estructura y fenología de la comunidad de abejas nativas (*Hymenoptera: Apoidea*)", Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 421-432.
- Domroese, M. C. y E. A. Johnson (2017) "Why watch bees? Motivations of citizen science volunteers in the Great Pollinator Project", *Biological Conservation*, núm. 208, pp. 40-47, en: <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.020>>.
- Droege, S., J. D. Engler, E. Sellers y L. E. O'Brien (2017), "National protocol framework for the inventory and monitoring of bees, version 2.0", Fuerte Collins, Colorado, Inventory and Monitoring, National Wildlife Refuge System, US Fish and Wildlife Service, en: <<http://ecos.fws.gov/ServCatFiles/reference/holding/47682>>.
- ECCC (2020), "Recovery strategy for the rusty-patched bumble bee (*Bombus affinis*) in Canada", versión final, serie *Species at Risk Act recovery strategy*, Environment and Climate Change Canada, Ottawa, Canadá, núm. vii, en: <www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/plans/rs_rusty_patched_bumble_bee_e_final.pdf>.
- Evans, E., M. Smart, D. Cariveau y M. Spivak (2018) "Wild, native bees and managed honey bees benefit from similar agricultural land uses", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, núm. 268, pp. 162-170, en: <<https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.014>>.
- Falk, S., G. Foster, R. Comont, J. Conroy, H. Bostock, A. Salisbury, D. Kilbey, J. Bennett y B. Smith (2019), "Evaluating the ability of citizen scientists to identify bumblebee (*Bombus*) species", *PLoS ONE*, vol. 14, núm. 6, id. e0218614, en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218614>>.
- Freire Ramírez, L., G. Flores Alanís, R. Barajas Ayala, C. Macías Velazco y S. Favela Lara (2014), "El uso de platos trampa y red entomológica en la captura de abejas nativas en el estado de Nuevo León, México", *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), vol. 30, núm. 3, pp. 508-538.
- Fulkerson, J. R., M. L. Carlson y C. T. Burns (2022), *Alaska bee atlas inventory and monitoring plan and protocol*, Alaska Center for Conservation Science (ACCS), Universidad de Alaska en Anchorage, y Bureau of Land Management - Alaska, Anchorage, Alaska, en: <https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Alaska-Bee-Atlas_Protocol-and-Plan-2022.pdf>.
- Fulkerson, J. R., M. L. Carlson y C. T. Burns (2021), *Alaska bee atlas inventory and monitoring plan and protocol*, Alaska Center for Conservation Science (ACCS), Universidad de Alaska en Anchorage, y Bureau of Land Management - Alaska, Anchorage, Alaska, en: <https://accs.uaa.alaska.edu/wp-content/uploads/Alaska_Bee_Atlas_2021.pdf>.
- Galbraith, S. (2019), *Bee Trap: Oregon State University researchers use blue vane traps to attract bees* [fotografía de trampa de paleta para abejas], Flickr, en: <www.flickr.com/photos/33247428@N08/35249731080>.

- Gezon, Z. J., E. S. Wyman, J. S. Ascher, D. W. Inouye y R. E. Irwin (2015), "The effect of repeated, lethal sampling on wild bee abundance and diversity", *Methods in Ecology and Evolution*, vol. 6, núm. 9, pp. 1044-1054, en: <doi.org/10.1111/2041-210X.12375>.
- Gibbs, J., N. K. Joshi, J. K. Wilson, N. L. Rothwell, K. Powers, M. Haas, L. Gut, D. J. Biddinger y R. Isaacs (2017), "Does passive sampling accurately reflect the bee (*Apoidea: Anthophila*) communities pollinating apple and sour cherry orchards?", *Environmental Entomology*, vol. 46, núm. 3, pp. 579-588, en: <<https://doi.org/10.1093/ee/nvx069>>.
- González Acereto, J. A., J. J. Quezada Euán y L. Medina Medina (2006), "New perspectives for stingless beekeeping in the Yucatan: results of an integral program to rescue and promote the activity", *Journal of Apicultural Research*, vol. 45, núm. 4, pp. 234-239, en: <<https://doi.org/10.1080/00218839.2006.11101356>>.
- Hatfield, R., L. Svancara, L. Richardson, J. Sauder y A. Potter (2020), *The Pacific Northwest Bumble Bee Atlas*, US Fish and Wildlife Service, Washington, Oregon y Idaho, en: <www.pnwbumblebeeatlas.org>.
- Hodnett, R. (2018), *Photo observation of Common Eastern Bumble Bee* [foto observación de un abejorro oriental común (*Bombus impatiens*)], Wikimedia Commons, en: <[commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Eastern_Bumble_Bee_\(Bombus_impatiens\)_-Kitchener,_Ontario_01.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Eastern_Bumble_Bee_(Bombus_impatiens)_-Kitchener,_Ontario_01.jpg)>.
- Hopwood, J., S. Black y S. Fleury (2015), *Roadside best management practices that benefit pollinators: Handbook for supporting pollinators through roadside maintenance and landscape design*, ICF International y Xerces Society for Invertebrate Conservation, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, informe núm. FHWA-HEP-16-059, en: <https://xerces.org/sites/default/files/2018-05/16-019_01_FHWA_Roadside-Best-Management-Practices-that-Benefit-Pollinators_web.pdf>.
- Høye, T. T., J. Årje, K. Bjerge, O. L. Hansen, A. Iosifidis, F. Leese, H. M. Mann, K. Meissner, C. Melvad y J. Raitoharju (2020), "Deep learning and computer vision will transform entomology", *Proceedings of the National Academy of Sciences* [memorias de la Academia Nacional de Ciencia de Estados Unidos], vol. 118, núm. 2, en: <<https://doi.org/10.1101/2020.07.03.187252>>.
- IPBES (2016), *Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*, S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen et al. (eds.), Secretaría Ejecutiva de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*), Bonn, Alemania, en: <<https://hal.science/hal-01946814>>.
- Inouye (s.f.), "Bumblebees (*Bombus* spp.)", en "US Forest Service: Caring for the land and serving people", US Forest Service, United States Department of Agriculture (USDA), en: <www.fs.usda.gov/wildflowers/pollinators/pollinator-of-the-month/bumblebees.shtml>.
- Jackson, H. M., S. A. Johnson, L. A. Morandin, L. L. Richardson, L. M. Guzmán y L. K. M'Gonigle (2022), "Climate change winners and losers among North American bumblebees", *Biol Lett*, núm. 18, id., 20210551, en: <<https://doi.org/10.1098/rsbl.2021.0551>>.

- Jordan, S. F., E. Lee-Mäder y M. Vaughan (2016), *Upper Midwest Citizen Science Monitoring Guide: Native Bees*, Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, Oregón.
- Kammerer, M., S. C. Goslee, M. R. Douglas, J. F. Tooker y C. M. Grozinger (2020), "Wild bees as winners and losers: relative impacts of landscape composition, quality, and climate", *Global Change Biology*, vol. 27, núm. 6, pp. 1250-1265, en: <<https://doi.org/10.1111/gcb.15485>>.
- Kerr, J. T., A. Pindar, P. Galpern, L. Packer, S. G. Potts, S. M. Roberts, P. Rasmont, O. Schweiger, S. R. Colla, L. L. Richardson, D. L. Wagner, L. F. Gall, D. S. Sikes y A. Pantoja (2015), "Climate change impacts on bumblebees converge across continents", *Science*, vol. 349, núm. 6244, pp. 177-180, en: <<https://doi.org/10.1126/science.aaa7031>>.
- Koffler, S., C. Barbiéri, N. P. Ghilardi-Lopes, J. N. Leocadio, B. Albertini, T. M. Franco y A. M. Saraiva (2021), "A buzz for sustainability and conservation: the growing potential of citizen science studies on Bees", *Sustainability*, vol. 13, núm. 2, p. 959, en: <<https://doi.org/10.3390/su13020959>>.
- Krahner, A., J. Schmidt, M. Maixner, M. Porten y T. Schmitt (2021), "Evaluation of four different methods for assessing bee diversity as ecological indicators of agro-ecosystems", *Ecological Indicators*, núm. 125, id., 107573. <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107573>>.
- Kremen, C., N. M. Williams y R. W. Thorp (2002), "Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* [memorias de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos], vol. 99, núm. 26, pp. 16812-16816, en: <www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.262413599>.
- Landaverde González, P., J. J. Quezada Euán, P. Theodorou, T. E. Murray, M. Husemann, R. Ayala, H. Moo Valle, R. Vandame y R. J. Paxton (2017), "Sweat bees on hot chillies: provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agriculture in the Yucatan Peninsula of tropical Mexico", *Journal of Applied Ecology*, núm. 54, pp. 1814-1824, en: <[doi: 10.1111/1365-2664.12860](https://doi.org/10.1111/1365-2664.12860)>.
- Le Féon, V., M. Henry, L. Guilbaud, C. Coiffait-Gombault, E. Dufrêne, E. Kolodziejczyk, M. Kuhlmann, F. Requier y B. E. Vaissière (2016), "An expert-assisted citizen science program involving agricultural high schools provides national patterns on bee species assemblages", *Journal of Insect Conservation*, vol. 20, núm. 5, pp. 905-918, en: <<https://doi.org/10.1007/s10841-016-9927-1>>.
- LeBuhn, G., S. Droege, E. Connor, B. Gemmill-Herren y N. Azzu (2016), *Protocol to detect and monitor pollinator communities: Guidance for practitioners*, Servicios de Polinización para una Agricultura Sostenible, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, en: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/2b0c2b39-e96a-4bb7-be80-6f48d95c91d9/>>.
- Lehman, R. (2018), *Catching bees with nets* [fotografía de captura con redes entomológicas, durante taller de identificación de abejas], Intermountain Forest Service, USDA Region 4, Wikimedia Commons, en: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20180514CTNFpeoplelookingforbees_\(44756294465\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:20180514CTNFpeoplelookingforbees_(44756294465).jpg)>.
- Liczner, A. R., V. J. MacPhail, D. A. Woollett, N. L. Richards y S. R. Colla (2021), "Training and usage of detection dogs to better understand bumble bee nesting habitat: challenges and opportunities", *PLoS ONE*, vol. 16, núm. 5, id., e0249248, en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249248>>.

- Lye, G. C., J. L. Osborne, K. J. Park y D. Goulson (2011), "Using citizen science to monitor *Bombus* populations in the UK: nesting ecology and relative abundance in the urban environment", *Journal of Insect Conservation*, vol. 16, núm. 5, pp. 697-707, en: <<https://doi.org/10.1007/s10841-011-9450-3>>.
- MacPhail, V. J., L. L. Richardson y S. R. Colla (2019), "Incorporating citizen science, museum specimens, and field work into the assessment of extinction risk of the American Bumble bee (*Bombus pensylvanicus* De Geer 1773) in Canada", *Journal of Insect Conservation*, vol. 23, núm. 3, pp. 597-611, en: <<https://doi.org/10.1007/s10841-019-00152-y>>.
- MacPhail, V. J., S. D. Gibson y S. R. Colla (2020a), "Community science participants gain environmental awareness and contribute high quality data but improvements are needed: insights from Bumble Bee Watch", *PeerJ Life & Environment*, núm. 8, id., e9141, en: <<https://doi.org/10.7717/peerj.9141>>.
- MacPhail, V. J., S. D. Gibson, R. Hatfield y S. R. Colla (2020b), "Using Bumble Bee Watch to investigate the accuracy and perception of bumble bee (*bombus spp.*) identification by community scientists", *PeerJ Life & Environment*, núm. 8, id., e9412, en: <<https://doi.org/10.7717/peerj.9412>>.
- Mader, E., M. Vaughan, M. Shepherd y J. Hoffman Black (2010), *Alternative pollinators: native bees*, The Xerces Society, publicación de ATTRA [Transferencia de Tecnología Apropriada para Zonas Rurales], National Sustainable Agriculture Information Service, versión 031810, en: <<https://attra.ncat.org/publication-clternative-pollinators-native-bees/>>.
- Martínez López, O., J. B. Koch, M. A. Martínez Morales, D. Navarrete Gutiérrez, E. Enríquez y R. Vandame (2021), "Reduction in the potential distribution of bumble bees (*Apidae: Bombus*) in Mesoamerica under different climate change scenarios: Conservation implications", *Global Change Biology*, vol. 27, núm. 9 (marzo de 2021), pp. 1772-1787, en: <<https://doi.org/10.1111/gcb.15559>>.
- McKnight, S., C. Fallon, E. Pelton, R. Hatfield, A. Code, J. Hopwood, S. Jepsen y S. H. Black (2018), *Best management practices for pollination on western rangelands*, The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, Oregon, en: <https://xerces.org/sites/default/files/2019-09/18-015_BMPs%20for%20Polls%20on%20Western%20Rangelands_sml_9-12-2019%20%281%29.pdf>.
- Meiners, J. M., T. L. Griswold y O. M. Carril (2019), "Decades of native bee biodiversity surveys at Pinnacles National Park highlight the importance of monitoring natural areas over time", *PLoS ONE*, vol. 14, núm. 1, id., e0207566, en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207566>>.
- Miller-Struttman, N. E., D. Heise, J. Schul, J. C. Geib y C. Galen (2017), "Flight of the bumble bee: buzzes predict pollination services", *PLoS ONE*, vol. 12, núm. 6, en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179273>>.
- Minnerath, A., M. Vaughan y E. Mader (2014), *Maritime northwest citizen science monitoring guide for native bees & butterflies*, 2a. edición, The Xerces Society, Portland, Oregon.
- Pando, F. (2018), "Comparison of species information TDWG standards from the point of view of the Plinian Core specification", *Biodiversity Information Science and Standards (BISS)*, núm. 2, en: <<https://doi.org/10.3897/biss.2.25869>>.

- Portman, Z. M., B. Bruninga-Socolar y D. Cariveau (2020), "The state of bee monitoring in the United States: a call to refocus away from bowl traps and towards more effective methods", *Annals of the Entomological Society of America*, vol. 113, núm. 5, pp. 337-342, en: <doi.org/10.1093/aesa/saaa010>.
- Quezada Euán, J. J. G. (2018), "The past, present, and future of meliponiculture in Mexico", en: Quezada Euán, ed., *Stingless Bees of Mexico*, Springer Nature, en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77785-6_9>.
- Quezada Euán, J. J. G., W. J. May-Itzá, P. de la Rúa y D. W. Roubik (2022), *From neglect to stardom: stingless bee population integrity in Mexico, and how the rising popularity of stingless bees threatens biodiversity and bee keeping*, Departamento de Apicultura Tropical, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México, en: <www.researchgate.net/publication/366225970 *From neglect to stardom how the rising popularity of stingless bees threatens diversity and meliponiculture in Mexico*>.
- RCN (2021), "Workshop 1: Insight and inspiration from large scale monitoring programs" [Conocimiento e inspiración derivados de programas de monitoreo de gran escala], presentación del taller 1, The US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Youtube, en: <www.youtube.com/watch?v=n_6KoU8Bj5k>.
- RCN (2021a), "Workshop 2: Conservation goals for national native bee monitoring" [Metas de conservación para el monitoreo de abejas nativas a escala nacional], presentación del taller 2, The US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Youtube, en: <www.youtube.com/watch?v=8ISATFjI038&list=PLh3NEUAQ4ng6C3QBLBoF-E500c5vrUjt4>.
- RCN (2021b), "Workshop 3: Federal agency native bee monitoring needs and efforts" [Necesidades e iniciativas en materia de monitoreo de abejas nativas por parte de las dependencias federales], presentación del taller 3, The US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Youtube, en: <www.youtube.com/watch?v=ym5CHLGPOM0&list=PLh3NEUAQ4ng7eJfCIVxK5MgEW6MP31P3>.
- RCN (2021c), "Workshop 4: Extension and Community Science" [Ciencia comunitaria y actividades de extensión], presentación del taller 4, The US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Youtube, en: <www.youtube.com/watch?v=rdALe5nCGBQ&list=PLh3NEUAQ4ng46B6Qop-ITr12FiLQQWPMp>.
- RCN (2021d), "Workshop 5: Prioritizing places to monitor native bees" [Priorización de lugares en donde realizar el monitoreo de abejas nativas], presentación del taller 5, The US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, Youtube, en: <www.youtube.com/watch?v=JUI2fbhmiiQ&list=PLh3NEUAQ4ng61LEvW7g1vQvS6JftA3ln6&index=1>.
- RCN (2022), "Our goal" [Nuestra meta], sitio web de la Red Nacional de Coordinación de Investigación y Monitoreo de Abejas Nativas de Estados Unidos (*US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network*), en: <https://www.nativebeemonitoring.org/about-us>.
- RCN (2022a), *Workshop 3 and 4 Technical Summary Reports*, The US National Native Bee Monitoring Research Coordination Network, informes técnicos de síntesis de los talleres 3 y 4, en: <www.nativebeemonitoring.org/workshops>.

- Red-Laird, S. (2020), *Bee friendly vineyards/regenerative bee pasture*, The Bee Girl Organization (BGO), en: <www.beegirl.org/habitat>.
- Reyes González, A., A. Camou Guerrero y S. Gómez Arreola (2016), *From extraction to meliponiculture: a case study of the management of Stingless Bees in the west Central Region of Mexico*, en: Chambo E. D. (ed.), "Beekeeping and Bee Conservation", *Advances in Research. IntechOpen*, en: <<https://doi.org/10.5772/61424>>.
- Reyes González, A., A. Camou Guerrero, E. del Val, M. I. Ramírez y L. Porter Bolland (2020), "Biocultural diversity loss: the decline of native Stingless Bees (*Apidae: Meliponini*) and local ecological knowledge in Michoacán, Western México", *Human Ecology*, vol. 48, núm. 4, pp. 411-422, en: <<https://doi.org/10.1007/s10745-020-00167-z>>.
- Roady, R., T. L. Hayes, R. Kemker, A. Gonzales y C. Kanan (2020), "Are open set classification methods effective on large-scale datasets?", *PLoS ONE*, vol. 15, núm. 9, id., e023802, en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238302>>.
- Rykken, J., A. Rodman, S. Droege y R. Grundel (2014), *Pollinators in peril? A multipark approach to evaluating bee communities in habitats vulnerable to effects from climate change*, National Park Service (NPS), US Department of the Interior, vol. 31, núm. 1, en: <www.nps.gov/articles/000/pollinators-in-peril-a-multipark-approach-to-evaluating-bee-communities-in-habitats-vulnerable-to-effects-from-climate-change.htm>.
- Salim, J. A., A. M. Saraiva, P. F. Zermoglio, K. Agostini, M. Wolowski, D. P. Drucker, F. M. Soares, P. J. Bergamo, I. G. Varassin, L. Freitas, M. M. Maués, A. R. Rech, A. K. Veiga, A. L. Acosta, A. C. Araujo, A. Nogueira, B. Blochtein, B. M. Freitas, B. C. Albertini, C. Maia-Silva, C. E. P. Nunes, C. S. S. Pires, C. F. dos Santos, E. P. Queiroz, E. A. Cartolano, F. F. de Oliveira, F. W. Amorim, F. E. Fontúrbel, G. V. da Silva, H. Consolaro, I. Alves-dos-Santos, I. C. Machado, J. S. Silva, K. P. Aleixo, L. G. Carvalheiro, M. A. Rocca, M. Pinheiro, M. Hrcir, N. S. Streher, P. A. Ferreira, P. M. C. de Albuquerque, P. K. Maruyama, R. C. Borges, T. C. Giannini y V. L. G. Brito (2022), "Data standardization of plant-pollinator interactions", *GigaScience*, núm. 11, pp. 1-15, en: <<https://doi.org/10.1093/gigascience/giac043>>.
- Schenk, M., J. Krauss y A. Holzschuh (2017), "Desynchronizations in bee-plant interactions cause severe fitness losses in solitary bees", *Journal of Animal Ecology*, vol. 87, núm. 1, pp. 139-149, en: <<https://doi.org/10.1111/1365-2656.12694>>.
- Schindler, M., O. Diestelhorst, S. Haertel, C. Saure, A. Scharnowski y H. R. Schwenninger (2013), "Monitoring agricultural ecosystems by using wild bees as environmental indicators", *BioRisk*, núm. 8, pp. 53-71, en: <<https://doi.org/10.3897/biorisk.8.3600>>.
- Simms, S. R. y L. Porter-Bolland (2022), "Local ecological knowledge of beekeeping with stingless bees (*Apidae: Meliponini*) in Central Veracruz, Mexico", *Journal of Apicultural Research*, vol. 61, núm. 5, pp. 717-729, en: <<https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1965400>>.
- Soroye, P., T. Newbold y J. Kerr (2020), "Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents", *Science*, vol. 367, núm. 6478, pp. 685-688, en: <<https://doi.org/10.1126/science.aax8591>>.
- Spiesman, B. J., C. Gratton, R. G. Hatfield, W. H. Hsu, S. Jepsen, B. McCornack, K. Patel y G. Wang (2021), "Assessing the potential for deep learning and computer vision to identify bumble bee species from images", *Scientific Reports*, vol. 11, núm. 1, en: <<https://doi.org/10.1038/s41598-021-87210-1>>.

- Staley, J. T., J. W. Redhead, R. S. O'Connor, S. G. Jarvis, G. M. Siriwardena, I. G. Henderson, M. S. Botham, C. Carvell, S. M. Smart, S. Phillips, N. Jones, M. E. McCracken, J. Christelow, K. Howell y R. F. Pywell (2021), "Designing a survey to monitor multi-scale impacts of agri-environment schemes on mobile taxa", *Journal of Environmental Management*, núm. 290, id., 112589, en: <doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112589>.
- Suzuki-Ohno, Y., J. Yokoyama, T. Nakashizuka y M. Kawata (2017), "Utilization of photographs taken by Citizens for estimating Bumblebee distributions", *Scientific Reports*, vol. 7, núm. 1, en: <<https://doi.org/10.1038/s41598-017-10581-x>>.
- The Xerces Society (s. f.), "Bumble Bee Conservation", The Xerces Society for Invertebrate Conservation, en: <www.xerces.org/bumblebees?fbclid=IwAR12Z60p64u0k4sU2sSxcuBdL2NUeotplHnc8IOLDo70oACo6YwdHby6F4k>.
- Tronstad, L., C. Bell y M. Crawford (2022), "Choosing collection methods and sample sizes for monitoring bees", *Agricultural and Forest Entomology*, vol. 24, núm. 4, pp. 531-539, en: <<https://doi.org/10.1111/afe.12518>>.
- UICN (2022), "Bombus", en Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, en: <www.iucnredlist.org/search?permalink=99787536-0ec4-45d3-99c4-76ae15deac1>.
- Ullmann, K., T. Shih, M. Vaughan y C. Kremen (2008), *Pennsylvania native bee survey, citizen scientist pollinator monitoring guide*, L. Donovall y D. van Engelsdorp (eds.), The Xerces Society for Invertebrate Conservation, en: <https://xerces.org/sites/default/files/2018-05/11-014_01_XercesSoc_Citizen-Science-Monitoring-Guide_Pennsylvania_web.pdf>.
- US EPA (2019), *Handbook for citizen science quality assurance and documentation, version 1*, United States Environmental Protection Agency, EPA 206-B-18-001, en: <<https://go.usa.gov/xEw43>>.
- Van Klink, R., T. August, Y. Bas, P. Bodesheim, A. Bonn, F. Fossøy, T. T. Høye, E. Jongejans, M. H. Menz, A. Miraldo, T. Roslin, H. E. Roy, I. Ruczyński, D. Schigel, L. Schäffler, J. K. Sheard, C. Svenningsen, G. F. Tschan, J. Wäldchen, V. M. A. Zizka, J. Aström y D. E. Bowler (2022), "Emerging technologies revolutionize insect ecology and monitoring", *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 37, núm. 10, pp. 872-885, en: <<https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.06.001>>.
- Vaughan, M., J. Hopwood, E. Lee-Mäder, M. Shepard, C. Kremen, A. Stine y S. H. Black (2015), *Farming for bees: guidelines for providing native bee habitat on farms*, The Xerces Society for Invertebrate Conservation, en: <www.xerces.org>.
- Viana, B. F., C. Q. Souza y E. F. Moreira (2020), "Why the views of Latin American scientists on citizen science as a tool for pollinator monitoring and conservation matter?", *Neotropical Entomology*, vol. 49, núm. 4, pp. 604-613, en: <<https://doi.org/10.1007/s13744-020-00793-8>>.
- Ward, K., D. Cariveau, E. May, M. Roswell, M. Vaughan, N. Williams, R. Winfree, R. Isaacs y K. Gill (2014), *Streamlined bee monitoring protocol for assessing pollinator habitat*, The Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, Oregon, en: <<https://xerces.org/publications/id-monitoring/streamlined-bee-monitoring-protocol>>.
- Whipple, S., A. Rohlf, C. D. Vásquez, D. Domínguez, G. Bowser y P. Halliwell (2022), "Combining virtual and in-place field crews to model pollinator species shift in the Greater Yellowstone

Ecosystem”, *Ecological Informatics*, núm. 68, id., 101566. <[https://doi-org.une.idm.oclc.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101566](https://doi.org/une.idm.oclc.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101566)>.

Wieczorek, J., D. Bloom, R. Guralnick, S. Blum, M. Döring, R. Giovanni, T. Robertson y D. Vieglais (2012), “Darwin Core: an evolving community-developed biodiversity data standard”, *PLoS ONE*, vol. 7, núm. 1, en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715>>.

Wildlife Preservation Canada (2022), “Bumble bee recovery”, en: <<https://wildlifepreservation.ca/bumble-bee-recovery/>>.

Wilson Rankin, E. E., S. K. Barney y G. E. Lozano (2020), “Reduced water negatively impacts social bee survival and productivity via shifts in floral nutrition”, *Journal of Insect Science*, vol. 20, núm. 5, en: <<https://doi.org/10.1093/jisesa/ieaa114>>.

Woodard, H. S., S. Federman, R. R. James, B. N. Danforth, T. L. Griswold, D. Inouye, Q. S. McFrederick, L. Morandin, D. L. Paul, E. Sellers, J. P. Strange, M. Vaughan, N. M. Williams, M. G. Branstetter, C. T. Burns, J. Cane, A. B. Cariveau, D. P. Cariveau, A. Childers, C. Childers, D. L. Cox-Foster, E. C. Evans, K. K. Graham, K. Hackett, K. T. Huntzinger, R. E. Irwin, S. Jha, S. Lawson, C. Liang, M. M. López-Uribe, A. Melathopoulos, H. M. C. Moylett, C. R. V. Otto, L. C. Ponisio, L. L. Richardson, R. Rose, R. Singh y W. Wehling (2020), “Towards a US national program for monitoring native bees”, *Biological Conservation*, núm. 252, id., 108821, en: <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108821>>.