

APICULTURA Y DESARROLLO



Coordinadores:

Josueh Alfonso Meza Cisneros

Daniel Alejandro González Acosta

Karla Itzel Alcalá Escamilla



Editorial UPACIFICO

Primera edición: diciembre 2025

Título original: APICULTURA Y DESARROLLO

Coordinadores: Josueth Alfonso Meza Cisneros, Daniel Alejandro González Acosta, Karla Itzel Alcalá Escamilla

Este libro fue sometido al debido arbitraje y dictamen de pares evaluadores expertos en el área.

Todos los Derechos Reservados

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra,
incluido el diseño tipográfico y de portada,
sea cual fuere el medio (electrónico o mecánico)
Sin el consentimiento por escrito del equipo coordinador

ISBN: 978-9942-7071-8-5

CONTENIDO

CONTENIDO	4
Introducción: La Apicultura como Puente hacia un Desarrollo Sostenible y Global	6
CAPÍTULO 1: Biología de las Abejas y Química Apícola.....	9
Mgs. Mayra Verónica Cantos Cruz ¹	9
CAPÍTULO 2: Breve historia de la apicultura	16
Dra. Karla Itzél Alcalá Escamilla ¹	16
Dr. Valentino Mukthar Sandoval Peraza ²	16
CAPÍTULO 3: Fundamentos de la Apicultura	26
Mgs. Mayra Verónica Cantos Cruz ¹	26
Mgs. Fernando Espinoza ²	26
CAPÍTULO 4: Amenazas para la Salud de las Abejas	36
Dra. Marisela Leal-Hernández ¹	36
Capítulo 5: Economía de la Apicultura.....	52
Mgs. Josueth Meza Cisneros ¹	52
Econ. Álex Modesto Izquierdo Sotelo PhD. ²	52
Mgs. Daniel Alejandro Acosta González ³	52
Mgs. Gloria Estefanía Vásquez Larriba ⁴	52
Capítulo 6: Apicultura y Desarrollo Sostenible	67
MVZ. Rodrigo A. Medellín Pico ¹	67
MenC. Eva Y. Gutiérrez Gamiño ²	67
Dra. Laura G. Espinosa Montaña ³	67
Capítulo 7: Políticas y Regulaciones.....	79
Mgs. Josueth Meza ¹	79
Mgs. Alex John Izquierdo Bucheli ²	79
Capítulo 8: Cambio climático	1
MVZ. Rodrigo A. Medellín Pico ¹	1
MenC. Eva Y. Gutiérrez Gamiño ²	1

Capítulo 9: Uso de Tecnología en la Apicultura.....	12
Ing. Fernando Xavier Valencia Barahona ¹	12
Mgs. Ana Mercedes Montenegro Rivera ²	12
Mgs. Jessica Ximena Torres Reyes ³	12
Lic. Letty Magdalena García Lopez ⁴	12

Introducción: La Apicultura como Puente hacia un Desarrollo Sostenible y Global

Queridos amantes de la apicultura, curiosos exploradores del mundo natural, técnicos especializados y, sobre todo, nuestros valientes campesinos que día a día custodian los secretos de la tierra: bienvenidos a este viaje por el fascinante universo de las abejas. Este libro, *Apicultura y Desarrollo*, no es solo un compendio de conocimientos; es una invitación a unirnos en una causa común que trasciende fronteras, culturas y continentes. En un mundo donde la sostenibilidad es el desafío de nuestra era, la apicultura emerge como un faro de esperanza, conectando el esfuerzo humano con la sabiduría de la naturaleza. Desde las altas montañas de Ecuador hasta las vastas llanuras de México, desde las selvas tropicales de Brasil hasta los desiertos africanos, las abejas nos enseñan que el desarrollo verdadero se construye con colaboración, resiliencia y respeto por el ecosistema.

Imaginemos por un momento el zumbido constante de una colmena: es el sonido de la vida en acción. Las abejas, esos pequeños guardianes alados, no solo producen miel, cera, polen y propóleos tesoros nutricionales y medicinales que han nutrido a la humanidad desde tiempos ancestrales, sino que también participan en la polinización de los cultivos alimentarios del mundo. Sin ellas, nuestra seguridad alimentaria estaría en jaque, y la biodiversidad que sustenta nuestros ecosistemas se vería amenazada. Este libro, coordinado por visionarios como Josueth Alfonso Meza Cisneros, Daniel Alejandro González Acosta y Karla Itzel Alcalá Escamilla, nos sumerge en esta realidad multinacional, destacando cómo la apicultura no es solo una actividad económica, sino un pilar para el desarrollo rural, la conservación ambiental y la innovación tecnológica.

Para los amantes apasionados, este texto ofrece una profundización en la biología y química de las abejas, revelando los misterios de su organización social y los beneficios terapéuticos de sus productos. Los curiosos encontrarán aquí una puerta de entrada accesible: desde la historia milenaria de la apicultura, con sus raíces en pinturas rupestres españolas y la domesticación en el antiguo Egipto, hasta las adaptaciones modernas frente al cambio climático. Técnicos y especialistas hallarán fundamentos sólidos en capítulos dedicados a técnicas de manejo,

equipamiento y el uso de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) para monitorear colmenas de manera remota. Y para nuestros productores, los verdaderos guardianes del campo, este libro es un aliado práctico: aborda desafíos cotidianos como el impacto de pesticidas, la africanización de las abejas en América Latina y estrategias para una producción sostenible que fortalezca las economías locales.

Lo que hace único a este volumen es su visión multinacional. La apicultura no conoce límites geográficos; es un lenguaje universal que une a Ecuador con México, Brasil con Argelia, y España con Australia. Aquí se explora las especies de *Apis mellifera* L. adaptada a climas variados, desde las europeas que almacenan miel para inviernos rigurosos hasta las africanizadas que prosperan en trópicos desafiantes. Se discuten amenazas globales como el calentamiento global, que altera floraciones y fuerza migraciones de colonias, y se proponen soluciones compartidas: desde buenas prácticas agrícolas hasta políticas públicas que protejan a los polinizadores. En un esfuerzo colectivo, este libro resalta cómo la apicultura fomenta la equidad: empodera a mujeres y hombres rurales, genera empleos y contribuye a la mitigación del cambio climático al promover la biodiversidad y la reducción de gases de efecto invernadero.

En estas páginas, descubrirán no solo datos científicos, sino historias de resiliencia. Piensen en el apicultor ecuatoriano que optimiza su producción con colmenas Langstroth, o en el técnico mexicano que usa sensores LoRa para detectar estrés térmico en tiempo real. Este conocimiento no es abstracto; es accionable, diseñado para inspirar a todos desde el principiante que sueña con su primera colmena hasta el experto que busca innovar. En un mundo interconectado, la apicultura nos recuerda que el desarrollo sostenible es multinacional: requiere de la sabiduría indígena, la investigación académica y la dedicación diaria de quienes trabajan la tierra.

Les invito a sumergirse en este libro con el corazón abierto. Que sus lecturas inspiren acciones: plantar flores nativas en sus campos, adoptar prácticas ecológicas o compartir conocimientos en comunidades. Juntos, como una gran colmena global, podemos asegurar que las abejas —y con ellas, nuestro futuro siga prosperando. ¡Que el zumbido de la vida nos guíe hacia un mundo más dulce y sostenible!

Con gratitud y admiración por todos ustedes,

CAPÍTULO 1: Biología de las Abejas y Química Apícola

Mgs. Mayra Verónica Cantos Cruz ¹

¹ Investigador independiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7941-7399>

Introducción

La apicultura constituye una de las actividades agropecuarias más relevantes para la sostenibilidad de los ecosistemas y la seguridad alimentaria, debido al papel polinizador de las abejas y a la producción de sustancias de alto valor nutricional, medicinal y económico. En Ecuador, la diversidad floral y las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de una apicultura con potencial biotecnológico y exportador (Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017).

El conocimiento integral sobre la biología de las abejas y la composición química de los productos de la colmena resulta esencial para optimizar la productividad, garantizar la inocuidad y sostenibilidad de los productos apícolas, y conservar la salud de las colonias. Los productos derivados de la colmena (miel, cera, polen, propóleos, jalea real y veneno) reflejan una compleja interacción entre factores biológicos, ambientales y químicos, que determinan su composición y calidad (Vit, 2005). Sin embargo, el uso de pesticidas, las enfermedades parasitarias y la pérdida de biodiversidad floral amenazan la salud de las colonias y la inocuidad de los productos (Torres de Los Santos et al., 2025).

La investigación apícola moderna combina la biología, la química y la biotecnología para optimizar la calidad, la trazabilidad y la seguridad alimentaria. El conocimiento sobre la fisiología de las abejas y la caracterización química de sus productos permite establecer estándares de pureza, detectar contaminantes y fomentar prácticas productivas seguras y ambientalmente responsables (Albo & Pérez, 2025).

Biología de las Abejas

Anatomía y comportamiento de las abejas melíferas

La abeja melífera (*Apis mellifera*) es un insecto eusocial perteneciente al orden Himenóptera, cuyas adaptaciones morfofisiológicas le permiten desarrollar funciones altamente especializadas dentro de la colonia (Albo & Pérez, 2025).

Su cuerpo se divide en cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza destacan los ojos compuestos, antenas sensoriales y aparato bucal succionador. El tórax porta las alas y patas, adaptadas para la recolección de néctar, polen y propóleo, mientras que el abdomen alberga las glándulas cereras y de defensa.

- La diferenciación morfológica entre castas es evidente:
- La reina, de mayor tamaño, posee un abdomen alargado y es la única hembra fértil.
- Las obreras, más pequeñas, realizan las labores de limpieza, alimentación de crías, construcción de panales y recolección de recursos.
- Los zánganos, de cuerpo robusto y ojos grandes, cumplen exclusivamente la función de fecundar a la reina.

El comportamiento social de las abejas se rige por feromonas y señales conductuales, como la danza del meneo, que comunica la ubicación de las fuentes de alimento (Mc Cabe, 2010). Esta organización refleja un nivel de complejidad biológica que ha convertido a *Apis mellifera* en modelo para el estudio del comportamiento animal y la genética de la socialidad (Nates-Parra, 2011).

Ciclo de vida y organización social en la colmena

La colonia de abejas funciona como un superorganismo, en el que cada individuo cumple un rol específico dentro de un ciclo vital coordinado. El ciclo biológico incluye las fases de huevo, larva, pupa y adulto, la duración de la metamorfosis varían según la casta:

- Reina: 16 días
- Obrera: 21 días

- Zángano: 24 días

Las obreras desempeñan tareas progresivas según su edad —limpieza, alimentación, producción de cera, defensa y pecoreo— en un proceso conocido como polietismo etario (Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017). La homeostasis social se mantiene gracias a las feromonas de la reina, que regulan la reproducción y cohesionan la colonia. Este modelo cooperativo garantiza la supervivencia colectiva frente a variaciones ambientales o presiones ecológicas (Molina, 1978).

Importancia de la polinización para la biodiversidad

Aproximadamente el 75 % de los cultivos alimentarios del mundo dependen, total o parcialmente, de la polinización por insectos, especialmente por abejas (Torres de los Santos et al., 2025). En Ecuador, la polinización apícola sostiene la productividad de cultivos frutales, hortícolas y forestales, representando un valor económico estimado en más de 500 millones de dólares anuales.

La coevolución planta-abeja ha dado lugar a una relación simbiótica donde las flores proporcionan néctar y polen, mientras las abejas garantizan la reproducción vegetal. La pérdida de hábitats naturales, el cambio climático y el uso de agroquímicos amenazan esta función ecológica esencial. Por ello, la conservación de polinizadores constituye una prioridad para la seguridad alimentaria y la biodiversidad (Barraza et al., 2020).

Química Apícola

Composición química de la miel

La miel es el producto emblemático de la apicultura. Se obtiene por la transformación enzimática del néctar floral mediante la invertasa, que convierte la sacarosa en glucosa y fructosa.

Su composición promedio, según García-Chaviano et al. (2024), incluye:

- Azúcares reductores: 70–80 % (fructosa 38 %, glucosa 31 %).

- Agua: 17–20 %.
- Enzimas: diastasa, invertasa y glucosa oxidasa.
- Ácidos orgánicos: glucónico, fórmico, cítrico.
- Minerales: potasio, calcio, magnesio y fósforo.
- Compuestos fenólicos: flavonoides con efecto antioxidante

Estos compuestos le confieren propiedades antimicrobianas y antioxidantes, atribuidas a su bajo pH, contenido de peróxido de hidrógeno y presencia de polifenoles.

La miel posee reconocidas aplicaciones terapéuticas por sus efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y cicatrizantes. Se emplea en el tratamiento de heridas, quemaduras y afecciones respiratorias, además de mejorar la función inmunológica. Diversos estudios han demostrado su eficacia frente a bacterias patógenas y su potencial como ingrediente natural en la formulación de productos nutracéuticos (García-Chaviano et al., 2024).

Cera de abejas: composición química y usos industriales

La cera de abejas es secretada por las glándulas cereras del abdomen de las obreras jóvenes. La cera es una secreción lipídica compuesta principalmente por ésteres de ácidos grasos y alcoholes (70–80 %), hidrocarburos (10–15 %) y ácidos grasos libres (Vit, 2005).

Se utiliza en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria como agente estabilizante y recubridor debido a su punto de fusión (62–65 °C) y su alta estabilidad química.

Polen apícola

El polen es una fuente natural de proteínas (22–30 %), carbohidratos (30–40 %), lípidos (5–10 %) y vitaminas. Contiene flavonoides y carotenoides que le otorgan propiedades antioxidantes e inmunomoduladoras (Martínez-Pérez de Ayala et al., 2017).

Propóleo

El propóleo es una mezcla resinosa elaborada a partir de exudados vegetales y secreciones salivales de las abejas. Contiene resinas y bálsamos (50–60 %), cera (30 %), aceites esenciales (10 %) y flavonoides como pinocembrina y ácido cafeico, responsables de su actividad antimicrobiana (Salamanca Grosso, 2017). Su uso se ha expandido en la industria farmacéutica y en productos de cuidado bucal y dermatológico.

Jalea real y veneno de abeja

La jalea real, secretada por las glándulas hipofaríngeas y mandíbulares, está compuesta por agua (60–70 %), proteínas (12–15 %), carbohidratos (10–16 %) y lípidos (3–6 %). Contiene el ácido 10-hidroxi-2-decanoico (10-HDA), considerado marcador químico de calidad y responsable de sus propiedades bioestimulantes y regenerativas (Vit, 2005).

El veneno de abeja o apitoxina, por su parte, contiene más de 50 componentes bioactivos, entre ellos melitina, apamina y fosfolipasa A2, con efectos antiinflamatorios y analgésicos utilizados en apiterapia (Vit, 2005).

Polen y propóleos: análisis de sus componentes y beneficios para la salud

El polen y el propóleo se destacan por su alto contenido de compuestos fenólicos, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. Estos componentes proporcionan efectos antioxidantes, antimicrobianos y antiinflamatorios que contribuyen a la salud humana (García-Chaviano et al., 2024).

El consumo regular de polen ayuda a mejorar la respuesta inmunológica y el metabolismo energético, mientras que el propóleo actúa como agente antiviral y cicatrizante. Ambos productos son considerados ingredientes funcionales en la elaboración de suplementos dietéticos, cosméticos naturales y medicamentos fitoterapéuticos (Salamanca Grosso, 2017).

Conclusiones

La biología de las abejas y la química apícola son pilares fundamentales para la sostenibilidad del sector apícola. El conocimiento detallado de la fisiología de *Apis mellifera* y de la composición química de los productos de la colmena permite optimizar los procesos productivos, mejorar la calidad y asegurar la inocuidad de la miel, polen, propóleo, cera, jalea real y veneno.

En el mundo, la integración entre investigación científica, innovación tecnológica y gestión ambiental constituye el camino hacia una apicultura sostenible, capaz de competir en mercados internacionales y de contribuir a la conservación de la biodiversidad. La regulación del uso de pesticidas, junto con la promoción de prácticas de manejo responsable, resulta clave para salvaguardar la salud de las abejas y la calidad de los productos apícolas.

Referencias bibliográficas

- Albo, G. N., & Pérez, R. C. (2025). Biología de la abeja melífera. Libros de Cátedra.
- Barraza, C. A. H., Cantú, D. G. L., Osti, J. L., & Garza, J. A. (2025). Análisis de la calidad y los componentes químicos de la miel de abeja en México. En Análisis, calidad y procesamiento de los alimentos en México.
- García-Chaviano, M. E., Armenteros-Rodríguez, E., del Carmen Escobar-Álvarez, M., García-Chaviano, J. A., Méndez-Martínez, J., & Ramos-Castro, G. (2024). Composición química de la miel de abeja y su relación con los beneficios a la salud. *Revista Médica Electrónica*, 44(1), 155–167.
- Martínez-Pérez de Ayala, L. R., Martínez-Puc, J. F., & Cetzal-Ix, W. R. (2017). Apicultura: Manejo, Nutrición, Sanidad y Flora Apícola. Universidad Autónoma de Campeche.
- Mc Cabe, S. I. (2010). Biología del comportamiento en abejas recolectoras de néctar: un estudio comparado entre abejas meliponas y melíferas [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires].

- Molina, A. (1978). Las abejas, algunas notas sobre su importancia y clasificación. *Actualidades Biológicas*, 7(25), 79–84.
- Nates-Parra, G. (2011). Genética del comportamiento: abejas como modelo. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3), 213–230.
- Padilla Álvarez, F. (2025). Ensayos preliminares para reducir la población de Varroa destructor en colmenas con fondos de malla en clima cálido. En *Actas del VI Congreso Nacional de Apicultura*.
- Salamanca Grosso, G. (2017). Origen, naturaleza, propiedades fisicoquímicas y valor terapéutico del propóleo. Sello Editorial Universidad del Tolima, 75–78.
- Torres de Los Santos, R., Torres Acosta, R. I., Reyes Hernández, J., & García Delgado, M. Á. (2025). El sector apícola en Tamaulipas: avances, retos y oportunidades. Editorial Fontamara SA de CV.
- Vit, P. (2005). Productos de la colmena secretados por las abejas: cera de abejas, jalea real y veneno de abejas. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 36(1), 35–42.

CAPÍTULO 2: Breve historia de la apicultura

Dra. Karla Itzél Alcalá Escamilla ¹

Dr. Valentino Mukthar Sandoval Peraza ²

¹Investigador CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, Querétaro. <https://orcid.org/0000-0003-3036-1782>

²Profesor Investigador de la Universidad del Valle de México, Escuela de Ciencias de la Salud. Yucatán. <https://orcid.org/0000-0002-2612-1316>

Introducción

Etimológicamente, la palabra “apicultura” proviene del latín “apis” que significa abeja y “cultura” que significa cultivo, por lo que se puede definir como la ciencia que estudia el cultivo y manejo de las abejas del género *Apis*, como es *Apis mellifera* L. Un apicultor o apicultora es la persona que se dedica a la cría y manejo de las abejas (Real Academia Española, 2024) incluyendo la obtención de los productos de la colmena y la polinización de cultivos.

Las abejas se originaron hace más de 124 millones de años a partir de las avispas y evolucionaron en un proceso de coevolución en conjunto con las plantas con flor, en donde las plantas ofrecen a los insectos recompensas como el néctar y el polen y los insectos facilitan la dispersión del polen y la reproducción de las plantas (FAO, 2024). Existen más de 30,000 especies de abejas identificadas en el mundo, muchas de las cuales recolectan néctar que convierten en miel y almacenan como alimento; no obstante, la mayoría de estas son abejas solitarias. Solo las abejas altamente sociales almacenan grandes cantidades de alimento, estas abejas pertenecen al género *Apis* y son conocidas como “abejas melíferas”, también se encuentran las abejas sin aguijón, abejas altamente sociales que se caracterizan por tener un aguijón vestigial, pertenecientes a diferentes géneros como el *Trigona* y *Melipona* (Gupta et al., 2014; Kasangaki et al., 2014).

Las abejas melíferas se clasifican como insectos altamente sociales, también denominados como eusociales, su colonia es permanente y sirve de resguardo, para la producción y almacén del alimento y el desarrollo de la población. La colonia está formada

por tres castas: Reina, única hembra fecundada, obreras, hijas de la reina, y los zánganos, machos que pueden provenir de diversas colonias (FAO, 2024).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de las abejas melíferas (FAO, 2024):

Orden	Himenóptera
Suborden	Apócrita
Superfamilia	Apoidea
Familia	Apidae
Subfamilia	Apinae
Tribu	Apini
Género	Apis
Especie	mellifera

La apicultura es una actividad muy antigua, que en sus inicios se realizaba únicamente en el viejo mundo, las representaciones gráficas más antiguas de las que se tiene conocimiento, son pinturas que pertenecen al arte rupestre. De las más de 7000 pinturas que se han identificado y estudiado dentro del arte rupestre, por lo menos 247 son insectos, entre los que se encuentran las abejas. Pinturas de abejas y escenas de cosecha de miel se han identificado en el arte rupestre levantino (Dams, 1978). La pintura más conocida se encuentra en la cueva de la Araña, ubicada en el municipio de Bicorp, en Valencia, España, en donde se observa abejas revoloteando alrededor de una mujer que se encuentra colgando de unas cuerdas con una cesta en la mano y el otro brazo en el interior de una colmena, en la misma pintura se observa que la mujer es ayudada en la recolección por otro individuo que lleva una cesta en la espalda (Figura 1A). Otras pinturas se encuentran en el abrigo de Barranco Gómez, en el municipio de Castellote, provincia de Teruel, España, en donde se observa un trepador, una escala y una colmena (Figura 1B). Estas imágenes sirven de testimonio de la importancia de las abejas en el desarrollo y cultura de la humanidad (Gómez Pajuelo, 2004; Bea Martínez et al., 2021).



Figura 1A.- Pintura en la cueva de la Araña
(Bea Martínez et al., 2021).



Figura 1B.- Trepador en el abrigo de Barranco
Gómez (Gómez Pajuelo, 2004).



Es muy probable que la domesticación de las abejas melíferas iniciara en el antiguo Egipto, en donde la miel se utilizaba como alimento, ingrediente medicinal y dentro de rituales, en Egipto se han encontrado indicios del uso de colmenas con “bastidores” y el uso del humo durante la cosecha de miel; la creación de hogares artificiales para las abejas fue el inicio de los primeros pasos para la apicultura. En la Grecia antigua se encontraron los primeros testimonios de que en las colmenas existía una abeja “más grande” que el resto de los integrantes de la colonia, actualmente se sabe que esa abeja “más grande” es la reina; sin embargo, en la antigüedad se creía que se trataba de un macho que era el gobernante de la colonia. La antigua Grecia fue la principal fuente de conocimientos apícolas de Roma y de otras culturas que empezaron con el manejo de las abejas (Crane, 2004).

La apicultura moderna inició cuando las personas desarrollaron colmenas que facilitaron la observación biológica, el manejo y el traslado de una región a otra de las abejas. Hacia finales del siglo XVIII se idearon unos marcos con bisagras que permitían observar el interior de la colmena y en 1851 se inició la idea del uso de bastidores móviles, lo que significó manejar y controlar a las abejas a un nuevo nivel, ofreciendo mayores beneficios al apicultor. La observación del comportamiento de las abejas permitió realizar estudios para mejorar la productividad y el control de las abejas, ofreciendo beneficios a los productores y a los insectos. El siglo XIX es donde se desarrollaron más los diseños para mejorar la actividad, desde manejo de las colmenas, hasta los procesos de producción y comercialización (Gupta et al., 2014).

Actualmente, se tienen identificadas 26 subespecies de *A. mellifera* que se originaron de los continentes europeo, asiático y africano, en donde se desarrollaron y evolucionaron en ambientes variables originando las diferentes subespecies. Las abejas europeas se desarrollaron y evolucionaron en ambientes, donde los veranos son cálidos por periodos cortos y los inviernos son fríos y prolongados; situación que ocasionó que las abejas recolecten y almacenen grandes cantidades de miel y polen durante el verano, con la finalidad de tener reservas alimenticias para sobrevivir en el invierno; este comportamiento evolutivo es el que hace que las abejas europeas sean consideradas como las mayores productoras de miel (Guzmán-Novoa et al., 2011). En el continente americano y australiano se desarrollaron las abejas sin aguijón, de los géneros *Trigona* y *Melipona* en América y de los géneros *Tetragonula* y *Austroplebeia* en Australia, estas abejas producen miel y cera, pero en cantidades bajas si se compara con la producción de las abejas melíferas (de Jaime Lorén, 2003; Espinosa Montaña, 2025).

La baja producción de miel de las especies sin aguijón y la diferencia en el sabor de este producto al compararlo con la miel de las abejas melíferas fueron algunas de las razones para la introducción de la abeja europea en el continente americano. Las primeras abejas europeas que se introdujeron a América por los colonizadores europeos fue *A. m. mellifera* y *A. m. iberiensis*, posteriormente fue introducida *A. m. ligústica*, (Guzmán-Novoa, 2020), entre los siglos XVI y XVII. El objetivo de la introducción de estas abejas al nuevo mundo era la producción de miel y cera, que se utilizaba para pagar tributo. La

abeja europea se dispersó por el continente americano, adaptándose en algunas regiones (de Jaime Lorén, 2003) pero en las áreas tropicales de Sudamérica no se adaptaron adecuadamente al clima y ambiente tropical.

Derivado del poco éxito de adaptación de la abeja europea en climas tropicales, en el año 1956 investigadores brasileños introdujeron a Sao Paulo, Brasil reinas de abejas provenientes del sur del continente africano y de Tanzania, de las sub especie *A. m. scutellata* y *A. m. adansonni*, con la finalidad de establecer un programa de mejoramiento genético, debido a que las abejas europeas criadas en Brasil no se adaptaban de manera favorable al ambiente tropical del país. Los investigadores consideraron que una abeja híbrida podría ser mejor para la región; el programa de mejoramiento genético buscaba desarrollar abejas más productivas y mejor adaptadas a las condiciones tropicales del país, para mejorar la producción de miel, aprovechando las características de las abejas africanas de alta población y resistencia a enfermedades. No obstante, no se consideró que estas abejas evolucionaron en un ambiente donde eran sometidas a una gran presión por parte de los depredadores, lo que hizo que las abejas evolucionaran con un alto grado de comportamiento defensivo, agrediendo rápidamente con la mínima alteración (Moritz et al., 2005; Guzmán-Novoa et al., 2011; Galindo-Cardona, 2012).

Un accidente durante el manejo de las colonias africanas durante el desarrollo del programa de mejoramiento genético de Brasil, provocó su liberación al ambiente, ocasionando que se establecieron de manera silvestre y que se cruzaran con las abejas europeas existentes en la zona dando origen al híbrido conocido actualmente como abeja africanizada, las cuales poseen un elevado comportamiento defensivo y migratorio, dando origen a uno de los procesos más dramáticos de invasión de especie animal debido a que la abeja africanizada se distribuyó a una velocidad de 150-300 kilómetros al año, dispersándose exitosamente por casi toda Latinoamérica, hasta el sur de los Estados Unidos (Figura 2) (Moritz et al., 2005; Guzmán-Novoa et al., 2011; Galindo-Cardona, 2012; Guzmán-Novoa et al., 2020).



Figura 2 Distribución de la abeja africanizada en el continente americano
(Moritz et al., 2005).

La relación que poseen las abejas con las plantas es una de las principales razones por las que la apicultura se ha desarrollado alrededor en todo el mundo. La polinización es un servicio ecosistémico fundamental para el ambiente y el desarrollo de las personas, además de que ayuda a la subsistencia de una gran cantidad de especies. Alrededor del 80% de las plantas silvestres y aproximadamente el 75% de los principales cultivos de consumo humano y animal dependen de la polinización biótica, que es la transferencia de polen de una flor a otra realizada por organismos como insectos, aves o murciélagos (Sosenski & Domínguez, 2018). La polinización es crucial para la ecología, economía y las sociedades y es de vital importancia para la producción de alimentos de consumo humano y animal (Etxegarai-Legarreta & Sanchez-Famoso, 2022).

Las abejas melíferas son conocidas como uno de los principales polinizadores; no obstante, no son las únicas abejas que realizan polinización en los ecosistemas, sobresale la actividad de las abejas solitarias y de las abejas sin aguijón (Baena-Díaz et al., 2023). Sin embargo, las abejas melíferas son uno de los polinizadores comerciales más sobresalientes debido a su amplia distribución a nivel mundial, su dominancia numérica,

y su comportamiento de alimentación (Hung et al., 2018); además, las abejas pueden cubrir un área circular, con su colmena como centro, de un radio de 6 a 10 km. lo que favorece la obtención de vegetales y frutas de calidad (Sharma et al., 2019).

La apicultura es una actividad diversa, que ha evolucionado a través del tiempo, puede ser realizada por hombres y mujeres de diferentes edades, es una actividad que suele pasarse de generación en generación. Esta actividad proporciona múltiples beneficios a la sociedad, ayuda en el proceso de seguridad alimentaria, apoya el sostenimiento y desarrollo de áreas naturales y de áreas rurales, favorece la generación y mantenimiento de empleos y el crecimiento de las economías locales y nacionales (Sharma et al., 2019; Etxegarai-Legarreta & Sanchez-Famoso, 2022).

Las abejas melíferas además de participar en las actividades de producción de miel y otros productos de la colmena como el polen, propóleo, jalea real y apitoxina, los cuales se pueden usar tanto en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética; y en los procesos de polinización; también pueden servir como bioindicadores del ambiente lo que ayuda a determinar contaminantes ambientales y su impacto en la salud de las personas y de los ecosistemas. De igual manera las abejas poseen una tradición simbólica y mística, lo que las ha convertido en una fuente de inspiración para la cultura y el arte (Prendergast et al., 2022).

Referencias Bibliográficas

- Baena-Díaz, F., Chévez, E. & Porter-Bolland, L. (2023). ¿Qué sabemos de las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) en México?: Diversidad, Ecología y polinización. *Acta Zoológica Mexicana*, 39, 1 – 17.
<https://doi.org/10.21829/azm.2023.3912565>
- Bea Martínez, M., Domingo Sanz, I. & Angás Pajas, J. (2021). El abrigo de Barranco Gómez (Castellote, Teruel), un nuevo conjunto con arte levantino en el núcleo rupestre del Guadalupe. *Trabajos de Prehistoria*, 78(1), 164 – 178.
<https://doi.org/10.3989/tp.2021.12271>

- Crane, E. (2004). A short history of knowledge about honey bees (*Apis*) up to 1800. *Bee World*, 85(1), 6 – 11. DOI: 10.1080/0005772X.2004.11099604.
- Dams, L.R. (1978). Bees and Honey-Hunting Scenes in the Mesolithic Rock Art of Eastern Spain. *Bee World*, 59(2), 45 – 53. DOI: 10.1080/0005772X.1978.11097692.
- de Jaime Lorén, J.M. (2003). Sobre la primicia hispana en cuanto a los envíos de abejas europeas a América. *Llull*, 26(56), 595 – 612. <https://dspace.ceu.es/server/api/core/bitstreams/2b79069c-3b47-403c-8dad-2118633d3bac/content>
- Espinosa Montaña, L.G. (2025). *Historia de la apicultura en México*. BM Editores / Entorno Pecuário. <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/historia-de-la-apicultura-en-mexico/>
- Etxegarai-Legarreta, O. & Sanchez-Famoso, V. (2022). The Role of Beekeeping in the Generation of Goods and Services: The Interrelation between Environmental, Socioeconomic, and Sociocultural Utilities. *Agriculture*, 14(4), 551. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040551>
- FAO. (2024). *Abejas de América Latina: una introducción a su identificación taxonómica*. [Curso en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/in-action/fao-campus/training-activities/self-paced-courses/abejas-de-am%C3%A9rica-latina-una-introducci%C3%B3n-a-su-identificaci%C3%B3n-taxon%C3%B3mica/es>
- Galindo-Cardona, A. (2012). *Apis mellifera*, de África vinieron todas. *Boletín de la SEA*, 23(1), 3 – 4. <https://seArgentina.myspecies.info/sites/seArgentina.myspecies.info/files/Bolet%C3%ADn.23.1.2012.pdf>
- Gómez Pajuelo, A. (2004). “Ellas empezaron” Abejas y miel en las pinturas rupestres prehistóricas levantinas. *Vida Apícola*, 127, 19 – 22. https://www.pajueloapicultura.com/wp-content/uploads/2017/03/prehistoria_ellas-empezaron-AGP-2004.pdf

- Gupta, R.K., Khan, M.S., Srivastava, R.M. & Goswami, V. (2014). History of beekeeping in developing world. En K. Gupta, W. Reybroeck, J. van Veen, A. Gupta (Eds). *Beekeeping for Poverty Alleviation*. (pp. 3 – 62). Springer. DOI 10.1007/978-94-017-9199-1_1
- Guzmán-Novoa, E., Correa Benítez, A., Espinoza Montaña, L.G. & Guzmán Novoa, G. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Vet. Mex.*, 42(2), 149 – 178. <https://www.scielo.org.mx/pdf/vetmex/v42n2/v42n2a5.pdf>
- Guzmán-Novoa, E., Morfin, N., de la Mora, A., Macías-Macías, J.O., Tapia-González, J.M., Contreras-Escareño, F., Medina-Flores, C.A., Correa-Benítez, A. & Quezada-Euán, J.J.G. (2020). The Process and Outcome of the Africanization of Honey Bees in Mexico: Lessons and Future Directions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 608091. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.608091>
- Hung, J.K-L-, Kingston, M.J., Albrecht, M., Holway, A.D. & Kohn, R.J. (2018). The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proc. R. Soc. B*, 285, 20172140. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2140>
- Kasangaki, P., Chemurot, M., Sharma, D. & Gupta, R.K. (2014). Beehives in the World. En K. Gupta, W. Reybroeck, J. van Veen, A. Gupta (Eds). *Beekeeping for Poverty Alleviation*. (pp. 125 – 170) Springer. DOI 10.1007/978-94-017-9199-1_4
- Moritz, R.F.A., Härtel, S. & Neumann, P. (2005). Global invasions of the western honeybee (*Apis mellifera*) and the consequences for biodiversity. *Ecoscience*, 12(3), 289 – 301. <https://doi.org/10.2980/i1195-6860-12-3-289.1>
- Prendergast, K.S., Garcia, J.E., Howard, S.R., Ren, Z-X., McFarlane, S.J. & Dyer, A.G. (2022). Bee Representations in Human Art and Culture through the Ages. *Art and Perception*, 10, 1 – 62. <https://doi.org/10.1163/22134913-bja10031>
- Real Academia Española. (2024). *Apicultura*. Diccionario de la lengua española. <https://dle.rae.es/apicultura>

- Sharma, D.S., Bhagat, R.A. & Parisi, S. (2019). Bee viruses and the related impact on food crops worldwide. En D. Sharma, R. Bhagat, S. Parisi. (Eds). *Raw Material Scarcity and Overproduction in the Food Industry*, (pp. 31 – 41). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14651-1_3
- Sosenski, P. & Domínguez, C.A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 961 – 970. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2168>

CAPÍTULO 3: Fundamentos de la Apicultura

Mgs. Mayra Verónica Cantos Cruz ¹

Mgs. Fernando Espinoza ²

¹Investigador independiente. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7941-7399>

²Los Cerros Apicultura y Meliponicultura. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9776-0282>

Introducción

La apicultura es una actividad ancestral que ha tenido un papel fundamental en la historia de la humanidad, no solo por la obtención de miel y otros productos apícolas, sino también por su impacto en la polinización y la conservación ambiental. Esta práctica consiste en la crianza y manejo racional de las abejas melíferas, particularmente la especie *Apis mellifera*, con el objetivo de aprovechar sus productos y servicios para la economía y la salud del ecosistema (Alcívar, 2024). A lo largo del tiempo, la apicultura ha evolucionado desde técnicas tradicionales hasta métodos modernos que buscan incrementar la productividad, proteger la salud de las colmenas y promover la sostenibilidad del sector (Masaquiza et al., 2023).

Desde un punto de vista ecológico, las abejas cumplen un papel esencial en la polinización de plantas, lo cual contribuye a la biodiversidad y a la producción de alimentos, sin embargo, en la actualidad, la actividad apícola enfrenta numerosos retos, como la pérdida de hábitats adecuados, el uso de pesticidas, enfermedades y la africanización, que ponen en riesgo la supervivencia de las colonias (Borja et al., 2025). Además, existen desafíos económicos y sociales, como la fluctuación en los precios, la saturación del mercado y la baja demanda de ciertos productos en algunos países, lo que afecta la rentabilidad y sostenibilidad de los apicultores (Quichimbo & Medina, 2017).

El conocimiento técnico y científico, así como el adecuado manejo de las colmenas y la calidad de los productos, son fundamentales para garantizar una actividad responsable y sostenible (Borja et al., 2025). La regulación y normatividad en torno a la

calidad y seguridad de los productos apícolas aún presentan brechas que limitan su desarrollo (Vélez et al., 2016). Por ello, resulta indispensable investigar y establecer políticas que fomenten la protección y valoración de los productos apícolas, promoviendo prácticas sostenibles y eficientes.

Este capítulo planteará varias interrogantes clave que buscan profundizar en el tema: ¿Qué desafíos enfrentan los apicultores para mantener la sostenibilidad de sus actividades? y ¿Cómo influye el manejo adecuado de las colmenas en la calidad de los productos? La respuesta a estas preguntas permitirá comprender mejor la relevancia y los retos de la apicultura, y contribuirá a promover su desarrollo sustentable.

Fundamentos de la Apicultura

La apicultura, como actividad dedicada a la cría y manejo de abejas productoras de miel, se fundamenta en el conocimiento de la biología y comportamiento de las abejas, así como en las técnicas adecuadas para su cuidado y manejo (Huerta, 2008). Este oficio implica comprender los procesos de producción de la miel, que se origina en la transformación del néctar de las flores por parte de las abejas mediante la acción enzimática, y en mantener las colmenas en condiciones que favorezcan la salud y productividad de las colonias (Vivanco et al., 2020). Además, es fundamental garantizar la conservación de las abejas, ya que ellas cumplen un papel crucial en los ecosistemas como polinizadores, asegurando la reproducción de diversas plantas y cultivos necesarios para la agricultura y la biodiversidad (Ruíz, 2003).

Desde un enfoque técnico, la apicultura requiere una adecuada selección y manejo de las colmenas, así como el conocimiento sobre las épocas de cosecha y el control de enfermedades y plagas que puedan afectar a las abejas. Es importante también implementar prácticas sostenibles que aseguren la continuidad de la producción y la protección del medio ambiente, considerando que las abejas están amenazadas por diferentes factores como el uso excesivo de pesticidas y la pérdida de hábitats naturales (Verde, 2014). En el mundo, esta actividad se concentra principalmente en zonas rurales y en regiones donde la flora silvestre y cultivada permite una buena provisión de néctar,

constituyendo un fundamento importante para la economía agrícola y la conservación ecológica del país (Masaquiza et al., 2023).

Tipos de apicultura.

Los diferentes tipos de apicultura se identifican principalmente según sus objetivos, escala y prácticas, distinguiendo entre ellos la apicultura comercial, la apicultura familiar y la apicultura sostenible.

La apicultura comercial se caracteriza por ser de gran escala, con un alto nivel de tecnificación, manejo especializado y uso de infraestructura avanzada (Alcívar, 2024). Su principal objetivo es la producción masiva de miel, polen, cera y otros productos apícolas para su venta en mercados nacionales e internacionales (Sánchez & Martínez, 2017). Este enfoque busca maximizar la rentabilidad, empleando técnicas modernas, control de plagas y prácticas innovadoras para aumentar la productividad y calidad. Los productores que llevan a cabo esta modalidad suelen invertir significativamente en tecnología y conocimientos especializados (Vélez et al., 2016).

Por otro lado, la apicultura familiar se realiza en menor escala, generalmente gestionada por pequeñas familias o productores rurales (Borja et al., 2025). Su enfoque principal es el autoconsumo y la producción para mercados locales, utilizando técnicas tradicionales o de baja tecnificación, manejan pocas colmenas y priorizan la sustentabilidad, la conservación de las abejas y el cuidado del medio ambiente. En esta modalidad, la actividad apícola se considera complementaria, aportando ingresos adicionales y fortaleciendo las economías familiares (Ruíz, 2003).

La apicultura sostenible o ecológica, aunque no siempre diferenciada claramente en los términos utilizados, busca equilibrar la producción con la conservación del entorno natural y la salud de las colonias de abejas (Alcívar, 2024). Se basa en prácticas que evitan el uso de químicos dañinos, fomentan técnicas orgánicas, respetan la biodiversidad y promueven el manejo natural de las colmenas (Verde, 2014). Su meta es proteger el ecosistema, apoyar la conservación de especies polinizadoras y reducir el impacto ambiental.

Estos tipos de apicultura difieren principalmente en su escala, objetivos y prácticas. La modalidad comercial está orientada al mercado global y la maximización de la producción a gran escala. La apicultura familiar se concentra en la producción local y sustentable, con énfasis en técnicas tradicionales y el bienestar social. La principal diferencia entre estos tipos de apicultura radica en la escala de operación, el nivel de tecnificación y el propósito económico: la comercial orientada a grandes volúmenes y mercados internacionales, y la familiar enfocada en la producción local, sustentabilidad y conservación. La apicultura sostenible combina ambas perspectivas, procurando la conservación ecológica y la producción responsable, integrando prácticas que aseguren la supervivencia a largo plazo de las abejas y los ecosistemas (Huerta, 2008).

Equipamiento y técnicas de manejo de colmenas.

El equipamiento y las técnicas de manejo de colmenas son fundamentales para garantizar el bienestar de las colonias de abejas. El uso de instrumentos especializados y elementos de protección personal asegura la seguridad del apicultor durante las operaciones, minimizando riesgos de aguijoneo. Las técnicas de manejo, como la inspección periódica, la alimentación suplementaria, el control sanitario y la reproducción controlada, promueven la estabilidad y el vigor de las colonias, favoreciendo su desarrollo eficiente. Asimismo, estas prácticas contribuyen a mantener condiciones higiénicas y evitar pérdidas, además de optimizar la producción de miel, propóleos y otros productos. En conjunto, el correcto uso del equipamiento y la aplicación de técnicas precisas son esenciales para una apicultura rentable, respetuosa con las abejas y cuyo impacto positivo trasciende en la conservación de estos polinizadores tan vitales para el ecosistema.

1. Equipamiento de las colmenas

El equipamiento en apicultura es fundamental para garantizar la eficiencia, seguridad y salud de las colonias. Los componentes principales incluyen:

- **Colmenas:** Son las estructuras básicas donde las abejas producen miel y otros productos. Generalmente, son de madera, preferiblemente de pino u otros materiales nacionales apropiados, y pueden diseñarse en diferentes estilos, siendo

el tipo Langstroth el más común. Estas colmenas contienen parte móvil compuesta por cuadros o marcos que son estructuras móviles, que contienen las celdas donde se desarrollan las crías y las abejas almacenan miel y polen, su propiedad de móviles facilita el manejo y la cosecha, permitiendo inspecciones y extracción de productos sin dañar la colmena (Ruíz, 2003).

- **Reinas, zánganos, núcleos y cajas de expansión:** Se refiere a los diferentes elementos utilizados para la reproducción, aumento de colonias y manejo reproductivo (Alcívar, 2024).
- **Instrumentos y herramientas:** Incluyen removedores, fumigadores, espátulas, cuchillos, rociadores y cepillos, empleados en las inspecciones, limpieza y manipulación de cuadros y colonias. Además, podemos identificar el equipamiento adicional y accesorios: Ahumadores, excluidores de reina, espaciadores, y accesorios para la inspección y manejo de las colmenas, permiten manipularlas con mayor cuidado y eficiencia.
- **Protección personal:** Esencial para el apicultor, compuesto por velos de protección (tipo chamarra o escafandra), guantes resistentes, overoles de color claro con elástico en mangas y tobillos, y calzado adecuado (botas de piel lisa de color claro), estos elementos usados de manera adecuada, garantizan la seguridad ante el aguijoneo y facilitan la labor en campo (Ruíz, 2003).

2. Técnicas de manejo de colmenas

Las técnicas de manejo se enfocan en garantizar la salud, producción y sostenibilidad de las colonias, mediante prácticas específicas y sistemáticas, la implementación de estas técnicas, son esenciales para mantener colonias vigorosas, aumentar la productividad y minimizar los riesgos de pérdidas, promoviendo una apicultura eficiente, sustentable y respetuosa con las abejas, entre las principales técnicas podemos señalar las siguientes:

- **Inspección periódica:** Es la actividad principal que implica revisar las colmenas con frecuencia, una o dos veces cada quince días, para evaluar el estado de la reina,

detectar enfermedades, controlar plagas y monitorear la reserva de miel y polen (Sánchez, & Martínez 2017). Se realiza con cuidado, utilizando herramientas apropiadas y siguiendo procedimientos que minimizan el estrés en las abejas.

- **Control sanitario y manejo de plagas:** Incluye la aplicación de manejos preventivos y tratamientos contra enfermedades y parásitos, especialmente el ácaro varroa, mediante productos específicos y técnicas de monitoreo, como la observación de signos de infestación o la utilización de técnicas de muestreo.
- **Manejo del espacio en la colmena:** Consiste en la reparación, limpieza y regulación del espacio dentro de la colmena. Se utilizan técnicas como la rotación de cuadros, la adición o extracción de cuerpos, y la reparación de estructuras dañadas para optimizar el ambiente, facilitar la cría y evitar problemas como los enjambres no deseados.
- **Reproducción y manejo de reinas:** Incluye prácticas como la crianza controlada, transferencia de larvas (técnica Doolittle), y el cambio anual de reinas para mantener colonias vigorosas y productivas (Vélez et al., 2016). La selección de reinas de buena postura como pie de cría es parte fundamental de esta estrategia.
- **Alimentación suplementaria:** Se proveen jarabes azucarados, sustitutos de polen y otros suplementos en épocas de escasez de néctar o polen natural, asegurando así la nutrición adecuada para el desarrollo y la producción de las colonias.
- **Reproducción y manejo de núcleos:** La formación de núcleos o colonias pequeñas y manejables permite fortalecer la genética y aumentar la cantidad total de colonias, facilitando la selección de reinas y controlando enjambres.
- **Manejo sostenible y tecnológico:** Se combina el uso de tecnologías modernas, como equipos electrónicos y sistemas de monitoreo, con prácticas tradicionales para minimizar riesgos, reducir el uso de químicos y promover una actividad respetuosa con el medioambiente (Quichimbo, 2017).

- **Recolección y cosecha controlada de los productos de la colmena:** La extracción de miel y otros productos se realiza, en el momento adecuado, con técnicas que eviten dañar las abejas o estresar la colonia, es recomendable manipular las colonias con cuidado, para asegurar la calidad del producto (Vivanco et al, 2020).

Producción de miel y otros productos apícolas (cera, polen, propóleos).

La producción de miel y otros productos apícolas, como cera, polen y propóleos, es una actividad esencial en la apicultura y requiere de prácticas específicas para garantizar su calidad y sostenibilidad (Alcívar, 2024). La recolección de miel se realiza principalmente durante las épocas de floración que varían de una región a otra. La cosecha debe hacerse con cuidado para evitar dañar las colonias y mantener la salud de las abejas, utilizando técnicas que minimicen su alteración y permitan la continuación de la actividad (Verde, 2014).

Las prácticas agrícolas tienen un impacto significativo en la calidad de todos los productos de la colmena (Vivanco et al., 2020), por ejemplo, el uso de pesticidas en las zonas de cultivo puede reducir la calidad del polen y dejar residuos tóxicos en los productos apícolas, afectando la salud de las abejas y quienes los consumen (Huerta, 2008). Además, la diversidad floral y las especies vegetales disponibles influyen en el perfil químico, aroma y sabor de la miel, ya que la variedad de plantas determina los compuestos bioactivos presentes. Factores como temperaturas extremas, humedad elevada y prácticas de manejo inadecuadas también pueden alterar la cristalización, viscosidad y contenido de agua de la miel, afectando su conservación y propiedades organolépticas (Sánchez & Martínez, 2017). Por lo tanto, prácticas agrícolas responsables y un manejo cuidadoso son fundamentales para garantizar productos apícolas de alta calidad, sanos y con propiedades nutritivas y sanitarias óptimas.

La cera es un material inerte con alta plasticidad, a una temperatura relativamente baja (32°C), esta cera es insoluble en agua y resistente a muchos ácidos (Ruiz, 2003), Para la obtención de cera, se puede obtener durante la cosecha de miel, dando un producto de

buena calidad y de color claro, la otra forma de obtención, aunque con inferior calidad, es derritiendo panales viejos o deteriorados. El uso de la cera es variado en industrias cosméticas, farmacéuticas y de fabricación de velas. El polen, rico en proteínas y nutrientes, se recolecta mediante equipos especializados en épocas de floración y se comercializa como suplemento alimenticio. El propóleo es una sustancia resinosa que las abejas usan para sellar y proteger la colmena, se obtiene raspando las partes internas de las colmenas; es valorado por sus propiedades medicinales y preventivas.

El manejo adecuado en la recolección y conservación es fundamental para mantener la calidad y el valor comercial de estos productos (Ruiz, 2003). La miel, cera, polen y propóleo deben almacenarse en condiciones que eviten la humedad, la exposición a la luz y temperaturas elevadas, preferentemente en envases herméticos, en lugares secos, frescos y oscuros, para preservar sus propiedades químicas y nutricionales (Quichimbo & Medina, 2017). Además, factores ambientales, como la disponibilidad de flores, la humedad y las condiciones climáticas, influyen en la cantidad y calidad de la producción (Vivanco et al., 2020), y las prácticas agrícolas responsables, como el uso racional de pesticidas, son cruciales para obtener productos de alta calidad con excelentes propiedades organolépticas y sanitarias (Sánchez & Martínez, 2017).

Conclusiones

Los apicultores enfrentan varios desafíos para mantener la sostenibilidad de sus actividades, destacando la pérdida de hábitats, el uso excesivo de pesticidas, la proliferación de enfermedades y plagas, además de la africanización de las abejas. Estos factores amenazan la supervivencia de las colonias y dificultan la conservación de las abejas, que son fundamentales para la polinización y la biodiversidad. Asimismo, enfrentan retos económicos y sociales, como la fluctuación de precios, la saturación del mercado y una baja demanda en algunos casos, que afectan la rentabilidad y la sostenibilidad del sector. Otro desafío importante es la regulación y normatividad en torno a la calidad y seguridad de los productos apícolas, que aún presentan brechas y limitaciones para su crecimiento productivo.

El manejo adecuado de las colmenas influye directamente en la calidad de los productos apícolas al garantizar condiciones óptimas para la salud y la productividad de las colonias. Prácticas como la inspección periódica, el control sanitario y la gestión del espacio en la colmena permiten detectar y prevenir enfermedades y plagas, así como mantener un ambiente adecuado para la cría y almacenamiento de miel, polen y otros productos. Además, el correcto uso del equipamiento y técnicas precisas en el manejo evitan dañar las colmenas y estresar a las abejas, lo que contribuye a una producción más limpia, segura y de mayor calidad. Por lo tanto, un manejo técnico y responsable se traduce en productos de mejor calidad, libres de residuos tóxicos y con características organolépticas óptimas.

Referencias Bibliográficas

- Alcívar-Álava, Ignacio Ausberto. (2024). La apicultura y su aporte al desarrollo comunitario en Manabí, Ecuador. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 6(10), 58-74. Epub 30 de junio de 2024. <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i10.3237>
- Masaquiza-Moposita, D. A., Martin, D., Zapata, J., Soldado, G., & Salas, D. (2023). Apicultura ecuatoriana: situación y perspectiva. *Tesla Revista Científica*, 3(2), e252-e252. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e252>
- Verde, M. M. (2014). Apicultura y seguridad alimentaria. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 25-31. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193030122008>
- Huerta, A. (2008). La apicultura en el Desarrollo. *Revista Apicultura y Economía*, 52. Recuperado de <https://www.academia.edu/download/51811968/Apicultura.pdf>
- Ruíz, B. (2003). Módulo de Apicultura. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/50e53a5a-6bc5-4a33-9765-26e41cfb6ef6/content>

- Sánchez C., Á. S., & Martínez B., E. (2017). Productos apícolas: miel y polen. *Lugo, MO Y., Alvarado, OC, & Ramírez, CEL,(Eds), Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos*, 106-118.
<https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/609>
- Quichimbo F., W. A., y Medina G., A. A. (2017): “La apicultura en el Ecuador como opción exportable”, *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Ecuador, (noviembre 2017). Recuperado de:
<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/apicultura-ecuador.html>
- Vélez Izquierdo, Alejandra; Espinosa García, José Antonio; Amaro Gutiérrez, Rómulo; & Arechavaleta Velasco, Miguel Enrique. (2016). Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(4), 507-524. Recuperado de
<https://pdfs.semanticscholar.org/a797/d19a8ea85bb4c43908f2d241ffb4251e54bo.pdf>
- Borja Bravo, Mercedes; Sánchez Toledano, Blanca Isabel; Vélez Izquierdo, Alejandra; Pérez Ruiz, Elizabeth, & Arellano Arciniega, Sergio. (2025). Características de los tipos de apicultores en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 16(1), 224-235. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i1.6543>
- Vivanco I.M., Rosillo W.V., Villavicencio B.X., Macias V.Y. (2020) El mercado de la producción de miel de abeja en la provincia del Guayas (Ecuador). *Revista Espacios*, 41(29),318-328. Recuperado de
<http://asesoresvirtualesalala.revistaespacios.com/a20v41n29/a20v41n29p23.pdf>

CAPÍTULO 4: Amenazas para la Salud de las Abejas

Dra. Marisela Leal-Hernández ¹

¹ INIFAP, CDMX, México ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7730-9964>

Introducción

Las abejas son los insectos polinizadores económica y ecológicamente más importantes que permiten conservar, regenerar los ecosistemas y mantener la biodiversidad. Son los principales polinizadores de plantas silvestres y cultivos, convirtiéndolas en un punto clave para la producción agrícola mundial. Las poblaciones de abejas se enfrentan a varias amenazas experimentando un fuerte descenso debido a múltiples factores como la pérdida de hábitats, enfermedades, cambio climático, contaminación ambiental y diversas situaciones que ponen en peligro su salud y, por ende, la de los ecosistemas y la agricultura. Debido a la importancia de estos insectos, cualquier alteración en sus poblaciones podría tener un gran impacto económico y medioambiental (Le Conte 2008, Martin-Culma 2018, Nanetti 2021, Baena 2023, Lim 2025).

Amenazas para las Abejas

Dentro de las principales amenazas a las que se pueden enfrentar las abejas se encuentran:

1. Plaguicidas y Herbicidas

El uso de los plaguicidas es para atacar, repeler o matar plagas, insectos, hongos y patógenos de plantas, muchos de los compuestos afectan a organismos "no objetivo", como las abejas (Mustard J *et al.*, 2020). El censo poblacional de las abejas ha disminuido, por el uso extensivo de pesticidas y agroquímicos en monocultivos tecnificados que buscan potenciar el rendimiento de la producción (Martin-Culma 2018).

Las abejas entran en contacto con los pesticidas al momento de pecorear el néctar y recolectar polen de cultivos con flores, exponiéndolas a concentraciones subletales pero

que logran acumularse en los alimentos almacenados o en los tejidos corporales y afectan comportamientos como la búsqueda de alimento, navegación y danza. Ciertos pesticidas, como los neonicotinoides, son indetectables por las abejas cuando se encuentran en el néctar, por lo que las abejas consumen involuntariamente estas sustancias pudiendo causar la muerte de enjambres enteros (Mustard J *et al.*, 2020).

Los insecticidas actúan sobre el sistema nervioso de la abeja generando daños irreversibles como la pérdida de la memoria, parálisis y muerte. Las abejas exhiben hipersensibilidad a la mayoría de los insecticidas. Además, padecen diferentes alteraciones fisiológicas a nivel del sistema nervioso a dosis subletales resultan en desorientación y pérdida de la memoria, es por ello por lo que las abejas salen de sus colmenas en busca de alimento y ya no regresan, provocando así que la colmena colapse Agricultura.

Los neonicotinoides tienen efectos sobre la capacidad de las abejas para realizar una tarea compleja de aprendizaje olfativo. La exposición al neonicotinoide tiametoxam lleva a una búsqueda ineficiente de alimento y una capacidad reducida para identificar compañeros de la colmena, otros como el glifosato afectan el microbiota intestinal de las abejas (Mustard J *et al.*, 2020). De todas las familias de insecticidas, los neonicotinoides son de los más tóxicos, por ejemplo, solo una dosis oral de 5 nanogramos de imidacloprid es suficiente para matar a una abeja (Agricultura, 2025).

Las abejas presentan hipersensibilidad a la mayoría de diferentes insecticidas. Padecen alteraciones fisiológicas a nivel del sistema nervioso, respecto a su ciclo reproductivo e inmunosupresión. Existe evidencia respecto a los efectos tóxicos de los pesticidas que alteran colateralmente las cosechas, específicamente en el proceso de polinización mediada por abejas (Martin-Culma 2018).

2. Enfermedades que afectan a las abejas

Las enfermedades y plagas de las abejas melíferas son limitaciones importantes en la apicultura en todo el mundo, siendo el rápido aumento de la muerte de abejas una preocupación significativa (Antúnez *et al.*, 2006). Las abejas melíferas se ven afectadas

por diferentes microorganismos que en conjunto con los factores ambientales como el estrés pueden causar enfermedades de gran importancia estos se pueden clasificar en cuatro grupos: las producidas por bacterias: *Paenibacillus larvae*, *Melissococcus plutonius*; las producidas por parásitos: *Varroa destructor*, *Vairimorpha apis* y *Vairimorpha ceranae*, *Acarapis woodii*; las producidas por hongos: *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, Cría de piedra, y las producidas por virus: Virus de las alas deformes, Virus de las celdas reales negras, Virus de la parálisis aguda, Virus de la parálisis aguda Israelí, Virus de la cría ensacada y Virus de Cachemira, siendo estos son los más importantes por el grado de daño que pueden llegar a ocasionar. También están las plagas que afectan a las abejas como son polilla de la cera, el pequeño escarabajo de la colmena *Aethina tumida* y las hormigas (Leal H *et al.*, 2016, Al Naggar 2020, Aydin 2023).

3. Enfermedades bacterianas

Dentro de las enfermedades bacterianas *Paenibacillus larvae*, ocasiona la loque americana y *Melissococcus plutonius* que ocasiona la loque europea; ambas enfermedades que se encuentran diseminadas en todo el mundo y propician la disminución de las colonias. La vía de entrada de ambas es a través de la vía oral y van a infectar a las abejas en etapa larvaria, la infección se da por el consumo de alimento contaminado con las esporas de las bacterias, el cual es ofrecido por las abejas adultas quienes pueden ser portadoras asintomáticas pasivas o activas. En la Loque americana, las esporas se desarrollan en el intestino; la infección sucede en las primeras horas posteriores a la eclosión del huevo, matando a la cría en la etapa de prepupa o pupa. Las larvas aumentan su resistencia conforme se desarrollan y posterior a 53 horas de la eclosión estas ya no pueden ser infectadas. *P. larvae*, la cual produce millones de esporas en cada larva infectada, con la ingesta de diez o menos esporas en el alimento se puede iniciar una infección mortal (Chan 2009). Las esporas pueden permanecer por más de dos meses en el tracto digestivo de las abejas adultas sin ocasionar la enfermedad en ellas, lo que permite que se diseminen al momento de alimentar a la cría (Ribière 2007, Genersch 2010, Shimanuki 2003, OIE 2018). Respecto a Loque europea, la enfermedad se manifiesta sin importar la etapa de desarrollo de la cría (Dainat 2018, OIE 2018).

El primer diagnóstico de estas enfermedades bacterianas está basado en la manifestación de signos clínicos y, la identificación de *P. larvae* y *M. plutonius* se realiza a partir del aislamiento y también mediante la técnica de PCR, la cual, puede ser realizada a partir de larvas, miel o cultivos bacterianos puros, (Bakonyi 2003, OIE 2018, Truong 2023). En el caso de *M. plutonius* su aislamiento es un tanto complejo por los requerimientos nutricionales de la bacteria y puede haber crecimiento de otras bacterias secundarias como: *Bacillus alvei*, *Bacillus laterosporus* y *Achromobacter eurydice*, las cuales son consideradas saprófitas y no forman parte del ciclo infeccioso (Sánchez- Esgua 2023). Leal HM *et al.*, en 2024 detectaron *M. plutonius* mediante PCR en abejas adultas asintomáticas en 61.9 % de las muestras analizadas, demostrando la importancia de realizar un diagnóstico de laboratorio y el impacto que tiene la presencia de la bacteria en las abejas adultas, aun sin presentar la enfermedad. Si alguna cría infectada por las bacterias logra sobrevivir hasta la etapa adulta, puede transmitir las bacterias a las crías continuando el ciclo de infección.

4. Enfermedades parasitarias

De las enfermedades ocasionadas por parásitos la Varroosis es la de mayor importancia, es ocasionada por *Varroa destructor*, el cual es un parásito externo obligado que afecta tanto a la cría como a las adultas en las tres castas de abejas (reina, obreras y zánganos). El ácaro se propaga por contacto directo entre abejas adultas o de abeja adulta a la cría. Varroa se disemina en forma natural entre colonias o entre apiarios a través de los zánganos, enjambres, por deriva y pillaje. Dentro de los factores predisponentes para la diseminación del ácaro está el intercambio de panales con cría operculada infestada entre colonias, el desplazamiento de abejas o crías infestadas de una colmena, apiario o de una región a otra, el movimiento de productos o material apícola como reinas infestadas provenientes de criaderos en donde no se realiza un adecuado control sanitario. Varroa se alimenta de la hemolinfa o del cuerpo graso de la abeja, debido a esto la abeja o la cría padecen una deficiencia de nutrientes debilitándolas y ocasionando una reducción en las defensas celulares y humores. Al momento de alimentarse perfora la cutícula de las abejas dañando el tegumento y haciéndolas susceptibles al desarrollo de enfermedades al dar lugar a la transferencia de partículas virales aumentando la capacidad de varroa para

actuar como vector. La alimentación repetida y continua de los ácaros produce una disminución de energía, acorta la vida de las abejas y eventualmente perecen las colonias. Esta forma de alimentación le confiere a varroa el potencial para actuar como vector de enfermedades ayudando a la propagación de varios virus de abejas representando una amenaza adicional a la salud de las abejas. Es necesario mantener los niveles del parásito lo más bajo posible, ya que a niveles elevados aumenta la probabilidad de transmisión de enfermedades a las colonias de abejas débiles (Berényi et al., 2006, Dalmon et al., 2021; Fearon and Tibbetts 2021, Chen and Siede 2007). Cuando las abejas tienen contacto con el ácaro en la fase de cría, pueden emerger con un menor peso, tamaño, sin alas o con alas y patas deformes y también se presenta una disminución en su longevidad de hasta un 68% (Genersch y Aubert 2010, Ramsey 2019, Masaquiza et al., 2019).

Niveles de infestación del ácaro superior al 5% ocasionan pérdida de abejas hasta en un 80% y reducción de la producción de miel de hasta 65%. La presencia del ácaro también se ha considerado como uno de los factores causantes del Síndrome del Colapso de las Colonias. Su diagnóstico es relativamente fácil y se puede hacer en el apiario mediante el “Lavado de abejas” o prueba David De Jong para determinación del nivel de infestación por colmena, la cual se debe de realizar dos veces al año en el 15 al 20% de las colmenas seleccionadas al azar (Arechavaleta 2000, Masaquiza *et al.*, 2019, NOM-001-ZOO-1994).

La vairimorphosis, es causada por los microsporidios: *Vairimorpha apis* y *Vairimorpha ceranae*, estos poseen la capacidad de esporular, la enfermedad puede estar presente durante todo el año en la colonia. *Vairimorpha spp.* afecta a las tres castas de abejas adultas, produce una enfermedad intestinal, invasiva y contagiosa que se localizan y desarrollan en el interior de las células epiteliales del intestino medio de las abejas, ocasionando un debilitamiento progresivo, el acortamiento de la vida del huésped y de no controlarse, la pérdida de la colonia afectando el desarrollo de la colonia (OIE, 2018, Formato *et al.*, 2022; Iorizzo *et al.*, 2022). Para determinar la presencia de la enfermedad se deben de tomar muestras de abejas adultas en la entrada de la colmena y recurrir al diagnóstico de laboratorio a través del método de Cantwell, en el que se utiliza una muestra de abdómenes macerados de abejas, con la finalidad de observar las esporas del

patógeno bajo el microscopio. Para poder identificar entre los tipos de *Vairimorpha apis* y *V. ceranae* y detectarlos aun en niveles de infección muy bajos se realiza la PCR múltiple, la cual ha demostrado ser una prueba muy sensible (Hamiduzzaman 2010, Prendas-Rojas *et al.*, 2018, OIE, 2018). Elizalde *et al.*, en 2014 realizaron la detección e identificación de *V. ceranae* y *V. apis* en colonias de abejas melíferas por microscopia encontraron el 83.8% de positividad a *Vairimorpha spp* y con la técnica obtuvieron de PCR identificaron el 91.7% de las muestras como positivas, siendo el 66.6% *V. ceranae*, 56.7% *V. apis* y el 31.5% presentaron co-infección con ambas especies de microsporidios, demostrando mayor número de muestras positivas al ser más sensible que la microscopia.

En un estudio realizado por Junges *et al.*, en 2025, monitorearon 45 colmenas durante un ciclo anual, detectando que *V. destructor* alcanzó su pico de infestación en la temporada productiva, mientras que *Vairimorpha spp.* lo alcanzó después del tratamiento con acaricidas, al inicio de la temporada no productiva. Sugiriendo una interacción competitiva u oportunista en la que varroa actúa como el parásito dominante, modulando la dinámica de infección por *Vairimorpha spp.* Durante la temporada productiva, las proporciones de cría abiertas más altas se asociaron con colonias libres de varroa, mientras que la presencia de ácaros se correlacionó con mayores reservas de polen. Marcando la importancia de las estrategias de manejo integral en la colonia.

Ramos-Cuellar en 2024, detecto una prevalencia de varroa del 90 % y del 15 % para Vairimorphosis en 365 colmenas de 30 municipios de las seis regiones apícolas del estado de Jalisco México, sin encontrarse diferencias significativas entre regiones durante la época de primavera, reportando en general niveles bajos de infestaciones <5% para varroosis y <310,000 esporas de vairimorpha por abeja.

La acariosis, es una enfermedad causada por el ácaro *Acarapis woodi* Rennie, endoparásito obligado del sistema respiratorio que se alimenta de la hemolinfa del hospedador y que afecta a los adultos de las tres castas de abejas. El ácaro se propaga por contacto directo, aunque solamente son susceptibles las abejas jóvenes que tienen menos de 10 días de emergidas. Los ácaros se encuentran principalmente en las tráqueas protorácicas y en ocasiones en los sacos aéreos de la cabeza, tórax y abdomen (Villa 2007; OIE, 2018, García 2018). El diagnóstico se debe de realizar en laboratorio mediante un

examen microscópico de las tráqueas en abejas adultas. Para realizarlo se toma una muestra de abejas adultas en el interior de la colonia y se realiza una disección para exponer el primer par de tráqueas y posteriormente observar en el microscopio estereoscópico lesiones de queratinización y/o melanización, estas lesiones son realizadas por el ácaro al momento de alimentarse y son consideradas típicas a la presencia del *A. woodi*; en ocasiones también se puede observar la presencia de los ácaros en el interior de las tráqueas (OIE, 2018). García en 2018, estimó la prevalencia de la acariosis traqueal en el estado de Morelos en México encontrando que el 10.3 % de los apiarios incluidos en el estudio tuvieron al menos una colonia positiva. También se puede usar la técnica de PCR por ser más rápida que el examen microscópico eficaz y con una sensibilidad del 100%, una especificidad del 91.67% y una precisión del 91.89%, demostrando la efectividad de las pruebas moleculares para el diagnóstico de la enfermedad (Kojima en 2011, Quintana *et al.*, en 2019).

5. Enfermedades virales

Los virus que afectan a las abejas melíferas representan una amenaza para su salud, bajo ciertas condiciones acortan su vida útil, pueden afectarlas en todas las fases del ciclo de vida de las abejas y pueden afectarlas gravemente provocando su muerte o el colapso de toda la colonia causando la pérdida de colonias (Berenyi *et al.*, 2006).

Las enfermedades virales se encuentran presentes tanto en las abejas manejadas como en colonias silvestres, usualmente las infecciones no se asocian a los signos clínicos, dependiendo de ciertos casos se puede ocasionar una enfermedad seria, ser mortal para algunas abejas o colapsar las colonias enteras. Estudios reportan que se pueden compartir los virus de abejas melíferas con poblaciones de abejas silvestres y abejorros, particularmente cuando son transmitidas por el ácaro *Varroa destructor*, que es capaz de actuar como vector de los virus, (Berényi *et al.*, 2006, Dalmon *et al.*, 2021; Fearon and Tibbetts 2021, Chen and Siede 2007).

Entre los virus que se han visto implicados en la disminución de colonias se encuentran el virus de cachemira (VC) (Johnson *et al.*, 2009), el virus de la parálisis lenta (VPL) (Neumann & Carreck 2010), el virus de la parálisis aguda israelí (VPAI) (Cox-Foster

et al., 2007), el virus de la parálisis aguda (VPA) (Genersch *et al.*, 2010) y el Virus de las alas deformes (VAD) (Francis, Nielsen, & Kryger 2013).

La transmisión de los virus en las abejas implica la vía horizontal a través de: alimentos, la transmisión oro-fecal, venérea (sexual) o por vectores y la vía vertical por medio de la reina infectada a su descendencia (De Miranda 2013).

En el caso de las enfermedades virales al carecer de una sinología clásica se vuelve necesario un diagnóstico de laboratorio. Actualmente, se cuenta con el establecimiento de diferentes RT-PCR o qRT-PCR para poder detectar y cuantificar los virus más importantes VC, VPL, VPAI, VPA, VCRN, VCE, VAD, en muestras de abejas asintomáticas (Tentcheva 2004, Gauthier 2007, Molineri en 2017, Leal *et al.*, 2015) y a partir de hemolinfa (Huang 2021).

En 2015, 2016 y 2021 Leal, *et al.*, realizaron estudios en México con abejas adultas asintomáticas aparentemente sanas y detectaron el 34.9% de muestras de abejas positivas al VCRN, el 7.8% al VPAI, del 0.68% hasta 6.2% de positivas al VCE, y 51.21% positivas VAD. En el caso de VAD buscaron la asociación con varroa encontrando que el 37.9% de muestras de abejas positivas al virus presentó algún grado de infestación con varroa. El VCRN afecta principalmente a las crías de las abejas reina y el estudio fue realizado en abejas obreras, toma importancia ya que, al momento de que las obreras alimentan a las crías de las reinas podrían actuar como portadoras y transmisoras del virus diseminando la enfermedad.

6. Pérdida de Hábitat

Los recursos naturales son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas y el mantenimiento de la cadena alimentaria que sustenta a la humanidad y todas las formas de vida en el planeta Villota 2025. Las abejas son pieza clave de los ecosistemas, en México se encuentran alrededor de 2000 especies de abejas, casi 10% de la diversidad mundial. Las abejas cuentan económicamente por la producción de miel y por polinizar asegurando la productividad de cultivos. Durante las últimas tres décadas la expansión de la agricultura industrial sobre selvas ha llevado a la deforestación,

aumentando del uso de plaguicidas incidiendo en el declive de las abejas (*Apis* y nativas) (Vides, et al., 2023). La apicultura requiere de una cobertura de vegetación natural conservada para la producción de miel y, por otro lado, el cambio de uso de suelo y la transformación del hábitat con la agricultura intensiva de monocultivos y la urbanización generan superficies deforestadas e insumos perjudiciales para las abejas disminuyendo su diversidad (Baena 2023).

Entre los procesos que afectan la diversidad de abejas se encuentra la fragmentación del hábitat y los tamaños poblacionales pequeños. Es necesario identificar las interacciones ecológicas en riesgo como consecuencia de la destrucción de hábitats, extinción o amenazas a la flora y fauna, o por la introducción de especies exóticas, mediante el estudio de la diversidad genética y los sistemas de polinización para conocer las prácticas que impactan de forma positiva o negativa las poblaciones silvestres y manejadas (Baena 2023).

Conclusiones

Evitar la diseminación de enfermedades realizando las buenas prácticas de manejo con la finalidad de evitar la introducción de nuevas enfermedades en el apiario.

Es necesario implementar estrategias de conservación de las abejas que promuevan la restauración de hábitats naturales, la regulación de prácticas agrícolas sostenibles y de adaptación al cambio climático para proteger a las abejas y garantizar la continuidad de la apicultura.

Referencias Bibliográficas

Agricultura. Las abejas y los pesticidas Recuperado septiembre 2025. <https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/cap2.html#214> Las abejas y los pesticidas.

Al Naggar Y, Paxton RJ. Mode of transmission determines the virulence of Black Queen Cell virus in adult honey bees, posing a future threat to bees and apiculture. *Viruses*. 2020;12(5):535.

- Antúnez K, D'Alessandro B, Piccini C, Corbella E, Zunino P. Presencia de esporas de la bacteria causante de Loque americana en mieles de Uruguay. INIA URUGUAY. 2004: 335. Disponible en: http://www.inia.org.ur/publicaciones/documentos/le/ad/2004/ad_335.pdf.
- Arechavaleta-Velasco ME, Guzman-Novoa E. Producción de miel de colonias de abejas (*Apis mellifera* L.) tratadas y no tratadas con fluvalinato contra *Varroa jacobsoni* Oudemans en Valle de Bravo, Estado de México. Vet Mex 2000;381-384.
- Aydın Songül, Oksal Hatice Diğdem. Prevalence and molecular characterization of Deformed Wing, Acute Bee Paralysis and Black Queen Cell Viruses infecting honey bees and varroa mites J. APIC. SCI. VOL. 67 NO. 1 2023 J. APIC. SCI. Vol. 67 No. 1 2023. DOI: <https://doi.org/10.2478/jas-2023-0006>
- Baena-Díaz, F., Chévez, E., Porter Bolland, L. (2023) ¿Qué sabemos de las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae, ¿Meliponini) en México?: Diversidad, Ecología y polinización. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 39, 1–17. 10.21829/azm.2023.3912565 elocation-id:e3912565.
- Bakonyi T, Derakhshifar I, Grabensteiner E, and Nowotny N. Development and Evaluation of PCR Assays for the Detection of *Paenibacillus* larvae in Honey Samples: Comparison with Isolation and Biochemical Characterization. Appl Environ Microbiol. 2003: 1504-1510.
- Berényi O, Bakonyi T, Derakhshifar I, Köglberger H and Nowotny N. Occurrence of Six Honeybee Viruses in Diseased Austrian Apiaries. Appl. Env. Microbiol. 2006. 72:4:2414- 2420.
- Chan QWT, Melathopoulos AP, Pernal SP, Foster LJ. The innate immune and systemic response in honey bees to a bacterial pathogen, *Paenibacillus larvae*. BMC Genomics. 2009. 10:387 <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/10/387>.
- Chen YP y Siede R. Honey Bee Viruses, Advances in Virus Research 2007; 70: 33-80.
- Cox-Foster, Diana L., Sean Conlan, Edward C. Holmes, Gustavo Palacios, Jay D. Evans, Nancy A. Moran, Phenix-Lan Quan, Thomas Briesse, Mady Hornig, David M.

- Geiser, Vince Martinson, Dennis vanEngelsdorp, Abby L. Kalkstein, Andrew Drysdale, Jeffrey Hui, Junhui Zhai, Liwang Cui, Stephen K. Hutchison, Jan Fredrik Simons, Michael Egholm, Jeffery S. Pettis, and W. Ian Lipkin. 2007. 'A Metagenomic Survey of Microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder'. *Science* 318(5848):283–87. doi: 10.1126/science.1146498.
- Dainat B, Grossar D, Ecoffey B, Haldemann C. (2018). Triplex real-time PCR method for the qualitative detection of European and American foulbrood in honeybee. *J Microbiol Methods*. Mar; 146:61-63. doi: 10.1016/j.mimet.2018.01.018.
- Dalmon, Anne, Virgine Diévert, Maxime Thomasson, Romain Fouque, Bernard E. Vaissière, Laurent Guilbaud, Yves le Conte, and Mickaël Henry. 2021. 'Possible Spillover of Pathogens between Bee Communities Foraging on the Same Floral Resource'. *Insects* 12(2):122. doi: 10.3390/insects12020122.
- De Miranda, J R; Bailey, L; Ball, B V; Blanchard, P; Budge, G; Chejanovsky, N; Chen, Y-P; *et al.*, (2013). Standard methods for virus research in *Apis mellifera*. In V Dietemann; J D Ellis; P Neumann (Eds) *The COLOSS BEEBOOK, Volume II: standard methods for Apis mellifera pest and pathogen research*. *J Apic Res*. 52(4): <http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.22>.
- Elizalde SM, Leal HM, Arechavaleta VME, Tenorio GVR, Martínez PJF, Nieto LS. Detección e identificación de *Nosema ceranae* y *Nosema apis* en colonias de abejas de Yucatán y Campeche. *L Reunión Nacional De Investigación Pecuaria*.
- Fearon, Michelle L., and Elizabeth A. Tibbetts. 2021. 'Pollinator Community Species Richness Dilutes Prevalence of Multiple Viruses within Multiple Host Species'. *Ecology* 102(5). doi: 10.1002/ecy.3305.
- Formato G, Rivera-Gomis J, Bubnic J, Martín-Hernández R, Milito M, Cropp S & Higes M (2022) Nosemosis Prevention and Control. *Appl. Sci.* 12, 783.
- Francis, Roy M., Steen L. Nielsen, and Per Kryger. 2013. 'Varroa-Virus Interaction in Collapsing Honey Bee Colonies'. *PLoS ONE* 8(3): e57540. doi: 10.1371/journal.pone.0057540.

- García FC, Arechavaleta VME. 2018. Prevalencia de la acariosis traqueal y niveles de infestación de *Acarapis woodi* en colonias de abejas de Morelos, México. *Rev Mex Cien Pecu.* 2018; 9;(3). <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4194>
- Gauthier L., Tentcheva D., Tournaire M., Dainat B., Cousserans F., Colin M.E., Bergoin M. Viral load estimation in asymptomatic honey bee colonies using the quantitative RT-PCR technique. *Apidologie.* 2007; 38: 426-436.
- Genersch, E. y Aubert, M. (2010). Emerging and re-emerging viruses of the honey bee (*Apis mel lifera* L.). *Vet. Res.*, 41(1), 54-59.
- Genersch, Elke, Werner von der Ohe, Hannes Kaatz, Annette Schroeder, Christoph Otten, Ralph Büchler, Stefan Berg, Wolfgang Ritter, Werner Mühlen, Sebastian Gisder, Marina Meixner, Gerhard Liebig, and Peter Rosenkranz. 2010. ‘The German Bee Monitoring Project: A Long-Term Study to Understand Periodically High Winter Losses of Honey Bee Colonies’. *Apidologie* 41(3):332–52. doi: 10.1051/apido/2010014.
- Hamiduzzaman MM, Guzman-Novoa E, Goodwin PH. A multiplex PCR assay to diagnose and quantify *Nosema* infections in honey bees (*Apis mellifera*). *J Invertebr Pathol.* 2010 Oct;105(2):151-5. doi: 10.1016/j.jip.2010.06.001. Epub 2010 Jun 4. PMID: 20570679.
- Huang S, Li J, Zhang Y, Li Z, Evans JD, Rose R, Gilligan TM, LeBrun A, He N, Zheng T, Zhang T, Hamilton M, Chen YP. 2021. A novel method for the detection and diagnosis of virus infections in honey bees. *J Virol Methods.* 293:114163. doi: 10.1016/j.jviromet.2021.114163.
- Iorizzo M, Letizia F, Ganassi S, Testa B, Petrarca S, Albanese G, Di Criscio D & De Cristofaro A (2022) Recent Advances in Biocontrol of Nosemosis in Honey Bee (*Apis mellifera* L.). *J. Fungi.* 8, 424.
- Johnson, Reed M., Jay D. Evans, Gene E. Robinson, and May R. Berenbaum. 2009. ‘Changes in Transcript Abundance Relating to Colony Collapse Disorder in Honey Bees (*Apis mellifera*). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(35):14790–95. doi: 10.1073/pnas.0906970106.

- Junges, C.M., Furlan, E., Pérez, A.A. *et al.* Dinámica parasitaria de *Varroa destructor* y *Nosema* spp. y sus asociaciones con la salud de colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en apiarios de pequeña escala en Argentina. *Vet Res Commun* 49, 342 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11259-025-10915-5>.
- Kojima Y, Yoshiyama M, Kimura K & Kadowaki T (2011) PCR-based detection of a tracheal mite of the honey bee *Acarapis woodi*. *J. Invertebr. Pathol.* 108: 135-137.
- Leal HM, Elizalde SM, Dainat B, Arechavaleta VME, Tenorio GVR, Carrillo ML. Detección del Virus de las Celdas Reales Negras en *Apis mellifera* en dos regiones apícolas de México. 22º Congreso Internacional de Actualización Apícola, Puebla del 27 al 29 de mayo de 2015.
- Leal HM, Elizalde SM, Arechavaleta VME, Dainat B. Detección del virus de la parálisis aguda israelí en abejas melíferas en México. 23º Congreso Internacional de Actualización Apícola, Mérida. 8 al 10 junio de 2016.
- Leal-Hernández M, Cerón-Téllez Fernando, Vivas-Rodríguez Jorge Ariel, Moguel-Ordoñez Yolanda Beatriz, Soto-Ruiz Lilia, Arechavaleta-Velasco Miguel Enrique, Córdova-López Dionisio. Virus de las alas deformes y su relación con varroa en colmenas de abejas melíferas. LVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Memoria. Ciudad de México, 10-12 de nov. 2021.
- Leal-Hernández Marisela, González Méndez Ana Silvia, Cerón-Téllez Fernando, Alcalá-Escamilla Karla Itzel, Moguel-Ordoñez Yolanda Beatriz, Robles Ríos Carlos Alberto. Frecuencia De *Melissococcus plutonius* en colonias de abejas melíferas a presentarse en el 30º Congreso Internacional de Actualización Apícola que organiza la Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A.C. (ANMVEA) del 4 - 6 de julio de 2024, en el Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Lim, S., Yoo, H., Han, G. *et al.* Target gene screening and validation for RNAi-based suppression of the microsporidian parasite *Vairimorpha* (= *Nosema*) *ceranae* in honeybees. *Chem. Biol. Technol. Agric.* **12**, 116 (2025). <https://doi.org/10.1186/s40538-025-00831-w>

- Martin-Culma, Nazly Yolieth; Arenas-Suarez, Nelson Enrique. Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. En: Entramado. enero - junio, 2018. vol. 14, no. 1, p. 232-240 <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>.
- Masaquiza Moposita Diego Armando, Curbelo Lino Miguel, Díaz Monroy Byron Leoncio, Arenal Cruz Amílcar. Varroasis y mecanismos de defensa de la abeja melífera (*Apis mellifera*) Varroasis and Defense (*Apis mellifera*) Mechanisms of Honey Bees. Rev. prod. anim., 2019: 31 (3) <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3264>.
- Molineri AI, Pacini Adriana, Giacobino Agostina, Bulacio-Cagnolo Natalia, Aignasse Andrea, Zago Luis, Fondevila Norberto, Ferrufino Cecilia, Merke Julieta, Orellano Emanuel, Bertozzi Ezequiel, Pietronave Hernán, Signorini Marcelo. (2017) Prevalence of honey bee (*Apis mellifera*) viruses in temperate and subtropical regions from Argentina. Rev Argent Microbiol 49(2):166-173.
- Mustard Julie A., Gott Annie, Scott Jennifer, Chavarria Nancy L and Wright Geraldine A. Honeybees fail to discriminate floral scents in a complex learning task after consuming a neonicotinoid pesticide. *Journal of Experimental Biology* (2020) 223, jeb217174. doi:10.1242/jeb.217174
- Nanetti, A.; Bortolotti, L.; Cilia, G. (2021), Pathogens Spillover from Honey Bees to Other Arthropods. *Pathogens*, 10, 1044. <https://doi.org/10.3390/pathogens10081044>.
- Neumann, Peter, and Norman L. Carreck. 2010. 'Honey Bee Colony Losses'. *Journal of Apicultural Research* 49(1):1–6. doi: 10.3896/IBRA.1.49.1.01.
- NOM-001-ZOO-1994, Modificación a la Norma Oficial Mexicana. Campaña Nacional contra la Varroasis de las Abejas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación.
- OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal. Chapter 3.2.1. Acarapisosis de las abejas melíferas (Infestación de las abejas melíferas por *Acarapis woodi*) In: OIE Terrestrial Manual 2018.

OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal. Chapter 3.2.2. Loque americana de las abejas melíferas (infección de las abejas melíferas por *Paenibacillus larvae*) In: OIE Terrestrial Manual 2018.

OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal. Chapter 3.2.3. Loque europea de las abejas melíferas (infección de las abejas melíferas por *Melissococcus plutonius*) In: OIE Terrestrial Manual 2018. Le Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 27(2), 499-510.

OIE. Organización Mundial de Sanidad Animal. Chapter 3.2.4. Nosemosis de las abejas melíferas. In: OIE Terrestrial Manual 2018.

Prendas-Rojas JP, Figueroa-Mata G, Ramírez-Montero M, Calderón-Fallas RA, Ramírez-Bogantes M & Travieso-González CM. 2018. Diagnóstico automático de infección por nosemosis en abejas melíferas mediante procesamiento de imágenes. *Tecnología en Marcha*. 31(2).

Ramos-Cuellar Ana K. De la Mora Álvaro, Contreras-Escareño Francisca, Morfin Nuria, Tapia-González José M. Macías-Macías José O y Petukhova Tatiana, Correa-Benítez Adriana, Guzman-Novoa Ernesto. 2024. Prevalencia e intensidad de varroosis y nosemosis de las abejas melíferas (*Apis mellifera*) en seis regiones del estado de Jalisco, México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2024;15(1) <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6434>

Ramsey, S. D., Ochoa, R., Baughan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., ... & vanEngelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *PNAS*. 116 (2019), págs. 1792LP-1801LP. <https://doi.org/10.1073/pnas.18183711>.

Rivière MP, Ribière M, Chauzat MP. 2013. Recent molecular biology methods for foulbrood and nosemosis diagnosis. *Rev Sci Tech*. Dec;32(3):885-92. doi: 10.20506/rst.32.2.2207.

Sanchez-Esgua M, Veloz-Rendón JS, García Barrera LJ, Peralta CMC, Cruz-Nicolás G, Detección e Identificación mediante PCR de *Melissococcus plutonius* agente causal

de la Loque europea en larvas de abeja. 29 congreso Internacional de Actualización Apícola. 2023.

Shimanuki H, Knox D A, Furgala B, Caron D M, and Williams J L. Diseases and pests of honey bees. *In: The hive and the honey bee*. J M Graham editor. Dadant & Sons, Hamilton Illinois, 2003.

Tentcheva D., Gauthier L., Zappulla N., Dainat B., Cousserans F., Colin M.E., Bergoin M. 2004. Prevalence and seasonal variations of six bee viruses in *Apis mellifera* L. and *Varroa destructor* mite populations in France. *Appl Environ Microbiol.*; 70: 7185-7191.

Truong AT, Yoo MS, Seo SK, Hwang TJ, Yoon SS, Cho YS. Prevalence of honey bee pathogens and parasites in South Korea: A five-year surveillance study from 2017 to 2021. *Heliyon*. 2023 Feb 4;9(2): e13494. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e13494.

Vides Borrell E, Vandame R, Gómez González I, Torres Mazuera G y Chablé Huehuet E. Abejas, apicultores y académicos en alianza por la sostenibilidad de territorios con diversidad biocultural en México.pdf, Consultado 30 de septiembre 2025. <https://repositorio-socioecologia.conahcyt.mx/jspui/bitstream/1000/252/1/2.%20Abejas%20apicultores%20y%20acade%cc%81micos%20en%20alianza%20por%20la%20sostenibilidad%20de%20territorios%20con%20diversidad%20biocultural%20en%20Me%cc%81xico.pdf>.

Villa JD. 2007. Influence of worker age on the infestation of resistant and susceptible honey bees (*Apis mellifera*) with tracheal mites (*Acapis woodi*). *Apidologie* 38: 573-578.

Villota Dávila Adriana Emperatriz; Santarrosa Cargua Nieves María; Narváez Duy Zheny Patricia; Sánchez Velásquez Blanca Estela. 2025. El Papel de los Recursos Naturales en la Cadena Alimentaria y la Salud de los Ecosistemas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 6806-6821. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17408.

Capítulo 5: Economía de la Apicultura

Mgs. Josueth Meza Cisneros¹

Econ. Álex Modesto Izquierdo Sotelo PhD.²

Mgs. Daniel Alejandro Acosta González³

Mgs. Gloria Estefanía Vásquez Larriba⁴

¹IST Politécnica del Ecuador y Universidad del Pacífico del Ecuador, Quito, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-7121-049X>

²Investigador Independiente, Quito, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0009-1582-492X>

³Universidad del Pacífico del Ecuador, Quito, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0328-1189>

⁴Universidad del Pacífico del Ecuador, Quito, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-7121-049X>

Introducción

Analizar la apicultura desde una perspectiva económica es fundamental para visibilizar su contribución real al desarrollo productivo, más allá de su valor ecológico y ambiental. Esta actividad no solo genera ingresos directos mediante la comercialización de productos como la miel, el polen, la cera o la jalea real, sino que también aporta externalidades económicas significativas como la polinización, la cual mejora el rendimiento de diversos cultivos agrícolas. Comprender su dinámica económica permite identificar su potencial como fuente de empleo, emprendimiento e innovación, especialmente en territorios rurales donde las opciones productivas suelen ser limitadas.

En este contexto, la apicultura desempeña un rol estratégico tanto en la economía rural como en la nacional, al integrarse en cadenas de valor agroalimentarias, fomentar el arraigo territorial y contribuir a la soberanía alimentaria mediante prácticas sostenibles. Este capítulo tiene como objetivo principal ofrecer un análisis integral del valor económico de la apicultura, abordando el mercado de sus productos, su impacto en las comunidades rurales y los modelos de negocio existentes. En coherencia con los objetivos generales del libro, esta sección busca aportar herramientas analíticas y casos aplicados que ayuden a comprender cómo la apicultura puede fortalecerse como actividad económica viable y transformadora en el marco de las nuevas tecnologías y enfoques de sostenibilidad.

Análisis del mercado de productos apícolas

Los productos apícolas son altamente valorados en los mercados locales e internacionales por su diversidad, calidad y beneficios para la salud. Entre los principales productos comercializados se encuentran la miel, los propóleos, el polen, la jalea real, la cera y otros derivados. Estos productos se diferencian según su origen, tipo y valor agregado, y están sujetos a estándares de calidad y certificaciones que influyen directamente en su comercialización (Chanie et al., 2019; Harianja et al., 2023; Yue et al., 2024; Luo et al., 2021; Ávila et al., 2018; Maicelo-Quintana et al., 2024; Kieliszek et al., 2023).

La miel es el producto más comercializado, aunque otros como el veneno de abeja y las bebidas fermentadas a base de miel, como el hidromiel, han cobrado relevancia. La diferenciación por origen incluye la miel de abejas *Apis mellifera* frente a la miel producida por abejas sin aguijón, esta última con un mayor valor agregado debido a sus propiedades únicas (Harianja et al., 2023; Ávila et al., 2018). Asimismo, la miel puede clasificarse por su tipo, considerando características como color, sabor, textura, contenido de humedad, acidez y presencia de compuestos bioactivos (Chanie et al., 2019; Oryntayeva et al., 2024; Luo et al., 2021). El valor agregado también se manifiesta en productos orgánicos, mieles monoflorales, y productos enriquecidos o procesados con tecnologías especializadas (Luo et al., 2021; Ávila et al., 2018; Maicelo-Quintana et al., 2024; Kieliszek et al., 2023).

Los criterios de calidad que determinan la aceptación comercial de los productos apícolas incluyen el color, la pureza, la humedad, la ausencia de contaminantes, la composición química y sus propiedades biológicas (Chanie et al., 2019; Oryntayeva et al., 2024; Luo et al., 2021; Ávila et al., 2018). Las certificaciones como orgánica, comercio justo o denominación de origen son cada vez más relevantes, especialmente para el acceso a mercados internacionales, los cuales exigen el cumplimiento de normativas específicas (Lyubenov, 2019; Harianja et al., 2023; Ávila et al., 2018). Además, las nuevas tecnologías

de procesamiento están orientadas a mejorar la calidad, seguridad y conservación de los productos apícolas (Luo et al., 2021; Maicelo-Quintana et al., 2024; Kieliszek et al., 2023).

La estructura del mercado apícola varía según el nivel geográfico. En los mercados locales y regionales, los actores principales incluyen apicultores, recolectores, intermediarios, minoristas y consumidores (Chanie et al., 2019; Harianja et al., 2023; Oryntayeva et al., 2024; Yue et al., 2024). A nivel internacional, participan exportadores, importadores y empresas de la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Lyubenov, 2019; Harianja et al., 2023; Kieliszek et al., 2023). En toda la cadena de valor, se pueden identificar eslabones clave como productores, procesadores, distribuidores, comercializadores y consumidores finales (Chanie et al., 2019; Harianja et al., 2023; Yue et al., 2024; Kieliszek et al., 2023).

Actualmente, el mercado apícola está marcado por varias tendencias clave. Una de las más notables es el aumento del consumo responsable, con una creciente demanda de productos naturales, saludables y funcionales (Luo et al., 2021; Maicelo-Quintana et al., 2024; Kieliszek et al., 2023). En este marco, las certificaciones de miel orgánica y comercio justo adquieren especial relevancia, al responder a consumidores preocupados por la sostenibilidad, la trazabilidad y la equidad en la producción (Harianja et al., 2023; Ávila et al., 2018; Kieliszek et al., 2023). También destaca la innovación en el sector, con el desarrollo de productos de mayor valor agregado y la incorporación de nuevas tecnologías para su procesamiento y conservación (Luo et al., 2021; Maicelo-Quintana et al., 2024; Kieliszek et al., 2023). La Tabla 1 resume los principales productos apícolas, sus formas de diferenciación y los estándares de calidad que inciden en su comercialización.

Tabla 1
Diferenciación de productos apícolas y criterios de calidad

Producto Apícola	Formas de Diferenciación	Estándares/Criterios de Calidad
Miel	Tipo floral (monofloral, multifloral), origen geográfico, color, sabor, textura	Humedad, color, pureza, acidez, contenido de azúcares, ausencia de residuos

Polen	Método de recolección, frescura, origen floral	Humedad, contenido proteico, limpieza, inocuidad
Propóleo	Composición resinosa, color, propiedades antimicrobianas	Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos, ausencia de contaminantes
Jalea real	Composición nutricional, frescura, método de conservación	Pureza, acidez, contenido de 10-HDA, condiciones de almacenamiento
Cera	Pureza, color, método de obtención (natural o fundida)	Punto de fusión, ausencia de impurezas, color, olor
Derivados (ej. hidromiel)	Valor agregado, proceso de fermentación, presentación y envase	Seguridad alimentaria, calidad organoléptica, etiquetado e ingredientes permitidos

Fuente: Elaboración propia con base en Chanie et al. (2019), Harianja et al. (2023), Ávila et al. (2018), Luo et al. (2021), Kieliszek et al. (2023), Maicelo-Quintana et al. (2024).

Impacto económico de la apicultura en comunidades rurales

La apicultura es una actividad clave en el desarrollo rural sostenible, ya que contribuye significativamente a los ingresos familiares, al empleo rural y a la provisión de servicios ecosistémicos como la polinización, la cual tiene un alto valor económico. Su carácter multifuncional permite no solo el aprovechamiento de productos directos como la miel, la cera y el polen, sino también la generación de beneficios indirectos que repercuten positivamente en las economías rurales.

Uno de los principales aportes de la apicultura es la diversificación de ingresos. Esta actividad permite a las familias rurales reducir su dependencia de un solo cultivo y, en consecuencia, aumentar su resiliencia frente a crisis económicas o climáticas (Prodanović et al., 2024; Abrol, 2023; Kovalova, 2024). Además, tiene la capacidad de generar empleo directo en la producción y comercialización de productos apícolas, así como empleo indirecto en servicios de polinización y actividades conexas (Abrol, 2023; Kovalova, 2024; Amulen et al., 2019). Por ejemplo, en India se estima que, si se aprovecha todo su potencial, la apicultura podría proporcionar empleo a más de seis millones de familias rurales y cinco millones de familias tribales (Abrol, 2023). En Uganda, la

introducción de buenas prácticas y recursos adecuados puede incrementar hasta 18 veces los ingresos de los apicultores (Amulen et al., 2019).

Desde una perspectiva más amplia, la apicultura también se reconoce por su contribución a los servicios ecosistémicos, en especial la polinización. Este servicio es esencial para la productividad agrícola y la seguridad alimentaria, ya que muchas cosechas dependen de él para alcanzar un rendimiento óptimo (Prodanović et al., 2024; Abrol, 2023; Kyrylenko & Koblyanska, 2024; Ferenczi et al., 2023). El valor económico de la polinización puede ser estimado mediante diversos métodos, como el análisis de cambios en la productividad o el uso de bienes sustitutos, lo que permite establecer tarifas justas por los servicios de polinización y su inclusión en los modelos de negocio apícolas (Ferenczi et al., 2023).

Además de la polinización, la apicultura contribuye a la conservación de la biodiversidad al fomentar ecosistemas resilientes y sostenibles. También permite generar ingresos directos a través de la comercialización de productos apícolas, creando un ciclo virtuoso entre conservación ambiental y desarrollo económico (Prodanović et al., 2024; Kyrylenko & Koblyanska, 2024). En este sentido, se ha propuesto su integración dentro de las estrategias de desarrollo rural sostenible, destacando su capacidad para diversificar las actividades económicas, mejorar la sostenibilidad ambiental y promover el bienestar social (Kovalova, 2024; Prodanović et al., 2024).

Por otro lado, se reconoce el rol de las cooperativas apícolas y del apoyo institucional como elementos clave para superar barreras de acceso a mercados, financiamiento y tecnologías. La organización colectiva y las políticas públicas de apoyo, junto con los servicios de extensión rural, han demostrado ser eficaces para potenciar los beneficios de la apicultura (Novelli et al., 2021; Kovalova, 2024). Finalmente, esta actividad también impulsa procesos de innovación social al fortalecer la cohesión comunitaria, el conocimiento local y la gestión sostenible de los recursos naturales (Fedoriak et al., 2021; Maderson & Elsner-Adams, 2023).

Modelos de negocio y análisis económico

Para comprender integralmente cómo opera y se sostiene un emprendimiento apícola, es útil aplicar herramientas que permitan visualizar su estructura organizativa y económica. Una de las más reconocidas en la literatura empresarial es el Business Model Canvas, desarrollado por Alexander Osterwalder y Yves Pigneur, el cual facilita el diseño, análisis y mejora de modelos de negocio de manera visual y estructurada.

El modelo se compone de nueve bloques clave que describen cómo una organización crea, entrega y captura valor: propuesta de valor, segmentos de clientes, canales, relación con clientes, fuentes de ingresos, recursos clave, actividades clave, socios estratégicos y estructura de costos. Esta herramienta resulta especialmente útil para pequeños y medianos productores apícolas, cooperativas o emprendimientos rurales, ya que permite identificar puntos críticos, oportunidades de mejora y áreas de innovación dentro del negocio.

Como señalan los autores:

“Un modelo de negocio describe las bases sobre las que una empresa crea, proporciona y capta valor” (Osterwalder & Pigneur, 2010, Business Model Generation, p. 14).

En el contexto apícola, el Canvas permite representar desde la lógica de producción hasta la comercialización de los productos, visibilizando además elementos como la relación con el territorio, los actores clave y la diversificación de ingresos. A continuación, se presenta una propuesta adaptada de esta modelo aplicada al negocio apícola.

Tabla 2
Propuesta aplicada al negocio apícola

Bloque	Contenido sugerido para el negocio apícola
1. Propuesta de valor	- Producción y venta de miel natural, polen, propóleo, cera, jalea real. - Productos diferenciados: orgánicos, monos florales, certificados. - Servicios de polinización para agricultores.

2. Segmentos de clientes	- Consumidores conscientes (mercados orgánicos, locales). - Comerciantes o distribuidores. - Empresas cosméticas o alimentarias. - Agricultores que requieren polinización.
3. Canales	- Venta directa en finca o ferias locales. - Tiendas naturales o supermercados. - Plataformas de comercio electrónico. - Redes sociales o página web propia. - Alianzas con asociaciones de consumidores.
4. Relación con clientes	- Atención personalizada y educación al consumidor. - Experiencia de compra vinculada a lo natural y sostenible. - Transparencia (trazabilidad, etiquetado claro, certificaciones).
5. Fuentes de ingresos	- Venta de miel y derivados. - Servicios de polinización. - Servicios turísticos o talleres educativos. - Venta a granel o con marca propia. - Ingresos por alianzas con otras empresas.
6. Recursos clave	- Colmenas y abejas sanas. - Infraestructura (extractor, sala de procesamiento, envases). - Conocimiento técnico/apícola. - Terreno o espacios florales. - Marca, certificaciones y permisos sanitarios.
7. Actividades clave	- Manejo técnico de colmenas (sanidad, nutrición, cosecha). - Procesamiento y envasado de productos. - Marketing y ventas. - Gestión administrativa y de calidad. - Innovación de productos o servicios.
8. Socios clave	- Asociaciones apícolas. - Instituciones de asistencia - Proveedores de insumos. - Canales de distribución. - ONGs o entidades que promuevan el comercio justo.
9. Estructura de costos	- Costo inicial de colmenas, equipos y herramientas. - Alimentación suplementaria y medicamentos.

- Mano de obra (propia o contratada).
 - Costos de envasado, etiquetado, comercialización.
 - Transporte y mantenimiento.
-

Análisis económico del negocio apícola

El análisis económico de un negocio apícola resulta fundamental para desentrañar las dinámicas financieras que determinan su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Esta actividad, profundamente arraigada en contextos rurales, no solo representa una fuente de ingresos para muchas familias, sino que también requiere una comprensión clara de los costos, rentabilidades y herramientas analíticas que permitan tomar decisiones informadas. Explorar estos aspectos no solo ayuda a los apicultores a optimizar sus recursos, sino que también visibiliza el potencial transformador de la apicultura como motor de desarrollo económico.

Uno de los primeros elementos a considerar es la estructura de costos de una unidad apícola. Los costos fijos, que no varían con el nivel de producción, abarcan desde el arrendamiento de terrenos rurales —como un espacio de 1.000 metros cuadrados ideal para ubicar colmenas— hasta la adquisición de equipamiento esencial como colmenas, extractores y herramientas básicas. A esto se suman los gastos iniciales de puesta en marcha, que incluyen aspectos legales, publicidad y seguros necesarios antes de iniciar operaciones. Por otro lado, los costos variables, que fluctúan según la escala de producción, comprenden la alimentación suplementaria para las abejas, medicamentos para garantizar su salud, mano de obra contratada durante la cosecha o el procesamiento, y materiales de envasado, etiquetado y transporte. Comprender esta dualidad de costos es crucial para planificar inversiones y evitar desbalances financieros que puedan comprometer la sostenibilidad del negocio.

En cuanto a la rentabilidad, esta depende de múltiples factores, como el tamaño de la operación, la calidad de los productos y el acceso a mercados adecuados. Un análisis detallado revela que el rendimiento sobre la inversión (ROI) puede iniciar en un modesto 5,32% durante el primer año, pero tiene el potencial de alcanzar un 16,15% al quinto año, a medida que se optimizan procesos y se consolidan canales de comercialización. De

manera similar, el margen de rentabilidad, que refleja el retorno sobre el patrimonio, oscila entre un 15,78% en el primer año y un prometedor 22,90% en el quinto. Por colmena, la rentabilidad está directamente ligada al volumen de producción de miel, polen u otros derivados, así como al precio de venta, que en el caso estudiado se estima en US\$100 por unidad combinada de miel y polen. Estos datos sugieren que, con una gestión eficiente, la apicultura puede convertirse en una actividad económica atractiva y sostenible.

Un aspecto clave para evaluar la viabilidad económica de un negocio apícola es el cálculo del punto de equilibrio, que indica el nivel de producción necesario para cubrir todos los costos, tanto fijos como variables, y comenzar a generar ganancias. En el escenario analizado, se estima que se requieren 196 unidades (libras de miel y polen) vendidas a US\$100 cada una para alcanzar este punto. Además, la relación entre el punto de equilibrio y la producción total muestra una mejora progresiva, disminuyendo de un 46,74% en el primer año a un 24,70% en el quinto, lo que refleja una mayor eficiencia operativa con el tiempo. La viabilidad económica, por tanto, no solo depende de alcanzar este umbral, sino también de comparar el rendimiento obtenido con alternativas de inversión de riesgo similar. Un proyecto apícola será considerado viable si su retorno iguala o supera dichas alternativas, y si se implementan prácticas técnicas que minimicen riesgos y maximicen la productividad.

Para evaluar la sostenibilidad económica a largo plazo, es imprescindible recurrir a indicadores financieros específicos. El rendimiento sobre la inversión (ROI) mide la utilidad neta en relación con los activos promedio, ofreciendo una visión clara de la eficiencia en el uso de recursos. El margen de rentabilidad, por su parte, relaciona la utilidad neta con el patrimonio, evidenciando el retorno que los inversionistas pueden esperar. Asimismo, el punto de equilibrio sirve como un indicador práctico del volumen mínimo de ventas necesario para evitar pérdidas. Estos instrumentos analíticos permiten a los apicultores y emprendedores monitorear la efectividad de su gestión, ajustar costos y optimizar ventas, asegurando que el negocio no solo sobreviva, sino que prospere en el tiempo.

Finalmente, la presentación de un estudio de caso económico, ya sea real o simulado, constituye una herramienta poderosa para ilustrar estos conceptos y facilitar la toma de decisiones. Este debe incluir estados financieros detallados, como el balance general, el estado de resultados y el flujo de caja, que reflejen con precisión la situación económica del proyecto. Además, debe incorporar el análisis de indicadores como el ROI, el margen de rentabilidad y el punto de equilibrio, contextualizados con datos específicos, como la ubicación del proyecto en un terreno arrendado de 1.000 metros cuadrados o su carácter artesanal. La información presentada debe ser relevante para diversos actores interesados, desde los promotores que buscan asegurar su inversión, hasta acreedores, el Estado e instituciones financieras, garantizando transparencia y confianza en el potencial del emprendimiento.

Desafíos económicos del sector apícola

A pesar de su enorme potencial como actividad económica y pilar del desarrollo rural, la apicultura enfrenta desafíos significativos que amenazan su sostenibilidad, especialmente para los pequeños productores que constituyen la base de este sector. Estos retos, de naturaleza tanto estructural como coyuntural, requieren un análisis profundo para identificar soluciones que permitan a la apicultura mantener su rol como motor de transformación social y económica.

Uno de los problemas más apremiantes es la competencia desleal, particularmente la comercialización de miel adulterada que no cumple con los estándares de calidad. Este fenómeno no solo deprime los precios en el mercado, sino que también erosiona la confianza de los consumidores en los productos apícolas genuinos. Para los pequeños productores, el impacto es devastador: sus ingresos se ven mermados al tener que competir con productos de menor costo y calidad, lo que a menudo les cierra las puertas a mercados formales y limita su capacidad de crecimiento. Una posible respuesta a este desafío radica en la promoción de certificaciones como la miel orgánica o de comercio justo, que no solo diferencian los productos auténticos, sino que también educan a los consumidores sobre la importancia de la trazabilidad y los beneficios de apoyar una producción sostenible.

Otro factor crítico que afecta la productividad apícola es el cambio climático, cuyos efectos se manifiestan en la alteración de los patrones florales y la disminución de la disponibilidad de néctar, recursos esenciales para las abejas. Esta situación no solo reduce el volumen de producción de miel y otros derivados, sino que también incrementa los costos operativos, ya que los apicultores deben recurrir a alimentación suplementaria para mantener la salud de sus colmenas. El impacto económico es doble: menores ingresos por una cosecha reducida y mayores gastos para mitigar los efectos adversos. Frente a esto, se pueden implementar estrategias adaptativas, como la diversificación de las ubicaciones de las colmenas para aprovechar diferentes ecosistemas, o la introducción de especies florales más resistentes a las variaciones climáticas, asegurando así una fuente constante de recursos para las abejas.

Para enfrentar estos y otros desafíos, es necesario articular estrategias integrales que combinen esfuerzos individuales, colectivos e institucionales. El fortalecimiento de cooperativas apícolas emerge como una solución clave, ya que permite a los productores acceder de manera conjunta a mercados, financiamiento y tecnologías que de otra forma serían inalcanzables. Asimismo, las políticas públicas desempeñan un papel crucial, ofreciendo subsidios, capacitación y regulaciones que combatan la adulteración y promuevan prácticas sostenibles. La innovación tecnológica también tiene un lugar destacado, con herramientas digitales que facilitan el monitoreo de colmenas y optimizan la productividad. Finalmente, la educación y la conciencia comunitaria son esenciales: promover la apicultura sostenible y el consumo responsable no solo beneficia a los productores, sino que también fortalece la relación entre las comunidades y su entorno natural.

Conclusiones

La apicultura se consolida como un sector dinámico y multifacético, cuyo impacto trasciende lo ecológico para posicionarse como un pilar del desarrollo económico, especialmente en comunidades rurales. El mercado apícola, caracterizado por su diversidad y creciente demanda de productos naturales y saludables, se encuentra impulsado por la calidad, la diferenciación y las tendencias hacia un consumo

responsable. La cadena de valor, que involucra a múltiples actores desde productores hasta consumidores finales, está influenciada por estándares de calidad y certificaciones que no solo garantizan la autenticidad de los productos, sino que también abren puertas a mercados internacionales. En este contexto, la innovación se presenta como un motor de transformación, con el desarrollo de productos de alto valor agregado y la incorporación de tecnologías que mejoran la seguridad y conservación de los derivados apícolas.

Desde una perspectiva económica, el análisis detallado de costos, rentabilidades y viabilidad revela que la apicultura tiene un potencial significativo para generar ingresos y empleo, especialmente cuando se gestiona con herramientas financieras como el cálculo del punto de equilibrio o indicadores como el ROI y el margen de rentabilidad. Sin embargo, este potencial no está exento de desafíos. La competencia desleal, representada por la miel adulterada, y los impactos del cambio climático sobre la productividad apícola, plantean amenazas reales que afectan particularmente a los pequeños productores. Frente a esto, estrategias como el fortalecimiento de cooperativas, el apoyo institucional, la innovación tecnológica y la educación al consumidor emergen como respuestas necesarias para garantizar la sostenibilidad del sector.

En un sentido más amplio, la apicultura se erige como una herramienta poderosa para el desarrollo rural sostenible. Su capacidad para diversificar ingresos, generar empleo directo e indirecto, y proveer servicios ecosistémicos de alto valor económico, como la polinización, la convierte en un aliado estratégico para la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad. Integrar esta actividad en estrategias de desarrollo rural no solo fortalece la resiliencia de las comunidades frente a crisis económicas y climáticas, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental y la cohesión social. Así, la apicultura no solo representa una oportunidad económica, sino también un vehículo de transformación que, con el apoyo adecuado, puede contribuir de manera significativa al bienestar de las generaciones presentes y futuras.

Referencias Bibliográficas

- Abrol, D. (2023). Beekeeping for Sustainable Economic Development of India: Challenges and Opportunities. *Journal of the Indian Institute of Science*. <https://doi.org/10.1007/s41745-023-00374-9>
- Amulen, D., D'haese, M., D'Haene, E., Acai, J., Agea, J., Smagghe, G., & Cross, P. (2019). Estimating the potential of beekeeping to alleviate household poverty in rural Uganda. *PLoS ONE*, 14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214113>
- Ávila, S., Beux, M., Ribani, R., & Zambiasi, R. (2018). Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.09.002>
- Chanie, D., Melese, G., & Ayalew, H. (2019). Honey Bee Products Marketing Practices: Challenges and Opportunities in and around Maksegnit Town, Amhara Region, Ethiopia. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*. <https://doi.org/10.9734/AJAAR/2019/V10I330031>
- Fedoriak, M., Kulmanov, O., Zhuk, A., Shkrobanets, O., Tymchuk, K., Moskalyk, G., Olendr, T., Yamelynets, T., & Angelstam, P. (2021). Stakeholders' views on sustaining honey bee health and beekeeping: the roles of ecological and social system drivers. *Landscape Ecology*, 36, 763 - 783. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01169-4>
- Ferenczi, A., Szűcs, I., & Gáthy, A. (2023). Evaluation of the Pollination Ecosystem Service of the Honey Bee (*Apis mellifera*) Based on a Beekeeping Model in Hungary. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15139906>
- Harianja, A., Adalina, Y., Pasaribu, G., Winarni, I., Maharani, R., Fernandes, A., Saragih, G., Fauzi, R., Tampubolon, A., Njurumana, G., Sukito, A., Aswandi, A., Kholibrina, C., Siswadi, S., Kurniawan, H., Hidayat, M., Wahyuni, R., Koeslulat, E., Heryanto, R., Basuki, T., Da Silva, H., Ngongo, Y., deRosari, B., Waluyo, T., Turjaman, M., Prabawa, S., & Kuspradini, H. (2023). Potential of Beekeeping to Support the

- Livelihood, Economy, Society, and Environment of Indonesia. *Forests*.
<https://doi.org/10.3390/f14020321>
- Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A., Wojtczuk, M., Roszko, M., Bryła, M., & Petkoska, A. (2023). Recent advances and opportunities related to the use of bee products in food processing. *Food Science & Nutrition*, 11, 4372 - 4397.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.3411>
- Kovalova, O. (2024). THE ROLE OF BEEKEEPING IN ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND RURAL AREAS. *Economic scope*. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/189-46>
- Kyrylenko, M., & Koblyanska, I. (2024). ECOSYSTEM SERVICES AS A COMPONENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ECONOMIC SYSTEMS. *State and Regions. Series: Economics and Business*. <https://doi.org/10.32782/1814-1161/2024-2-2>
- Luo, X., Dong, Y., Gu, C., Zhang, X., & , H. (2021). Processing Technologies for Bee Products: An Overview of Recent Developments and Perspectives. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.727181>
- Lyubenov, L. (2019). International and national markets for bee products. *Economic Thought journal*. <https://doi.org/10.56497/etj1964105>
- Maderson, S., & Elsner-Adams, E. (2023). Beekeeping, stewardship and multispecies care in rural contexts. *Sociologia Ruralis*. <https://doi.org/10.1111/soru.12457>
- Maicelo-Quintana, J., Reyna-Gonzales, K., Balcázar-Zumaeta, C., Auquiñivín-Silva, E., Castro-Alayo, E., Medina-Mendoza, M., Cayo-Colca, I., Maldonado-Ramirez, I., & Silva-Zuta, M. (2024). Potential application of bee products in food industry: An exploratory review. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24056>
- Novelli, S., Vercelli, M., & Ferracini, C. (2021). An Easy Mixed-Method Analysis Tool to Support Rural Development Strategy Decision-Making for Beekeeping. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land10070675>

- Oryntayeva, M., Izabaev, A., Aubakirov, M., & Zhiengali, A. (2024). Marketing research of honey consumer preferences in the markets of Kostanay region. *Izdenister natigeler*. <https://doi.org/10.37884/1-2024/01>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Wiley.
- Prodanović, R., Brkić, I., Soleša, K., Pelić, L., Pelić, M., Bursić, V., & Tankosić, J. (2024). Beekeeping as a Tool for Sustainable Rural Development. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management (JATEM)*. <https://doi.org/10.55817/ixvm2800>
- Yue, L., Wu, C., Zhang, M., & Huang, Q. (2024). Survey on Trends, Challenges, and Opportunities of Honey Production and its Marketing System in Hawa Gelan District Kellam Wollega Zone Western Ethiopia. *Journal of Theory and Practice of Management Science*. [https://doi.org/10.53469/jtpms.2024.04\(04\).01](https://doi.org/10.53469/jtpms.2024.04(04).01)

Capítulo 6: Apicultura y Desarrollo Sostenible

MVZ. Rodrigo A. Medellín Pico¹

MenC. Eva Y. Gutiérrez Gamiño²

Dra. Laura G. Espinosa Montaña³

¹Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9291-0420>

²FMVZ-UNAM, Ciudad de México, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5922-264X>

³FMVZ-UNAM, Ciudad de México, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7411-8202>

Introducción

La apicultura es una actividad pecuaria de gran importancia socioeconómica y ecológica, en la cual se desarrollan unidades de producción (apiarios) con abejas *Apis mellifera* L.; se diferencia de otras actividades en las que se aprovechan otras abejas como los meliponinos a través de la actividad conocida como meliponicultura, así como la de los abejorros (pertenecientes al género *Bombus*) y cuya actividad productiva se conoce como bombicultura. En algunos países, la apicultura es considerada como una de las principales actividades pecuarias generadora de divisas, gracias al valor de la producción de miel o servicios de polinización, los cuales, de acuerdo con estadísticas de la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, suman ingresos por más de 110 millones de dólares americanos al año. Por otro lado, el desarrollo sostenible marca la pauta del cómo debemos vivir hoy si queremos un futuro mejor, es decir, como satisfacer nuestras necesidades presentes sin alterar la supervivencia de las generaciones futuras, así como del ecosistema que nos rodea. La apicultura se conforma por tres componentes: social, económico y ecológico; de esta forma, permite incrementar la competitividad y el crecimiento económico, al mismo tiempo que satisface las necesidades de los consumidores, la dinámica de los actuales mercados, sin olvidar la problemática de la contaminación del medio ambiente generada por los procesos productivos.

Las abejas proporcionan una variedad de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar de las personas, a la vez que mantienen los sistemas de soporte vital del planeta. Los mismos que contribuyen inherentemente a lograr el desarrollo sostenible

global. La ONU en el 2015, estableció 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y están diseñados para lograr para el 2030, sinergia entre el bienestar humano y el mantenimiento de los recursos ambientales, ello a través de la consecución de 169 metas y más de 200 indicadores; en el 2020 Patel y cols., encontraron que las abejas contribuyen a 15 (entre los que destacan No a la pobreza, Hambre cero, Buena salud y bienestar, etc.) de los 17 ODS y al menos a 30 metas.

Es por ello que las actividades que se realizan en campo deben implementarse con una visión integral, implementar buenas prácticas pecuarias de producción pero aplicando el bienestar animal y una sola salud, de tal forma que nos permita valorar a las abejas como seres vivos, cuidar de la salud pública y el medio ambiente, pero al mismo tiempo generar un desarrollo económico y social a lo largo de la cadena apícola, para que las y los productores desarrollen una apicultura de manera sostenible.

Rol de la apicultura en la seguridad alimentaria.

La plataforma intergubernamental científico normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas (IPBES, 2016), afirma que más de las tres cuartas partes de los principales tipos de cultivos para la producción de alimentos a nivel mundial, dependen en cierta medida de la polinización por animales y favorece el rendimiento, la calidad de los cultivos y una mayor vida útil de muchas frutas y verduras, lo que podría ayudar potencialmente a reducir el desperdicio de alimentos. En este contexto, se han descrito cerca de dos millones de especies animales en el mundo que representan solo el 6% del total de las existentes, y de éstas, los insectos constituyen más de la mitad de las especies animales. Se puede afirmar que la mayoría de especies animales polinizadoras son silvestres, e incluyen abejas, avispa, abejorros, mariposas, moscas, polillas, escarabajos, aves, murciélagos, y otros vertebrados, sin embargo, las abejas melíferas representan al grupo taxonómico más dominante entre los polinizadores, esto gracias a su capacidad para transportar grandes cantidades de células polínicas en sus cuerpos pilosos, su dependencia de los recursos florales, así como por su capacidad de cobertura sobre los cultivos y la naturaleza semisocial o eusocial de algunas especies, lo cual, las convierten en polinizadores importantes y eficaces. La importancia de la polinización por

abejas, para los cultivos alimentarios, es ampliamente reconocida, con una creciente preocupación por una crisis global, donde a medida que la demanda de servicios de polinización continúa, supera la oferta, con un aumento asociado en sistemas agrícolas menos diversos y dependientes de polinizadores. A nivel mundial existen alrededor de 102 mil millones de colmenas que, según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2025), el valor de los servicios de polinización a la agricultura es de 153 mil millones de euros, muy por encima del valor de la producción de miel que oscila los 7 mil millones.

De manera general, los polinizadores están vinculados al rendimiento de al menos 87 cultivos de importancia para la alimentación en el mundo. Estos cultivos incluyen aquellos que proporcionan biocombustibles (canola y palma), fibras (algodón), forraje para el ganado (alfalfa) y materiales de construcción (palmeras), algunas especies también proporcionan materiales como la cera para velas e instrumentos musicales, las artes y artesanías. Hablando específicamente de las abejas, éstas han desarrollado mecanismos evolutivos planta-insecto a través de varios millones de años, cuando las abejas melíferas visitan las flores para recolectar néctar y polen, transfieren este último entre las estructuras reproductivas y así iniciar el proceso de formación de semillas o frutos, es por ello que tanto las plantas como las abejas obtienen un beneficio mutuo, las abejas obtienen nutrientes para su alimentación y las plantas su reproducción mediante lo que llamamos polinización cruzada o mediada por insectos, lo que asegura una provisión de alimentos para generaciones futuras.

Los tres componentes más importantes de las plantas en la polinización con abejas son el olor, color y el valor nutritivo del néctar y polen; por lo que podemos encontrar gran variedad de cultivos que se benefician de los servicios de polinización por abejas melíferas, por ejemplo: *Frutales: aguacate, almendros, castaños, cereza, ciruela, coco, durazno, fresa, mango, manzana, melocotón, nectarinas, pera, persimonia, zarzamora, entre otros; Forrajes: alfalfa, trébol dulce, trébol rojo, rosa, blanco y egipcio, trigo sarraceno, entre otros; Industriales: algodón, cártamo, colza, girasol, linaza, soya, entre otros; Hortícolas: apio, berenjena, brócoli, calabacita, calabaza, cebolla, col de Bruselas, coliflor, espárrago, estropajo, habas, melón, mostaza, nabos, pepino, perejil, pimientos,*

puerro, rábano, repollo, sandía, zanahoria, entre otros. Todos ellos constituyen una de las principales fuentes de micronutrientes, vitaminas y minerales de la dieta humana y de la seguridad alimentaria de las personas.

Si bien, la principal función de las abejas es la producción de alimentos gracias a la polinización cruzada que realizan, la actividad apícola también genera otros alimentos, complementos alimenticios o productos medicinales como la miel, el polen, la jalea real y los propóleos; productos que permiten incrementar los recursos económicos de las y los apicultores, así como generar ingresos y fuentes de trabajo a todas las personas que están involucradas en la cadena productiva, tales como profesionistas, comercializadores, fabricantes de equipo, industria de cosméticos, productos alimenticios, confitería, entre otros. En los últimos años, el consumo de éstos ha sido impulsado por la demanda de la población de productos naturales, inocuos y complementarios a la dieta o con efectos terapéuticos. A nivel mundial se producen anualmente 1,8 millones de toneladas de miel y una producción estimada de 0.3 millones de toneladas para América, mediante 11 millones de colmenas lo que representa casi el 12% del total de las colmenas a nivel mundial (FASOTAT, 2025).

Contribución a la conservación de la biodiversidad.

Las abejas desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad y equilibrio del Medio Ambiente, además de aumentar el rendimiento y calidad en los productos agrícolas gracias a la polinización, con ello aseguran la supervivencia de muchas plantas, la regeneración forestal, la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático.

La contribución de las abejas en la polinización de plantas silvestres en ecosistemas naturales y bosques de producción es bien reconocida. La biodiversidad que se encuentra dentro de los bosques proporciona una gama crítica de servicios ecosistémicos, incluyendo la regulación del ciclo del agua y el secuestro de carbono. Las plantas polinizadas por abejas proporcionan una fuente de alimento para la vida silvestre y productos forestales no maderables para las personas.

Sin embargo, la actividad humana a través de la generación de combustibles fósiles, altera la biodiversidad de las especies y propicia una alteración climática que ejerce mayor presión sobre los seres vivos y sus hábitats, impactando de forma directa e indirecta a las abejas y a su entorno; las plantas son fundamentales para el funcionamiento continuo de los ecosistemas, proporcionan alimentos, forman hábitats, y proveen otros recursos para una amplia variedad de otras especies.

Gran variedad de hábitats depende de los servicios medioambientales que realizan las abejas melíferas; los estudios sobre el valor de la polinización no han tomado en cuenta que una mayor biodiversidad, resulta de buenas prácticas con bienestar animal y una sola salud para los polinizadores. Es importante considerar el papel que desempeña la biodiversidad en el desarrollo de los países, entendiendo que su valor no radica en los beneficios o servicios que cada recurso brinda, sino considerar el valor intrínseco de la naturaleza que establece el derecho de existencia de cada uno de los individuos que conforman los ecosistemas. Es por ello que las abejas no solo son importantes por contribuir al equilibrio y desarrollo de los ecosistemas, si no por el simple hecho de ser un ser vivo.

Existen factores que ponen en riesgo la biodiversidad, por ejemplo, la presión del medio ambiente al que son sometidas las abejas derivado del cambio climático, alterando el comportamiento y fisiología de las abejas, e indirectamente, a través de sequías, heladas, alteración de floraciones, lluvias intensas y huracanes, propician evasión de colonias de abejas en busca de regiones con características ambientales óptimas para su desarrollo; estas diferentes distribuciones generan nuevas relaciones competitivas entre especies y subespecies, así como, nuevas interacciones con parásitos, plagas y depredadores. De igual forma, ante el aumento de la población y la necesidad de producir alimentos, los cultivos se han intensificado en los últimos años lo que ha provocado a su vez un incremento en el uso de agroquímicos, provocando mortandad de abejas y fragmentación de la biodiversidad, en este contexto, las abejas melíferas pueden usarse como una especie indicadora para rastrear contaminantes y monitorear la salud ambiental.

Si bien el interés público por la conservación de abejas aumentó, existe falta de conocimiento y comprensión del tema, principalmente en el desarrollo sostenible que implica buscar el bienestar de las abejas para asegurar la supervivencia de nuestras generaciones futuras, por lo que se requieren practicas efectivas para promover la diversidad de las abejas y la mejora de la calidad del medio ambiente; una política pública que asegure el mejoramiento de las condiciones económicas, sociales y del medio ambiente, educar generaciones para alcanzar un cambio en la forma de vivir y un desarrollo integral.

Prácticas sostenibles en la apicultura.

Para lograr un desarrollo sostenible, es importante realizar buenas prácticas de producción con bienestar animal y una sola salud, considerando una visión integral de los cuatro pilares de la producción apícola: manejo integral, nutrición y alimentación, genética y sanidad.

Las buenas prácticas pecuarias de producción son todas las acciones, condiciones y controles que se aplican en las unidades de producción, orientadas en asegurar la inocuidad del producto de origen animal. El bienestar animal se refiere al estado interno de éste cuando enfrenta a su ambiente y que tan fácil o difícil se adapta a los cambios que hay alrededor de él; la Organización Mundial de Salud Animal (OMSA), reconoce las libertades que son las pautas que deben regir el bienestar animal: libres de hambre, sed, malnutrición, incomodidad física y térmica, dolor, lesiones o enfermedades, estrés, libertad de expresar conductas propias de su especie. Mientras que el término de una sola salud, se refiere principalmente a enfrentar los desafíos del mundo desde una perspectiva sistémica y multidisciplinaria que considere la salud del hombre, de los animales y del medio ambiente; es decir, que la salud humana y la sanidad animal son interdependientes y están vinculadas a los ecosistemas en los cuales coexisten. Bajo dicha estructura se presentan las siguientes prácticas en la apicultura para un desarrollo sostenible.

Manejo integral: Observar el entorno y saber lo que hay alrededor de una colonia de abejas es muy importante para determinar las actividades a lo largo del año productivo; se debe considerar el fin zootécnico de la unidad de producción para ubicar e instalar los

apiarios de forma correcta, por ejemplo, conocer la flora api-botánica de la zona, fuentes de agua limpia, época de lluvias, estiaje y heladas, nos permite organizar cuando y con que alimentar para que las abejas estén libres de hambre, sed y malnutrición; el buen estado físico de las colmenas e identificar el horario de sombra o exceso de ésta en el apiario, nos permite realizar acciones para prevenir problemas sanitarios y al mismo tiempo tener a las abejas libres de estrés térmico, enfermedades, incomodidad física; la cercanía con otras unidades de producción animal y cultivos agrícolas, permite identificar un riesgo de contaminación de los productos apícolas o alguna intoxicación por agroquímicos y por consiguiente prevenir la muerte de las abejas. Para este pilar, las recomendaciones son las siguientes:

- Integrar un calendario apícola con las actividades a desarrollar anualmente.
- Identificar los tipos de floraciones que se tienen en la región durante el año.
- Ubicar los apiarios considerando el entorno social, económico y ecológico.
- Proporcionar agua limpia, sombra y refugio acorde a las condiciones climáticas.
- Consultar boletines agroclimáticos de la región.
- Revisar mínimo cada 15 días las colonias de abejas.
- Mantener en buenas condiciones físicas las colmenas.
- Implementar el uso de registros o bitácoras de campo e identificación de las colmenas.
- Reemplazar panales de la cámara de cría viejos y en mal estado.
- Evitar tener colonias débiles que no puedan regular la temperatura del nido.
- Tener colonias fuertes y pobladas al inicio de la floración.
- Disminuir los factores de estrés al movilizar las colonias de abejas.
- Cosechar de manera racional cualquier producto apícola.

Nutrición y alimentación: Las abejas son seres vivos que dependen del agua y del alimento para sobrevivir, al igual que otros animales la ingesta de alimentos debe brindarles nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo, tales como los carbohidratos, proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales. Nutrir no es lo mismo que alimentar, por ejemplo, al suministrar jarabe de azúcar estamos alimentando a las abejas, pero no se les está nutriendo ya que sólo están recibiendo carbohidratos. La energía es imprescindible

para cumplir con las funciones vitales, sin embargo, también requieren proteínas para formar en mayor o menor medida los órganos y tejidos del cuerpo, según la época del año y del estado de desarrollo de la colonia, hay etapas del ciclo evolutivo de las abejas en que requieren de muchas más proteínas que en otras, si llegara a faltar o a recibir un aporte pobre en cantidad o calidad de proteínas, la supervivencia de la colonia puede ponerse en riesgo. De forma general, las vitaminas solubles en grasa A, D, E y K, no se consideran esenciales para las abejas a diferencia de la vitamina C, Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Ácido nicotínico (B3), Ácido pantoténico (B5) y la piridoxina (B6), siendo ésta última esencial para el desarrollo de las larvas; dentro de los principales minerales que requieren las abejas podemos nombrar al aluminio, calcio, cobre, hierro y magnesio; y los aminoácidos esenciales como Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Treonina, Triptófano y Valina. Para este pilar, las recomendaciones son las siguientes:

- Estructurar un calendario de alimentación.
- Contar con fuentes naturales de agua limpia o suministrarla a través de bebederos.
- Registrar el origen y destino de los insumos utilizados en las unidades de producción.
- Conocer las necesidades nutricionales de las colonias dependiendo la época del año o el fin zootécnico de los apiarios.
- Elaborar el alimento bajo condiciones de inocuidad.
- Suministrar como mínimo alimento energético y proteico a las colonias de abejas.
- Satisfacer las necesidades nutricionales de las abejas.

Genética: Una colonia de abejas está relacionada genéticamente entre sí en un área geográfica particular, al reproducirse, las características de la abeja reina se heredan a las generaciones siguientes y pueden presentar variaciones dependiendo del número de zánganos con que se aparearon, o si éstos están emparentados. Si bien en vida silvestre existe un equilibrio genético, éste puede alterarse por diferentes factores como la migración, la mutación o la selección. Desde la década de los 50 el Continente Americano ha tenido que convivir con el proceso de africanización de las abejas melíferas y derivado del comportamiento defensivo tan marcado, se realizan programas para que las colonias

de abejas pasen sus genes a la siguiente generación de forma artificial, es decir, se seleccionan características deseables para heredarlas a las nuevas colonias, aumentando la frecuencia de los genes deseados en cada generación. Para tener una colonia de abejas que sea productiva, dócil y resistentes a enfermedades, es importante no solo introducir genes nuevos cada año, si no que éstos, provengan de una abeja reina desarrollada mediante programas de selección y mejoramiento genético. Para este pilar, las recomendaciones son las siguientes:

- Realizar el cambio anual de abejas reina por aquellas seleccionada genéticamente.
- Implementar manejos que eviten la muerte de las abejas reina.
- Donar las abejas reina viejas o enfermas para docencia e investigación.
- Participar en programas de selección y mejoramiento genético.
- Evitar la formación de enjambres que puedan poner en riesgo la salud pública.
- Dejar de mutilar las alas de las abejas reina.

Sanidad: Las enfermedades afectan a las abejas como a cualquier otro ser vivo, alterando el equilibrio de su organismo, cuando hay daños en la salud, podemos observar que dejan de desempeñar de forma adecuada sus actividades, hay menor almacenamiento de recursos y cuando el problema ya genera mortandad, se observa menor cantidad de abejas, lo que se refleja en pérdida de la producción. Si bien, no podemos considerar la medicina preventiva en abejas como en otros animales porque no existe la aplicación de medicamentos que eviten la presencia de enfermedades, o la vacunación para generar anticuerpos y defensas ante los virus, si podemos hablar de acciones preventivas para que una colonia no se enferme o que la enfermedad no llegue a ser mortal. De igual forma, se debe cuidar la salud de las personas y del medio ambiente al momento de controlar alguna enfermedad apícola; por ejemplo, suministrar un antibiótico a las colonias deja residuos en miel y cera, además de contaminar los productos, éstas pequeñas dosis de medicamentos pueden ser consumidas por las personas y generar resistencia a los antibióticos, es decir, que cuando una persona se enferme, y tome el antibiótico para combatir su enfermedad, no será capaz de eliminar su problema por haber consumido miel con antibióticos con anterioridad. Otro claro ejemplo de que debemos implementar “una sola salud” en la prevención y control de las enfermedades apícolas, lo tenemos con

el pequeño escarabajo de la colmena *Aethina tumida*, donde atrayentes naturales son colocados en recipientes que son trampas mortales para el escarabajo, sin embargo, esto atrae y mata a diferentes tipos de escarabajos, lo que fragmenta la biodiversidad y fomenta desequilibrios ecológicos. Para este pilar, las recomendaciones son las siguientes:

- Identificar la presencia de enfermedades y plagas antes de que generen un problema.
- Conocer el grado de afectación de las colonias antes de aplicar algún método de control.
- Utilizar productos autorizados para abejas por parte de las autoridades competentes.
- Aplicar productos siguiendo especificaciones del laboratorio y dosis completas.
- Mantener un control constante contra la Varroosis.
- Flamear la cuña con el ahumador entre revisiones de colmenas.
- Reducir el riesgo de contaminar la miel y otros productos de las abejas.
- Utilizar material de campo limpio y desinfectarlo cuando se necesite.

Finalmente podemos destacar con estos ejemplos que la apicultura no debe considerar solo la producción inocua y de calidad, sino también el bienestar de las abejas por su valor intrínseco y que al mismo tiempo, si ellas son libres de expresar su conducta propia de la especie, podemos lograr satisfacer nuestras necesidades alimentarias, generar un desarrollo económico y social, cuidar la salud humana y de las abejas para que éstas puedan seguir contribuyendo en la conservación de la biodiversidad. Las prácticas sostenibles requieren una participación activa de todas y todos, para garantizar una seguridad alimentaria y una mejor calidad de vida para toda la humanidad.

Conclusión

La actualización constante en temas apícolas nos permite no solo mejorar la calidad y variedad de nuestros productos o servicios, además permite fortalecer nuestras prácticas en armonía con el medio ambiente. La apicultura es mucho más que la producción de miel; es un pilar fundamental para la biodiversidad, la producción de alimentos y un

motor de desarrollo para nuestras comunidades. Es indispensable impulsar acciones en beneficio de las abejas, difundir entre la sociedad la importancia de éstas como seres vivos y generar una sana convivencia entre especies, conjuntar esfuerzos para lograr objetivos reales y alcanzables como prevenir y controlar las enfermedades que las afectan, contrarrestar los efectos negativos del cambio climático y fomentar las buenas prácticas pecuarias de producción, acciones que permitan el desarrollo de la apicultura de manera sostenible, con niveles de bienestar, estabilidad y crecimiento económico que no alteren la vida animal, el medio ambiente o el sistema climático, de lo contrario, estaríamos dañando nuestra propia existencia y de los demás seres vivos del planeta. Esperamos que la información en este capítulo sea de gran utilidad para seguir creciendo en su labor, innovando y adaptándose a los retos del sector. Sigamos trabajando juntos por el futuro de nuestras abejas y del mundo que nos rodea.

Referencias Bibliográficas

- Agricultura. (2021). Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores. *Gobierno de México, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*, Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/documentos/estrategia-nacional-para-la-conservacion-y-uso-sustentable-de-los-polinizadores-encusp>
- Brockerhoff, E. G., Barbaro, L., Castagneyrol, B., Forrester, D. I., Gardiner, B., González-Olabarria, J. R. & Jactel, H. (2017). Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiversity and Conservation*, 26, 3005-3035.
- FAOSTAT. (2025). Cultivos y productos de ganadería. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, Recuperado de: <https://www.fao.org/faostat/>
- Gracia-Rojas, JP. (2015). Desarrollo sostenible: origen, evolución y enfoques. *Documento de docencia*, 1(3), 5-15. <http://dx.doi.org/10.16925/greylit.1074>
- Guzmán-Hernández, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(3). <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i3.3907>

- Guzmán-Novoa, E. (2012). Genética y crianza selectiva para el mejoramiento de la abeja melífera. Escuela de Ciencias Medioambientales, Universidad de Guelph, Canadá. 4-17.
- Halinski, R., Dos Santos, C. F., & Kaehler, T. G. (2018). Influence of wild bee diversity on canola crop yields. *Sociobiology*.
- IPBES. (2016). Plataforma intergubernamental científico-normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas sobre sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos. *Naciones Unidas, UNEP, UNESCO y FAO*, Bonn, Alemania. 552 páginas. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>
- Mondragón, TBR, Gutiérrez, GEY y Medellín, PRA. (2024). Bienestar Animal en Apicultura. *Revista Biontes*, 1(1), 23-26. Recuperado de: <https://www.biontes.com>
- Organización de las Naciones Unidas (2023). Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Departamento de Comunicación Global*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable-development/>
- Patel, V., Pauli, N., Biggs, E., Barbour, L., & Boruff, B. (2025). Why bees are critical for achieving sustainable development 1. In *The Routledge Handbook of Global Sustainability Education and Thinking for the 21st Century* (pp. 37-51). Routledge India.
- Reyes-Rojas, GE. (2023). Desarrollo sostenible como principal impulsor del crecimiento económico. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*, 7(2). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6093
- Romero, M. J., & Quezada-Euán, J. J. G. (2013). Pollinators in biofuel agricultural systems: the diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. *Apidologie*, 44, 419-429.
- Zhou, X., Taylor, M. P., Davies, P. J., & Prasad, S. (2018). Identifying sources of environmental contamination in European honey bees (*Apis mellifera*) using trace elements and lead isotopic compositions. *Environmental science & technology*, 52(3), 991-1001.

Capítulo 7: Políticas y Regulaciones

Mgs. Josueth Meza ¹

Mgs. Alex John Izquierdo Bucheli ²

¹IST Politécnica del Ecuador y Universidad del Pacífico del Ecuador, Quito, Ecuador,
<https://orcid.org/0000-0002-7121-049X>

²Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-7953-5677>

Introducción

La apicultura, como actividad económica y ambientalmente significativa, no puede desarrollarse de manera efectiva sin regulaciones que la rijan. Las políticas y regulaciones desempeñan un rol protagónico en el fortalecimiento del sector apícola, garantizando no solo la calidad y seguridad de los productos apícolas, sino también la protección de las abejas y el medio ambiente en el que estas desempeñan su vital función como polinizadoras.

En este capítulo, se analizarán las normativas clave que rigen la apicultura a nivel nacional e internacional, destacando su impacto en los apicultores y en la economía global. También se explorarán las políticas de apoyo gubernamental, tanto en términos de incentivos como de asistencia técnica, así como las iniciativas destinadas a proteger la salud de las abejas frente a amenazas como los pesticidas, las enfermedades y el cambio climático.

Además, se abordarán los desafíos que enfrentan los apicultores para cumplir con estas regulaciones y los vacíos existentes en las políticas actuales, que en ocasiones dificultan el desarrollo sostenible del sector. Finalmente, se presentarán casos de estudio de países que han implementado políticas exitosas y se ofrecerán recomendaciones para fortalecer el marco normativo de la apicultura, asegurando su sostenibilidad y su contribución al bienestar económico y ecológico.

Con esta visión, el capítulo busca proporcionar una comprensión profunda de cómo las políticas y regulaciones influyen en la apicultura y qué acciones son necesarias para garantizar su futuro en un mundo cambiante.

Marco Legal de la Apicultura

La apicultura, como actividad pecuaria, requiere un marco legal que garantice su desarrollo sostenible y contribuya a la protección de las abejas. La existencia de políticas y regulaciones específicas resulta importante para abordar los vacíos estructurales que enfrenta el sector, como la creciente mortalidad de abejas, el uso intensivo de pesticidas y la competencia por recursos naturales. Estas regulaciones cumplen funciones esenciales, como la mitigación de riesgos sanitarios, incluyendo enfermedades y plagas que afectan a las colonias, lo cual resulta determinante para preservar la salud y productividad de las abejas (Outhwaite, 2010).

Un marco normativo adecuado también facilita la gestión de recursos clave para la apicultura, como la disponibilidad de sitios para establecer apiarios, el acceso a fuentes de alimento natural, y el control sobre agroquímicos que podrían ser letales para los polinizadores (Shatkovskaya et al., 2020; Patel et al., 2020). En paralelo, las políticas públicas pueden incorporar medidas de apoyo económico destinadas a fortalecer el trabajo de los apicultores, aunque frecuentemente se considera que estos mecanismos son limitados y demandan mejoras sustantivas (Krampuža, 2024).

El impacto de las políticas gubernamentales sobre la apicultura es significativo, especialmente cuando estas se desarrollan de manera coordinada e integrada dentro de marcos de sostenibilidad más amplios, como sucede en varios países que promueven modelos de economía verde, como Rusia (Skvortsova et al., 2021). No obstante, en contextos urbanos, las regulaciones tienden a centrarse casi exclusivamente en criterios de seguridad, dejando en segundo plano aspectos fundamentales como la conservación de la biodiversidad urbana (Matsuzawa & Kohsaka, 2021).

Las diferencias en los marcos regulatorios entre países son notables. En territorios como el Delta del Paraná en Argentina, por ejemplo, las regulaciones locales han sido

diseñadas para adaptarse a las particularidades socioambientales del área, lo que evidencia la importancia del territorio en la formulación normativa (Diloreto, 2019). A nivel internacional, organismos como la FAO desempeñan un papel relevante al fomentar la adopción de prácticas apícolas sostenibles, impulsar la cooperación entre países y promover la armonización normativa que permita enfrentar desafíos comunes (Skvortsova et al., 2021).

Legislaciones Nacionales: Caso Ecuador

En Ecuador, la apicultura es una actividad productiva de creciente interés económico, ambiental y social, pero su desarrollo tiene limitaciones significativas en el plano normativo. A pesar de la importancia de las abejas en la polinización y en la soberanía alimentaria, el país carece aún de una ley específica que regule la actividad apícola, en mayo del 2024 apenas se ingresó un proyecto de ley. En su lugar, la normativa aplicable se encuentra dispersa en un conjunto de leyes generales, resoluciones técnicas y lineamientos institucionales que, si bien abordan aspectos relevantes, no configuran aun sistema articulado para el fomento, regulación y control del sector.

El marco normativo comienza en la Constitución de la República del Ecuador (2008), que establece principios fundamentales como los Derechos de la Naturaleza, la soberanía alimentaria y el desarrollo sustentable. Estos principios legitiman la necesidad de políticas públicas para proteger a los polinizadores, fomentar la producción ecológica y garantizar la calidad e inocuidad de los alimentos. En este sentido, varias leyes orgánicas abordan componentes clave que afectan directa o indirectamente a la apicultura: la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, la Ley de Sanidad Agropecuaria, la Ley de Recursos Hídricos, la Ley que Protege la Biodiversidad y el Código Orgánico de la Producción. Todas estas normativas aportan marcos para el manejo ambiental, sanitario, técnico y comercial de actividades agropecuarias, pero no establecen normativas específicas para los apicultores como actores diferenciados dentro del sistema agroalimentario.

En la práctica, los apicultores ecuatorianos deben cumplir con ciertos requisitos sanitarios y técnicos definidos por AGROCALIDAD, entidad encargada del control

zoosanitario. Entre estos, destacan la obtención del Certificado Sanitario Apícola, regulado por la Resolución 0241 (2018), que exige a los productores registrar sus apiarios, cumplir con condiciones mínimas de higiene, y realizar tratamientos preventivos y correctivos frente a enfermedades como la varroasis o la loque americana. Adicionalmente, los establecimientos de extracción y procesamiento deben cumplir con estándares de infraestructura adecuados, lo que muchas veces representa una barrera para pequeños apicultores sin acceso a instalaciones certificadas.

En relación con la producción y comercialización de productos apícolas, la Norma Técnica INEN 1572:1988 establece los parámetros físico-químicos que debe cumplir la miel destinada al consumo humano, incluyendo requisitos de humedad, acidez, pureza y etiquetado. Sin embargo, esta norma no es de cumplimiento obligatorio en todos los casos y su aplicación depende del tipo de mercado al que se accede (local, nacional o internacional). En cuanto a la exportación, se exige el cumplimiento de estándares internacionales de trazabilidad y certificación sanitaria, lo que requiere el acompañamiento técnico del Estado, algo aún limitado en la mayoría de las regiones productoras.

El transporte y la reubicación de colmenas también están regulados por AGROCALIDAD bajo los criterios del Programa Nacional Sanitario Apícola, aprobado por Resolución 0106 (2017). Sin embargo, al no existir una ley apícola que otorgue coherencia y obligatoriedad a estos procesos, su cumplimiento depende de la capacidad local de fiscalización, la cual varía significativamente entre provincias. Del mismo modo, las sanciones por incumplimiento de las normativas apícolas se aplican con base en el régimen sancionatorio general del sector agropecuario, previsto en la Ley de Sanidad Agropecuaria y en resoluciones administrativas, pero no existe un régimen específico que establezca penalizaciones proporcionales ni mecanismos de apelación especializados.

Esta situación de dispersión normativa y ambigüedad jurídica podría ser corregida con la aprobación del Proyecto de Ley de Fomento y Regulación de la Apicultura, ingresado a la Asamblea Nacional en mayo de 2024. Esta propuesta plantea, entre otros aspectos, la creación de un registro nacional de apicultores, la regulación clara del transporte y comercialización, el fortalecimiento del control sanitario, la formalización de

la producción, y la implementación de sanciones específicas. De aprobarse, representaría un avance sustantivo hacia la consolidación de un marco legal integral, coherente con los principios constitucionales y con la realidad técnica y social del sector apícola ecuatoriano.

Políticas de Apoyo Gubernamental

Los gobiernos han desarrollado varias políticas y programas orientados a apoyar la apicultura, tanto en su dimensión productiva como en su rol ecológico. Estas políticas buscan no solo fomentar la apicultura, sino también mitigar las amenazas que enfrentan las abejas, entre ellas las relacionadas con el cambio climático, el uso de agroquímicos y la pérdida de hábitat. El grado de efectividad de estos programas varía significativamente entre países y contextos, dependiendo de la capacidad institucional.

Uno de los principales mecanismos utilizados por los gobiernos para fortalecer el sector apícola ha sido la asignación de subsidios e incentivos financieros. En países como Fiyi, por ejemplo, los apicultores pueden acceder a préstamos y subvenciones para establecer y ampliar sus operaciones, aunque el impacto de estos apoyos suele depender del nivel de experiencia y organización de los beneficiarios (Hinton et al., 2021). En el caso de la Unión Europea, el apoyo financiero al sector ha sido más estructurado, alcanzando los 72 millones de euros anuales entre 2017 y 2019, y asignándose proporcionalmente al número de colmenas registradas (Jarka & Trajer, 2018).

Además del apoyo financiero, la asistencia técnica y la capacitación son componentes fundamentales para garantizar la sostenibilidad del sector. El desarrollo de capacidades, la mentoría y la formación práctica han sido señalados como factores clave para mantener una apicultura viable y tecnificada (Hinton et al., 2021). En China, el impulso a cooperativas apícolas en zonas rurales ha estado acompañado por intervenciones gubernamentales enfocadas en la capacitación continua y en el fortalecimiento organizativo del sector (Zhang et al., 2023).

La investigación y el desarrollo (I+D) también juegan un papel esencial, especialmente ante los desafíos que plantea el cambio climático. Sin embargo, a pesar del

reconocimiento de la importancia de la investigación científica en este campo, muchos países no han logrado consolidar marcos normativos ni asignaciones presupuestarias suficientes para fomentar la innovación apícola (Mitrofanov et al., 2024). Esta brecha afecta tanto el desarrollo de nuevas tecnologías como la adaptación de las prácticas productivas a los nuevos riesgos ambientales.

En algunos contextos, como Rusia, la apicultura ha sido posicionada como una actividad estratégica para la seguridad alimentaria y la conservación de la biodiversidad, lo cual ha justificado un mayor involucramiento estatal en términos de planificación y resolución de problemas estructurales del sector (Akhmadiyeva et al., 2023). No obstante, este tipo de políticas integrales siguen siendo la excepción más que la norma en muchas regiones del mundo.

Frente al avance de amenazas como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la exposición a contaminantes, se ha planteado la necesidad de implementar programas gubernamentales de mitigación, aunque en la práctica la apicultura rara vez se encuentra incluida de manera prioritaria en las agendas de desarrollo. La falta de conciencia política y de articulación institucional continúa siendo uno de los mayores obstáculos para integrar la apicultura en estrategias más amplias de sostenibilidad y resiliencia (Mitrofanov et al., 2024).

Regulaciones Internacionales y Comercio

El comercio internacional de productos apícolas, como la miel, la cera y los propóleos, está fuertemente condicionado por regulaciones y estándares internacionales que buscan garantizar tanto la seguridad alimentaria como la salud de las abejas y el medio ambiente. Estas normas influyen directamente en las prácticas de producción y comercialización, especialmente en países exportadores que deben adaptarse a los requisitos de mercados exigentes.

Los productos apícolas deben cumplir con estándares de calidad internacional que regulan la presencia de contaminantes como pesticidas, metales pesados y microorganismos. A esto se suman las disposiciones de la Organización Mundial de

Sanidad Animal (WOAH), que establece protocolos para prevenir la diseminación de enfermedades a través del comercio internacional de abejas y sus derivados (Wei-Ran, 2012; Adamchuk et al., 2020; Torres et al., 2022).

Por su parte, la Organización Mundial del Comercio (OMC) establece el marco legal que regula las restricciones comerciales, permitiendo que los países limiten importaciones solo cuando existan riesgos sanitarios comprobables. Además, la OMC promueve el uso de estándares armonizados como mecanismo para facilitar el intercambio comercial y evitar barreras injustificadas (Mutinelli, 2011; McDonald, 2005; Wearne et al., 2024).

No obstante, las normativas de mercados desarrollados como la Unión Europea o Estados Unidos pueden convertirse en barreras técnicas para productores de países en desarrollo, que deben ajustar sus sistemas de producción a exigencias más estrictas, particularmente en el uso de pesticidas, manejo sanitario y trazabilidad (Wei-Ran, 2012; Adamchuk et al., 2020). Esta situación ha llevado a un interés creciente en certificaciones internacionales como la orgánica o de comercio justo, que no solo aseguran el cumplimiento de estándares, sino que también mejoran la aceptación del producto en los mercados y aportan valor agregado (2024).

Las barreras comerciales incluyen además las diferencias entre normativas nacionales, que complican el acceso a mercados externos, y los riesgos sanitarios derivados de la posible transmisión de patógenos por medio de productos apícolas, lo cual puede justificar restricciones comerciales adicionales (Schittny et al., 2020).

Políticas y la Conservación de Abejas: Caso Ecuador

En Ecuador, las políticas específicas para la conservación de abejas aún son incipientes y fragmentarias. Aunque no existe una normativa específica, varios instrumentos normativos abordan indirectamente su conservación. La Constitución de 2008 y el Código Orgánico del Ambiente promueven la protección de la biodiversidad, reconociendo el valor ecológico de especies como las abejas, y establecen el principio precautorio para actividades que amenacen la salud de los ecosistemas.

En cuanto al uso de pesticidas, la regulación recae en AGROCALIDAD, que ha emitido restricciones sobre ciertas sustancias peligrosas, aunque la fiscalización en territorio sigue siendo limitada. La Resolución ARCSA-DE-2020-012-AKRG prohíbe el uso de neonicotinoides en áreas cercanas a cultivos apícolas, pero su implementación carece de monitoreo eficaz.

Existen iniciativas aisladas de gobiernos locales y organizaciones civiles que fomentan la creación de corredores biológicos y jardines polinizadores, especialmente en zonas urbanas o periurbanas. Estas experiencias han sido impulsadas por municipios, universidades y colectivos ambientalistas, pero no forman parte de una política consolidada.

Las políticas ambientales han comenzado a integrar criterios de apicultura sostenible en planes de restauración ecológica y conservación de especies. Sin embargo, la vinculación entre la apicultura y los programas de adaptación al cambio climático aún es limitada, pese a que el sector apícola es altamente sensible a variaciones en temperatura, humedad y patrones de floración.

Colaboraciones exitosas y aprendizaje

Diversos países han implementado políticas y colaboraciones efectivas para fortalecer la apicultura, reconociendo su importancia en la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad. Entre los casos exitosos destaca Brasil, donde se ha promovido la apicultura sin aguijón mediante capacitaciones en prácticas como la multiplicación de colonias y el control de plagas, lo que ha incrementado la productividad y los ingresos de los apicultores (Jaffé et al., 2015).

En la Unión Europea, el proyecto B-GOOD ha desarrollado un índice de salud de las abejas y una plataforma de datos que facilita el intercambio de conocimientos entre científicos y apicultores, fomentando prácticas más sostenibles y adaptativas (De Graaf et al., 2022). Asimismo, Italia ha implementado un sistema colaborativo de monitoreo para prevenir el envenenamiento por pesticidas, integrando asociaciones de apicultores,

autoridades veterinarias y académicos, con resultados positivos en la salud de las colmenas (Gasparini et al., 2025).

Las experiencias internacionales destacan algunas lecciones clave. Primero, la integración de saberes técnicos y tradicionales en la formulación de políticas puede fortalecer la gobernanza ambiental y mejorar el manejo de los polinizadores (Maderson, 2023). Segundo, la educación y capacitación continua de los apicultores, así como el fomento de redes de colaboración, son esenciales para una apicultura más productiva. Finalmente, los sistemas de monitoreo participativo, como los aplicados en Europa, resultan funcionales para prevenir amenazas como el uso indiscriminado de pesticidas y garantizar la salud de las abejas. Estas buenas prácticas ofrecen valiosas referencias para países que buscan construir políticas apícolas más integrales y efectivas.

El Futuro de las Políticas Apícolas

Las políticas apícolas son determinantes para asegurar la sostenibilidad del sector, proteger la biodiversidad y fortalecer el rol ecológico y económico de las abejas como agentes de polinización. De cara al futuro, los desafíos que enfrenta la apicultura requieren respuestas normativas integrales, adaptativas y participativas, que aborden desde el impacto del cambio climático hasta la regulación de nuevos entornos productivos, como el urbano.

Una de las prioridades más urgentes es la necesidad de adaptar las políticas apícolas a los efectos del cambio climático, ofreciendo apoyo institucional y financiero que permita a los apicultores hacer frente a la escasez de alimento floral, el estrés hídrico y el aumento de plagas y enfermedades (Vercelli et al., 2021; Landaverde et al., 2023; Zapata-Hernández et al., 2024). Al mismo tiempo, se requiere una regulación más clara de la apicultura urbana, que maximice beneficios como la conservación de la biodiversidad en entornos urbanos, sin descuidar aspectos de seguridad, convivencia y ordenamiento territorial (Matsuzawa & Kohsaka, 2022).

Otro eje estratégico es el fortalecimiento de la participación de los apicultores en la formulación de políticas públicas. La co-producción de políticas ha demostrado

mejorar su efectividad, pero enfrenta obstáculos significativos, como la escasa valoración de los conocimientos prácticos de los productores y las desigualdades en el acceso a los procesos de toma de decisiones (Maderson, 2023).

En este contexto, las organizaciones internacionales pueden desempeñar un rol clave promoviendo la armonización de normativas, el intercambio de buenas prácticas y el desarrollo de marcos comunes que integren conocimientos científicos, saberes tradicionales y valores proambientales. Esta articulación resulta esencial para enfrentar desafíos compartidos, como la pérdida de biodiversidad o la sanidad apícola transfronteriza (Maderson, 2023).

Asimismo, las políticas apícolas deben asumir una postura activa frente a los impactos negativos de ciertos modelos intensivos, que pueden reducir la diversidad de polinizadores silvestres y alterar los ecosistemas locales (Valido et al., 2019). Fomentar prácticas sostenibles de producción, manejo y comercialización es fundamental para garantizar la compatibilidad entre apicultura, conservación y desarrollo rural (Buchori et al., 2022; Mitrofanov et al., 2024).

En el caso de Ecuador, un avance reciente importante ha sido la presentación del Proyecto de Ley de Fomento y Regulación de la Apicultura en mayo de 2024 ante la Asamblea Nacional. Esta propuesta busca llenar un vacío normativo histórico y sentar las bases para el reconocimiento institucional del sector. No obstante, ha sido objeto de observaciones por parte de actores del gremio apícola debido a la escasa participación de los productores y asociaciones en su elaboración, lo que subraya la necesidad de construir políticas con enfoque colaborativo y territorial. El proyecto representa, sin embargo, un punto de partida valioso que puede fortalecerse mediante procesos de diálogo y articulación multisectorial.

Conclusiones

La apicultura se ha consolidado como una actividad importante en la intersección entre desarrollo rural, seguridad alimentaria y conservación de la biodiversidad. Sin embargo, su consolidación como sector productivo requiere más que la acumulación de

buenas prácticas: exige un marco normativo claro, coherente y adaptado a la actualidad, tanto a nivel nacional como internacional.

A nivel internacional, los estándares de calidad y sanidad exigidos por los principales mercados imponen altos niveles de cumplimiento técnico y regulatorio. Esto obliga a los productores ecuatorianos a adaptarse a requisitos externos sin contar con el suficiente acompañamiento institucional ni incentivos específicos, lo que puede limitar su competitividad y sostenibilidad.

Las experiencias exitosas documentadas en países como Brasil, Italia, China o los miembros de la Unión Europea evidencian que la combinación de apoyo financiero, participación activa de los apicultores, y cooperación entre sectores públicos, privados y académicos es clave para consolidar un sistema apícola resiliente.

Finalmente, se concluye que el futuro de las políticas apícolas debe orientarse hacia la sostenibilidad y la justicia ambiental, reconociendo a las abejas como aliadas esenciales en la construcción de sistemas alimentarios resilientes. Para ello, será necesario consolidar una normativa específica construida desde el territorio, con enfoque participativo y sustentada en evidencia técnica y científica. Solo así se podrá garantizar que la apicultura cumpla su triple función: económica, ecológica y social.

Referencias Bibliográficas

- Adamchuk, L., Silonova, N., Sukhenko, V., & Pylypko, K. (2020). REGULATORY STANDARDS OF HONEY SAFETY AND QUALITY. **, 11, 5-18. <https://doi.org/10.31548/ANIMAL2020.04.005>
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA). (2020). *Resolución ARCSA-DE-2020-012-AKRG: Restricción del uso de neonicotinoides*. <https://www.controlsanitario.gob.ec>
- AGROCALIDAD. (2017). *Resolución 0106: Programa Nacional Sanitario Apícola*. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC166394/>

AGROCALIDAD. (2018). *Resolución 0241: Instructivo para la obtención del certificado sanitario apícola*. <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2022-08/Instructivo-para-la-obteci%C3%B2n-del-certificado-sanitario-apicola-resolucion-241.pdf>

Akhmadiyeva, A., Fanisov, R., & Musina, G. (2023). Beekeeping as a guarantee of the country's food security and biodiversity conservation. *Vestnik BIST (Bashkir Institute of Social Technologies)*. <https://doi.org/10.47598/2078-9025-2023-3-60-29-35>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial No. 449. https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2009). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. Registro Oficial Suplemento No. 583. <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-04/LEY%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20R%C3%89GIMEN%20DE%20LA%20SOBERAN%C3%8DA%20ALIMENTARIA%20-%20LORSA.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. Registro Oficial Suplemento No. 351. https://www.etapa.net.ec/Portals/o/TRANSPARENCIA/Literal-a2/CODIGO-ORGANICO-DE-LA-PRODUCCION_-COMERCIO-E-INVERSIONES.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Registro Oficial Suplemento No. 305. <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). *Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria*. Registro Oficial Suplemento No.

138. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Ley%20Org%C3%A1nica%20de%20Sanidad%20Agropecuaria.pdf
- Buchori, D., Rizali, A., Priawandiputra, W., Raffiudin, R., Sartiami, D., Pujiastuti, Y., Jauharlina, J., Pradana, M., Meilin, A., Leatemala, J., Sudiarta, P., Rustam, R., Nelly, N., Lestari, P., Syahputra, E., Hasriyanti, H., Watung, J., Diana, I., Daud, A., Hariani, N., Jihadi, A., & Johannis, M. (2022). Beekeeping and Managed Bee Diversity in Indonesia: Perspective and Preference of Beekeepers. *Diversity*. <https://doi.org/10.3390/d14010052>
- De Graaf, D., Bencsik, M., De Smet, L., Neumann, P., Schoonman, M., Sousa, J., Topping, C., Verbeke, W., Williams, J., & Van Dooremalen, C. (2022). B-GOOD: Giving Beekeeping Guidance by cOmputatiOnal-assisted Decision making. *Research Ideas and Outcomes*. <https://doi.org/10.3897/rio.8.e84129>
- Diloreto, M. (2019). Apicultura en el Delta del Paraná: marco jurídico. **.
- Gasparini, M., Prestini, G., Rainini, F., Cancemi, G., De Palo, S., Colombari, L., & Mortarino, M. (2025). Safeguarding Bee Health: Insights from a Collaborative Monitoring and Prevention Project Against Pesticide Poisonings. *Animals*. <https://doi.org/10.3390/ani15030449>
- Hinton, J., Schouten, C., Stimpson, K., & Lloyd, D. (2021). Financial support services for beekeepers: a case study of development interventions in Fiji's Northern Division. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*. <https://doi.org/10.1108/jadee-08-2020-0176>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1988). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1572: Miel de abeja. Requisitos*. Quito, Ecuador. <https://de.scribd.com/document/268218474/Miel-de-Abejas-Requisitos-Norma-Inen>
- Jaffé, R., Pope, N., Carvalho, A., Maia, U., Blochtein, B., De Carvalho, C., Carvalho-Zilse, G., Freitas, E., Menezes, C., De Fátima Ribeiro, M., , G., Venturieri, C., & Imperatriz-Fonseca, V. (2015). Correction: Bees for Development: Brazilian

- Survey Reveals How to Optimize Stingless Beekeeping. *PLoS ONE*, 10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130111>
- Jarka, S., & Trajer, M. (2018). Support for the Beekeeping Sector in Poland and the European Union. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie - Problemy Rolnictwa Światowego*. <https://doi.org/10.22630/PRS.2018.18.4.109>
- Krampuža, I. (2024). IS THE PRINCIPLE OF JUSTICE RESPECTED IN THE IMPLEMENTATION OF CONVENTIONAL BEEKEEPING SUPPORT?. *ENVIRONMENT. TECHNOLOGIES. RESOURCES. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. <https://doi.org/10.17770/etr2024vol1.7967>
- Landaverde, R., Rodriguez, M., & Parrella, J. (2023). Honey Production and Climate Change: Beekeepers' Perceptions, Farm Adaptation Strategies, and Information Needs. *Insects*, 14. <https://doi.org/10.3390/insects14060493>
- Maderson, S. (2023). Co-producing agricultural policy with beekeepers: Obstacles and opportunities. *Land Use Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106603>
- Maderson, S. (2023). There's More Than One Way To Know A Bee: Beekeepers' environmental knowledge, and its potential role in governing for sustainability. *Geoforum*. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2023.103690>
- Matsuzawa, T., & Kohsaka, R. (2021). Status and Trends of Urban Beekeeping Regulations: A Global Review. *Earth*. <https://doi.org/10.3390/earth2040054>
- Matsuzawa, T., & Kohsaka, R. (2022). A Systematic Review of Urban Beekeeping Regulations of Australia, the United States, and Japan: Towards Evidence-Based Policy Making. *Bee World*, 99, 89 - 93. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2022.2073952>
- McDonald, J. (2005). Domestic regulation, international standards, and technical barriers to trade. *World Trade Review*, 4, 249 - 274. <https://doi.org/10.1017/S1474745605002387>

- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento No. 983. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- Mitrofanov, S., Shestakova, A., Papaskiri, T., & Savushkina, L. (2024). Analysis of the impact of global climate change on the sustainability of beekeeping. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2024-70-1-219-229>
- Mutinelli, F. (2011). The spread of pathogens through trade in honey bees and their products (including queen bees and semen): overview and recent developments.. *Revue scientifique et technique*, 30 1, 257-71. <https://doi.org/10.20506/RST.30.1.2033>
- Outhwaite, O. (2010). The UK legal framework for honey bee conservation. **.
- Patel, V., Biggs, E., Pauli, N., & Boruff, B. (2020). Using a social-ecological system approach to enhance understanding of structural interconnectivities within the beekeeping industry for sustainable decision making. *Ecology and Society*, 25, 24. <https://doi.org/10.5751/es-11639-250224>
- Schittny, D., Yañez, O., & Neumann, P. (2020). Honey Bee Virus Transmission via Hive Products. *Veterinary Sciences*, 7. <https://doi.org/10.3390/vetsci7030096>
- Shatkovskaya, T., Epifanova, T., Romanenko, N., & Bulgakov, V. (2020). Innovative approach to legal regulation for using beekeeping data in forest areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 595. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/595/1/012005>
- Skvortsova, T., Epifanova, T., Pasikova, T., & Shatveryan, N. (2021). Regulation of beekeeping as a vector of green economy's institutional development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 937. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/3/032120>

- Torres, G., Diaz, F., Okamura, Y., Messori, S., & Hutchison, J. (2022). The World Organisation for Animal Health - current and potential roles in safe international trade of bees and other insects.. *Revue scientifique et technique*, 41 1, 211-218. <https://doi.org/10.20506/rst.41.1.3318>
- Valido, A., Rodríguez-Rodríguez, M., & Jordano, P. (2019). Honeybees disrupt the structure and functionality of plant-pollinator networks. *Scientific Reports*, 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41271-5>
- Vercelli, M., Novelli, S., Ferrazzi, P., Lentini, G., & Ferracini, C. (2021). A Qualitative Analysis of Beekeepers' Perceptions and Farm Management Adaptations to the Impact of Climate Change on Honey Bees. *Insects*, 12. <https://doi.org/10.3390/insects12030228>
- Wearne, S., Hinder, N., & Heilandt, T. (2024). International Standards for Regulatory Deference Relating to National Food Control Systems: More to Do?. *European Journal of Risk Regulation*. <https://doi.org/10.1017/err.2024.9>
- Wei-Ran, Z. (2012). Review of technical barriers to trade(TBT) on bee products in China. **.
- Zapata-Hernández, G., Gajardo-Rojas, M., Calderón-Seguel, M., Muñoz, A., Yáñez, K., Requier, F., Fontúrbel, F., Ormeño-Arriagada, P., & Arrieta, H. (2024). Advances and knowledge gaps on climate change impacts on honey bees and beekeeping: A systematic review. *Global Change Biology*, 30. <https://doi.org/10.1111/gcb.17219>
- Zhang, S., Wu, B., Chen, R., Liang, J., Khan, N., & Ray, R. (2023). Government Intervention on Cooperative Development in Poor Areas of Rural China: A Case Study of XM Beekeeping Cooperative in Sichuan. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land12040731>

Capítulo 8: Cambio climático

MVZ. Rodrigo A. Medellín Pico ¹

MenC. Eva Y. Gutiérrez Gamiño ²

¹Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Ciudad de México, México. ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-9291-0420>

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5922-264X>

Introducción

La pérdida de biodiversidad es uno de los problemas más graves y preocupantes de la actualidad, ya que puede conducir al colapso de las comunidades ecológicas con efectos concomitantes y perjudiciales sobre los servicios y funciones ecosistémicos críticos (Steffen et al., 2015). Las abejas son fundamentales para el equilibrio del medio ambiente y la actividad agropecuaria, favorecen un incremento en la producción de alimentos de origen vegetal, e insumos agropecuarios. Además de su importancia económica, ecológica y social, también tienen un valor intrínseco, un valor propio, simplemente por el hecho de estar vivas. Sin embargo, la actividad humana a través de la generación de combustibles fósiles, así como la alteración del hábitat, la sobreexplotación, la contaminación (agroquímica), las invasiones biológicas y el cambio climático antropogénico, altera la biodiversidad de las especies (IPBES, 2019), y ejerce mayor presión sobre los seres vivos y sus hábitats, impactando de forma directa e indirecta a las abejas.

Para comprender la problemática tenemos que comprender que el clima se define como aquellas condiciones atmosféricas como temperatura, viento, presión, precipitación y humedad que se esperan en un lugar y tiempo determinado, el promedio de dichas condiciones meteorológicas determinan un clima normal; cuando ocurre alguna variación de éstas, se presenta “El Cambio Climático”, momento en el cual el sistema requiere ajustes y de acuerdo al periodo de tiempo en el que se presentan, pueden ser de corto, mediano y largo plazo. Siempre ha existido un cambio

climático, pero abarca periodos largos de tiempo que permite la adaptación de las especies, sin embargo, el cambio climático que hoy en día percibimos se presenta en un periodo de tiempo muy corto, comparado con el periodo histórico de la humanidad, lo que pone en riesgo nuestra supervivencia. El cambio climático puede conducir no solo a la extinción de especies, sino también a cambios profundos en sus poblaciones, distribuciones y en los ensamblajes, composiciones e interacciones entre especies (Schleuning et al., 2020).

El aumento en la temperatura es una de las presiones abióticas más estresantes del cambio climático (Pérez y Aron, 2020), esta variación se conoce como calentamiento global, lo que genera un impacto significativo en la actividad humana, así como en la biodiversidad de los insectos. La energía del sol que penetra hasta la superficie de la Tierra, es absorbida mediante gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono CO₂, Hexafluoruro de azufre SF₆, Ozono O₃, Metano CH₄, Hidrocarburos HFC, entre otros. Este proceso se denomina “Efecto Invernadero” el cual ha permitido mantener la temperatura promedio de nuestro planeta en 15°C, haciendo posible la vida en él, de lo contrario, la temperatura promedio se encontraría en -18°C (IPCC, 2013). La problemática inicia cuando se presenta un aumento de las concentraciones de los GEI, ya que se retiene mayor calor que genera un aumento en la temperatura promedio generando un Cambio Climático Global.

En el año 2012 se habían registrado las más altas temperaturas desde 1850 y los investigadores vaticinaban que de asentarse este problema, la temperatura promedio anual sería mayor cada año, incrementando de 1.4 hasta 6 grados Celsius (IPCC, 2013). Para el año 2024, la temperatura promedio de la superficie terrestre a nivel mundial y la de la superficie del mar fue la más cálida registrada, aproximadamente 1.47 grados Celsius más cálida que el promedio registrado a finales del siglo XIX (1850-1900) y los últimos 10 años han sido los más cálidos registrados (NASA, 2025). Con lo anterior, se confirman los datos pronosticados, es decir que no hemos enfrentado de manera consiente la problemática, ya que si bien, las variaciones solares, los gases de los ciclos del carbono y erupciones volcánicas también fomentan un Cambio Climático, la mayor parte del calentamiento se puede atribuir a la actividad humana ya que incentivan tecnologías que generan gases efecto invernadero.

Impacto del cambio climático en los patrones de comportamiento y salud de las abejas.

Los impactos del cambio climático en los insectos se pueden clasificar en dos formas principales: cambios graduales a largo plazo y eventos extremos. Los eventos extremos (olas de calor, sequías, ciclones) se caracterizan por períodos cortos de condiciones meteorológicas severas que perturban los sistemas ecológicos (Smith, 2011). Los cambios graduales a largo plazo, no siempre son inmediatamente evidentes en la disminución de los insectos (Harvey et al., 2023), por lo tanto, su evaluación es complicada, a pesar de esto, son los más estudiados, prestando poca atención a los efectos de los eventos extremos (Ma et al., 2021; González et al., 2023), los cuales están ocurriendo con mayor frecuencia lo que podría provocar consecuencias ecológicas que pueden socavar la resiliencia de la biota y de las actividades humanas (Cinto y Wetzel, 2023). Este impacto se incrementa por los servicios ambientales en la reproducción de las plantas, quienes, gracias a la polinización de las abejas, producen alimento e insumos para los seres vivos, la pérdida de abejas por efectos del cambio climático también pone en riesgo la existencia de la humanidad. El cambio climático principalmente a largo plazo puede moldear la fisiología y el comportamiento de los insectos, con posibles efectos en los ciclos de vida, la reproducción, entre otros (Wagner, 2020), sin embargo, a corto plazo, las abejas requieren encontrar condiciones óptimas para su desarrollo, pero los cambios bruscos en periodos de tiempo reducidos no les permiten adaptarse.

El estrés térmico altera los procesos fisiológicos de las abejas, sus efectos dependen del momento en que se produce durante el desarrollo del organismo (Cinto y Wetzel, 2023). Por ejemplo, las temperaturas elevadas experimentadas durante las etapas larvarias pueden acelerar el desarrollo de los insectos (Colinet et al., 2015), lo que resulta en una reducción de la masa corporal (Medina et al., 2023), con efectos negativos en la fecundidad, longevidad y dispersión, todo lo cual puede reducir su resiliencia frente al cambio climático y, en los peores escenarios, conducir a colapsos poblacionales (Abram et al., 2017, Sweeney et al., 2018).

Las consecuencias generales del calentamiento global pueden ser destructivas, que generan muertes, enfermedades, hambrunas, sequias, incendios, inundaciones, tornados, deshielos, huracanes, heladas, entre otros (Pallmall, 2021), impactando

también de forma directa e indirecta el bienestar de las colonias de las abejas, afectando la disponibilidad del agua o alimento y propiciando un comportamiento de evasión para buscar nuevas distribuciones geográficas e incluso para evitar la muerte. En este sentido, las abejas africanizadas, son más sensibles a las características ambientales ya que la evasión de colonias en las abejas africanizadas puede observarse desde 30 hasta 100% de las colmenas (Guzmán et al., 2011).

A continuación, se describen algunos ejemplos del impacto del cambio climático: la precipitación pluvial es un elemento importante para la actividad agropecuaria, el retraso en las lluvias origina problemas sociales, pérdidas económicas, disminución de producción, rendimiento y calidad de cultivos; la sequía interrumpe el desarrollo de diversas fases vegetativas de las plantas. De tal forma que las abejas comienzan a tener problemas para encontrar alimentos suficientes y con abundante polen, néctar, aminoácidos, minerales, entre otros; si no mueren por inanición, evaden en busca de recursos suficientes, lo que genera pérdidas económicas a las y los apicultores. El agua es indispensable para las abejas tanto para su consumo como para la regulación de la temperatura interna de la colmena. El aumento de temperatura reduce la cantidad de néctar y calidad del polen (Castellanos et al., 2016), afectando el desarrollo de las abejas.

Si el aumento de las temperaturas y el cambio en los regímenes pluviales tienen efectos directos sobre el rendimiento de los cultivos, así como efectos indirectos a través de los cambios en la disponibilidad de agua de riego (Nelson et al., 2009), los productos procesados por las abejas también se ven afectados por las características climáticas; menos plantas se traduce en menor cantidad de néctar y esto a su vez en menos miel, menos cera, menos propóleos, entre otros.

Si bien existe evidencia de la gran capacidad de las abejas por adatar su biología o comportamiento ante una perturbación considerable, y que pueden responder con rapidez para mantener la homeostasis de la colonia y, probablemente, aumentar su resiliencia ante futuras perturbaciones (Beck et al., 2023), o especies específicas con potencial de adaptación en climas con altas temperaturas como *Apis mellifera intermissa* y *Apis mellifera sahariensis* (Haider et al., 2025), dichas alteraciones ambientales ponen en riesgo su existencia ya que la presión del medio ambiente puede superar la capacidad de adaptación, por la fuerza y frecuencia con las que se presentan.

Ejemplo de ello se encuentra en lo reportado por Soroye y colaboradores (2020), donde identificaron que Estados Unidos, Canadá y México, así como, en la mayoría de los países de Europa, al menos 67 especies de abejorros está decreciendo de manera preocupante, lo anterior, al no poder adaptarse al Cambio Climático y no ser capaces de mudar sus hábitats a otras latitudes y señalan que en un mundo más cálido podrían experimentar un descenso más rápido que otras especies.

Por el contrario a la sequía, periodos largos y discontinuos de lluvia originan alteraciones en las épocas de floración, la lluvia limita el tiempo de pecoreo, fomenta el consumo de reservas de alimento, además, diluye el néctar y pierde atracción para las abejas (Castellanos et al., 2016); se observa un incremento en la humedad y periodos de encierro dentro de las colonias que favorecen la incidencia de enfermedades fungales como la Vairormorphosis, antes conocida como Nosemosis (Yuri et al., 2020); además, las tormentas tropicales y huracanes con más fuerza destructiva, eliminan las colonias de los apiarios por ahogamiento o las orillan a desplazarse a otro sitio (Harvey et al., 2023) y modifican las actividades programadas en calendarios apícolas.

De forma externa las abejas son capaces de adaptar su nivel de actividad de pecoreo de acuerdo con las nuevas pautas climáticas que se vayan presentando (disposición de alimento o población de la colonia), acciones que toman para perpetuar su especie, sin embargo, para los productores esto representa un impacto negativo por la disminución o pérdida de abejas, incremento de costos de producción por la necesidad de repoblar con núcleos y aunado a esto, la posibilidad de que los cultivos pierdan especies polinizadoras o desequilibrios entre rangos de cultivos y polinizadores (Castellanos et al., 2016). De forma interna adaptan su comportamiento y fisiología para sobrellevar las condiciones ambientales normalmente en invierno, gastan el mínimo de energía y se alimentan de reservas de miel hasta la primavera, al aumentar la temperatura la abeja reina ovoposita mayor cantidad de huevecillos para el desarrollo de la colonia; es una presión del medio ambiente adaptable y esperada cada año. Sin embargo, una ola de calor extrema y prolongada o de forma atípica, origina que la mayoría de las abejas se encaucen en recolectar más agua para regular la temperatura de la colonia y dejan en segundo plano otras actividades al interior de la colmena.

Por otra parte, un periodo prolongado o atípico de bajas temperaturas incrementa la incidencia de enfermedades, en épocas de floración una helada repentina rompe el flujo de néctar que deja sin alimento a las abejas y sin cosecha a las y los apicultores, incrementa los costos de producción al modificar los manejos afectando la sustentabilidad del apicultor. Las abejas africanizadas manifiestan dificultad para mantener la temperatura del nido a temperaturas inferiores a 10 grados Celsius (Guzmán et al., 2011). Brizuela (2010), reportó que las bajas temperaturas dentro de la colmena favorecen el desarrollo poblacional de *Varroa destructor* y Guzmán y colaboradores (2010), identificaron que este ectoparásito era el principal culpable del Colapso de Colonias en Ontario Canadá.

Esta presión del medio ambiente que obliga a las abejas a realizar evasión para encontrar características ambientales óptimas para su desarrollo, también obliga a las y los apicultores a adaptarse, por ejemplo, comprar nuevo material biológico o abejas reinas que puedan soportar las nuevas pautas climáticas de una determinada región o a realizar trashumancia para buscar nuevas zonas de pecoreo para brindar alimento natural a sus abejas. Sin embargo, lo anterior también genera nuevas relaciones competitivas entre especies y subespecies, o nuevas relaciones con parásitos, plagas y depredadores; incluso se transmiten a otros sectores, como la ganadería, donde al no tener alimento e insumos polinizados por abejas se tendrá como resultado un aumento de precios de la carne, como en su momento Nelson y colaboradores (2009), vaticinaban que los precios de la carne de bovino para el año 2025 serían 60% más elevados por efecto del cambio climático.

Adaptación de las prácticas apícolas a condiciones climáticas cambiantes.

Es importante tomar medidas de mitigación para disminuir el impacto del Cambio Climático en la apicultura, sin embargo, deben de estar encaminadas a un bien común, ya que la sobrevivencia del hombre incide en las diferentes sistemas ecológicos, de tal forma que las acciones a tomar para enfrentar, no sólo deben de aplicarse en la apicultura si no en las diversas actividades agropecuarias, industriales e incluso en los hogares, disposiciones que radican en pequeños cambios en nuestro comportamiento, una forma de vivir más coherente con las necesidades del medio ambiente.

Las acciones que se recomiendan son todas aquellas encaminadas en las buenas prácticas pecuarias de producción con enfoques de bienestar animal y una sola salud, proporcionar un alimento nutritivo, zonas de sombra o de luz solar conforme a la disposición del apiario, asesoramiento de especialistas apícolas para la prevención y el control de enfermedades o plagas, contar con planes de contingencia en caso de cambios bruscos del clima y estar pendiente de los boletines agroclimáticos de las autoridades. Realizar revisiones de rutina para identificar alteraciones del medio ambiente que afecten el comportamiento de las abejas, uso de registros o bitácoras para documentar y evidenciar cualquier alteración y conservar el entorno donde viven las colonias ya que esto favorecerá la integridad agrícola para aumentar y proteger los recursos de las abejas y los servicios de polinización.

De igual forma, tareas que contribuyan a no generar más GEI como mantener prendidos de forma correcta los ahumadores y apagarlos en zonas seguras para evitar incendios forestales, revisar los extractores al momento de la cosecha para no dejarlos funcionando más tiempo de lo necesario, en lo posible, envasar la mayor cantidad de miel después de la sedimentación para evitar tener que descristianizar posteriormente, ahorrar en consumo de energía eléctrica, gas, agua y aprovechamiento óptimo de luz natural.

Impulsar una política pública que fomente el apoyo e inversión para implementar seguros financieros de colonias, colmenas, o inclusive, cosechas de miel ante contingencias ambientales. Los programas de selección y mejoramiento genético en abejas que priorizan las características de resiliencia, como la resistencia a las enfermedades y la adaptabilidad ambiental, pueden ayudar a reducir la pérdida de colonias y mejorar la productividad. Una mayor investigación sobre los factores genéticos y ambientales que influyen en las características biológicas de las abejas contribuirá a perfeccionar las estrategias de mitigación. De igual forma, al promover prácticas sostenibles y reducir la introgresión genética, se puede contribuir a la conservación de las abejas y fortalecer el sector agrícola (Haider et al., 2025).

Conclusiones

El reto importante, no sólo en la apicultura, es fomentar el desarrollo humano de forma sostenible, con niveles de bienestar, estabilidad y crecimiento económico que

no alteren el sistema climático, ya que, al ocasionar modificaciones en los diversos factores bióticos y abióticos, así como sus hábitats, estamos dañando nuestra existencia.

Los escenarios futuros exceden la habilidad de muchas especies para adaptarse, ya sea mediante la migración, cambios de comportamiento o modificaciones genéticas, lo que puede resultar en la reducción de poblaciones, disminución en la biodiversidad e incluso la extinción de un número significativo de especies que resulten más sensibles los cambios. De seguir contribuyendo a un Cambio Climático las abejas y otros polinizadores estarían en riesgo en ciertas regiones del mundo, así como el desarrollo sostenible de la apicultura y las pérdidas económicas que originaría a la apicultura serían mínimas comparadas con aquellas que se observarían por la pérdida de abejas y otros polinizadores en los ecosistemas.

Referencias Bibliográficas

- Abram, P. K., Boivin, G., Moiroux, J., & Brodeur, J. (2017). Behavioural effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioural plasticity. *Biological Reviews*, 92(4), 1859-1876.
- Beck, E., Wenseleers, T. y Oliveira, RC. (2023). El efecto de la pérdida de pecoreadoras en el polietismo temporal y la estructura de la red social de las abejas obreras. *Apidologie* 54, 51; <https://doi.org/10.1007/s13592-023-01030-y>
- Brizuela M.F. (2010). Efecto de la Temperatura sobre la infestación de Varroa destructor en colonias de abejas (*Apis mellifera*) Europeas y Africanizadas en Linares, NL, México. *Memorias del XXIV Seminario Americano de Apicultura*, Cuernavaca Morelos, México.
- Castellanos-Potenciano B.P., Gallardo-López Felipe, Sol-Sánchez Ángel, et al., (2016). Impacto potencial del cambio climático en la apicultura. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.* Vol. 2 num 1, pag 1-19.
- Cinto Mejía, E., y Wetzel, WC (2023). Las consecuencias ecológicas de la cronología de los eventos climáticos extremos. *Ecología y Evolución*, 13(1), e9661.
- Colinet, H., Sinclair, B. J., Vernon, P., & Renault, D. (2015). Insects in fluctuating thermal environments. *Annual review of entomology*, 60, 123-140.

- González-Trujillo, J. D., Román-Cuesta, R. M., Muñiz-Castillo, et al., (2023). Multiple dimensions of extreme weather events and their impacts on biodiversity. *Climatic Change*, 176(11), 155.
- Guzmán-Novoa E, Espinosa ML, Correa BA, Guzmán NG. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Vet. Méx.*, 42 (2).
- Guzmán-Novoa E., Eccles L., McGowan J., Kelly P.G., Correa B.A., Calvete Y. (2010). El Síndrome del Colapso de las colonias en Norteamérica. *Memorias del XXIV Seminario Americano de Apicultura*, Cuernavaca Morelos, México.
- Haider Y. Adjlane N. y Haddad N. (2025). Impactos ambientales y adaptaciones conductuales de las abejas melíferas en Argelia: una revisión de las características de *Apis mellifera intermissa* y *Apis mellifera sahariensis*. *Insects* 16 (6), 617; <https://doi.org/10.3390/insects16060617>
- Harvey, J. A., Tougeron, K., Gols, R., Heinen, R., Abarca, M., Abram, P. K., et al. (2023). Scientists' warning on climate change and insects. *Ecological monographs*, 93(1), e1553.
- Intergovernmental Panel on Climate Change I.P.C.C. (2013). Informe del grupo de trabajo y preguntas frecuentes. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, I. P. B. E. S. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services.
- Ma, C. S., Ma, G., & Pincebourde, S. (2021). Survive a warming climate: insect responses to extreme high temperatures. *Annual Review of Entomology*, 66(1), 163-184.
- Medina, R. G., Paxton, R. J., Arjona-Torres, M., Aké-Villanueva, J. R., Medina-Medina, L. A., & Quezada-Euán, J. J. G. (2023). Effects of simulated tropical heat waves during development on the morphological and reproductive traits of Africanized honey bee. *Insectes Sociaux*, 70(3), 327-338.

- National Aeronautics and Space Administration N.A.S.A. (2025). Índice de temperatura global tierra-océano. Recuperado de: <https://goo.su/J8S9uP>
- Nelson G.C., Rosegrant M.W., Koo J., et al (2009). Cambio Climático, el impacto en la agricultura y los costos de adaptación. International Food Policy Research Institute. DOI: 10.2499/0896295370
- Pallmall A. O. (2021). El cambio climático, una amenaza global. España: Ediciones Alfar S.A. Recuperado de: <https://www.perlego.com/es/book/3455339/el-cambio-climtico-una-amenaza-global-pdf>
- Perez, R., & Aron, S. (2020). Adaptations to thermal stress in social insects: recent advances and future directions. *Biological Reviews*, 95(6), 1535-1553.
- Smith, M. D. (2011). An ecological perspective on extreme climatic events: a synthetic definition and framework to guide future research. *Journal of Ecology*, 99(3), 656-663.
- Soroye P., Newbold T. y Kerr J. (2020). El cambio climático contribuye a la disminución generalizada de abejorros en todos los continentes. *Science*, Vol. 367 , Número 6478 págs. 685 – 688; DOI: 10.1126/ciencia.aax859
- Schleuning, M., Neuschulz, E.L., Albretch, J. et al., (2020). Evaluaciones basadas en rasgos de los impactos del cambio climático en las especies que interactúan. *Trends in Ecology & evolution*, Volumen 35, Número 4, 319-328
- Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, SE Cornell, et al., (2015). “Límites planetarios: Guiando el desarrollo humano en un planeta cambiante”. *Science* 347: 1259855.
- Sweeney, B. W., Funk, D. H., Camp, A. A., Buchwalter, D. B., & Jackson, J. K. (2018). Why adult mayflies of *Cloeon dipterum* (Ephemeroptera: Baetidae) become smaller as temperature warms. *Freshwater Science*, 37(1), 64-81.
- Wagner, D. L. (2020). Insect declines in the Anthropocene. *Annual review of entomology*, 65(1), 457-480.
- Yuri S. Tokarev, Wei-Fone Huang, Leellen F. Solter, et al, (2020). A formal redefinition of the genera *Nosema* and *Vairimorpha* (Microsporidia: Nosematidae) and

reassignment of species based on molecular phylogenetics, *Journal of Invertebrate Pathology*, V-169.

Capítulo 9: Uso de Tecnología en la Apicultura

Ing. Fernando Xavier Valencia Barahona ¹

Mgs. Ana Mercedes Montenegro Rivera ²

Mgs. Jessica Ximena Torres Reyes ³

Lic. Letty Magdalena García Lopez ⁴

¹Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-5889-4918>

²Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-7290-360X>

³Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Urcuquí, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0007-7601-7588>

⁴Instituto Superior Tecnológico Politécnica del Ecuador, Quito, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0007-2769-1453>

Introducción

La apicultura contemporánea se enfrenta diferentes desafíos, marcada por múltiples retos: el impacto del cambio climático, el uso intensivo de pesticidas, la degradación del entorno natural y la necesidad creciente de garantizar una producción eficiente y sostenible. En este panorama desafiante, las tecnologías emergentes se consolidan como herramientas aliadas para transformar las prácticas tradicionales y dar respuesta a las exigencias del presente. Entre ellas, las redes de área amplia y baja potencia (LPWAN), en especial las soluciones basadas en la tecnología LoRa, destacan por su capacidad para integrar procesos automatizados en entornos rurales, con bajo consumo energético y gran cobertura.

Particularmente, el Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado la forma de entender la apicultura al posibilitar la conexión de sensores distribuidos en las colmenas con plataformas digitales. Esta integración permite la recolección y análisis en tiempo real de variables esenciales como la temperatura interna, la humedad, el peso y la ubicación geográfica de las colmenas, reduciendo la necesidad de inspecciones manuales que suelen ser invasivas, costosas y limitadas en alcance temporal. Gracias a esta conectividad, los apicultores pueden tomar decisiones

oportunas y fundamentadas, mejorando la salud de las abejas y optimizando la producción de miel.

En este marco, el presente capítulo aborda la implementación de un sistema de monitoreo apícola basado en tecnología LoRa. Esta iniciativa busca no solo optimizar la eficiencia operativa en el manejo de colmenas mediante la supervisión remota, sino también convertirse en una estrategia educativa dentro del enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). Al involucrar a profesionales en el diseño, instalación y análisis de sistemas IoT, se fomenta una formación integral que articula los conocimientos técnicos con conciencia ambiental y habilidades para la innovación.

Este capítulo aborda los fundamentos y aplicaciones del IoT en el ámbito apícola, describiendo los principales componentes tecnológicos, los tipos de sensores utilizados, las arquitecturas de red más adecuadas y las plataformas de visualización de datos disponibles. Asimismo, se analizan las ventajas del monitoreo remoto en comparación con los métodos tradicionales de inspección de colmenas, y se presentan ejemplos concretos que evidencian el impacto positivo de estas tecnologías, tanto en la mejora de la productividad como en el fortalecimiento de la educación científica y la sostenibilidad.

Fundamentos del Monitoreo IoT en Apicultura

El Internet de las Cosas (IoT) es una red en expansión que conecta diversos objetos físicos, desde automóviles y electrodomésticos hasta artículos de uso cotidiano. Estos dispositivos integran sensores, programas y diferentes tecnologías que les permiten comunicarse y compartir información entre sí por medio del internet (Kinsella, 2017). Gracias a ello, el IoT hace que los objetos comunes cobren vida como dispositivos inteligentes capaces de interactuar y operar de forma independiente, recolectando y enviando datos simultáneos a los hechos para aportar un valor significativo; pero, no fue hasta 1999 que el término “Internet de las Cosas”, propuesto por Kevin Ashton, (Tripathy & Anuradha, 2017) definió el marco conceptual que impulsaría esta era tecnológica.

La drástica reducción en el tamaño y costo de los sensores posibilitó su integración en una vasta gama de dispositivos, permitiendo la recolección detallada de datos del entorno; el desarrollo de tecnologías de conectividad como Wi-Fi, Bluetooth,

5G y otras redes de baja potencia (LPWAN) facilitó una conexión fiable y eficiente entre los dispositivos y la nube; y la capacidad básica de procesamiento, almacenamiento y análisis a gran escala de los datos producidos en el IoT en la nube ha sido fundamental en el diseño y la creación de servicios y aplicaciones inteligentes que capitalizan esta información.

En el ámbito agrícola, el IoT ha impulsado la agricultura de precisión al permitir la supervisión en tiempo real de cultivos, ganado y condiciones ambientales. Aplicaciones como sensores de humedad del suelo, estaciones meteorológicas automatizadas y rastreadores de ganado ya forman parte del día a día del agro moderno. En la apicultura, esta tecnología se ha adaptado para enfrentar problemas como el declive de poblaciones de abejas, enfermedades, robos y efectos del cambio climático. A través de dispositivos inteligentes, los apicultores pueden monitorear variables esenciales como la temperatura, humedad, peso y sonido dentro de las colmenas, sin necesidad de intervención directa, lo cual reduce el estrés en las colonias y mejora la productividad (Pikri et al., 2022).

En la actualidad, la apicultura enfrenta desafíos cada vez más complejos, como el descenso de las poblaciones de abejas debido a factores ambientales, enfermedades, uso de pesticidas y el cambio climático. Frente a este panorama, se ha comenzado a incorporar tecnología avanzada, particularmente soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT), para mejorar el manejo y la protección de las colmenas (Abou-Shaara et al., 2017).

El monitoreo tradicional de las colmenas suele ser una tarea exigente, que implica visitas frecuentes, apertura de la estructura y manipulación directa, lo cual no solo consume tiempo y recursos, sino que también puede generar estrés innecesario en las abejas. En contraste, la apicultura inteligente ofrece una alternativa moderna y no invasiva: mediante sensores conectados y plataformas digitales, es posible vigilar constantemente parámetros clave como la temperatura interna de la colmena, los niveles de humedad, el peso total (que puede indicar recolección de néctar o pérdida de población) y patrones de sonido relacionados con la actividad de las abejas.

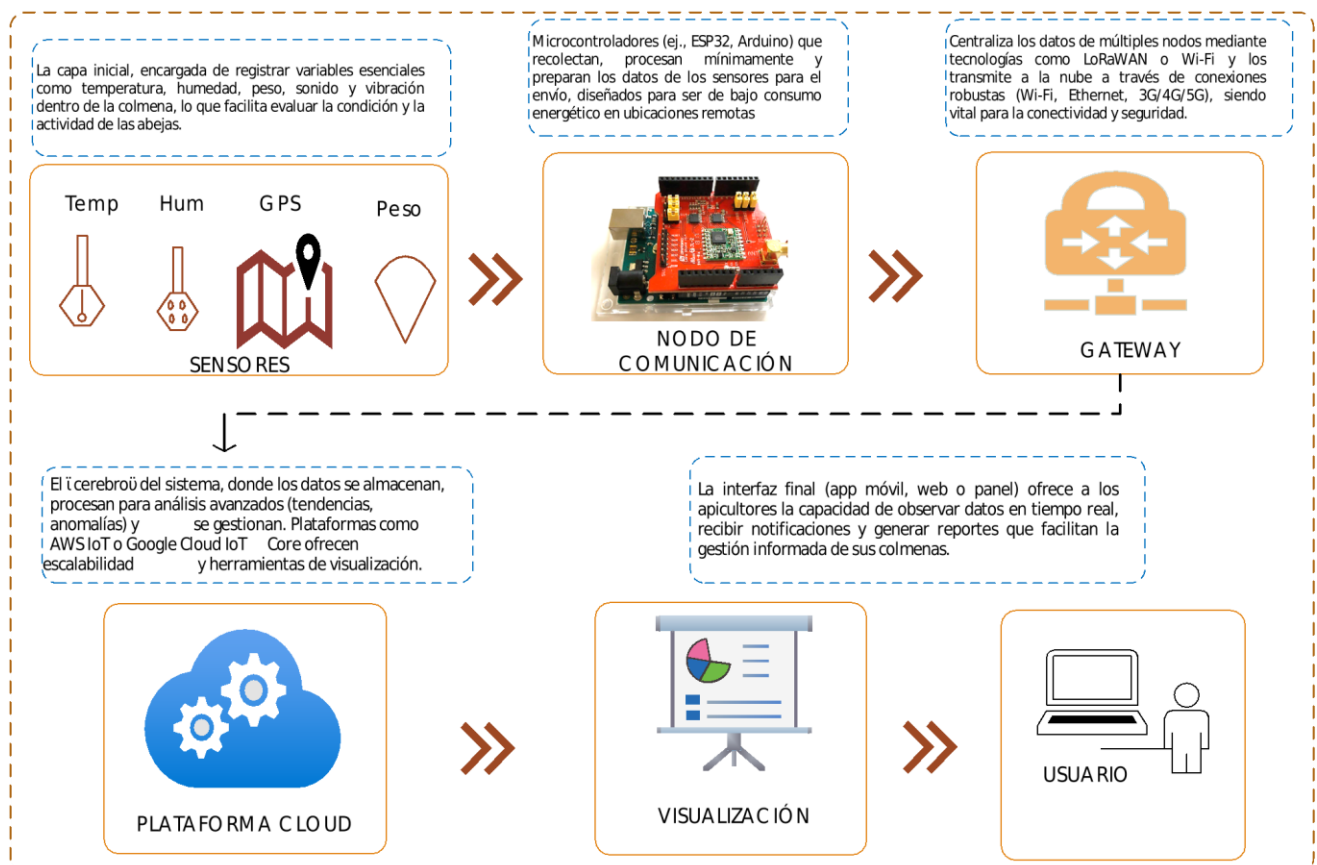
Arquitectura típica del sistema IoT para colmenas

La integración del Internet de las Cosas (IoT) en la apicultura ha dado lugar a sistemas inteligentes que permiten monitorear de forma remota y no invasiva el estado interno y externo de las colmenas. Estos sistemas, cada vez más accesibles y eficientes, están diseñados para proporcionar información crítica a los apicultores, permitiéndoles actuar de forma oportuna ante variaciones ambientales, enfermedades o amenazas externas. La arquitectura típica de un sistema IoT aplicado a colmenas se compone de varios módulos interconectados que trabajan en conjunto para capturar, procesar, transmitir, almacenar y visualizar datos relevantes.

La siguiente imagen representa de forma esquemática esta arquitectura tecnológica y sus componentes clave:

Figura 1.

Arquitectura de un Sistema IoT para Monitoreo de Colmenas



Tipos de Sensores Usados en Colmenas Inteligentes

Sensor de temperatura y humedad

El ambiente interno de una colmena es un ecosistema vivo y autorregulado, donde las abejas trabajan constantemente para mantener condiciones térmicas y de humedad estables. Esta capacidad natural de las abejas para controlar el microclima resulta vital para el desarrollo de las larvas, la producción de miel y la supervivencia de la colonia. Cuando estas condiciones se alteran, la salud de la colmena puede deteriorarse rápidamente. Por ejemplo, si hay frío excesivo, las crías no maduran adecuadamente, y si hay calor extremo, puede afectar tanto a las abejas como a la reina.

Los sensores de temperatura y humedad permiten registrar estos cambios sin necesidad de abrir la colmena, lo cual evita estresar a las abejas y reduce el riesgo de introducir enfermedades o parásitos. Esta información en tiempo real permite a los apicultores conocer el estado interno de la colmena y tomar decisiones preventivas, como mejorar la ventilación, mover la colmena a una ubicación más protegida o aislarla térmicamente.

La temperatura ideal en la zona de cría de una colmena sana suele mantenerse entre 34 °C y 36 °C. Las abejas obreras trabajan para conservar este rango mediante ventilación y generación de calor. Si la temperatura cae por debajo de los 32 °C, las larvas pueden desarrollar malformaciones o morir. Por encima de los 38–40 °C, la situación se vuelve peligrosa para toda la colonia, especialmente para la reina.

En cuanto a la humedad, se considera óptimo un rango entre 50 % y 70 %. Una humedad inferior al 50 % puede reseca la cría, dificultando su desarrollo, mientras que una superior al 70 % favorece la aparición de moho, bacterias o enfermedades como la loque. Detectar rápidamente estos valores fuera de rango permite al apicultor intervenir antes de que el daño sea irreparable.

Sensor de peso

El sensor de peso, colocado en la base de la colmena, actúa como un observador silencioso del día a día de la colonia. Es uno de los indicadores más directos de

productividad: cuando las abejas recolectan néctar y lo transforman en miel, el peso total de la colmena aumenta progresivamente (Meikle et al., 2008). Este patrón ascendente es una señal clara de que la colmena está saludable y que hay buena floración en el entorno.

Por el contrario, una pérdida de peso puede reflejar problemas como desnutrición, disminución de población, enfermedades o falta de fuentes de alimento. Este sensor también ayuda a planificar el momento exacto para la cosecha, basándose en datos concretos y no solo en la observación externa (Zacepins et al., 2017).

Una de las grandes ventajas del sensor de peso es su capacidad para detectar cambios bruscos e inesperados. Si, por ejemplo, se produce una caída repentina de varios kilogramos en pocas horas, esto podría deberse a un robo de miel o a la acción de animales silvestres.

Otro uso importante es la detección de enjambrazones. Cuando una parte significativa de la colonia, incluida la reina, abandona la colmena para formar una nueva, se genera una pérdida de peso abrupta. Si esta señal es detectada a tiempo, el apicultor puede intervenir para intentar recuperar el enjambre o evitar que ocurra nuevamente mediante prácticas de manejo adecuadas.

Sensor de CO₂ o calidad del aire

El sensor de dióxido de carbono (CO₂), o más ampliamente de calidad del aire, está ganando cada vez más relevancia en la apicultura inteligente. Aunque su implementación aún es menos común, este tipo de sensor proporciona información crítica sobre el estado de ventilación y la higiene interna de la colmena (Bencsik et al., 2023) (Mariani et al., 2023).

Las abejas, como todos los seres vivos, respiran y generan CO₂. En una colmena saludable, la ventilación que ellas mismas generan con sus alas mantiene niveles equilibrados de gases. No obstante, si la colonia está débil, las entradas de aire están obstruidas o el clima es muy húmedo, los niveles de CO₂ pueden subir peligrosamente (Meikle et al., 2022).

Una acumulación de CO₂ puede afectar el comportamiento y la salud de las abejas, haciéndolas más lentas, menos productivas y más vulnerables a enfermedades.

Además, niveles bajos de oxígeno asociados pueden alterar el desarrollo larvario o dificultar la actividad diaria dentro de la colmena.

Además del CO₂, algunos sensores avanzados de calidad del aire también detectan otros compuestos, como amoníaco o compuestos orgánicos volátiles (COV), que pueden estar presentes si hay materia orgánica en descomposición, fermentación inadecuada del alimento, o condiciones insalubres

Estos sensores permiten no solo identificar problemas relacionados con la ventilación, sino también alertar sobre entornos contaminados, presencia de moho, o descomposición de cera vieja o miel fermentada. Esto convierte al sensor de calidad del aire en un aliado clave para la prevención de enfermedades, incluso antes de que los síntomas se hagan visibles.

Tecnologías de Comunicación Usadas en el Campo

Wi-Fi es una tecnología ampliamente utilizada en áreas urbanas donde existe infraestructura de red cercana. Basada en el estándar IEEE 802.11, permite transmitir grandes volúmenes de datos, incluyendo imágenes o incluso video, con velocidades que pueden superar los 100 Mbps, dependiendo del protocolo. Esta característica es ideal para aplicaciones como vigilancia por cámara en apiarios, monitoreo de actividad mediante audio, o integración directa con apps móviles en tiempo real.

Sin embargo, Wi-Fi presenta limitaciones importantes en contextos rurales. La cobertura es relativamente baja (entre 50 y 100 metros), y su consumo energético es elevado, lo que requiere fuentes de alimentación constantes o paneles solares de alta capacidad. Por tanto, su uso se restringe principalmente a apiarios fijos ubicados cerca de viviendas o centros de control.

GSM, 3G y 4G, en cambio, ofrecen una cobertura más amplia, aprovechando la infraestructura de telefonía móvil existente. Utilizando una tarjeta SIM, los sensores pueden enviar información directamente a la nube desde cualquier lugar con señal celular, lo que resulta útil en zonas remotas. Estas tecnologías permiten desde el envío de datos simples como temperatura o peso (GSM), hasta transmisiones complejas como imágenes o video en tiempo real (4G) (Alahmad et al., 2023).

El consumo energético en estos sistemas es medio a alto, y su mayor limitación es la necesidad de una fuente de alimentación relativamente estable. En entornos rurales, esto obliga al uso de paneles solares más grandes o baterías de mayor duración. Aun así, su capacidad de transmitir datos continuamente y de generar alertas automáticas por SMS o notificaciones ante eventos como robo o caída del panal, representa una gran ventaja para el apicultor moderno.

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) es una tecnología de transmisión de información de baja potencia y largo alcance. Opera en bandas de frecuencia libre, como 868 MHz en Europa y 915 MHz en América, alcanzando distancias de hasta 10 km en entornos abiertos (The Things Network, s. f.). Gracias a su arquitectura tipo estrella, los nodos sensores se comunican con uno o varios gateways, los cuales retransmiten los datos a la nube.

La principal ventaja de LoRaWAN radica en su muy bajo consumo energético, logrando que los sensores operen durante meses o años con una sola batería o una celda solar pequeña. Esta característica hace que esta tecnología sea adecuada para el monitoreo en campo, donde el acceso a las colmenas puede ser limitado o poco frecuente. Además, al ser una tecnología pensada para IoT, existen múltiples plataformas abiertas compatibles, lo que facilita su integración con sistemas de análisis de datos y aplicaciones móviles.

ZigBee, por su parte, está basado en el estándar IEEE 802.15.4 y también está diseñado para IoT. Opera en redes de corto alcance (hasta 100 metros), pero soporta topologías en malla, permitiendo que los nodos intermedios repitan la señal y extiendan la cobertura. Esto lo hace ideal para apiarios densos o urbanos, donde las colmenas están próximas entre sí.

El consumo energético de ZigBee es también muy bajo, siendo útil para sensores que transmiten datos esporádicamente (cada minutos u horas). Aunque no alcanza la cobertura de LoRaWAN, su eficiencia energética, estabilidad y capacidad de actuar como red local le permiten ser parte de sistemas automatizados, donde los sensores controlan directamente ventiladores, calefactores u otros actuadores instalados en la colmena.

Tabla 1*Características principales y diferencias de las tecnologías*

Tecnología	Consumo Energético	Cobertura	Datos Soportados	Ideal para
Wi-Fi	Alto	50–100 m	Alta velocidad (video)	Apiarios urbanos o experimentales.
GSM-3G-G	Medio - Alto	Nacional/global	Media - alta	Monitoreo remoto a gran escala.
LoRaWAN	Muy bajo	2–10 km	Datos simples	Zonas rurales, apiarios dispersos.
ZigBee	Muy bajo	10–100 m	Datos simples	Apiarios densos o con nodos cercanos.

(W. Guo et al., 2016)

Tanto LoRaWAN como ZigBee cuentan con soporte para plataformas abiertas como **ThingsBoard**, **Node-RED**, **The Things Network (TTN)** o **OpenHAB**; esto facilita el desarrollo de soluciones personalizadas para la visualización, análisis y automatización del sistema apícola. Estas integraciones permiten al apicultor visualizar gráficas, configurar alertas, generar reportes y establecer rutinas automatizadas, todo desde un panel web o aplicación móvil, sin necesidad de infraestructura costosa o conocimientos avanzados en programación.

Plataforma de Visualización y Gestión de Datos

Un dashboard es una herramienta visual e interactiva que organiza la información recolectada por los sensores de una manera clara y resumida. Utilizando gráficos, tablas, mapas de calor e indicadores clave, estos tableros permiten interpretar rápidamente el estado de las colmenas (Tashakkori et al., 2021). En apicultura, esto es especialmente importante dado que muchos apicultores no tienen formación técnica avanzada, pero necesitan comprender los datos para reaccionar con agilidad.

Una de las funciones clave de los dashboards es la gestión de alertas. Estas pueden generarse de forma automática cuando un sensor detecta valores fuera de los umbrales establecidos, como una caída súbita de temperatura, aumento de CO₂,

pérdida de peso anormal o humedad excesiva. Las alertas pueden enviarse por diversos medios: notificaciones push en una app, mensajes SMS o correos electrónicos, permitiendo una reacción rápida incluso a distancia (Kulyukin et al., 2024).

Además, los dashboards permiten una visualización detallada de datos históricos y en tiempo real. Por ejemplo, se pueden desplegar series temporales que muestran la evolución del peso de la colmena durante la floración, o gráficos comparativos de temperatura interna y externa para evaluar la eficiencia térmica. Algunas plataformas incluyen mapas interactivos que ubican las colmenas y muestran su estado en un solo vistazo (Y. Guo et al., 2019).

Otro componente avanzado es la predicción basada en inteligencia artificial (IA). Algunos sistemas ya incorporan algoritmos que analizan patrones históricos y condiciones climáticas para prever riesgos como enjambrazón, enfermedades o caídas en la productividad. Estas predicciones se visualizan en el dashboard y permiten una gestión proactiva de las colmenas.

Por ejemplo, si el sistema detecta una tendencia creciente de humedad combinada con una baja actividad de las abejas, podría emitir una predicción de riesgo de moho o loque. El apicultor recibe entonces una recomendación o alerta que lo impulsa a revisar esa colmena en particular.

Dado que el apicultor rara vez se encuentra en un escritorio frente a una computadora, es fundamental que estas plataformas ofrezcan acceso multiplataforma, incluyendo aplicaciones móviles para Android e iOS, y versiones web adaptables (responsive). Esto permite consultar los datos desde el campo, tomar decisiones sobre la marcha o recibir notificaciones críticas en cualquier momento.

Las apps móviles suelen enfocarse en la simplicidad y velocidad de uso, permitiendo, por ejemplo:

- Revisar el estado de todas las colmenas en un mapa o lista.
- Consultar gráficas de sensores individuales.
- Agregar notas de campo o inspecciones manuales.

- Recibir alertas instantáneas.

Por su parte, las interfaces web están más orientadas a tareas de análisis detallado y generación de informes, incluyendo comparativas entre apiarios, exportación de datos a Excel o PDF, e incluso integración con marketplaces o trazabilidad para certificaciones.

Ejemplos de plataformas y aplicaciones

Entre las soluciones destacadas que ya aplican estas funcionalidades se encuentran:

- **BHiveSense:** Plataforma basada en IoT y microservicios, con interfaz web y app móvil. Permite monitoreo remoto en tiempo real, gestión de múltiples colmenas, alertas personalizadas y análisis de datos históricos. Se centra en sostenibilidad y escalabilidad para pequeños y medianos productores (Cota et al., 2023).
- **Mobbbee:** Asistente personal para el colmenar. Su app gratuita (hasta 5 colmenas) permite inspecciones, gestión de tareas, informes detallados, integración con etiquetas NFC y pronóstico del clima. Está orientada a facilitar el trabajo diario del apicultor.
- **SmartBeeKeep:** Plataforma integral con versión web y aplicación móvil progresiva. Permite visualización geográfica, inspección de flora apícola, gestión de tratamientos y alimentación. Además, integra identificación automática de plantas por foto y acceso a un e-marketplace de productos (Grammalidis et al., 2023).

Ventajas del Monitoreo Remoto frente a la Inspección Tradicional

Uno de los beneficios más evidentes del monitoreo remoto es la significativa disminución de visitas presenciales a las colmenas. En el modelo tradicional, el apicultor debía abrir manualmente cada colmena de forma periódica, incluso si no había señales externas de problemas. Esta rutina era demandante en tiempo, transporte y esfuerzo físico, especialmente en zonas rurales o con climas extremos.

Gracias al monitoreo remoto, los sensores instalados en las colmenas envían información continua sobre variables clave como temperatura, humedad, peso, nivel de sonido y actividad de las abejas. El apicultor puede acceder a estos datos desde una plataforma web o una aplicación móvil, permitiéndole decidir cuándo realmente es necesaria una inspección física. De este modo, se evitan desplazamientos innecesarios, se ahorran recursos logísticos y se incrementa la eficiencia operativa

Además, este enfoque mejora la planificación del trabajo diario. Por ejemplo, un apicultor con varios apiarios dispersos puede priorizar aquellos que presenten valores fuera del rango normal, y postergar las visitas a las colmenas que se encuentran estables.

Cada vez que una colmena es abierta, se interrumpe el microclima interno cuidadosamente regulado por las abejas. Las inspecciones tradicionales, si bien necesarias, generan un estrés considerable en la colonia: se altera la temperatura, se expone el nido a contaminantes, y se puede dañar accidentalmente la reina o las crías.

El monitoreo remoto permite vigilar el estado de las colmenas sin abrirlas, lo que contribuye directamente a preservar su equilibrio biológico. Esta no invasividad es fundamental para el bienestar de las abejas, ya que minimiza las alteraciones y reduce el riesgo de enfermedades como la loque americana, que pueden propagarse con mayor facilidad si se manipulan las colmenas sin necesidad.

Al mantener un entorno estable, se promueve un comportamiento más productivo y una menor tasa de mortalidad, mejorando no solo la salud de la colonia sino también la calidad y cantidad de miel recolectada (Tong et al., 2019).

Otro aspecto clave es la capacidad de detección temprana que ofrecen los sistemas de monitoreo remoto. Mientras que en el enfoque tradicional el apicultor solo detecta un problema al realizar la inspección física (que puede estar semanas o meses espaciada), los sensores conectados permiten identificar en tiempo real cambios sutiles que preceden a eventos críticos.

Por ejemplo:

- Una caída repentina de peso puede indicar enjambrazón, robo o muerte masiva de abejas.

- Un aumento inusual de temperatura podría deberse a sobrepoblación o bloqueo de ventilación.
- Una disminución en la actividad sonora puede ser señal de que la reina ha muerto.

Estas anomalías, si se detectan a tiempo, pueden ser abordadas antes de que provoquen pérdidas importantes. Las alertas automáticas vía SMS, notificación móvil o correo electrónico, permiten al apicultor actuar con rapidez, enviando personal al sitio o tomando decisiones desde el panel de control, como activar un ventilador o mover la colmena.

Además, algunos sistemas integran modelos predictivos que analizan patrones históricos y realizan inferencias. Así, se puede anticipar una posible enfermedad semanas antes de que los síntomas sean evidentes, o prever condiciones adversas relacionadas con el clima o la floración.

El acceso constante y estructurado a datos convierte al apicultor en un gestor más estratégico de su producción. Con la información recopilada a través del tiempo, es posible identificar los factores que favorecen la productividad: momentos óptimos para la recolección, relación entre clima y recolección de néctar, impacto de tratamientos sanitarios, etc.

Además, la visualización de tendencias históricas facilita el diseño de intervenciones personalizadas por colmena. Por ejemplo, si una colonia muestra consistentemente menor actividad, puede recibir alimentación complementaria o ser trasladada a una zona con mejor floración. En cambio, una colmena con alta productividad puede servir como núcleo para nuevas divisiones.

Otro aspecto importante es la trazabilidad. Al contar con registros detallados de temperatura, peso, tratamientos y recolecciones, se puede certificar la calidad de la miel producida, algo especialmente relevante para mercados orgánicos o de exportación.

Por último, la capacidad de controlar remotamente dispositivos como ventiladores, calentadores o válvulas de riego permite automatizar respuestas y

garantizar un ambiente óptimo para las abejas, sin intervención constante del apicultor.

Estudio de Caso: Sistema Inteligente de Monitoreo para Colmenas

El estudio realizado por Lima Pambaquishpe (2023) en el sector de Imbaya, Ecuador, presenta un caso innovador de aplicación de tecnologías IoT en la apicultura tradicional.

Los apicultores de este sector enfrentaban pérdidas de colonias debido a la falta de monitoreo oportuno de variables críticas como temperatura, humedad y peso de las colmenas.

Como solución al problema identificado, en este estudio se detalla el desarrollo un sistema electrónico integral que monitoreaba en tiempo real variables críticas como temperatura y humedad tanto interior como exterior de la colmena, peso total y funcionamiento de mecanismos de ventilación automatizados. La solución implementó una arquitectura IoT que procesaba los datos mediante una plataforma en la nube, alertando al apicultor a través de una interfaz web cuando las condiciones ambientales superaban los parámetros óptimos para el desarrollo de la colonia. Entre los elementos IoT que se integraron fueron los sensores inalámbricos DHT22, Comunicación LoRaWAN y la interfaz web para visualizar las alertas.

Los resultados demostraron la efectividad del sistema al identificar períodos críticos donde el clima adverso provocaba aumentos de temperatura y disminución de humedad, condiciones que generaban estrés en las abejas y afectaban directamente la población de la colmena. El mecanismo de ventilación automatizado, activado cuando los sensores detectaban condiciones críticas, logró reducir significativamente el tiempo durante el cual las abejas permanecían fuera de los parámetros óptimos de desarrollo.

Este caso ejemplifica cómo la integración de tecnologías emergentes puede optimizar prácticas agrícolas tradicionales, proporcionando soluciones que no solo previenen pérdidas económicas, sino que también contribuyen a la sostenibilidad de

la actividad apícola. La validación exitosa del sistema en condiciones reales del sector de Imbaya confirma su potencial para ser replicado en otros contextos similares.

Conclusiones

Al momento de incorporar tecnologías IoT en la apicultura, especialmente redes LoRa, representa una solución efectiva para enfrentar los retos actuales del sector. La oportunidad de monitorear en tiempo real variables tales como, temperatura, humedad y peso de las colmenas permite que la producción sea optimizada, prevenir pérdidas y ofrecer condiciones adecuadas para la salud de las abejas. Estos sistemas automatizados reducen la dependencia de inspecciones manuales, que conforme se indica, suelen ser costosas, invasivas y muy poco frecuentes.

Realizar un monitoreo remoto mejora de forma significativa la eficacia operativa de los apicultores permitiendo un control constante y preciso de las colmenas sin necesidad de la presencia de personal o traslado al área. Gracias a esta conectividad, se facilita la toma de decisiones oportunas, se reducen los riesgos y se incrementa la productividad de la miel. Además, se origina una gestión más sostenible al reducir desplazamientos y el uso innecesario de insumos, sin embargo, la implementación de estas tecnologías enfrenta limitaciones significativas, como el alto costo inicial de los equipos, la falta de conectividad estable en las zonas que son especialmente rurales y la brecha digital que dificulta el uso común. Estos retos demandan políticas de apoyo, formación técnica y estrategias que favorezcan la inclusión digital en contextos productivos rurales.

A futuro, la apicultura inteligente se fortalecerá con la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y la visión computacional, los que permitirán sistemas de trazabilidad, automatización avanzada y análisis predictivo para la toma de decisiones. Esta evolución tecnológica no sólo beneficia al sector apícola, sino que también abrirá más oportunidades educativas y de innovación en el ámbito agroambiental.

Referencias Bibliográficas

- Abou-Shaara, H., Al-Ghamdi, A., & Mohamed, A. (2017). Honey bee colony monitoring using modern technologies: A review. *Journal of Apicultural Research*. Morgan James Publishing.
- Alahmad, T., Neményi, M., & Nyéki, A. (2023). Applying IoT Sensors and Big Data to Improve Precision Crop Production: A Review. <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/10/2603>
- Bencsik, M., McVeigh, A., Tsakonas, C., Kumar, T., Chamberlain, L., & Newton, M. I. (2023). A Monitoring System for Carbon Dioxide in Honeybee Hives: An Indicator of Colony Health. *Sensors*, 23(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/s23073588>
- Cota, D., Martins, J., Mamede, H., & Branco, F. (2023). BHiveSense: An integrated information system architecture for sustainable remote monitoring and management of apiaries based on IoT and microservices. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(3), 100110. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100110>
- Grammalidis, N., Stergioulas, A., Avramidis, A., Karystinakis, K., Partozis, A., Topaloudis, A., Kalantzi, G., Tananaki, C., Kanelis, D., Liolios, V., & Panagiotis, M. (2023). A smart beekeeping platform based on remote sensing and artificial intelligence. *Ninth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2023)*, 12786, 92-99. <https://doi.org/10.1117/12.2681866>
- Guo, W., Asyhari, T., Farsad, N., Yilmaz, H. B., Li, B., Eckford, A., & Chae, C.-B. (2016). Molecular communications: Channel model and physical layer techniques. *IEEE Wireless Communications*, 23(4), 120-127. <https://doi.org/10.1109/MWC.2016.7553035>
- Guo, Y., Zhang, Z., He, D., Niu, J., & Tan, Y. (2019). Detection of cow mounting behavior using region geometry and optical flow characteristics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, 104828. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.037>

- Kinsella, S. (2017). *The Internet of Things: What It Is, How It Works, and Why It Matters*. Morgan James Publishing.
- Kulyukin, V. A., Coster, D., Kulyukin, A. V., Meikle, W., & Weiss, M. (2024). Discrete Time Series Forecasting of Hive Weight, In-Hive Temperature, and Hive Entrance Traffic in Non-Invasive Monitoring of Managed Honey Bee Colonies: Part I. *Sensors*, 24(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/s24196433>
- Lima Pambaquishpe, L. A. (2023). *Apicultura inteligente mediante el uso de sensores que permitan el monitoreo y diagnóstico del estado de salud de la colmena evitando la perdida, en el sector de Imbaya* [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13459>
- Meikle, W. G., Barg, A., & Weiss, M. (2022). Honey bee colonies maintain CO₂ and temperature regimes in spite of change in hive ventilation characteristics. *Apidologie*, 53(5), 51. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00954-1>
- Meikle, W. G., Rector, B. G., Mercadier, G., & Holst, N. (2008). Within-day variation in continuous hive weight data as a measure of honey bee colony activity. *Apidologie*, 39(6), 694-707. <https://doi.org/10.1051/apido:2008055>
- Pikri, M. I. M., Ibrahim, S. A., Faisal, N. M. S. M., Mustafa, M. Z., & Mansor, S. (2022). IoT-Based Temperature and Humidity Real-Time Monitoring System for Beekeeping Using LoRa Technology. 334-342. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-082-4_29
- Tashakkori, R., Hamza, A. S., & Crawford, M. B. (2021). Beemon: An IoT-based beehive monitoring system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 190, 106427. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106427>
- The Things Network. (s. f.). What are LoRa and LoRaWAN? The Things Network. Recuperado 6 de julio de 2025, de <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>
- Tong, L., Nieh, J. C., & Tosi, S. (2019). Combined nutritional stress and a new systemic pesticide (flupyradifurone, Sivanto®) reduce bee survival, food consumption, flight success, and thermoregulation. *Chemosphere*, 237, 124408. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124408>

Tripathy, B. K., & Anuradha, J. (2017). Internet of Things (IoT): Technologies, Applications, Challenges and Solutions. CRC Press.

Zacepins, A., Pecka, A., Osadcuks, V., Kviesis, A., & Engel, S. (2017). Solution for automated bee colony weight monitoring.
https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Engel-2/publication/317744299_Solution_for_automated_bee_colony_weight_monitoring/links/5c6d811492851c1c9df11de5/Solution-for-automated-bee-colony-weight-monitoring.pdf



ISBN: 978-9942-7071-8-5



9 789942 707185